

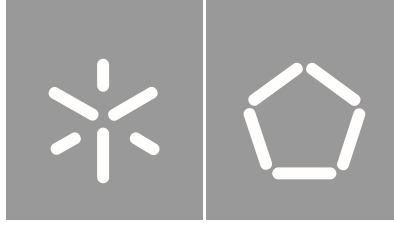


Luís António da Pena Jardim Gonçalves

Resiliência no Sistema de Transportes e
Mobilidade Urbana. Caso de estudo da
cidade da Póvoa de Varzim

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Luís António da Pena Jardim Gonçalves

**Resiliência no Sistema de Transportes e
Mobilidade Urbana. Caso de estudo da
cidade da Póvoa de Varzim.**

Tese de Doutoramento
Programa Doutoral em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Jorge Gomes Ribeiro

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual

CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta tese de doutoramento é um passo muito importante na minha vida, pelo que não poderia deixar de prestar agradecimentos a algumas pessoas, cuja a ajuda e colaboração, direta e indireta, foi crucial para que fosse possível chegar até aqui.

Começo então por agradecer ao Professor Doutor Paulo Jorge Gomes Ribeiro, pela disponibilidade com que aceitou orientar-me ao longo desta tese de doutoramento, todo o tempo disponibilizado, todo o esforço hercúleo feito ao longo dos últimos anos, todos os momentos de apoio, suporte, discussão e reflexão. Foi um verdadeiro orientador, tutor e amigo. Agradeço também à Professora Doutora Sara Ferreira, docente na FEUP, pela partilha de conhecimentos e disponibilidade prestados em momentos cruciais no desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento à Câmara Municipal de Póvoa de Varzim, pela disponibilidade e ajuda prestadas na cedência e recolha de dados, relativamente às contagens de tráfego, mesmo durante a pandemia de COVID19. Às concessionárias de autoestradas, ASCENDI e Litoral Norte pela cedência dos dados de tráfego.

Aos meus amigos do LABSIG, Fernando, Filipa, Bruno por todo o suporte, alegria e apoio durante este percurso. Aos meus amigos, Beatriz, Renato e Leonor pela disponibilidade e pela ajuda prestada sempre que precisei.

Aos meus pais, Ana e Artur, por terem feito sacrifícios ao longo da vida para que os filhos tivessem mais e melhores oportunidades, por me terem ensinado a ser persistente, perseverante, verdadeiro e em buscar sempre algo mais. Ao meu irmão, Hugo, pela disponibilidade que sempre demonstrou quando eu precisei de ajuda.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha namorada e noiva, Rosana, por me ter acompanhado e apoiado nos bons e maus momentos ao longo deste trabalho, da vida e muito me ter ajudado sempre que necessitei de me dedicar a este trabalho, sendo um dos meus principais suportes.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana. Caso de estudo da cidade da Póvoa de Varzim

Resumo

Embora os riscos, desastres naturais e crises sejam inerentes à existência humana, a velocidade, a frequência e a escala a que estes eventos ocorrem não tem precedentes, tendo-se verificado na última década um aumento do número de desastres naturais relacionados com a alteração das condições climáticas. No entanto, embora a alteração das condições climáticas seja um problema global, os seus impactos ocorrem localmente. Assim sendo, as cidades e os seus sistemas de transporte estão constantemente sob ameaça da ocorrência de perturbações de origem natural e, ou provocadas pelo Homem. Assim, surge o conceito de resiliência, que define a resiliência dos sistemas urbanos de transporte como a capacidade de um sistema de resistir, reduzir e absorver os impactos de uma perturbação, mantendo um nível de serviço aceitável (resiliência estática), restaurando a operação regular e equilibrada dentro de um período de tempo e custo razoáveis (resiliência dinâmica).

Então, esta tese de doutoramento tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia que permita avaliar e definir o estado de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, tendo por base uma avaliação e três dimensões: caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, a avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte, e a avaliação do funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade.

Por último, foi desenvolvido um caso de estudo para a cidade da Póvoa de Varzim, com o objetivo de testar o nível de aplicação e discutir a sua viabilidade do modelo de avaliação de resiliência proposto, com base em cenários de interrupção da circulação de tráfego no principal eixo rodoviário da cidade. Através da análise dos resultados obtidos para as várias dimensões do modelo, foi possível mostrar que a metodologia proposta pode ser utilizada como uma ferramenta de planeamento de transportes, com capacidade de avaliação do processo de resiliência e definição de estratégias de intervenção nos sistemas de transportes e mobilidade das cidades.

Palavras-chave: Resiliência, Sistema de transportes, Mobilidade urbana, Modelos de repartição modal, Modelos de Duração, Weibull, Risco

Resilience in transportation systems and urban mobility. Case study of the city of Póvoa de Varzim.

Abstract

Although risks, natural disasters and crises are inherent to human existence, the speed, frequency and scale at which these events occur is unprecedented, with an increase in the number of natural disasters related to the alteration of climate conditions. However, while changing climatic conditions is a global problem, its impacts occur locally. Therefore, cities and their transport systems are constantly under threat from natural and/or man-made disturbances. Thus, the concept of resilience arises, which defines the resilience of urban transport systems as the ability of a system to resist, reduce and absorb the impacts of a disturbance, maintaining an acceptable level of service (static resilience), restoring regular operation. and balanced within a reasonable period of time and cost (dynamic resilience).

So, this doctoral thesis has as main objective the development of a methodology that allows to evaluate and define the state of resilience in the transport and urban mobility system, based on an evaluation and three dimensions: characterization of mobility patterns and evaluation of choice. modal, the assessment of the availability and flexibility of the supply of transport modes, and the assessment of the functioning (performance) of the transport and mobility infrastructure.

Finally, a case study was developed for the city of Póvoa de Varzim, with the objective of testing the level of application and discussing its feasibility of the proposed resilience assessment model, based on scenarios of interruption of traffic circulation in the city main road. Through the analysis of the results obtained for the various dimensions of the model, it was possible to show that the proposed methodology can be used as a transport planning tool, capable of evaluating the resilience process and defining intervention strategies in transport systems and city mobility.

Keywords: Resilience, Transport system, Urban mobility, Modal split models, Duration Models, Weibull, Risk.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO I.	INTRODUÇÃO	1
I.1.	Enquadramento	1
I.2.	Problema de Investigação	4
I.3.	Objetivos	6
I.4.	Perguntas de Investigação	7
I.5.	Estrutura da Tese	11
CAPÍTULO II.	ESTADO DA ARTE	13
II.1.	Os riscos para o sistema de transportes e mobilidade urbana	14
II.1.1.	Enquadramento	14
II.1.2.	Sistemas de transporte e de mobilidade como um sistema urbano	14
II.1.3.	Problemas e tendências futuras da mobilidade urbana	17
II.1.4.	Ameaças e riscos nas cidades e respetivos sistemas urbanos	19
II.1.5.	Conclusões	23
II.2.	Resiliência dos sistemas de transportes e mobilidade urbana	24
II.2.1.	Introdução	24
II.2.2.	Definição da resiliência dos sistemas urbanos de transporte	26
II.2.3.	Principais características da resiliência dos sistemas urbanos de transporte	31
II.2.4.	Áreas de aplicação da resiliência dos sistemas urbanos de transporte	39
II.2.5.	Métodos adotados para medir e/ou avaliar a resiliência dos sistemas urbanos de transporte	41
II.2.6.	Pontos fortes, pontos fracos e potenciais tendências para futuras investigações na resiliência dos sistemas de transporte	47
II.2.7.	Conclusões	50
II.3.	Modelos de repartição modal	53
II.3.1.	Introdução	53
II.3.2.	Características base dos modelos de repartição modal	56
II.3.3.	Modelos de repartição modal: <i>Trip – end</i> e <i>Trip interchange</i>	60
II.3.3.1.	<i>Trip – end</i>	60
II.3.3.2.	<i>Trip interchange</i>	61
II.3.4.	Modelo de utilidade	63
II.3.5.	Modelo Logit	64

II.3.5.1. Modelo Logit Binário	68
II.3.5.2. Modelo Logit Multinomial (MNL)	68
II.3.5.3. Vantagens e desvantagens dos modelos Logit Simples (Binários e os MNL)	73
II.3.6. Aplicação dos modelos de repartição modal em estudos de transportes	74
II.3.7. Conclusões	75
II.4. Modelos de Duração	77
II.4.1. Introdução	77
II.4.2. Modelos de Duração baseados no Risco (<i>Hazard-based duration models</i>)	80
II.4.3. Modelo Não Paramétricos	84
II.4.4. Modelos Semiparamétricos	85
II.4.5. Modelos totalmente paramétricos	86
II.4.6. Comparação entre os modelos não paramétrico, semipamétricos e totalmente paramétricos	88
II.4.7. Heterogeneidade	89
II.4.8. Conclusões	90
CAPÍTULO III. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA	93
III.1. Ações principais, características e indicadores de avaliação da resiliência	94
III.2. Avaliação das dimensões do processo de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana	98
III.2.1. Caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal	100
III.2.1.1. Avaliação de uma potencial alteração da escolha modal	101
III.2.1.2. Alteração de modo de transporte	102
III.2.2. Disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte	105
III.2.2.1. Disponibilidade (quantidade) de modos de transporte	105
III.2.2.2. Flexibilidade da oferta de modos de transporte	107
III.2.3. Funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade	108
III.3. Processo de avaliação global e territorial da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana	112
III.3.1. Caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal	115
III.3.2. Disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte	117
III.3.3. Funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade	120

CAPÍTULO IV. CASO DE ESTUDO. CIDADE DA PÓVOA DE VARZIM	123
IV.1. Caracterização da cidade da Póvoa de Varzim	123
IV.1.1. Caracterização territorial e da população da Póvoa de Varzim	124
IV.1.2. Redes de transportes	128
IV.1.2.1. Rede rodoviária de Póvoa de Varzim	128
IV.1.2.2. Rede ferroviária	133
IV.1.2.3. Rede ciclável	135
IV.2. Caracterização global da mobilidade do caso de estudo – Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa (IMob) 2017	136
IV.2.1. Caracterização da informação original recolhida na base de dados	136
IV.2.1.1. Condicionantes da base dos dados do INE – depuração da base	138
IV.2.2. Seleção e caracterização das variáveis utilizadas	140
IV.2.2.1. Variáveis socioeconómicas	140
IV.2.2.2. Variáveis caracterizadoras da viagem	141
IV.3. Aplicação da metodologia de avaliação da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana	142
IV.3.1. Caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal	142
IV.3.1.1. Avaliação de uma potencial alteração da escolha modal	142
IV.3.1.2. Alteração de modo de transporte – tempo crítico	149
2. Resultados do modelo	151
IV.3.1.3. Modelo de tráfego de Póvoa de Varzim	158
IV.3.1.4. Cenários	189
IV.3.1.5. Avaliação da alteração de modo de transporte	196
IV.3.2. Avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte	219
IV.3.2.1. Disponibilidade (Quantidade) da Oferta de Modos de Transporte	219
IV.3.2.2. Flexibilidade da Oferta de Modos de Transporte	222
IV.3.2.3. Avaliação da Transformação Modal	224
IV.3.3. Avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade	240
IV.3.3.1. Avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade	240
IV.3.4. Avaliação da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana	262
IV.3.4.1. Avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana	263
CAPÍTULO V. CONCLUSÕES	277

V.1. Desenvolvimentos Futuros	285
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	287
ANEXOS	307

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – INTERAÇÕES DO SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO. ADAPTADO DE MILLER ET AL. (2004).....	16
FIGURA 2 – AMEAÇAS DO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA	22
FIGURA 3 – RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS URBANOS DE TRANSPORTE	30
FIGURA 4 – A RELAÇÃO ENTRE AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E PRINCIPAIS AÇÕES DA RESILIÊNCIA DE UM SISTEMA DE TRANSPORTE.....	37
FIGURA 5 – A RELAÇÃO ENTRE OS VÁRIOS CONCEITOS DE RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS URBANOS DE TRANSPORTE	47
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UMA REDE DE TRANSPORTES (TAVARES, 2003) .	54
FIGURA 7 – MODELO CLÁSSICO DE 4 PASSOS, TRANSPORTES (ADAPTADO DE ORTÚZAR & WILLUMSEN (2011))	55
FIGURA 8 – CURVA EMPÍRICA DE REPARTIÇÃO MODAL (ORTÚZAR & WILLUMSEN, 2011)	62
FIGURA 9 – FUNÇÃO LOGÍSTICA COM $Vm1t$ NO EIXO HORIZONTAL E $fVm1t$ NO EIXO VERTICAL (STOPHER & MEYBURG, 1975).....	67
FIGURA 10 – FUNÇÕES DE RISCO (H(T)), DENSIDADE (F(T)), DISTRIBUIÇÃO CUMULATIVA (F(T)) E FUNÇÃO DE SOBREVIVÊNCIA (S(T)) (WASHINGTON ET AL., 2020).....	82
FIGURA 11 – EXEMPLO DO COMPORTAMENTO DAS QUATRO FUNÇÕES DE RISCO.....	83
FIGURA 12 – ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO DA RESILIÊNCIA (ADAPTADO DE BRUNEAU ET AL. (2003), MATTSSON & JENELIUS (2015), MCDANIELS ET AL. (2008) E TIERNEY & BRUNEAU (2007)).....	94
FIGURA 13 – RELAÇÃO ENTRE AS AÇÕES PRINCIPAIS E AS CARACTERÍSTICAS DA RESILIÊNCIA.....	96
FIGURA 14 - INTEGRAÇÃO DAS COMPONENTES DE AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA	100
FIGURA 15 – TRIÂNGULO DA RESILIÊNCIA PARA A ALTERAÇÃO MODAL (MODIFICADO DE BRUNEAU ET AL. (2003)).....	104
FIGURA 16 – TRIÂNGULO DA RESILIÊNCIA MODIFICADO POR DAS (2020)	109
FIGURA 17 – ESTRUTURA CONCEPTUAL DA AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA.....	114
FIGURA 18 – ESTRUTURA CONCEPTUAL DA AVALIAÇÃO DA ESCOLHA MODAL	116
FIGURA 19 – AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E FLEXIBILIDADE DA OFERTA DE MODOS DE TRANSPORTE	117
FIGURA 20 – ESTRUTURA CONCEPTUAL DA AVALIAÇÃO INFRAESTRUTURAL	121

FIGURA 21 – FREGUESIAS DE PÓVOA DE VARZIM PÓS REVISÃO ADMINISTRATIVA DE 2013	125
FIGURA 22 – PERÍMETRO URBANO DA CIDADE DE PÓVOA DE VARZIM E SUA ENVOLVÊNCIA	126
FIGURA 23 – PIRÂMIDES ETÁRIAS DE 2011 (CENSOS) E 2020 (ESTIMATIVA), PÓVOA DE VARZIM .	127
FIGURA 24 – POPULAÇÃO RESIDENTE EM PÓVOA DE VARZIM, GRAU ACADÉMICO (ANOS DE 2011 E 2021)	128
FIGURA 25 – REDE VIÁRIA DO MUNICÍPIO DE PÓVOA DE VARZIM SEGUNDO PRN2000	129
FIGURA 26 – TRANSPORTE COLETIVO RODOVIÁRIO MUNICIPAL.....	131
FIGURA 27 – TRANSPORTE COLETIVO RODOVIÁRIO INTERMUNICIPAL	132
FIGURA 28 – TRANSPORTE COLETIVO RODOVIÁRIO INTER-REGIONAL	133
FIGURA 29 – LINHAS DO METRO DO PORTO	134
FIGURA 30 – REDE CICLÁVEL DA CIDADE DA PÓVOA DE VARZIM E SUA ENVOLVENTE.....	135
FIGURA 31 – PROBABILIDADE DE ESCOLHA DE MODO DE TRANSPORTE SEGUNDO A VARIAÇÃO DO TEMPO DE VIAGEM	148
FIGURA 32 – FUNÇÃO DE RISCO - TEMPO DE VIAGEM.....	152
FIGURA 33 – FUNÇÃO DE SOBREVIVÊNCIA – TEMPO DE VIAGEM.....	152
FIGURA 34 – PROBABILIDADE DE UMA VIAGEM TERMINAR TENDO EM CONTA O TEMPO DE VIAGEM	156
FIGURA 35 - PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DO <i>TFLOWFUZZY</i> (ADAPTADO DE PTV GROUP (2020)) ..	175
FIGURA 36 – CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE TRANSPORTES	178
FIGURA 37 – ZONAMENTO DO CASO DE ESTUDO	180
FIGURA 38 – PONTOS DE CONTAGEM DE TRÁFEGO.....	182
FIGURA 39 – AUTOESTRADAS QUE PRESTAM SERVIÇO A PÓVOA DE VARZIM.....	183
FIGURA 40 – GRÁFICO DE DISPERSÃO CALIBRAÇÃO – VOLUME DE TRÁFEGO CONTADO VS VOLUME DE TRÁFEGO MODELADO	185
FIGURA 41 – GRÁFICO DE DISPERSÃO VALIDAÇÃO – VOLUME DE TRÁFEGO CONTADO VS VOLUME DE TRÁFEGO MODELADO	186
FIGURA 42 – VOLUMES DE TRÁFEGO HORA DE PONTA DA MANHÃ.....	187
FIGURA 43 – RÁCIO VOLUME/CAPACIDADE - HORA DE PONTA DA MANHÃ.....	188
FIGURA 44 – ESTRATÉGIA DE RESTITUIÇÃO DO CENÁRIO 1	190
FIGURA 45 – ESTRATÉGIA DE RESTITUIÇÃO DO CENÁRIO 2	191
FIGURA 46 – ESTRATÉGIA DE RESTITUIÇÃO DO CENÁRIO 3	192
FIGURA 47 – POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – REDE BASE.....	197

FIGURA 48 – POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CORTE EN13	199
FIGURA 49 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 1	201
FIGURA 50 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 1	203
FIGURA 51 – ÍNDICE DE RESILIÊNCIA MODAL – CENÁRIO 1	204
FIGURA 52 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA MODAL NAS ZONAS DE ORIGEM- CENÁRIO 1	205
FIGURA 53 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 2	206
FIGURA 54 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 2	208
FIGURA 55 – ÍNDICE DE RESILIÊNCIA MODAL – CENÁRIO 2.....	209
FIGURA 56 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA MODAL NAS ZONAS DE ORIGEM - CENÁRIO 2	210
FIGURA 57 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 3	212
FIGURA 58 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 3	214
FIGURA 59 – ÍNDICE DE RESILIÊNCIA MODAL – CENÁRIO 3.....	215
FIGURA 60 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA MODAL NAS ZONAS DE ORIGEM - CENÁRIO 3	216
FIGURA 61 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS GLOBAIS – ÍNDICES DE RESILIÊNCIA MODAL	218
FIGURA 62 – CLASSIFICAÇÃO DA DISPONIBILIDADE (QUANTIDADE) DA OFERTA DE MODOS DE TRANSPORTE	221
FIGURA 63 – CLASSIFICAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA OFERTA DE MODOS DE TRANSPORTE	223
FIGURA 64 – POTENCIAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – REDE BASE	225
FIGURA 65 – POTENCIAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CORTE EN13	226
FIGURA 66 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CENÁRIO 1	228
FIGURA 67 – RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO POTENCIAL GLOBAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CENÁRIO 1.....	230
FIGURA 68 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CENÁRIO 2	232

FIGURA 69 – RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO POTENCIAL GLOBAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CENÁRIO 2.....	233
FIGURA 70 – EVOLUÇÃO DO POTENCIAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CENÁRIO 3.....	235
FIGURA 71 – RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO POTENCIAL GLOBAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL – CENÁRIO 3.....	237
FIGURA 72 – FUNCIONALIDADE DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CORTE EN13.....	241
FIGURA 73 – EVOLUÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE– CENÁRIO 1.....	243
FIGURA 74 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE - CENÁRIO 1.....	245
FIGURA 75 – RESILIÊNCIA GLOBAL DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 1.....	246
FIGURA 76 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA GLOBAL DA FUNCIONALIDADE DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 1.....	247
FIGURA 77 – EVOLUÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 2.....	249
FIGURA 78 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA DE FUNCIONALIDADE DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 2.....	251
FIGURA 79 – RESILIÊNCIA GLOBAL DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 2.....	252
FIGURA 80 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA GLOBAL DA FUNCIONALIDADE DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – CENÁRIO 2.....	253
FIGURA 81 – EVOLUÇÃO DO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 3.....	255
FIGURA 82 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 3.....	257
FIGURA 83 – RESILIÊNCIA GLOBAL DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 3.....	258
FIGURA 84 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESILIÊNCIA GLOBAL DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 3.....	259

FIGURA 85 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS – RESILIÊNCIA GLOBAL DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE	261
FIGURA 86 – RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA – REDE BASE264	
FIGURA 87 – RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA – CORTE EN13	265
FIGURA 88 – EVOLUÇÃO DA RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA – CENÁRIO 1	267
FIGURA 89 – RESILIÊNCIA GLOBAL NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA– CENÁRIO 1	268
FIGURA 90 – EVOLUÇÃO DA RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA – CENÁRIO 2.....	270
FIGURA 92 – RESILIÊNCIA GLOBAL NO SISTEMA DE TRANSPORTE E MOBILIDADE URBANA– CENÁRIO 2	271
FIGURA 92 – EVOLUÇÃO DA RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA – CENÁRIO 3.....	273
FIGURA 93 – RESILIÊNCIA GLOBAL NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA– CENÁRIO 3	274

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – DEFINIÇÕES DA RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	26
TABELA 2 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS URBANOS DE TRANSPORTE	32
TABELA 3 – PRINCIPAIS INDICADORES DE RESILIÊNCIA PROPOSTOS - VARIÁVEIS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA RESILIÊNCIA	38
TABELA 4 – RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DE RESILIÊNCIA PROPOSTOS E AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	39
TABELA 5 – PRINCIPAIS MÉTODOS E TÉCNICAS ADOTADOS PARA MEDIR E/OU AVALIAR A RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	43
TABELA 6 – PONTOS FORTES E PONTOS FRACOS NA RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE	48
TABELA 7 – FUNÇÕES DE RISCO NORMALMENTE USADAS EM MODELOS DE DURAÇÃO PARAMÉTRICA (WASHINGTON ET AL., 2020)	86
TABELA 8 – RELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS E AÇÕES DO PROCESSO DE RESILIÊNCIA.....	97
TABELA 9 – CLASSIFICAÇÃO DA DISPONIBILIDADE E FLEXIBILIDADE.....	118
TABELA 10 – CLASSIFICAÇÃO INTEGRADAS DA AVALIAÇÃO DA 1ª E 2ª DIMENSÃO DA RESILIÊNCIA – POTENCIAL TRANSFORMAÇÃO MODAL	119
TABELA 11 – RESUMO DO SERVIÇO DA LINHA B DO METRO DO PORTO	134
TABELA 12 – VARIÁVEIS RECOLHIDAS PARA CARACTERIZAR O ALOJAMENTO/AGREGADO FAMILIAR (INE, 2017)	137
TABELA 13 – VARIÁVEIS RECOLHIDAS PARA CARACTERIZAR CADA INDIVÍDUO (INE, 2017).....	137
TABELA 14 – VARIÁVEIS RECOLHIDAS PARA CARACTERIZAR AS VIAGENS (INE, 2017)	138
TABELA 15 – VARIÁVEIS SOCIOECONÓMICAS SELECIONADAS E CARACTERIZADAS (ANEXO B)	141
TABELA 16 – VARIÁVEIS CARACTERIZADORAS DA VIAGEM SELECIONADAS E CARACTERIZADAS (ANEXO B).....	141
TABELA 17 – RESULTADOS DO MODELO MNL4.6	143
TABELA 18 – COEFICIENTES DOS PRINCIPAIS TIPOS DE INDIVÍDUOS PERTENCENTES À POPULAÇÃO ATIVA	146
TABELA 19 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS	150
TABELA 20 – RESULTADO DA ESTIMAÇÃO DO MODELO	151

TABELA 21 – PRINCIPAIS TIPOS DE INDIVÍDUOS PERTENCENTES À POPULAÇÃO ATIVA	155
TABELA 22 – TEMPO CRÍTICO DE VIAGENS DOS MODOS DE TRANSPORTE	157
TABELA 23 – VALORES PARA O INTERVALO CRÍTICO (SEGUNDOS) (ADAPTADO DE (HCM - TRB, 2010)	164
TABELA 24 – CATEGORIA DE VIAS – CAPACIDADE (TRANSPORT SCOTLAND, 2015).....	165
TABELA 25 – CATEGORIA DE VIAS – CAPACIDADE (TRANSPORT SCOTLAND, 2015).....	166
TABELA 26 – PONTOS DE CONTAGEM DE TRÁFEGO	181
TABELA 27 – LISTA DE TROÇOS DE AUTOESTRADA SOLICITADOS PELOS CONCECIONÁRIOS.....	184
TABELA 28 – CALIBRAÇÃO DAS CONTAGENS PELOS PARÂMETROS GEH E RMSE, HORA DE PONTA DA MANHÃ	185
TABELA 29 – VALIDAÇÃO DAS CONTAGENS PELOS PARÂMETROS GEH E RMSE, HORA DE PONTA DA MANHÃ	185
TABELA 30 – VIAGENS GERADAS POR ZONA DE ORIGEM	193
TABELA 31 – TEMPOS DE VIAGEM MÉDIOS (MIN) DAS ZONAS DE ORIGEM - CENÁRIO 1	193
TABELA 32 – TEMPOS DE VIAGEM MÉDIOS DAS ZONAS DE ORIGEM - CENÁRIO 2	194
TABELA 33 – TEMPOS DE VIAGEM MÉDIOS DAS ZONAS DE ORIGEM - CENÁRIO 3	194
TABELA 34 – NÚMERO DE LIGAÇÕES RESTITUÍDAS EM CADA TRECHO EM CADA CENÁRIO	195
TABELA 35 – CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – REDE BASE.....	197
TABELA 36 – CLASSIFICAÇÃO DE POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CORTE EN13.....	199
TABELA 37 – EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 1.....	202
TABELA 38 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE RESILIÊNCIA MODAL – CENÁRIO 1.....	204
TABELA 39 – EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 2.....	207
TABELA 40 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE RESILIÊNCIA MODAL – CENÁRIO 2.....	210
TABELA 41 – EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE ALTERAÇÃO DE MODO DE TRANSPORTE – CENÁRIO 3.....	213
TABELA 42 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE RESILIÊNCIA MODAL – CENÁRIO 3.....	216
TABELA 43 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS – ÍNDICES DE RESILIÊNCIA MODAL.....	217

TABELA 44 – IDENTIFICAÇÃO DOS MODOS DE TRANSPORTE DISPONÍVEIS EM CADA ZONA GERADORA DE TRÁFEGO	220
TABELA 45 – IDENTIFICAÇÃO DAS LIGAÇÕES A TODAS AS TIPOLOGIAS DE SERVIÇOS ESSENCIAIS EM CADA ZONA.....	222
TABELA 46 – CLASSIFICAÇÃO INTEGRADAS DA AVALIAÇÃO DA 1ª E 2ª DIMENSÃO DA RESILIÊNCIA – POTENCIAL TRANSFORMAÇÃO MODAL	224
TABELA 47 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS – POTENCIAL GLOBAL DE TRANSFORMAÇÃO MODAL	238
TABELA 48 – CLASSIFICAÇÃO DA RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CORTE EN13.....	242
TABELA 49 – EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 1	244
TABELA 50 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES GLOBAIS DE RESILIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 1	247
TABELA 51 – EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 2.....	250
TABELA 52 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES GLOBAIS DE RESILIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 2.....	253
TABELA 53 – EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA RESILIÊNCIA ASSOCIADA AO FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 3.....	256
TABELA 54 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES GLOBAIS DE RESILIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE – CENÁRIO 3.....	259
TABELA 55 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS – RESILIÊNCIA GLOBAL DE FUNCIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE	260
TABELA 56 – CLASSIFICAÇÃO INTEGRADAS DA AVALIAÇÃO DAS TRÊS DIMENSÕES DA RESILIÊNCIA – RESILIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA.....	262
TABELA 57 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS - RESILIÊNCIA GLOBAL NO SISTEMA DE TRANSPORTES E MOBILIDADE URBANA.....	275

Capítulo I. Introdução

Neste capítulo pretende-se apresentar a hipótese e as perguntas de investigação do trabalho desenvolvido nesta tese, assim como uma breve descrição do problema em questão, juntamente com os aspetos motivacionais que fundamentam este estudo. O capítulo termina com uma breve visão global da estrutura da tese.

I.1. Enquadramento

Um dos principais problemas que a atual sociedade enfrenta é o crescimento das cidades, para as quais se prevê um aumento significativo nas próximas décadas. No início do século XX, em 1900, apenas 10% da população mundial residia em áreas urbanas (Grimm et al., 2008). Porém, a partir de 1950, tem-se verificado um aumento de taxa de urbanização (Jedwab et al., 2017), que se tem vindo a intensificar nos últimos tempos. Assim, é espectável que a população mundial aumente e chegue a 9,8 mil milhões de habitantes, que se poderá traduzir num crescimento da população que vive em áreas urbanas para 68%, em 2050 (UN, 2017, 2018). No entanto, importa referir que apesar das cidades cobrirem apenas cerca de 2% da superfície do planeta, estas são responsáveis por cerca de 75% do consumo mundial de recursos (Madlener & Sunak, 2011).

Desta forma, com o constante aumento das cidades em dimensão, diversidade populacional e complexidade, a vulnerabilidade e suscetibilidade a futuras interrupções derivadas de causas naturais, como é o caso de alterações das condições climáticas, sismos, incêndios, cheias, entre outros eventos

extremos, tende a aumentar proporcionalmente (Borde et al., 2007; Cao, 2015; Hobbie & Grimm, 2020; Hunter, 2005)

Por outro lado, o crescimento populacional das cidades está diretamente ligado a uma maior necessidade de deslocação e movimento populacional, bem como a um conseqüente aumento da procura por transportes, afetando assim os padrões de mobilidade urbana. Uma vez que a mobilidade urbana se encontra intimamente ligada ao número de viagens geradas diariamente pela população e pelos meios e condições disponíveis para a sua realização (modos de transporte selecionados, duração da viagem, tempo gasto em transporte, etc. (Shang et al., 2009)), a alteração dos padrões de mobilidade, devido ao aumento dos volumes tráfego, gera cada vez mais externalidades negativas - problemas.

Os principais problemas referentes ao aumento da mobilidade são os congestionamentos, poluição ambiental e sonora, e acidentes, que contribuem para assegurar baixos níveis de acessibilidade e movimento de pessoas e mercadorias que conseqüentemente, originam o aumento dos gastos de tempo e energia, aumento da poluição e stress, diminuindo assim a produtividade e aumentando os custos para as sociedades (Farahani et al., 2013; Rao & Rao, 2012; Z. Zhang et al., 2020).

Muitos destes problemas de mobilidade urbana são uma combinação de factos históricos e tendências mundiais recentes. Enquanto a herança histórica resulta, principalmente, da falta de recursos humanos e financeiros, os problemas recentes são essencialmente uma extensão da forte dependência do automóvel como principal meio de transporte para proporcionar mobilidade aos cidadãos urbanos (da Silva et al., 2008).

Por conseguinte, verifica-se que os sistemas de transporte e mobilidade em zonas urbanas estão cada vez mais expostos a ameaças capazes de gerar interrupções que podem afetar o seu normal funcionamento. Mas, estes sistemas representam uma componente fundamental para o bom funcionamento de uma cidade. Deste modo, é desejável que um sistema de transportes competente possa acomodar várias necessidades de viagem de uma forma eficiente, uma vez que garante a mobilidade dentro da área urbana e o acesso aos vários usos de solo (Haque et al., 2013; Perra et al., 2017).

Neste sentido, as entidades responsáveis pela gestão dos transportes precisam de planejar adequadamente as redes de transportes e controlar os movimentos de tráfego, de forma a garantir uma boa mobilidade urbana, mitigando assim os seus problemas, enquanto priorizam a mitigação e o combate contra os riscos relacionados com os desastres naturais e provocados pelo Homem (Farahani et al., 2013; Tumini et al., 2017).

No entanto, apesar do elevado número de grandes eventos disruptivos (perturbações) que ocorreram nos últimos anos, poucos foram os que ameaçaram a existência de regiões urbanas, porém, afetaram de forma significativa a vida das populações. Embora as interrupções afetem bastante a vida das populações, a recuperação e a reconstrução pós-interrupção podem proporcionar uma oportunidade única para que se intervenha de uma forma inteligente e sustentável, para evitar acontecimentos semelhantes no futuro, ou seja, aumentar a resiliência das cidades e sobretudo das suas comunidades (Naphade et al., 2011; Schneider, 2002; Tumini et al., 2017). Posto isto, melhorar a resiliência dos sistemas urbanos é uma necessidade crítica para as comunidades internacionais, em especial para os territórios mais expostos a múltiplos riscos.

A resiliência pode, então, ser alcançada através de um processo “*bottom-up*”, com os residentes das cidades a assumirem a liderança nas questões de planeamento e governança, formando fortes redes sociais com identidade local, sendo estas ações e iniciativas (socialmente inovadoras) consideradas uma fonte primária de resiliência, capazes de envolver a integração da criatividade das comunidades e dos diversos grupos de *stakeholders* (e.g., instituições governamentais e privadas) (Mehmood, 2016). Ou, através de um processo “*top-down*” onde os decisores assumem a necessidade de anteciparem os potenciais problemas para um determinado sistema e promoverem planos de resiliência para promoverem a segurança e a qualidade de vida das populações.

Assim sendo, as respostas políticas devem vincular-se às condições locais e desenvolverem ferramentas e instrumentos de forma a alcançar uma urbanização sustentável e resiliente, maximizando os benefícios das economias de aglomeração, e minimizando as externalidades negativas (X. Q. Zhang, 2016).

I.2. Problema de Investigação

O atual crescimento populacional das cidades coloca uma forte pressão sobre os diversos sistemas urbanos, nomeadamente o sistema de transportes e mobilidade. Neste contexto, é possível verificar que a oferta de infraestruturas não acompanha a procura das mesmas que no caso dos sistemas de transportes, se poderá traduzir em congestionamentos, atrasos, acidentes e nouro tipo de problemas.

Na realidade um dos principais problemas da mobilidade urbana reside numa excessiva dependência do automóvel. Este facto torna as cidades mais vulneráveis e suscetíveis de serem fortemente impactadas pela interrupção da circulação de pessoas e mercadorias, sejam estas causadas por eventos naturais ou causadas pelo homem. Estes problemas acabam por ter consequências sociais, económicas e ambientais para o ecossistema urbano, que poderá inclusivamente alterar as condições de sustentabilidade destes territórios.

Deste modo, torna-se necessário prever o comportamento dos sistemas de transportes e mobilidade perante grandes riscos e ameaças que poderão causar interrupções no funcionamento dos sistemas urbanos, de modo a reduzir danos e a mitigar os impactos desses eventos disruptivos, de maneira a não afetar de forma significativa a vida das populações. No entanto, estes problemas, devido à sua crescente complexidade, tornam-se cada vez mais difíceis de se prever, antecipar e resolver, sendo uns dos principais problemas atuais na área do planeamento e gestão de transportes.

Em relação à mobilidade urbana, uma das realidades mais comuns em Portugal são os contextos territoriais de cidades de pequena e média dimensão, com um centro urbano circunscrito num raio muito pequeno de cerca de 5 km, cujo sistema de transportes e mobilidade urbana está centrado no carro, que é complementado por um sistema de transporte público centrado no autocarro, onde a cobertura da rede e oferta de serviços não serve e cobre todo o território. Por outro lado, verifica-se também que a mobilidade através de modos ativos é dominada pelo peão, com uma percentagem residual de pessoas a utilizar a bicicleta para realizar viagens pendulares.

Por conseguinte, associada a esta necessidade de previsão do comportamento dos sistemas de transporte e mobilidade urbana está o conceito de resiliência, *i.e.*, qual é a capacidade que estes sistemas urbanos têm para manter, reduzir, absorver e recuperar os impactos de um evento disruptivo que poderão influenciar negativamente o seu normal funcionamento. Apesar de ser um tema atual, é possível

constatar que existe pouca informação relativamente à aplicação da resiliência ao sistema de transportes e à mobilidade urbana e, conseqüentemente, uma escassez de ferramentas de planeamento e avaliação da mesma sobretudo em contexto urbano. Posto isto, abre-se assim espaço para este conceito crescer e ser explorado.

A resiliência de um sistema de transportes e mobilidade urbana não se pode resumir a processos de envolvimento comunitário. Por conseguinte, esta deve integrar uma forte componente técnico-científica que envolva a identificação dos principais riscos urbanos, o desenvolvimento de ferramentas de análise e previsão dos impactos de fenómenos extremos, que têm assolado as nossas cidades. Mas, também o desenvolvimento de ferramentas de avaliação da resiliência dos sistemas para que as cidades sejam locais seguros e facilmente acessíveis em qualquer ocasião e perante qualquer ação negativa da natureza e do Homem, ou seja, que apresentem padrões resilientes de mobilidade.

Estudar, desenvolver e avaliar o conceito da resiliência na mobilidade urbana centrado nas questões socioeconómicas da população e nas questões operacionais da rede de transportes, especialmente no contexto da maioria das cidades portuguesas de pequena e média dimensão, como ferramenta de planeamento urbano, representa o principal problema de investigação que este trabalho pretende explorar.

Um dos problemas no desenvolvimento deste tipo de ferramentas de avaliação da resiliência reside na falta de conhecimento e informação ajustada e atualizada sobre: i) o perfil de utilizadores associados a cada zona de geração de viagens; ii) quais os motivos e barreiras associados à utilização de cada modo de transporte; iii) dados de procura (tráfego) para cada modo de transporte; iv) dados sobre o comportamento (escolha modal) antes e após a ocorrência de um evento disruptivo.

I.3. Objetivos

Esta tese de doutoramento tem como principal objetivo o **desenvolvimento de uma metodologia que permita avaliar e definir o estado de resiliência** no sistema de transportes e **mobilidade urbana**, tendo por base as características socioeconómicas da população e operação da rede de transportes.

Deste modo, para assegurar o cumprimento do objetivo principal desta tese, apresenta-se o seguinte conjunto de objetivos secundários que um trabalho sobre resiliência na mobilidade urbana deve atender:

- Identificação dos riscos que afetem os sistemas de transportes e mobilidade;
- Definição do conceito e identificação das principais características da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana;
- Criação de um modelo de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana que incorporem o funcionamento da rede de transportes e padrões de mobilidade;
- Desenvolvimento de um caso de estudo que permita aplicar o modelo de avaliação de resiliência, com base em cenários de mobilidade/ tráfego e discutir a sua viabilidade através de uma análise dos resultados obtidos para as várias dimensões do modelo;
- Mostrar que a metodologia proposta é uma ferramenta de planeamento de transportes, com capacidade de avaliação do processo de resiliência e definição de estratégias de intervenção nos sistemas de transportes e mobilidade, para resolver problemas que possam derivar de um potencial risco ou ameaça.

O cumprimento destes objetivos secundários permite assegurar a criação de uma ferramenta que consiga avaliar a resiliência na mobilidade urbana e que seja replicável a outras cidades de pequena e média dimensão, especificamente para o caso português, onde a grande maioria das cidades é deste tipo.

I.4. Perguntas de Investigação

O conceito de Resiliência na mobilidade urbana está atualmente em crescimento e desenvolvimento. Posto isto, existem várias ideias e recursos que ainda não foram explorados e que, efetivamente, podem vir a melhorar o desempenho dos sistemas de transportes e mobilidade urbana perante um evento disruptivo. Tendo em vista os objetivos traçados para esta investigação e as lacunas identificadas na literatura sobre este conceito, no início deste trabalho (Projeto de Tese) foram formuladas a seguinte hipótese de investigação e as seguintes perguntas de investigação.

Assim sendo, a hipótese de investigação apresentada neste trabalho é:

“Para que um sistema de transportes e mobilidade urbana seja considerado resiliente este deverá ter a capacidade de resistir, manter ou recuperar, adaptar-se ou transformar-se perante ações de perturbações resultantes de cenários que limitem o funcionamento equilibrado desse sistema. Para este efeito, as ferramentas de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana devem ter a capacidade de identificar os principais riscos relativos a ações de origem natural ou antropogénica, que possam bloquear a circulação e mobilidade da população de uma área urbana, e avaliar o impacto dessas perturbações ao nível do funcionamento global desse sistema, em termos das principais redes de transporte e dos respetivos níveis de utilização, para que se possam definir planos de intervenção e promoção da resiliência.”

Neste sentido, uma nova metodologia para a avaliação da resiliência na mobilidade urbana foi desenvolvida, conforme descrito no capítulo III. Os resultados observados motivam um esforço contínuo no sentido de explorar mais esta ideia de investigação. No entanto, o trabalho desenvolvido não responde integralmente a todas as perguntas de investigação inicialmente propostas (projeto de tese).

Assim sendo, as principais perguntas de investigação desta proposta de tese foram:

- **P1 – O que é a resiliência na mobilidade urbana? E como é que esta pode ser avaliada da maneira mais objetiva possível?**

Após a análise da literatura (Capítulo II) verificou-se que existe uma grande variedade de conceitos de resiliência aplicados a diversas áreas, onde se incluem definições para a resiliência de um sistema urbano de transportes. Após a análise de diversos conceitos e definições foi possível propor a seguinte definição:

“A resiliência dos sistemas urbanos de transporte assenta na capacidade de um sistema de resistir, reduzir e absorver os impactos de uma perturbação, mantendo um nível de serviço aceitável (resiliência estática), restaurando a operação regular e equilibrada dentro de um período de tempo e custo razoáveis (resiliência dinâmica).”

A avaliação da resiliência na mobilidade urbana revelou-se um assunto complexo, sem que exista uma abordagem única e universal. No entanto, entende-se que estudar a resiliência da mobilidade de uma forma isolada não é a melhor abordagem a seguir. Na realidade a resiliência na mobilidade deve ser sempre integrada com o sistema de transportes. Assim, esta tese desenvolveu um conceito inovador e integrador na avaliação da resiliência de um sistema tão complexo como o do sistema de transportes, através da integração da vertente comportamental (escolha e repartição modal) com a componente infraestrutural do sistema (oferta e desempenho das redes dos modos de transporte), que serão abordadas nos Capítulos III da metodologia e IV do caso de estudo.

- **P2 – Poderão os atuais sistemas de modelação de tráfego e transportes permitir realizar a avaliação da resiliência na mobilidade urbana?**

Como descrito no capítulo III, a metodologia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana foi dividida em três dimensões: 1) caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, 2) a avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte e 3) a avaliação do funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade.

Para a avaliação da 1ª e 3ª dimensões do processo de resiliência foi utilizado o tempo médio de viagem como principal variável de avaliação dos impactos sofridos devido aos condicionalismos, na rede rodoviária da cidade do caso de estudo, impostos na definição e estudo de vários cenários de restituição das condições de circulação. Para além disso, na avaliação da 3ª dimensão também foi utilizado o número de viagens produzidas.

Deste modo, apesar dos atuais sistemas de modelação de tráfego e transportes serem uma ferramenta importante na avaliação da resiliência no sistema de mobilidade urbana, onde a partir da matriz origem-destino é possível fazer previsões dos padrões e tempos de viagem nas várias zonas geradoras de tráfego, a modelação apenas representa uma das ferramentas que torna possível estimar algumas variáveis de

desempenho da operação e funcionamento de uma rede de transporte, nomeadamente através da estimação do número e tempos de viagem.

- **P3 – Como avaliar/ medir a resiliência na mobilidade urbana utilizando o modelo clássico de “4 etapas”? Qual a etapa mais relevante para avaliar a resiliência na mobilidade urbana? Será a etapa da repartição modal?**

O modelo clássico de “4 etapas” é dividido em geração de viagens, distribuição de viagens, repartição modal e afetação das viagens. A partir da base de dados do caso de estudo foi possível obter as informações relativas às 4 etapas do modelo. Porém, devido ao facto de não haver uma correspondência entre a base de dados dos movimentos pendulares (dividida até ao nível da subsecção estatística) e a base de dados das variáveis socioeconómicas (considera todo o caso de estudo como uma zona de geração), apenas foi possível aplicar a etapa da afetação das viagens ao zonamento criado para o caso de estudo. Posto isto, a partir da base de dados dos movimentos pendulares e de contagens de tráfego recorrendo ao modelo *TFlowFuzzy* foi possível obter a matriz origem-destino atualizada para o modo carro.

Inicialmente, a base de dados socioeconómica foi utilizada para estimar o modelo de repartição modal, *MLogit*, para a caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, partindo do pressuposto que todas as zonas do caso de estudo têm as mesmas características socioeconómicas.

Porém, após a estimação do modelo verificou-se que os padrões de viagem da população não variavam significativamente com o aumento do tempo de viagem, considerando um tempo de viagens compatível com a dimensão do caso de estudo (capítulo IV).

No entanto, apesar deste resultado do modelo *MLogit*, foi possível constatar também que existe uma estabilidade da escolha modal para o carro, que é o principal modo de transporte utilizado, não sendo possível prever uma alteração para outro modo de transporte. Desta forma, esta estabilidade pode também ser um problema uma vez que havendo uma disrupção, este modo apresenta uma suscetibilidade e uma exposição a possíveis problemas relacionados com essa interrupção. Posto isto, e de forma a contornar os resultados do modelo *MLogit*, optou-se pela utilização de modelos de duração, mais concretamente, pelo modelo *Weibull* com heterogeneidade gama.

Apesar da pouca utilização dos modelos de duração (modelo *Weibull* com heterogeneidade gama) como alternativa aos modelos de transportes clássicos, a sua utilização na avaliação da resiliência na mobilidade urbana, tendo por base o tempo médio de viagem e as características socioeconómicas da população, permitiu avaliar o tempo de viagem que um utilizador está predisposto a percorrer para chegar ao seu destino num determinado modo, e assim saber se existe uma potencial alteração de modo de transporte carro para efetuar essa mesma viagem.

Por conseguinte, considera-se que a utilização deste tipo de modelos em detrimento do modelo de 4 etapas é viável e replicável. Assim sendo, a etapa da afetação de tráfego é importante na estimação da matriz OD do caso de estudo e, conseqüente, estimar os tempos de viagem.

- **P4 – Como validar a metodologia proposta? Estatisticamente?**

Existe uma falta de informação sobre os dados socioeconómicos e de operação da rede para o período pós-evento disruptivo. Deste modo, por não existir um histórico de grandes interrupções que influenciem a normal vivência populacional, apenas foi proposta uma metodologia da avaliação da resiliência na mobilidade urbana tendo em conta os dados obtidos pré-evento, sem a respetiva validação com dados pós-evento, ou seja, o modelo permite avaliar o potencial de resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana, mas tendo por base métodos baseados na produção de cenários hipotéticos, que permitam avaliar todo o processo de recuperação, antes-durante-após, tendo por base apenas o comportamento populacional pré-evento, ou seja, a situação atual.

Por conseguinte, a validação estatística do modelo de tráfego (PTV Visum) através das contagens de tráfego demonstrou ser possível, assim como a validação do modelo *Weibull* com heterogeneidade gama através da aferição do nível de significância das variáveis. Contudo, não foi possível validar o modelo global de avaliação da resiliência do sistema de transportes e mobilidade urbana, devido à falta de um histórico de dados, com informação sobre o comportamento das viagens nos períodos antes-durante-após um evento disruptivo.

- **P5 – De que forma e em que contexto é possível replicar o modelo proposto noutras urbes?**

A metodologia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana desenvolvida nesta tese tem como caso de estudo a cidade da Póvoa de Varzim, que é uma cidade de média dimensão em contexto nacional.

Porém, os dados utilizados para desenvolver o modelo são referentes às características socioeconómicas da população e dados de tráfego, que são possíveis de obter para uma cidade de qualquer contexto geográfico, nacional e internacional.

Neste sentido, e tendo em conta a dimensão da maioria das cidades em território nacional (pequena e média dimensão), podemos considerar que a metodologia é replicável dentro do mesmo contexto, podendo tornar-se uma importante ferramenta de planeamento para a maioria dos municípios portugueses e de qualquer outro país, ou dimensão de cidade.

I.5. Estrutura da Tese

A estrutura deste trabalho é composta por cinco capítulos temáticos, um capítulo de referências bibliográficas e os anexos.

No Capítulo I faz-se uma introdução ao tema da tese, enquadrando alguma informação por forma a que se entenda a relevância do tema e ainda para contextualizar a investigação levada a cabo nesta tese. Este capítulo inclui ainda as motivações do autor, bem como os objetivos a serem seguidos e perguntas de investigação a serem respondidas neste trabalho de investigação.

O Capítulo II descreve o estado da arte, onde são apresentados os riscos a que as cidades e os seus sistemas urbanos estão suscetíveis e vulneráveis, descreve, desconstrói e enquadra o conceito de resiliência no sistema urbano de transportes como bases do conceito da resiliência na mobilidade urbana. Este capítulo também inclui a revisão do estado da arte sobre os modelos de escolha/repartição modal e os modelos de duração.

O Capítulo III apresenta o processo de construção da metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo de avaliação da resiliência dos sistemas de transportes e mobilidade urbana, apresentando as três dimensões que compõem o modelo, nomeadamente, a caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte e funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade, e como estas se relacionam.

O Capítulo IV inicia-se com a apresentação e descrição do caso de estudo, neste caso da cidade da Póvoa de Varzim, incluindo a descrição e obtenção das bases de dados utilizadas, nomeadamente, INE, dados

de tráfego de autoestradas e contagens de tráfego. É aplicada o modelo de avaliação da resiliência fundamentalmente estruturado em três dimensões e são apresentados os resultados. Para testar a aplicabilidade e utilidade do modelo de avaliação da metodologia proposta, foram criados 3 cenários hipotéticos com diferentes sequências de recuperação para um cenário global do fecho da principal via urbana da cidade – a EN13. Por fim, é feita a discussão dos resultados obtidos ao longo da aplicação da metodologia de avaliação no caso de estudo.

Por último, apresenta-se uma síntese das principais conclusões no Capítulo V, destacando as principais contribuições e discutindo as descobertas mais importantes desta tese. Neste capítulo, é apresentada uma discussão sobre possíveis direções para investigações futuras.

Capítulo II. Estado da Arte

O objetivo deste capítulo é apresentar uma visão holística sobre o conjunto de definições, conceitos e as principais abordagens e metodologias utilizadas no estudo da resiliência do sistema de transportes e mobilidade urbana, nomeadamente as investigações realizadas pela comunidade científica acerca dos riscos para a mobilidade urbana, da resiliência do sistema de transportes, dos modelos de escolha/repartição modal e dos modelos duração baseados no risco.

Deste modo, a primeira parte deste capítulo é dedicada à identificação dos principais sistemas de transporte e mobilidade urbanos e quais os principais riscos e ameaças a que estes estão potencialmente expostos.

A segunda parte é dedicada ao estudo e caracterização do processo de resiliência nos sistemas urbanos de transportes, nomeadamente em termos do conceito, definições, características e dimensões da resiliência. Para além disso, são identificados os principais métodos adotados para medir/avaliar a resiliência neste domínio, assim como, os principais indicadores usados na avaliação das características e dimensões da resiliência. Por fim, são identificadas as principais forças, fraquezas e tendências futuras associadas à resiliência nos sistemas urbanos de transporte.

Na última parte deste capítulo são identificados e descritos os principais modelos de escolha e repartição modal utilizados na modelação de transportes. No final, nesta parte, são identificados os principais modelos de duração e a sua utilização no campo dos transportes.

II.1. Os riscos para o sistema de transportes e mobilidade urbana

II.1.1. Enquadramento

O atual padrão de desenvolvimento e crescimento das cidades afeta a qualidade de vida das pessoas nas urbes, nomeadamente, ao nível da acessibilidade e mobilidade das populações e mercadorias, que se traduz no uso dominante do automóvel nas principais deslocações diárias, em fenómenos de congestionamento rodoviário, oferta de transporte público desadequada face aos níveis de procura, para além de outras externalidades negativas como a poluição, problemas de saúde e desequilíbrios/ falta de equidade social entre diferentes grupos populacionais.

Por outro lado, atualmente as cidades debatem-se com a necessidade de dar resposta a problemas gerados por fenómenos extremos de várias ordens, nomeadamente, os que derivam de alterações climáticas, que se encontram habitualmente associadas a desastres naturais que têm vindo a aumentar em magnitude e impacto.

Deste modo, é possível constatar que a mobilidade urbana enfrenta muitos e variados desafios ao nível do seu planeamento, gestão e operação, inerentes à introdução de sistemas tecnológicos cada vez mais avançados. Porém, importa destacar que as solicitações, fruto de eventos extremos, trazem um novo paradigma à mobilidade que se quer mais sustentável e sobretudo mais resiliente perante um determinado tipo de risco a que uma urbe possa estar exposta.

A identificação do risco associado a um determinado evento extremo num determinado local assume particular relevância no estudo da resiliência urbana e, sobretudo, da resiliência do setor da mobilidade. Assim, neste tópico pretende-se abordar o nível de integração dos diferentes sistemas urbanos com a mobilidade e apresentar as principais ameaças e riscos a que as cidades estão sujeitas.

II.1.2. Sistemas de transporte e de mobilidade como um sistema urbano

As cidades são constituídas por vários sistemas designados por sistemas urbanos. Estes podem ser mais ou menos complexos e integrados, cuja dimensão se encontra intimamente ligada com a dimensão da cidade (Harrison & Williams, 2016). Assim sendo, um sistema urbano consiste num número de redes interdependentes que são compostas por diferentes sistemas físicos e sociais (Pickett et al., 2001; Rus et al., 2018).

Os sistemas físicos são compostos pelos elementos naturais e construídos das cidades, ou seja, incluem infraestruturas de transporte, edifícios, comunicações e instalações de energia, bem como as suas linhas de água, solos, topografia, geologia e outros sistemas naturais. Assim, os sistemas físicos atuam como o corpo da cidade, estrutura óssea, artérias e músculos (Godschalk, 2003; Pickett et al., 2001).

Os sistemas sociais são constituídos pelas comunidades, ou seja, são essencialmente compostos por três elementos: as pessoas (indivíduos); as instituições (grupos de indivíduos que trabalham juntos para alcançar um objetivo comum); e por último, as atividades (tarefas que os indivíduos e as instituições projetam, inventam, implementam e utilizam). Em suma, os sistemas sociais atuam como o cérebro da cidade, direcionando as suas atividades, de forma a responder às suas necessidades e aprendendo com sua experiência (Desouza & Flanery, 2013; Godschalk, 2003; Pickett et al., 2001).

Embora os sistemas urbanos sejam persistentes e sustentáveis, estes também estão constantemente a sofrer desequilíbrios, *i.e.*, as suas interações são semelhantes à “colisão” entre os cidadãos em ruas congestionadas, colidindo e desviando-se, mas progredindo em direção aos seus objetivos. No entanto, fortes tensões como congestionamento generalizado, um furacão, um colapso das atividades económicas, podem conduzir alguns dos sistemas para além de um limite de resposta que se possa reverter, ou seja, para novos estados, a partir dos quais possa ser difícil recuperar, *i.e.*, quando a tensão for removida, os sistemas poderão não retornar rapidamente aos seus estados originais (Harrison & Williams, 2016).

Desta forma, é impossível avaliar a resiliência de qualquer cidade sem considerar a resiliência dos seus diferentes sistemas e respetivo nível de interdependência. Antes de efetuar uma avaliação da resiliência de um sistema urbano, é necessário entender o conceito e as propriedades de um sistema urbano resiliente, bem como, planejar e gerir cidades resilientes (Rus et al., 2018).

Na prática, encontrar formas de operacionalizar a avaliação da resiliência não é fácil. Assim, a análise da resiliência urbana pode ser dividida em quatro subtópicos: infraestrutural, institucional, económico e social, de modo a aumentar a capacidade para se estudar e aprofundar as principais questões subjacentes a cada um dos quatro tópicos (Jha et al., 2013). Assim, para Cutter, Burton & Emrich (2010), a resiliência infraestrutural refere-se à redução da vulnerabilidade de estruturas construídas, como edifícios e sistemas de transporte. A resiliência institucional refere-se aos sistemas governamentais e

não-governamentais, que administram uma comunidade ou uma cidade. A resiliência económica refere-se à diversidade económica de uma comunidade em áreas como emprego, número de empresas e sua capacidade de funcionar após um desastre. A resiliência social refere-se ao perfil demográfico de uma comunidade por sexo, idade, etnia, deficiência, nível socioeconómico e outros grupos.

O presente trabalho incide sobre a mobilidade urbana, que se assume como a mobilidade das pessoas de um ponto de origem para um ponto de destino dentro de uma cidade, através de diferentes modos de transporte. Assim, relacionar os sistemas de transporte com os sistemas urbanos torna-se relevante para entender a sua importância nas cidades, uma vez que os sistemas de transporte fazem parte dos sistemas urbanos infraestruturais (Cutter et al., 2010).

No entanto, o desempenho de uma rede de transportes depende tanto da sua estrutura física, como também da forma como é operada e utilizada pelos diversos atores do sistema que pode ser avaliada por indicadores, como por exemplo, tempos de deslocação, atrasos, relações entre débitos e a capacidade, níveis de congestionamento, entre outros. A utilização do sistema (*e.g.*, a procura de viagens) depende, por sua vez, da distribuição espacial de população, das atividades e da qualidade do serviço prestado pelos diversos modos de transporte. Posto isto, existe uma interação fundamental entre o sistema de transportes e todos os outros elementos, espaciais-económico-sociais-ambientais nas áreas urbanas, denominado sistema de atividade urbana que se apresenta na Figura 1 (Miller et al., 2004).

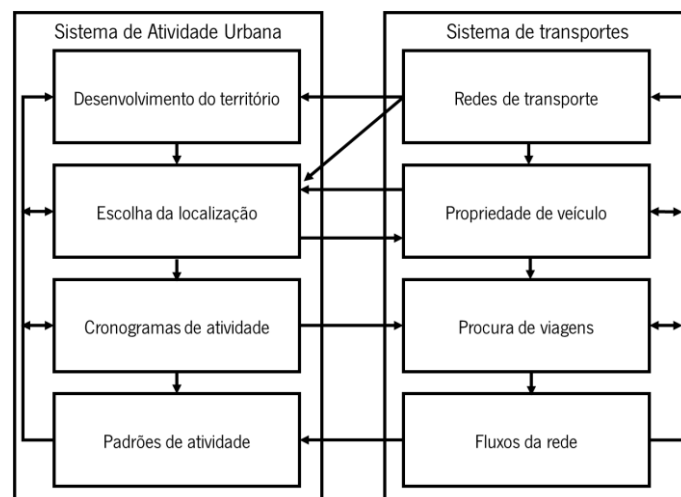


Figura 1 – Interações do sistema de transporte urbano. adaptado de Miller et al. (2004)

Em suma, os sistemas de transporte têm um impacto muito importante no funcionamento de todos os sistemas urbanos, sendo um motor da economia contribuindo para o equilíbrio social, institucional e governamental das sociedades urbanas.

II.1.3. Problemas e tendências futuras da mobilidade urbana

A mobilidade urbana corresponde às viagens geradas diariamente pelos habitantes de uma cidade, os meios, métodos e condições associados à realização dessas viagens (modos de transporte selecionados, duração da viagem, tempo gasto em transporte, etc.), (Shang et al., 2009). A mobilidade numa área urbana é um sistema complexo devido à existência de muitas atividades e ações humanas que se encontram inter-relacionadas e interconectadas. Portanto, é sempre desejável que um sistema de transporte seja competente e que possa acomodar várias necessidades de viagem de uma forma eficiente, assumindo-se que é o sistema de transportes que garante a mobilidade dentro da área urbana e o acesso aos vários tipos de atividades e usos de solo (Haque et al., 2013; Perra et al., 2017).

No passado, o aumento da eficiência de um sistema de transporte traduzia-se no melhoramento e aumento da oferta, com a construção e expansão das redes rodoviárias e ferroviárias e respetivo aumento do número de instalações e infraestruturas de transporte. No entanto, em meio urbano, o uso do automóvel particular assumiu proporções muito elevadas, dominando assim o panorama geral da repartição modal associada à mobilidade urbana, o que conduziu a problemas inevitáveis, como é o caso da expansão do tecido urbano, do congestionamento das principais vias, nomeadamente, ao nível da rede viária estruturante (Haque et al., 2013).

Muitos dos problemas de transporte urbano que afetam os países desenvolvidos e em desenvolvimento são, hoje, uma combinação de deficiências históricas e de tendências mundiais recentes. Enquanto as deficiências históricas são principalmente uma consequência da falta de recursos humanos e financeiros, os problemas recentes assentam essencialmente numa extensão da forte dependência do automóvel como o principal meio de transporte para proporcionar mobilidade aos cidadãos urbanos (da Silva et al., 2008).

Por outro lado, a evolução da mobilidade urbana pode ser vista como o resultado de um conjunto complexo e mutável de interações. Do lado da procura por transportes, os fatores que contribuem para estes resultados incluem padrões demográficos variados, ligados ao crescimento económico e a

mudanças sociais, resultando em novos padrões de consumo; já no lado da oferta, houve grandes mudanças na construção de infraestruturas de transporte, frequentemente associadas a avanços tecnológicos (Jones, 2014). Assim sendo, a mobilidade urbana tornou-se um dos principais desafios tecnológicos da atualidade (Köse et al., 2016).

Nos últimos anos, a sustentabilidade do sistema de transportes assumiu uma forte relevância para as populações, principalmente devido às crescentes preocupações com questões ambientais e alterações climáticas. Além das questões ambientais, surgiram outros problemas com grande impacto na sociedade, como as mortes e feridos dos acidentes de trânsito, congestionamentos, ruído, esgotamento de recursos e a dificuldade de garantir a acessibilidade a diversos tipos de equipamentos e instalações (Haque et al., 2013). Desta forma, é importante identificar os fatores responsáveis pelos problemas relacionados com a mobilidade nas áreas urbanas, dado que podem ser intensificados à medida que as cidades crescem, especialmente quando se trata das grandes cidades, onde as pessoas se deslocam diariamente para diferentes destinos e as suas várias atividades envolvem o uso do automóvel particular (Costa et al., 2017).

Muitas estratégias e orientações políticas foram desenvolvidas e implementadas ao longo dos anos para resolver os problemas dos transportes urbanos, que incluem a integração dos usos do solo e do planeamento de transportes (Sim et al., 2001), elaboração de planos de cidades compactas – *Compact-City* (Sung & Choo, 2010), a soluções baseadas no planeamento integrado de redes de transporte públicos e uso de solo (Sung & Oh, 2011), controlo do crescimento de motorização (Han, 2010), gestão da procura de viagens através de ferramentas económicas como preços e financiamento (Tuan Seik, 2000), promoção do transporte público (Ibrahim, 2003), aumento das rede pedonal e ciclável e respetivas infraestruturas de apoio (Shirgaokar et al., 2010), bem como a incorporação de tecnologias “amigas” do ambiente (Lopez-Ruiz & Crozet, 2010).

Todas estas estratégias e políticas são úteis para criar um sistema de transporte mais sustentável que procure um equilíbrio adequado entre as necessidades de transporte e os recursos disponíveis dentro e entre as gerações atuais e futuras. No entanto, importa referir que é extremamente importante definir-se uma visão clara para identificar e desenvolver estratégias e políticas apropriadas para construir um sistema de transporte eficiente, duradouro e seguro (Haque et al., 2013). Neste sentido, a procura por

melhorar a qualidade e a eficiência do serviço de transporte tem crescido, nomeadamente com a introdução de novas tecnologias no mercado a um ritmo acelerado.

O pensamento e as abordagens criativas são cada vez mais importantes para os governos na definição de políticas e ações no sistema de transportes e mobilidade. Assim sendo, os sistemas de transporte em funcionamento devem ser analisados de forma a compreender e identificar onde é necessário dar resposta à procura da mobilidade das grandes massas em diversas áreas, particularmente nas que podem ser afetadas por eventos extremos/ desastres, que tipo de informações sobre trânsito e transporte público são fundamentais para que os indivíduos façam as melhores escolhas sobre os meios de transporte mais adequados, e de que forma devem ser consideradas as necessidades das pessoas vulneráveis e deficientes durante esses eventos (Feng, 2014).

Deste modo, é improvável que as infraestruturas e serviços de transporte do futuro sejam as mesmas dos dias de hoje. Muitas mudanças ocorrerão nas necessidades dos viajantes, na procura dos operadores, nas orientações políticas entre os governos e nos desenvolvimentos tecnológicos, que influenciarão perspetivas e as tomadas de decisão/ação neste setor. Atualmente, as pessoas procuram soluções de mobilidade “instantânea/imediata”, capacidade de partilhar com os outros, redução de danos pós-acidente e intermodalidade contínua, enquanto os governos buscam financiamento inovador para fornecer melhores serviços de transporte para atender às necessidades das pessoas (Feng, 2014).

II.1.4. Ameaças e riscos nas cidades e respetivos sistemas urbanos

As cidades são sistemas complexos e interdependentes, extremamente vulneráveis a ameaças de riscos naturais e terrorismo, com consequências e solicitações nas diversas infraestruturas urbanas e cultura das comunidades (World Bank, 2010). As mesmas características que tornam as cidades viáveis e desejáveis, como as suas estruturas arquitetónicas, concentrações populacionais, pontos de encontro e sistemas de infraestrutura interconectados, também as colocam em alto risco perante eventos disruptivos como inundações, sismos, furacões e ataques terroristas (Godschalk, 2003).

Os ataques terroristas às infraestruturas de transporte são bastante significativos em todo o mundo, correspondendo a 24% de todos os ataques realizados (Nowacki, 2014). Assim sendo, não é surpreendente que os terroristas tenham muitas vezes como alvo os sistemas de transporte (Meyer, 2008), uma vez que estes são especialmente vulneráveis. Em particular, os modos de transporte de

grandes massas, como o metro e o comboio, que concentram um grande número de pessoas em áreas confinadas e muitas vezes de baixa segurança. Além disso, dado o caráter de rede destes sistemas e o papel fundamental nas economias regionais e urbanas, estes são capazes de proporcionar perdas económicas substanciais para toda a sociedade para além daquela que estará diretamente relacionada com o incidente (Cox et al., 2011).

As alterações climáticas têm sido identificadas como uma das maiores ameaças que o planeta enfrenta atualmente. Estas, representam graves ameaças à infraestrutura urbana, qualidade de vida e sistemas urbanos, representando de igual forma uma séria ameaça ao desenvolvimento sustentável. Não só os países pobres, mas também os ricos, serão cada vez mais afetados por eventos e tendências climáticas anómalas em que estes tipos de eventos extremos aumentarão nos próximos anos (Rafael et al., 2015; Wamsler et al., 2013b; World Bank, 2010).

Neste sentido, as alterações climáticas podem representar desafios consideráveis para as cidades costeiras, particularmente em cidades com uma elevada densidade urbana, sendo um dos principais desafios que a Europa enfrenta atualmente (Rafael et al., 2017). Por conseguinte, os impactos associados às mudanças climáticas, embora generalizados, estão inerentemente confinados a locais específicos e, portanto, exigem que a adaptação às mudanças nas condições climáticas ocorra localmente e/ou regionalmente. O aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos terão uma ampla gama de impactos negativos nas infraestruturas de transporte e, conseqüentemente, nos sistemas de transportes e mobilidade, sendo exemplos desses impactos esperados, o aumento do nível do mar, o aumento da temperatura, da precipitação, da humidade, ciclos de congelamento e descongelamento, etc. (Cochran, 2009).

Na Europa, as inundações que derivam da alteração abrupta dos caudais em rios têm aumentado em frequência e severidade. Essas circunstâncias exigem uma gestão do risco de inundação, integrando novos conceitos como a resiliência urbana (Lhomme et al., 2013). Os riscos de inundação desafiam as cidades fluviais do mundo inteiro, apesar de muitas delas serem protegidas por extensas infraestruturas de controlo de cheias, como barragens, represas e canalizações (Liao, 2012). Porém, as inundações ainda causam muitos danos e muitas vítimas, embora as populações tenham tentado reduzir os impactos das mesmas ao longo de muitos séculos, todavia espera-se que as alterações climáticas agravem a frequência e a intensidade associadas a estes desastres (Lhomme et al., 2013).

Um furacão é o mais destrutivo de todos os desastres naturais, produzindo uma energia comparável à de um terremoto, um vulcão, um tsunami ou uma arma nuclear. A devastação causada pelos furacões ocorre principalmente durante o período em que este se desloca em terra firme, devido a fortes chuvas e fortes ventos, que causam danos em edifícios, árvores e carros, além de tempestades que levam a inundações nas zonas costeiras (Dodla & Yerramilli, 2014). Na era do aquecimento global foi relatado o aumento na frequência, intensidade e duração dos sistemas de ciclones e furacões, sugerindo um aumento da destruição associada a este tipo de desastres (Kerry, 2005).

Uma outra ameaça a que as cidades e as comunidades e, conseqüentemente, os seus sistemas de transporte e mobilidade estão sujeitas e vulneráveis são os sismos (Bruneau & Reinhorn, 2007). Entre os vários componentes de uma rede de transporte, as pontes e viadutos são conhecidas por serem os elementos mais vulneráveis do sistema perante este tipo de ameaça, verificando-se que danos nestes elementos podem causar uma grande degradação na funcionalidade de toda a rede (Alipour & Shafei, 2016). Assim, é essencial que as redes de transporte sejam resilientes após fortes sismos, *i.e.*, com impactos desastrosos, de modo a garantir uma eficiente evacuação das populações em risco para zonas seguras e a chegada oportuna de recursos de resposta a emergências para a área afetada (Duan et al., 2016).

Embora esteja claro que grandes calamidades e desastres podem ter um efeito considerável no tráfego e nos sistemas de transporte, existe a consciência de que pequenos distúrbios nos sistemas de tráfego e transportes também podem desempenhar um papel importante na redução da eficiência de tais sistemas. Exemplos disto são as elevadas e baixas temperaturas, períodos de precipitação e neve, vento, nevoeiro, etc. Por outro lado, a influência da infraestrutura local pode afetar os fluxos de tráfego, onde superfícies degradadas das vias, geometria das vias (incorreta), regimes de velocidade diferentes, etc., podem levar a perturbações nos fluxos de tráfego (Calvert & Snelder, 2018).

Por último, as conseqüências da grande utilização do transporte individual (automóvel) são uma ameaça para as cidades e respetiva população, que derivam principalmente de soluções inadequadas de mobilidade urbana pelos sistemas de transporte locais. A maioria desses problemas é causada pela elevada densidade de veículos motorizados em áreas urbanas, onde o aumento de veículos motorizados representa uma conseqüência do aumento dos níveis de rendimento e melhores padrões da qualidade

de vida (Maršanić & Krpan, 2015). Deste modo, os sistemas de transporte urbano são vulneráveis a congestionamentos, acidentes, fenómenos climatéricos e outros eventos especiais (Ganin et al., 2017).

O congestionamento associado ao tráfego rodoviário não traz apenas atrasos e inconveniência, mas também outras preocupações associadas à emissão de gases de efeito estufa, ruído, poluentes do ar e de outras questões de segurança no trânsito. Assim sendo, o aumento dos volumes de tráfego e da mobilidade em geral pode estar diretamente ligado às catástrofes naturais, uma vez que a principal causa destas são as alterações climáticas associadas a fenómenos de poluição e consumo de energia de origem fóssil (Tang & Heinemann, 2018).

A rede de transporte rodoviário é a mais representativa e a que apresenta maiores dimensões na maior parte das áreas urbanas, sendo essencial para uma ampla gama de atividades sociais e económicas (Alipour & Shafei, 2016; Mattsson & Jenelius, 2015).

A sociedade atual é altamente dependente de uma série de sistemas críticos de infraestruturas, como o da energia elétrica, transportes, abastecimento de água e tratamento de águas residuais, informação e comunicação e sistemas bancários. Se o fornecimento de qualquer um desses serviços for interrompido ou for drasticamente reduzido, os sistemas dependentes falharão ou funcionarão com um baixo nível de desempenho (Mattsson & Jenelius, 2015). Assim, qualquer falha na operacionalidade da rede de transportes e mobilidade pode causar perturbações com consequências graves e generalizadas para as populações dos diferentes territórios, particularmente as urbanas (Alipour & Shafei, 2016; Kim & Yeo, 2016). A Figura 2 apresenta a interligação entre as várias ameaças ao sistema de transportes e mobilidade urbana encontradas na literatura e que foram abordadas neste ponto.

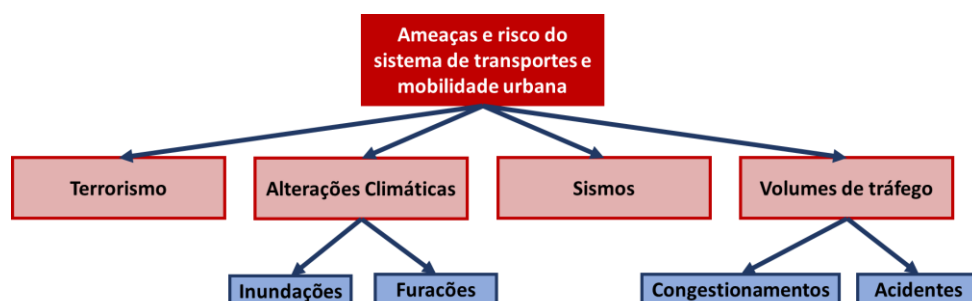


Figura 2 – Ameaças do sistema de transportes e mobilidade urbana

II.1.5. Conclusões

As cidades são constituídas por vários sistemas urbanos, sendo estes compostos por componentes físicas e sociais. Dentro destes, encontram-se os sistemas de transportes, que podem ser considerados um dos pilares das cidades, pois sem a existência destes não seria possível haver o movimento de pessoas e mercadorias, ou seja, a mobilidade urbana. Assim sendo, os sistemas de transporte têm um forte impacto nos restantes sistemas urbanos, como é o caso do sistema físico, económico, político e institucional.

No entanto, as cidades, e consequentemente os seus sistemas de transporte, estão expostos a muitos riscos e ameaças que provocam problemas de mobilidade urbana, como é o caso dos congestionamentos e acidentes de trânsito, mas também ameaças de outro tipo de ameaças como, atos de terrorismo e outras de índole natural como sismos, furacões e inundações. Neste sentido, atualmente os desastres naturais têm-se tornado uma das principais ameaças para as cidades, uma vez que devido às alterações climáticas, a frequência e impacto destes eventos considerados extremos têm aumentado e são mais severos.

Por conseguinte, é necessário avaliar as potenciais ameaças para os sistemas de infraestruturas e serviços das cidades, nomeadamente, dos sistemas de transporte e mobilidade urbana, para antecipar medidas e produzir os respetivos planos de recuperação e resiliência para fazer face e mitigar os principais impactos de potenciais eventos disruptivos que possam derivar da natureza ou do Homem.

II.2. Resiliência dos sistemas de transportes e mobilidade urbana

II.2.1. Introdução

Um problema que a sociedade enfrenta na atualidade prende-se com o crescimento de grandes cidades, prevendo-se um aumento significativo nas próximas décadas. Em 1900, apenas 10% da população mundial residia em zonas urbanas, verificando-se um maior nível de urbanização desde 1950 (Grimm et al., 2008; Jedwab et al., 2017). Atualmente, a população mundial é cerca de 7,6 mil milhões de habitantes, prevendo-se um aumento para os 9,8 mil milhões de habitantes até ao ano de 2050. Para além disso, prevê-se um crescimento da população que vive em áreas urbanas de 55% para 68% até 2050 (UN, 2017, 2018).

O processo de urbanização é um fenómeno-chave no desenvolvimento económico das cidades, regiões e até mesmo dos países, sendo possível verificar que se encontra associado a uma significativa concentração de recursos humanos, atividades económicas e consumo de recursos. Porém, embora cobrindo apenas cerca de 2% da superfície do planeta, as cidades são responsáveis por cerca de 75% do consumo mundial de recursos (Madlener & Sunak, 2011).

Este crescimento põe em causa o funcionamento de alguns sistemas urbanos, como é o caso dos transportes e da mobilidade, ou seja, nas grandes cidades tem-se verificado um intensivo aumento da procura dado o aumento das necessidades de mobilidade da população residente. Associado ao aumento das deslocações, fruto dos crescimento das cidades e a padrões de mobilidade urbana dominados pela utilização do automóvel privado, tem-se verificado um aumento dos volumes de tráfego motorizado nas cidades provocando problemas de mobilidade, como congestionamentos, poluição ambiental, ruído e acidentes (Dunphy & Fisher, 1996; Farahani et al., 2013).

O congestionamento do tráfego afeta diretamente a qualidade do serviço de mobilidade urbana, nomeadamente, as deslocações das pessoas e mercadorias, contribuindo para reduzir os níveis de acessibilidade e mobilidade urbana. Para além disso, os congestionamentos contribuem para o aumento dos desperdícios de tempo e gastos de energia (Ko et al., 2017), aumento da poluição e stress (Bastos et al., 2019; Bigazzi et al., 2015), diminuição da produtividade e aumento dos custos de vida para a sociedade (Rao & Rao, 2012). Neste sentido, as entidades de governo precisam planejar adequadamente

as redes de transporte e controlar os movimentos de tráfego de forma a garantir e mitigar os problemas relacionados com a mobilidade (Farahani et al., 2013; Moriarty, 2016; Samimi & Mohammadian, 2010).

Assim, os sistemas de transporte urbano estão sempre expostos a diferentes tipos de perturbações. As interrupções que podem afetar o funcionamento desse sistema são as mesmas que afetam os outros sistemas urbanos em geral, por exemplo, desastres naturais, como furacões, inundações, incêndios ou eventos de origem humana, como ataques terroristas, eventos culturais, greves e falhas nos sistemas urbanos causadas por erro humano ou má gestão (Bollinger et al., 2014; Cao, 2015; Koetse & Rietveld, 2009; Pregolato et al., 2017; Suarez et al., 2005).

Assim, o conceito de resiliência é um tópico de interesse para os sistemas de transporte devido ao aumento da exposição a eventos extremos nas cidades, como congestionamentos de tráfego maciço e desastres naturais (Markolf et al., 2019; Nemry & Demirel, 2012; Pregolato et al., 2019; Wamsler et al., 2013a). Esta exposição está relacionada com a contínua ocupação desordenada e descontrolada do uso do solo das cidades, bem como o aumento da população e sua complexidade territorial, visto que aumenta a vulnerabilidade e o risco das cidades a eventos extremos e desastres futuros (Borde et al., 2007; Stamos et al., 2015) e a necessidade de tornar os sistemas urbanos mais resilientes.

Importa referir que o termo resiliência tem vindo a ser introduzido na investigação científica, sendo inicialmente associado aos sistemas ecológicos por Holling (1973, p.17), com a seguinte definição: “*A resiliência determina a persistência de relacionamentos dentro de um sistema e é uma medida da capacidade desses mesmos sistemas para absorver mudanças de estado, de direção e de parâmetros. Nesta definição, a resiliência é propriedade do sistema e a persistência ou probabilidade de extinção é o resultado...*”. Desde então, várias áreas de interesse e do conhecimento têm produzido um vasto conjunto de definições em função das especificidades e objetivos dos diferentes estudos. Neste contexto, a resiliência no sistema de transportes apresenta uma variedade de definições e conceitos que resultam das diferentes objetivos, perspetivas e entendimentos que variadíssimos investigadores têm sobre este assunto.

Desta forma, as entidades responsáveis pelo planeamento e gestão dos transportes também têm vindo a promover sistemas de transporte urbano mais resilientes, de forma a evitar possíveis perdas de eficiência do sistema de transportes e eliminar barreiras ao movimento de pessoas e mercadorias, bem

como, danos permanentes nas infraestruturas. Por conseguinte, torna-se necessário “desconstruir” o conceito e identificar as principais características das dimensões do processo de resiliência dos sistemas de transporte e mobilidade urbana. Para este fim, neste capítulo é apresentada uma revisão holística com o objetivo de definir uma estrutura geral e abrangente sobre o conceito e identificar os principais métodos utilizados para medir e/ ou melhorar de resiliência dos sistemas de transporte e mobilidade urbana.

II.2.2. Definição da resiliência dos sistemas urbanos de transporte

Através da análise do estado da arte, é possível observar que nos últimos anos, deu-se um aumento do número de trabalhos de investigação no setor dos transportes que abordam a questão da resiliência, verificando-se que o principal objetivo dessas investigações passa por definir o conceito, que tipo de recursos e características que um determinado sistema de transporte deve possuir para ser resiliente. Deste modo, apresenta-se na Tabela 1 as várias definições de resiliência dos sistemas de transporte encontradas na literatura, sendo possível constatar que apesar do número elevado de definições, algumas são muito semelhantes.

Tabela 1 – Definições da resiliência dos sistemas de transporte

Definições	Área de Investigação	Autor(es)
“A Resiliência indica o desempenho do sistema em condições invulgares, a velocidade de recuperação e a quantidade de assistência externa necessária para a restauração do seu estado funcional original.”	Sistema de Transportes	((Murray-Tuite, 2006, p.1398)
“...Resiliência é definida como a capacidade do sistema de absorver as consequências das interrupções para reduzir os impactos das interrupções e manter a mobilidade das mercadorias.”	Sistema de Transporte de Mercadorias	(Ta et al., 2009, p.21)
A resiliência da rede é definida como a fração esperada da procura que pode ser satisfeita pós-desastre.	Sistema de Transporte de Mercadorias	(Miller-Hooks et al., 2012)
“...a resiliência de abastecimento...” é “...definido como a capacidade adaptativa da cadeia de abastecimento para se preparar para eventos inesperados, responder a interrupções e se recuperar delas, mantendo a continuidade das operações nos níveis desejados de conexão e controle sobre a estrutura e função.”	Sistema de Transporte de Mercadorias	(Spiegler et al., 2012, p.6182)
“A definição de resiliência é absorver de uma forma “suave” eventos perturbadores e voltar a prestar um nível de serviço igual ou superior ao nível de serviço de pré disrupção dentro de um prazo razoável.”	Infraestrutura de Transportes	(Freckleton et al., 2012, p.110)
“A resiliência lida com a resposta do sistema diante do choque e sua capacidade de continuar a fornecer os níveis de entrega de serviço esperados.”	Sistema de Transportes Rodoviário	(Omer et al., 2013, p.389)
“Um sistema de transporte resiliente permite a rápida evacuação, resgate, distribuição de material de socorro e outras atividades para	Sistema de Transportes	(Osogami et al., 2013, p.1)

Definições	Área de Investigação	Autor(es)
reduzir o impacto de desastres naturais e para acelerar a recuperação do sistema.”		
“Parece que a resiliência, é concebida como a capacidade / habilidade do sistema de absorver choques sem mudanças catastróficas na sua organização funcional básica, é uma ferramenta potencialmente eficaz na compreensão dos percursos evolutivos das redes espaciais complexas, como redes de transporte e comunicação.”	Sistema de Transportes	(Reggiani, 2013, p.67)
“A resiliência de um sistema refere-se à capacidade de resistir a interrupções dentro de uma redução aceitável no desempenho do serviço.”	Sistema de Transportes Ferroviário	(Jin et al., 2014, P.17)
“Resiliência é a velocidade na qual um sistema volta ao equilíbrio após uma perturbação fora do equilíbrio.”	Sistema de Transportes Ferroviário	(D’Lima & Medda, 2015, p.38)
“O conceito de resiliência destina-se a capturar a capacidade de um sistema de manter a sua função após uma grande interrupção ou desastre.”	Sistema de Transportes	(Mattsson & Jenelius, 2015, 31)
Os autores “...definiram resiliência como a capacidade dos sistemas de transporte de vivenciar um evento potencialmente prejudicial e volta a um estado saudável de operações num período de tempo razoável após esse evento.”	Sistema de Transportes Ferroviário	(Chan & Schofer, 2016, p.7)
Os autores “...referem-se à resiliência de transporte como a capacidade de um sistema de transporte de absorver perturbações, manter sua estrutura e função básicas e se recuperar para um nível aceitável de serviço dentro de um tempo e custos aceitáveis após ser afetado por perturbações.”	Sistema de Transportes	(Wan et al., 2017, p.11)

Alguns autores focam-se numa abordagem mais geral à resiliência do sistema de transporte (Mattsson & Jenelius, 2015; Murray-Tuite, 2006; Osogami et al., 2013; Wan et al., 2017), enquanto outros focam-se na resiliência de um sistema de transporte específico, como o ferroviário (Chan & Schofer, 2016; D’Lima & Medda, 2015; Jin et al., 2014), o rodoviário (Omer et al., 2013) ou mesmo, em casos mais específicos, o transporte de mercadorias (Miller-Hooks et al., 2012; Spiegler et al., 2012; Ta et al., 2009). No entanto, alguns autores aplicam o conceito de resiliência apenas ao nível das infraestruturas (Freckleton et al., 2012) e não para todo o sistema.

Todas as definições apresentadas na Tabela 1 associam o conceito de resiliência do sistema de transporte a condições adversas, condições anormais ou distúrbios que podem influenciar o funcionamento normal ou o equilíbrio dos sistemas de transporte. As principais diferenças encontradas nas definições de resiliência dos sistemas de transporte residem nas ações que um sistema pode realizar para enfrentar certos distúrbios/ perturbações.

Assim, a avaliação da resiliência dos sistemas de transporte pode integrar as seguintes ações: resistir (Jin et al., 2014), absorver (Freckleton et al., 2012; Reggiani, 2013; Ta et al., 2009), manter (Mattsson & Jenelius, 2015), recuperar (Chan & Schofer, 2016; D’Lima & Medda, 2015; Spiegler et al., 2012), reduzir (Osogami et al., 2013) os impactos de um evento disruptivo ou perturbação (choque (Reggiani, 2013), desastre (Mattsson & Jenelius, 2015; Osogami et al., 2013) ou interrupção (Spiegler et al., 2012; Ta et al., 2009) que influenciam o funcionamento (nível de serviço (Freckleton et al., 2012; Jin et al., 2014; Murray-Tuite, 2006; Omer et al., 2013)) fornecido pelo sistema.

É, também, de salientar que algumas definições levam em consideração o tempo de recuperação considerado aceitável (Chan & Schofer, 2016; Freckleton et al., 2012; Murray-Tuite, 2006) para restaurar as condições normais de operação dos sistemas de transporte.

Por outro lado, a partir da revisão da literatura, também pode ser visto que alguns estudos dividiram a resiliência em duas categorias: estática e dinâmica. (Chen & Rose, 2018; Pant et al., 2014; Rose, 2007; Uday & Marais, 2015).

De acordo com Chen & Rose (2018), com base em Rose (2007), a resiliência estática e dinâmica nos sistemas económicos podem ser definidas como:

- Resiliência estática – *“... é a capacidade de manter a operação do sistema, enquanto a contraparte económica utiliza os recursos remanescentes da forma mais eficiente possível para manter o desempenho funcional do sistema. Isso reflete o cerne do problema económico com base em como melhor usar a escassez de recursos”;*
- Resiliência dinâmica – *“...refere-se à capacidade e velocidade de recuperação, onde a contrapartida económica pertence a investir sabiamente em reparo e reconstrução. Esta é uma consideração dinâmica do ponto de vista da economia, porque envolve uma compensação de tempo, o desvio de recursos para investimento representa deixar de lado o consumo atual para aumentar a produtividade em tempos futuros.”*

De acordo com Amoaning-Yankson & Amekudzi-Kennedy (2017) e Deloukas & Apostolopoulou (2017), nos sistemas de transporte, a resiliência estática está relacionada com a sua robustez, a fim de manter o sistema em funcionamento após a ocorrência de um choque ou desastre sem a restauração imediata da infraestrutura do sistema. Por sua vez, a resiliência dinâmica nos sistemas de transporte visa

restabelecer o nível inicial de desempenho e operação o mais rápido possível após a ocorrência de um desastre. Assim, a resiliência nos sistemas de transporte não é apenas apoiada na ação de prevenir uma falha do sistema contra uma perturbação, mas também se refere, se necessário, à capacidade e habilidade do sistema de se adaptar e reduzir o impacto e evitar uma falha catastrófica parcial ou total do sistema.

Ao longo destas linhas, Cox et al. (2011) selecionaram e definiram categorias específicas para resiliência dos sistemas de transporte estáticos e dinâmicos. Assim, as estratégias de resiliência estática incluem conservação, substituição de entrada, registo, excesso de capacidade, realocação de recursos sem importância, substituição de importação, substituição de exportação, mudança tecnológica, recaptura da produção e refinamento logístico. Por outro lado, as estratégias de resiliência dinâmica para aumentar a velocidade de recuperação incluem: remoção de barreiras operacionais, eficácia na gestão, restauração da velocidade, substituição de entrada, substituição de importação e registos (Cox et al., 2011).

Estas estratégias foram definidas para melhorar o sistema e para serem implementadas por outras autoridades do sistema ou clientes (*e.g.*, empresas e indivíduos) (Cox et al., 2011). Em resumo, a resiliência estática está relacionada com a resistência do sistema e a resiliência dinâmica como tempo de recuperação durante uma perturbação.

Assim, na área específica dos transportes, pode-se concluir que o objetivo do estudo da resiliência é descobrir metodologias para medir a resiliência do transporte, avaliar o nível de resiliência do sistema de transporte sob diferentes interrupções e identificar pontos críticos (segmentos ou interseções), a partir do qual podem ser concebidas contramedidas para reduzir os impactos, dentro de uma estrutura estática e/ ou dinâmica.

Por fim, após analisar a definição do conceito de resiliência de um sistema de transporte, foram identificadas quatro ações principais (dimensões básicas) da resiliência dos sistemas de transporte: resistir, recuperar, absorver e transformar. Deste modo, na Figura 3 é apresentado o fluxograma que traduz a forma como o conceito surge e evolui para uma ferramenta conceptual, onde um sistema urbano resiliente terá sempre de ser avaliado em relação à capacidade de resistir/manter, recuperar, absorver ou se transformar perante um conjunto de perturbações, cujos impactos tendem a gerar instabilidade no equilíbrio do funcionamento do sistema.

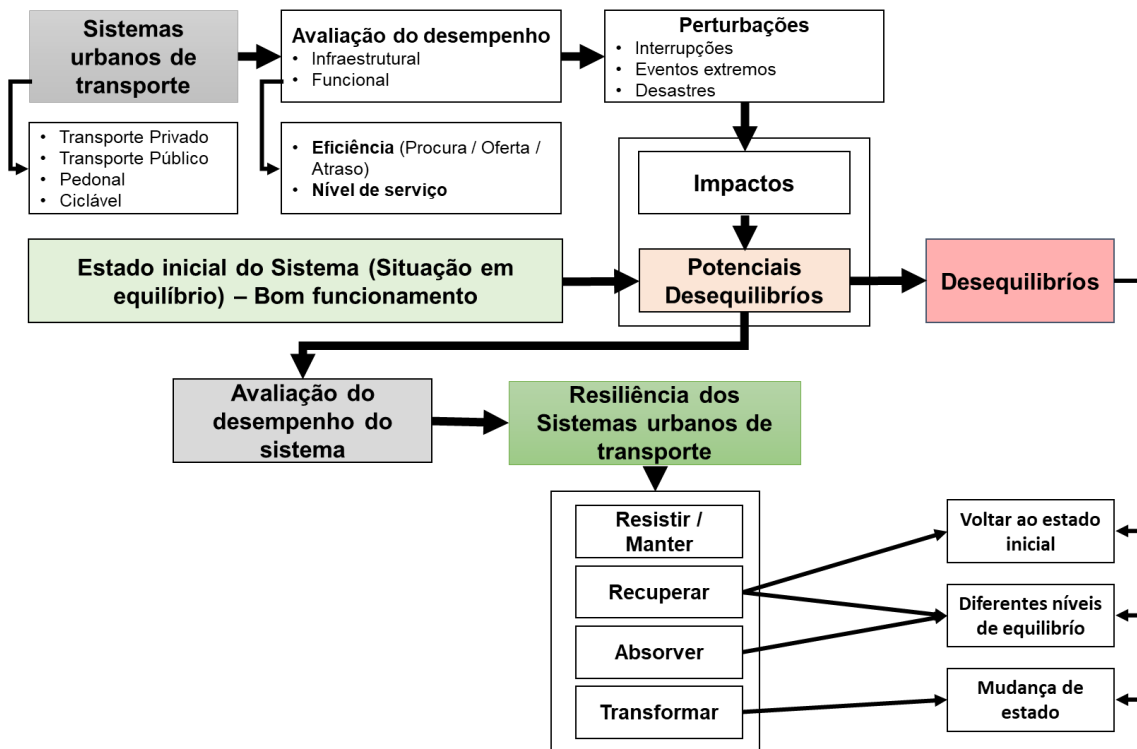


Figura 3 – Resiliência dos Sistemas Urbanos de Transporte

Posto isto, tendo em conta todas as definições apresentadas na Tabela 1 e as informações da Figura 3, é proposta a seguinte definição: a resiliência dos sistemas urbanos de transporte é a capacidade de um sistema resistir, reduzir e absorver os impactos de uma perturbação (choque, interrupção ou desastre), mantendo um nível de serviço aceitável (resiliência estática) e recuperar o regular e equilibrado funcionamento dentro de um período de tempo e custo razoáveis (resiliência dinâmica).

II.2.3. Principais características da resiliência dos sistemas urbanos de transporte

Existem muitas características relacionadas com a resiliência, como adaptação, robustez, preparação, interdependência, eficiência, rapidez e redundância. No entanto, é possível constatar que o mesmo termo é usado de maneiras diferentes para atender a distintos requisitos, de acordo com diferentes perspectivas. A Tabela 2 apresenta um resumo das principais características encontradas na literatura para descrever a resiliência dos sistemas urbanos de transporte, bem como, o conjunto de variáveis/ indicadores utilizados para quantificar as mesmas.

Após a análise da literatura verifica-se que alguns dos estudos de resiliência são baseados em características do "triângulo de resiliência" criado por Bruneau et al. (2003) (Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Leobons et al., 2019; Ukkusuri, 2015; Zhang & Wang, 2016; Zobel & Khansa, 2014). O "triângulo de resiliência" foi utilizado para medir a resiliência das comunidades às atividades sísmicas. Este representa a perda de funcionalidades das infraestruturas e as interrupções, bem como, o padrão de reestruturação e recuperação ao longo do tempo, apoiando-se na Estrutura dos 4 R's: Robustez, Redundância, Recursos e Rapidez (Bruneau et al., 2003). Assim, existe uma relação entre os sistemas comunitários e os sistemas de transporte uma, vez que um sistema afeta diretamente o outro e vice-versa.

Tabela 2 – Principais características da resiliência dos sistemas urbanos de transporte

Características	Descrição	Variáveis/ indicadores	Autor(es)
Redundância	A redundância é a capacidade de certos componentes de um sistema assumirem as funções dos componentes com falhas, sem prejudicar o desempenho do próprio sistema.	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego; • Dimensão da rede; • Usos do solo; • Número de modos de transporte; • Localização geográfica dos elementos da rede. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade dos elementos que compõem a rede; • Tempo de viagem; • Distância de viagem; • Custos da viagem. 	(Adjetej-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Azadeh et al., 2014; Barker et al., 2013; Berche et al., 2009; Chan & Schofer, 2016; Chen & Miller-Hooks, 2011; Cox et al., 2011; D’Lima & Medda, 2015; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Freckleton et al., 2012; Jenelius & Mattsson, 2012; Jin et al., 2014; Leobons et al., 2019; Leu et al., 2010; Lhomme et al., 2013; Miller-Hooks et al., 2012; Omer et al., 2013; Osogami et al., 2013; Rashidy & Grant-Muller, 2017; Soltani-Sobh et al., 2015; Soltani-Sobh et al., 2016; Ta et al., 2009; Thompson & Rajabifard, 2017; Ukkusuri, 2015; Vugrin et al., 2014; Xu et al., 2018; Zhang & Wang, 2016; Zobel & Khansa, 2014)
Adaptação	A adaptação reflete a capacidade do sistema ser flexível na resposta a novas pressões.	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego; • Usos do solo; • Dimensão da população; • Número de modos de transporte. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Percursos da Viagem; • Capacidade dos elementos que compõem a rede; • Localização geográfica dos elementos da rede; • Tempo de Viagem; • Atraso médio. 	(Adjetej-Bahun et al., 2016a; Aydin et al., 2018; Chen & Miller-Hooks, 2011; Engler et al., 2018; Leu et al., 2010; Lu, 2018; Murray-Tuite, 2006; Nakanishi et al., 2014; Nogal et al., 2016, 2017; Schweikert et al., 2015; Ta et al., 2009; Thompson & Rajabifard, 2017; Vugrin et al., 2014; Yazicioğlu et al., 2018; Zhang et al., 2015; Zhang & Miller-Hooks, 2015)
Eficiência	Eficiência é a relação positiva do serviço fornecido por um sistema estático com o serviço fornecido por um sistema dinâmico. Nos sistemas de transporte, a eficiência é a	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego; • Densidade populacional. <p>Variáveis de Funcionamento:</p>	(Aydin et al., 2018; Ganin et al., 2017; Ilbeigi, 2019; Ip & Wang, 2011; Jin et al., 2014; Omer et al., 2013; Reed et al., 2009; Ta et al., 2009; Vugrin et al., 2014; Zhang et al., 2015)

Características	Descrição	Variáveis/ indicadores	Autor(es)
	capacidade de suportar interrupções, mantendo um nível de serviço e conectividade aceitável.	<ul style="list-style-type: none"> • Número de elementos que compõem a rede; • Capacidade dos elementos que compõem a rede; • Percursos da viagem. 	
Robustez	A Robustez é força ou capacidade dos elementos, sistemas e outras unidades de análise para suportarem um determinado nível de stress ou procura sem sofrer degradações ou perda de funções.	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego; • Número de segmentos da rede; • Número de modos de transporte; • Dimensão da população. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de tráfego em fluxo livre; • Volatilidade dos fluxos de tráfego; • Tempo de viagem; • Frequência de risco; • Nível de dano inicial; • Velocidade do tráfego congestionado para o nível de capacidade da rede. 	(Adjetey-Bahun et al., 2014; Adjetey-Bahun et al., 2016; Alipour & Shafei, 2016; Aydin et al., 2018; Barker et al., 2013; Berche et al., 2009; Bhavathrathan & Patil, 2015; Blockley et al., 2012; Calvert & Snelder, 2018; Colicchia et al., 2010; Cox et al., 2011; D'Lima & Medda, 2015; Das, 2020; Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Duan et al., 2016; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Ilbeigi, 2019; Kim et al., 2016; S. Kim & Yeo, 2016; Leobons et al., 2019; Leu et al., 2010; Lu, 2018; Markolf et al., 2019; Murray-Tuite, 2006; Nakanishi et al., 2014; Nogal et al., 2016, 2017; Omer et al., 2013; Osogami et al., 2013; Rashidy & Grant-Muller, 2017; Reed et al., 2009; Schweikert et al., 2015; Soltani-Sobh et al., 2016; Soltani-Sobh et al., 2016; Tang & Heinimann, 2018; Ukkusuri, 2015; Wang et al., 2017; Yazicioğlu et al., 2018; Zhang & Wang, 2016; Zhang et al., 2015; Zhang & Miller-Hooks, 2015; Zobel & Khansa, 2014)
Interdependência	A interdependência representa a conexão dos componentes de um sistema ou das suas dimensões, incluindo a rede de relacionamentos entre as componentes de um sistema.	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de estações intermodais; • Linhas terminais; • Linhas de autocarro; • Linhas de comboio; • Número de modos de transporte. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo de viagem. 	(Jin et al., 2014; Leu et al., 2010; Rashidy & Grant-Muller, 2017; Ta et al., 2009)
Preparação	A preparação refere-se a "preparar certas medidas antes da interrupção", e aumentar a capacidade de resistência de um sistema ao diminuir o efeito dos	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas de mitigação; • Atraso médio; 	(Azadeh et al., 2014; Chan & Schofer, 2016; Colicchia et al., 2010; Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Engler et al., 2018; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Ivory & Trotter, 2017; Miller-Hooks et al., 2012; Omer et al., 2013; Osogami et al., 2013; Zhang et al., 2015)

Características	Descrição	Variáveis/ indicadores	Autor(es)
	potenciais impactos negativos de eventos disruptivos.	<ul style="list-style-type: none"> • Custos associados; • Capacidade dos elementos que compõem a rede. 	
Flexibilidade	A flexibilidade é a capacidade de um sistema responder a choques e ajustar-se a mudanças através de um planeamento de contingência após interrupções. Também é referido como sendo a capacidade para reconfigurar recursos para lidar com incertezas.	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego; • Capacidade da rede. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestruturas alternativas próximas; • Atraso médio; • Redução da velocidade média; • Distância da viagem. 	(Alipour & Shafei, 2016; Aydin et al., 2018; Azadeh et al., 2014; Barker et al., 2013; Chan & Schofer, 2016; A. Cox et al., 2011; D’Lima & Medda, 2015; Ilbeigi, 2019; Ip & Wang, 2011; Ishfaq, 2012; Markolf et al., 2019; Soltani-Sobh et al., 2015; Soltani-Sobh et al., 2016; Ta et al., 2009; Tang & Heinemann, 2018)
Rapidez	A rapidez é a capacidade de atender às prioridades e alcançar os objetivos em tempo útil a fim de conter perdas e evitar futuros distúrbios.	<p>Características do sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxos de tráfego. <p>Variáveis de Funcionamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo de Resposta; • Velocidade de recuperação de tráfego; • Capacidade dos elementos que compõem a rede. 	(Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Das, 2020; Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Leobons et al., 2019; Markolf et al., 2019; Ukkusuri, 2015; Zhang & Wang, 2016; Zobel & Khansa, 2014)

A redundância, a robustez e a adaptação são as características mais utilizadas na literatura para definir o conceito de resiliência. A redundância e robustez estão mais relacionadas com as infraestruturas de transporte e a adaptação com os sistemas de transporte e mobilidade. No geral, estes dois conceitos são aplicados transversalmente a todas as áreas de transporte.

Outras características como a eficiência, interdependência e preparação não estão ainda suficientemente exploradas para avaliar a resiliência dos sistemas de transporte. A eficiência é aplicada em diferentes sistemas de transporte, mais especificamente no transporte de mercadorias (Ta et al., 2009), transporte ferroviário (Ip & Wang, 2011; Jin et al., 2014) e transporte rodoviário (Aydin et al., 2018; Ganin et al., 2017; Ilbeigi, 2019; Omer et al., 2013). Por outro lado, a interdependência é aplicada principalmente em estudos sobre conectividade entre diferentes sistemas de transporte (Jin et al., 2014), centrada no modo ferroviário (Leu et al., 2010), rodoviário (Rashidy & Grant-Muller, 2017) e no transporte de mercadorias (Ta et al., 2009). Por fim, a preparação está transversalmente associada a quase todas as infraestruturas de transporte (Zhang et al., 2015): sistema de transporte de mercadorias (Azadeh et al., 2014; Colicchia et al., 2010; Ivory & Trotter, 2017; Miller-Hooks et al., 2012), sistema de transporte rodoviário (Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Omer et al., 2013; Osogami et al., 2013), sistema de transporte ferroviário (Chan & Schofer, 2016; Deloukas & Apostolopoulou, 2017) e mais amplamente a todo o sistema de transporte urbano (Engler et al., 2018).

De acordo com a análise dos trabalhos e definições sobre resiliência de sistemas de transporte, concluiu-se que as características eficiência e flexibilidade estão intrinsecamente relacionadas com outras características da resiliência. Por outro lado, a interdependência está fortemente relacionada com as características de conectividade e do desempenho de um sistema de transporte. Um sistema de transporte pode sempre ser visto como um sistema interconectado de outros subsistemas de transporte, especialmente num contexto urbano multimodal. Por conseguinte, a interdependência não deve ser considerada uma característica base/ principal da resiliência.

Seguindo o mesmo raciocínio, eficiência e robustez têm definições semelhantes, uma vez que de acordo com a literatura, um sistema eficiente tem a capacidade de manter um bom nível de serviço e conectividade durante a interrupção e um sistema robusto tem a capacidade de suportar um certo nível de *stress* ou procura sem sofrer degradação ou perda da função. No entanto, a eficiência deve ser usada para medir o desempenho de um sistema de transporte e, por este motivo, não deve ser considerada

como uma característica principal da resiliência. Além disso, podemos considerar que a eficiência já é alcançada na avaliação da robustez, sobretudo no âmbito da resiliência estática.

Outra questão importante é a relação entre conceitos muito semelhantes, a redundância e a flexibilidade, na resiliência dos sistemas de transporte, uma vez que ambos os conceitos se referem a uma capacidade “extra” que vai além dos principais componentes para um sistema de transporte responder a uma interrupção. No entanto, a redundância é um conceito mais antigo e mais utilizado em estudos de resiliência dos sistemas de transporte. Assim, argumenta-se que os estudos de resiliência deveriam usar apenas o termo redundância ao invés de flexibilidade.

Por conseguinte, podemos concluir que existem cinco características principais da resiliência dos sistemas de transporte: i) **redundância**, ii) **adaptação**, iii) **robustez**, iv) **preparação** e v) **rapidez**.

Como referido anteriormente, a definição da resiliência dos sistemas de transporte consiste em quatro ações principais: i) **resistir**, ii) **absorver**, iii) **recuperar** e iv) **transformar**, que é suportada pelas cinco características propostas para a resiliência dos sistemas de transporte. Deste modo, a Figura 4 apresenta a relação entre as principais características e principais ações da resiliência de um sistema de transporte, com base no seguinte raciocínio:

- Se um sistema for robusto e estiver preparado, então ele pode resistir à maioria das perturbações;
- Se um sistema for robusto, estiver preparado e tiver capacidade de recuperação dentro de um tempo aceitável, então ele pode recuperar mais facilmente e rapidamente das perturbações;
- Se um sistema é redundante em relação aos seus subsistemas, ele pode absorver a maioria das perturbações e impactos;

Por último, se um sistema não puder recuperar para o estágio (nível de funcionamento) inicial de operação, ele pode adaptar-se e transformar-se para um estágio diferente de equilíbrio e operação.

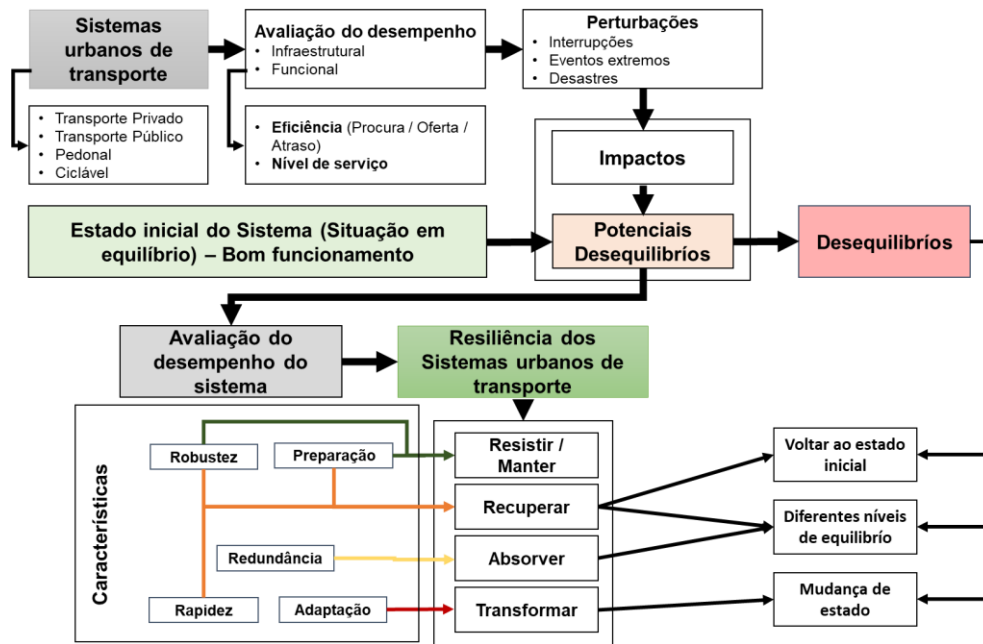


Figura 4 – A relação entre as principais características e principais ações da resiliência de um sistema de transporte

Na literatura é possível encontrar uma ampla gama de estudos que integram diversas variáveis utilizadas para avaliar as características da resiliência dos sistemas de transporte. Porém, estas estão mais relacionadas com a caracterização e funcionamento dos sistemas de transporte do que com as características de resiliência. Por este motivo, é proposto um conjunto de seis indicadores de resiliência que permitam efetuar um melhor alinhamento com as características da resiliência que em certa medida, podem ser vistos como uma agregação das variáveis utilizadas noutros estudos para avaliar a resiliência do sistema de transporte. Na Tabela 3, é apresentado esse processo através da correspondência entre estes dois tipos de variáveis/ indicadores.

Tabela 3 – Principais indicadores de resiliência propostos - variáveis de avaliação de desempenho da resiliência

Variáveis usadas nos estudos de resiliência	Indicadores de resiliência - variáveis de avaliação de desempenho da resiliência
- Distância de viagem	- Múltiplas rotas (características da viagem - origem - destino)
- Tempo de viagem	
- Percursos da viagem	
- Fluxos de tráfego/ Volumes de tráfego	
- Localização geográfica dos elementos da rede	
- Capacidade dos elementos que compõem a rede	- Capacidade residual da infraestrutura (arcos / nós)
- Linhas de autocarro	
- Linhas de comboio	
- Linhas terminais	
- Número de estações intermodais	
- Número de elementos que compõem a rede	
- Dimensão da rede	- Diversidade nos modos de transporte (superfície x subterrâneo, pedonal / bicicleta x transporte motorizado, etc.)
- Infraestruturas alternativas próximas	
- Número de modos de transporte	
- Fluxos dos modos pedonal e bicicleta	- Histórico / variação dos dados populacionais (número de habitantes, densidade populacional, etc.)
- Fluxos de tráfego	
- Usos do solo	
- Dimensão da população	- Dados críticos de tráfego (fluxo, capacidade e velocidade, etc.)
- Densidade da população	
- Nível de dano inicial	
- Vulnerabilidade dos fluxos de tráfego	
- Velocidade de tráfego em fluxo livre	
- Atraso médio	- Desempenho do sistema face a interrupções
- Velocidade do tráfego congestionado para o nível de capacidade da rede	
- Frequência do risco	
- Redução média da velocidade	
- Velocidade de recuperação do tráfego	
- Tempo de resposta	
- Medidas de mitigação	
- Custos associados	

Neste trabalho, pretende-se apenas apresentar um conjunto de indicadores que integrem as informações das variáveis habitualmente utilizadas nos estudos de resiliência, mas que para além disso, esteja mais orientado para definir e quantificar as principais características da resiliência. Assim, na

Tabela 4 apresenta-se a contribuição que estes indicadores podem trazer para avaliar as principais cinco características da resiliência de um sistema de transporte.

Tabela 4 – Relação entre os indicadores de resiliência propostos e as principais características da resiliência dos sistemas de transporte

Indicadores de resiliência propostos	Principais características				
	Redundância	Adaptação	Robustez	Preparação	Rapidez
Múltiplas rotas (características da viagem (O/D))	X	X	X	X	X
Capacidade extra da infraestrutura (arcos / nós)	X	X	X	X	X
Diversidade nos modos de transporte	X	X	X	X	X
Histórico / variação dos dados populacionais	X	X	X		
Dados críticos de tráfego		X	X	X	
- Desempenho do sistema face a interrupções			X	X	X

De acordo com a Tabela 4, é possível observar que os indicadores propostos são transversais a várias características, ou seja, um indicador pode ser utilizado para definir várias características. De facto, é possível prever que os indicadores mais utilizados para avaliar a resiliência são as múltiplas rotas (características da viagem (O/D)), capacidade extra da infraestrutura (arcos/ nós) e a diversidade nos modos de transporte.

Em síntese, é possível concluir que existe espaço para explorar e melhorar a definição e descrição das características de resiliência dos sistemas de transporte, nomeadamente na definição/ seleção de outros/ novos indicadores e na criação de uma metodologia de avaliação da resiliência dos sistemas de transporte, que permita identificar, de forma clara, qual é a contribuição de potenciais soluções para resolver os problemas de um potencial evento disruptivo em relação a cada uma das cinco principais características de resiliência, *i.e.*, soluções que visem melhorar a resiliência

II.2.4. Áreas de aplicação da resiliência dos sistemas urbanos de transporte

De acordo com a literatura, as análises de resiliência dos sistemas urbanos de transporte estão focadas na análise pós-desastre, mais especificamente após a ocorrência de desastres naturais (Freckleton et al., 2012; Nakanishi et al., 2014; Zobel & Khansa, 2014; Chan & Schofer, 2016; Nogal et al., 2017), como terremotos (Alipour & Shafei, 2016; Duan et al., 2016; Shafieezadeh & Ivey Burden, 2014) e furacões (Reed et al., 2009).

A resiliência de um sistema urbano de transporte aplica-se principalmente a: (i) infraestrutura de transporte, onde a resiliência estrutural das infraestruturas é analisada; (ii) operação/ uso do sistema de transporte, onde o desempenho funcional dos sistemas e seus riscos são avaliados contra um evento

disruptivo (interrupção, choque, perturbação, desastre). Porém, estudos que incorporem e vinculem os aspectos estruturais e funcionais do sistema de transporte ainda são muito limitados.

Nos últimos anos, a resiliência tem sido aplicada em diversas áreas específicas dos sistemas urbanos de transporte, demonstrando a abrangência deste conceito, abrangendo os sistemas ferroviário e rodoviário separadamente ou de forma integrada como sistemas urbanos.

Atualmente, as análises de resiliência na área específica dos sistemas de transporte rodoviário têm atraído muita atenção, e a relação entre oferta e procura (fluxo de tráfego) foi a principal variável analítica utilizada para avaliar a resiliência (Calvert & Snelder, 2018; Chan & Schofer, 2016; Ishfaq, 2012; Leu et al., 2010; Lhomme et al., 2013; Murray-Tuite, 2006; Tang & Heinemann, 2018). Esta área específica (rodoviária) do transporte é a mais citada na literatura, na qual foram encontrados dezanove estudos sobre o tema, tendo sido catorze publicados nos últimos seis anos (2015-2021) (Bhavathrathan & Patil, 2015; Calvert & Snelder, 2018; Das, 2020; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Ganin et al., 2017; Ilbeigi, 2019; S. Kim & Yeo, 2016; Lhomme et al., 2013; Murray-Tuite, 2006; Nogal et al., 2016, 2017; Omer et al., 2013; Osogami et al., 2013; Rashidy & Grant-Muller, 2017; Soltani-Sobh et al., 2015; Tang & Heinemann, 2018; Thompson & Rajabifard, 2017; Zhang & Wang, 2016; Zhang et al., 2015). Apesar disso, observou-se que a segunda área específica mais citada foi o sistema de transporte ferroviário (Adjetey-Bahun et al., 2014; Adjetey-Bahun et al., 2016; Adjetey-Bahun et al., 2016b; Bhavathrathan & Patil, 2015; Chan & Schofer, 2016; D'Lima & Medda, 2015; Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Ip & Wang, 2011; Jin et al., 2014; Kim et al., 2016; Leu et al., 2010; Lu, 2018; Xu et al., 2018; Zhang & Miller-Hooks, 2015), em que quatorze estudos foram encontrados neste tópico. Por outro lado, os sistemas de transporte de mercadorias também têm atraído alguma atenção, mas num nível inferior em comparação com as outras duas áreas (Azadeh et al., 2014; Chen & Miller-Hooks, 2011; Colicchia et al., 2010; Ishfaq, 2012; Ivory & Trotter, 2017; Miller-Hooks et al., 2012).

Por fim, a resiliência dos sistemas de transporte também tem sido estudada a uma escala mais ampla, como um sistema urbano, integrando vários sistemas de transporte de superfície, como estradas e ferrovias, onde estes estudos são usados principalmente para avaliar: (i) a resiliência da infraestrutura (Alipour & Shafei, 2016; Aydin et al., 2018; Blockley et al., 2012; Duan et al., 2016; Reed et al., 2009; Schweikert et al., 2015; Soltani-Sobh et al., 2016; Vugrin et al., 2014; Zobel & Khansa, 2014) e (ii) a resiliência do sistema (Barker et al., 2013; Berche et al., 2009; Cox et al., 2011; Engler et al., 2018;

Freckleton et al., 2012; Leobons et al., 2019; Markolf et al., 2019; Nakanishi et al., 2014; Ukkusuri, 2015; Wang et al., 2017; Yazicioğlu et al., 2018; Zhang et al., 2015).

II.2.5. Métodos adotados para medir e/ou avaliar a resiliência dos sistemas urbanos de transporte

Identificar métodos para medir e/ou melhorar a resiliência de um sistema de transporte é um dos principais desafios e, ao mesmo tempo, um enigma devido à grande quantidade de métodos e técnicas que têm sido utilizados para este fim que vão desde modelos matemáticos a estruturas conceituais, que são descritos a seguir:

- **Estrutura conceptual:** é uma matriz de conceitos, que é a base de uma estrutura coerente para a realização de qualquer tarefa (Guimarães, 2007). Esta técnica é usada principalmente para definir inicialmente um problema e metodologia, sendo outras técnicas usadas para quantificar os resultados (Ta et al., 2009).
- **Dinâmica de sistemas:** é uma abordagem metodológica para compreender o comportamento de sistemas complexos ao longo do tempo (Abdel-Hamid & Madnick, 1991). Esta técnica é usada principalmente em sistemas de transporte para avaliar distúrbios no fluxo de tráfego (Murray-Tuite, 2006) e infraestruturas (Omer et al., 2012).
- **Processos estocásticos:** isto corresponde a uma família de variáveis aleatórias que representam a evolução de um sistema de valores ao longo do tempo (Allen, 2010). Esta técnica é usada principalmente para caracterizar o comportamento do sistema de transporte (Baroud et al., 2014; D'Lima & Medda, 2015; Jin et al., 2014; Reed et al., 2009).
- **Simulação:** é usada para estudar o desempenho de um sistema em diferentes cenários, através de um processo de calibração e validação (Rodrigues, 2014). É uma ferramenta muito útil para descrever e prever o comportamento de um sistema de transporte num processo de avaliação da resiliência, nomeadamente em relação às consequências hipotéticas de diferentes cenários de teste (Das, 2020; Ganin et al., 2017; Kim & Yeo, 2016; Lhomme et al., 2013; Nakanishi et al., 2014).
- **Processos de otimização:** processos para encontrar a melhor solução entre todas as soluções viáveis de acordo com uma determinada função/objetivo. O problema de otimização pode ser dividido em duas categorias, dependendo se as variáveis são contínuas ou discretas (Hromkovič, 2013). Esta técnica é usada, principalmente, para medir o impacto das interrupções no desempenho das redes de transporte (Ip & Wang, 2011; Omer et al., 2013).

- **Método de Monte Carlo:** uma metodologia estatística que se baseia em um grande número de amostras aleatórias para aproximar os resultados reais (Hromkovič, 2013). É uma técnica utilizada para avaliar o desempenho de sistemas de transporte por meio de cenários hipotéticos e validação de metodologias (Colicchia et al., 2010; Miller-Hooks et al., 2012; Nogal et al., 2017).
- **Teoria Fuzzy:** uma forma de lógica multivariada em que os valores lógicos das variáveis podem ser qualquer número real entre 0 (FALSO) e 1 (VERDADEIRO). A lógica Fuzzy foi adaptada para lidar com o conceito de verdade parcial, no qual o valor de verdade pode ser compreendido entre completamente verdadeiro ou falso (Ahlawat et al., 2014). É utilizado, sobretudo, para avaliar cenários hipoteticamente resilientes (Azadeh et al., 2014; Freckleton et al., 2012).
- **Ciência de Redes:** é uma abordagem de redes que utiliza a representação de fenômenos físicos, biológicos e sociais para definir modelos preditivos (Barabási, 2013; Bioglio et al., 2019; Perera et al., 2017). A teoria dos grafos é um método específico da ciência de redes que foi recentemente usado em vários trabalhos (Adjetey-Bahun et al., 2014; Adjetey-Bahun et al., 2016a; Murray-Tuite, 2006; Zhang & Wang, 2016).

A Tabela 5 elenca os métodos mais usados para medir e/ou avaliar o aumento da resiliência de acordo com as cinco principais características de resiliência identificadas na Tabela 2. Assim, foi possível constatar que quase todos os métodos são utilizados para medir e avaliar as principais características de resiliência. Por outro lado, conclui-se que não existe uma ferramenta específica para medir cada característica de resiliência, uma vez que algumas ferramentas podem ser utilizadas para medir diversas características de uma forma integrada e simultânea.

Tabela 5 – Principais métodos e técnicas adotados para medir e/ou avaliar a resiliência dos sistemas de transporte

Características	Métodos/Técnicas							Autor(es)
	Estrutura Conceptual	Dinâmica de Sistemas	Processos Estocásticos	Simulação	Processos de Otimização	Método de Monte Carlo	Teoria Fuzzy	
Adaptação	■							(Nakanishi et al., 2014; Ta et al., 2009)
		■						(Leu et al., 2010; Murray-Tuite, 2006; Nogal et al., 2016; Yazicioğlu et al., 2018)
			■					(Adjetey-Bahun et al., 2016a; Chen & Miller-Hooks, 2011; Nogal et al., 2017; Zhang et al., 2015; Zhang & Miller-Hooks, 2015)
				■				(Aydin et al., 2018; Leu et al., 2010; Schweikert et al., 2015)
					■			(Engler et al., 2018; Lu, 2018; Thompson & Rajabifard, 2017; Vugrin et al., 2014)
						■		(Aydin et al., 2018; Chen & Miller-Hooks, 2011; Nogal et al., 2017)
							■	(Adjetey-Bahun et al., 2016a; Murray-Tuite, 2006; Yazicioğlu et al., 2018)
Redundância	■							(Cox et al., 2011; Markolf et al., 2019; Ta et al., 2009)
		■						(Adjetey-Bahun et al., 2014; Berche et al., 2009; Chan & Schofer, 2016; Chen & Miller-Hooks, 2011; Ilbeigi, 2019; Leobons et al., 2019; Leu et al., 2010; Rashidy & Grant-Muller, 2017; Soltani-Sobh et al., 2015; Soltani-Sobh et al., 2016; Tang & Heinemann, 2018; Ukkusuri, 2015; Zhang & Wang, 2016; Zobel & Khansa, 2014)
			■					(Alipour & Shafei, 2016; Barker et al., 2013; D’Lima & Medda, 2015; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Ishfaq, 2012; Jenelius & Mattsson, 2012; Jin et al., 2014; Miller-Hooks et al., 2012; Osogami et al., 2013; Xu et al., 2018)
				■				(Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Azadeh et al., 2014; Ilbeigi, 2019; Leu et al., 2010; Lhomme et al., 2013; Osogami et al., 2013)
					■			(Alipour & Shafei, 2016; Ip & Wang, 2011; Jenelius & Mattsson, 2012; Omer et al., 2013; Thompson & Rajabifard, 2017; Vugrin et al., 2014; Xu et al., 2018)
						■		(Aydin et al., 2018; Chen & Miller-Hooks, 2011; Miller-Hooks et al., 2012; Zhang & Wang, 2016)
							■	(Azadeh et al., 2014; Freckleton et al., 2012)
Preparação	■							(Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Ip & Wang, 2011; Soltani-Sobh et al., 2016)
								(Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Ivory & Trotter, 2017)
		■						(Chan & Schofer, 2016)
			■					(Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Miller-Hooks et al., 2012; Osogami et al., 2013; Zhang et al., 2015)
				■				(Osogami et al., 2013)
				■			(Engler et al., 2018; Miller-Hooks et al., 2012; Omer et al., 2013)	

Características	Métodos/Técnicas								Autor(es)
	Estrutura Conceptual	Dinâmica de Sistemas	Processos Estocásticos	Simulação	Processos de Otimização	Método de Monte Carlo	Teoria Fuzzy	Ciência de Redes	
									(Colicchia et al., 2010)
									(Azadeh et al., 2014)
Robustez									(Blockley et al., 2012; Cox et al., 2011; Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Markolf et al., 2019; Nakanishi et al., 2014)
									(Adjetey-Bahun et al., 2014; Berche et al., 2009; Ganin et al., 2017; Ilbeigi, 2019; Kim et al., 2016; Kim & Yeo, 2016; Leobons et al., 2019; Leu et al., 2010; Murray-Tuite, 2006; Nogal et al., 2016; Rashidy & Grant-Muller, 2017; Reed et al., 2009; Soltani-Sobh et al., 2016; Tang & Heinemann, 2018; Ukkusuri, 2015; Yazicioğlu et al., 2018; Zhang & Wang, 2016; Zobel & Khansa, 2014)
									(Barker et al., 2013; Calvert & Snelder, 2018; D’Lima & Medda, 2015; Duan et al., 2016; Faturechi & Miller-Hooks, 2014; Nogal et al., 2017; Osogami et al., 2013; Zhang et al., 2015; Zhang & Miller-Hooks, 2015)
									(Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Aydin et al., 2018; Das, 2020; Ganin et al., 2017; Ilbeigi, 2019; Kim et al., 2016; Kim & Yeo, 2016; Leu et al., 2010; Osogami et al., 2013; Schweikert et al., 2015)
									(Alipour & Shafei, 2016; Bhavathrathan & Patil, 2015; Lu, 2018; Omer et al., 2013; Thompson & Rajabifard, 2017; Vugrin et al., 2014; Wang et al., 2017)
									(Aydin et al., 2018; Colicchia et al., 2010; Nogal et al., 2017; Zhang & Wang, 2016)
									(Freckleton et al., 2012)
									(Adjetey-Bahun et al., 2014; Adjetey-Bahun et al., 2016; Alipour & Shafei, 2016; Murray-Tuite, 2006; Soltani-Sobh et al., 2016; Yazicioğlu et al., 2018)
Rapidez									(Deloukas & Apostolopoulou, 2017; Markolf et al., 2019)
									(Adjetey-Bahun et al., 2014; Leobons et al., 2019; Ukkusuri, 2015; Zhang & Wang, 2016; Zobel & Khansa, 2014)
									(Alipour & Shafei, 2016; Faturechi & Miller-Hooks, 2014)
									(Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016; Das, 2020)
									(Zhang & Wang, 2016)
									(Adjetey-Bahun et al., 2014; Alipour & Shafei, 2016)

Na Tabela 5 são identificados os principais trabalhos encontrados na literatura relacionados com a avaliação de cada uma das cinco principais características da resiliência, sendo possível definir as seguintes métricas:

- modelos de dinâmica de sistemas, processos estocásticos, método de simulação e estrutura conceptual são analisados em vinte e dois, dezassete, treze e sete estudos, respetivamente (avaliam todas as características);
- Método de Monte Carlo (não avaliando a preparação) com sete estudos, os processos de otimização (não avaliando a rapidez) e a ciência das redes (não avaliando a preparação) com doze e oito trabalhos, respetivamente;
- A teoria fuzzy foi o método menos utilizado com apenas dois trabalhos usados para avaliar apenas três características (redundância, robustez e preparação).

É importante salientar que por vezes, as análises estocásticas são associadas ao método de Monte Carlo para validar metodologias específicas, para avaliar a resiliência no transporte de mercadorias (Chen & Miller-Hooks, 2011; Miller-Hooks et al., 2012).

Por outro lado, importa destacar que o método da simulação foi utilizado principalmente para medir e analisar o desempenho de resiliência em: (i) sistemas de transporte (Adjetey-Bahun et al., 2014; Azadeh et al., 2014; Ganin et al., 2017; Ilbeigi, 2019; Kim et al., 2016; Kim & Yeo, 2016; Leu et al., 2010; Lhomme et al., 2013; Osogami et al., 2013), e (ii) infraestruturas de transporte (Alipour & Shafei, 2016; Aydin et al., 2018; Das, 2020; Schweikert et al., 2015).

Para além disso, existem outros estudos sobre a resiliência dos sistemas de transporte com algum interesse, apesar de não serem usados com tanta frequência, tais como:

- Murray-Tuite (2006) estudaram a influência da avaliação do tráfego ideal e equilíbrio da rede rodoviária, com base em duas características da resiliência (adaptação e robustez), usando então modelos de dinâmica de sistemas;
- Berche et al. (2009) realizaram uma análise sobre os efeitos que a remoção de nós da rede tem no funcionamento das redes de transporte público, através de modelos de dinâmica de sistemas e simulação com a definição de diferentes estratégias de ataque, direcionando derivados critérios de vulnerabilidade que resultaram em estratégias de minimização para reduzir os impactos naqueles sistemas;

- Ip & Wang (2011) introduziram o conceito de "*friability*" (redução da resiliência da rede causada pela remoção de nós ou arcos em ferrovias), usando um modelo de otimização;
- Jin et al. (2014) estudaram a integração entre o sistema de autocarros públicos com o sistema de metro e, assim, desenvolveram uma formulação de um programa estocástico em duas etapas para melhorar a resiliência das redes de metro, aproveitando simultaneamente os serviços públicos de autocarro;
- Alipour & Shafei (2016), forneceram uma estrutura computacional abrangente para incluir várias fontes de incerteza que devem ser tidas em consideração para estimar o nível de risco sísmico, a fim de avaliar a resiliência sísmica de redes de pontes rodoviárias expostas a processos de deterioração. Neste sentido, os autores forneceram uma estimativa mais realista da funcionalidade pós-evento das redes de transporte.

Como em todos os processos de avaliação, os modelos de medição e, ou avaliação da resiliência também podem apresentar um carácter qualitativo ou quantitativo que inclui estruturas conceptuais, modelos de simulação e modelos matemáticos. Assim, na maior parte da literatura, a resiliência é determinada por meio de modelos matemáticos complexos de natureza teórica, mas que são muito difíceis de aplicar em abordagens práticas.

Consequentemente, por vezes, não é suficiente adotar apenas equações matemáticas, especialmente em situações reais, para descrever o processo de resiliência. Portanto, a dificuldade de compreender e colocar em prática a avaliação da resiliência pelas autoridades de transporte e entidades competentes pode inevitavelmente resultar num desinteresse no desenvolvimento de modelos integrados e complexos para medir, avaliar e melhorar a resiliência (Wan et al., 2017). Posto isto, ainda são escassos os estudos baseados em modelos e ferramentas de apoio à decisão com um nível de aplicabilidade prática que pode ser considerado fácil e amigável em termos de utilização, compreensão e aplicação.

Em suma, analisar a resiliência dos sistemas urbanos de transporte, incorporando infraestruturas, operação dos modos e da rede, e métodos de simulação pode levar ao desenvolvimento e construção de ferramentas/ técnicas práticas de mais fácil utilização, podendo representar uma futura linha de investigação nesta área da resiliência. A utilização de ferramentas de simulação permitiria uma análise preditiva da resiliência para todos os sistemas de transporte, identificando os componentes mais

afetados, alertando as entidades para intervenções em zonas críticas e outras análises consideradas importantes pelas autoridades públicas.

Por fim, na Figura 5 apresenta-se a interligação entre os diversos conceitos, definições, características e métodos adotados para medir e/ou avaliar a resiliência, que representa uma estrutura de suporte para o processo de desenvolvimento de novas metodologias de avaliação da resiliência, ou seja, ao nível das infraestruturas e utilização dos sistemas de transporte contra potenciais eventos disruptivos (perturbações).

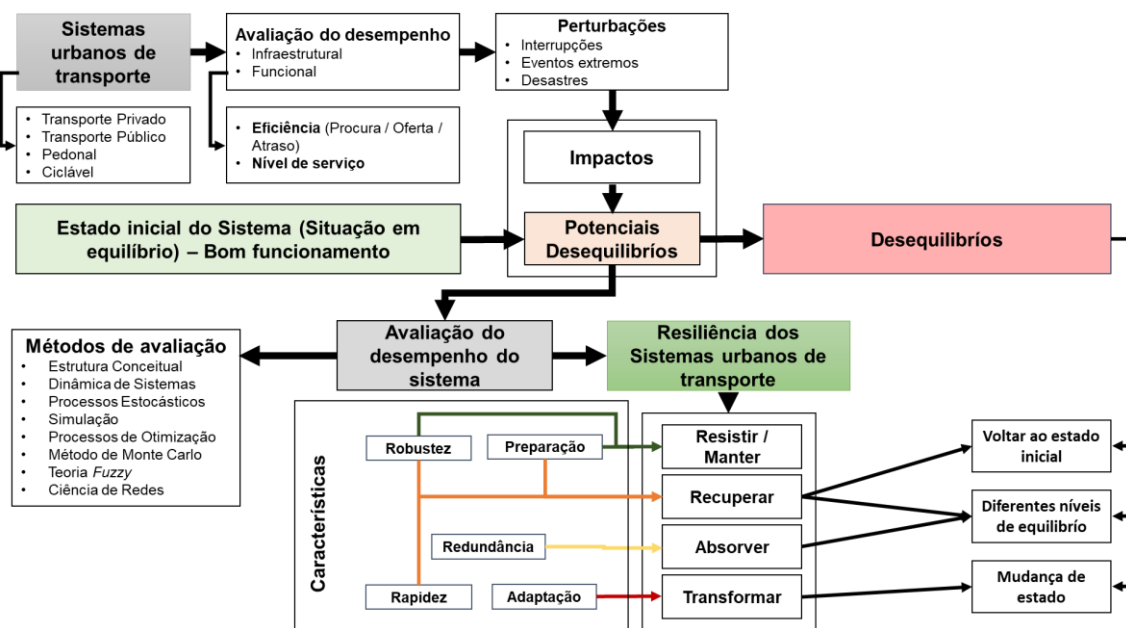


Figura 5 – A relação entre os vários conceitos de resiliência dos sistemas urbanos de transporte

II.2.6. Pontos fortes, pontos fracos e potenciais tendências para futuras investigações na resiliência dos sistemas de transporte

Entre outras matérias, esta fase do estado da arte abordou as principais questões associadas à definição da resiliência dos sistemas de transporte e mobilidade, como a resiliência pode ser descrita e avaliada através da identificação das suas principais características e dos principais métodos de avaliação utilizados em vários trabalhos nesta área. Para este efeito, apresenta-se os pontos fortes e fracos mais importantes que derivam dos principais estudos sobre a resiliência dos sistemas de transporte avaliados nos pontos anteriores (Tabela 6).

Tabela 6 – Pontos fortes e pontos fracos na resiliência dos sistemas de transporte

Pontos fortes	Pontos fracos
<ul style="list-style-type: none"> • As abordagens de resiliência podem ilustrar a complexidade de um evento disruptivo que abranja múltiplos subsistemas da mobilidade; • A resiliência é um tópico bem estudado, apoiado por abordagens completas que abrangem todas as fases de um evento disruptivo que interrompe (antes, durante e depois) o funcionamento dos sistemas; • O conceito de Resiliência é suportado nas cinco características principais: Robustez, Redundância, Adaptação, Preparação e Rapidez; • Existe um grande número e diversidade de métodos e técnicas para avaliar a resiliência dos sistemas de transporte; • A análise da resiliência dos componentes (arcos e nós) e em toda a rede dos diferentes sistemas de transporte poderá permitir a definição de medidas antecipadas de preparação e mitigação mais adequadas para fazer face aos impactos dos eventos disruptivos e assim reduzir a vulnerabilidade; • Uma abordagem que integre modelos de otimização poderá permitir identificar as respostas de recuperação ideais para redes de transporte “interrompidas”, o que pode fornecer ferramentas para os decisores técnicos e político e as autoridades definirem estratégias mais adequadas de intervenção em cenários de risco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode ser difícil prever como um sistema pode ser danificado devido à incerteza da natureza dos desastres; • Várias características de resiliência são interdependentes e complementares entre si, com metodologias para avaliar cada uma das características, mas não de uma forma integrada, apesar destas poderem estar relacionadas. • Alguma confusão que resulta de uma mistura de sistemas de avaliação convencionais que usam variáveis de desempenho do sistema de transportes com variáveis para avaliar a resiliência desses sistemas; • Metodologias que tenham por base apenas modelos de afetação de tráfego não devem ser as únicas ferramentas usadas para avaliar a resiliência, ou seja, o único fator na avaliação da resiliência do transporte; • O tamanho e a complexidade dos sistemas/redes podem tornar impossível a quantificação e comparação de soluções resilientes, nomeadamente com grandes aumentos do tempo de computação para obter ótimos; • Dificuldade de extrapolação dos resultados específicos obtidos para uma rede (amostra) que poderão não ser generalizados para todo o sistema, ou outros sistemas, de transporte; • A resiliência social e organizacional deve ser avaliada também para garantir uma abordagem mais holística necessária para melhorar a resiliência. • A complexidade dos métodos usados para avaliar a resiliência pode ser considerada uma barreira para a sua potencial utilização por outros; • Falta de registos históricos para eventos disruptivos que provocaram a interrupção do funcionamento dos sistemas a nível local, ou seja, que contemplem características passadas e pós-evento.

Assim, a partir da identificação das principais pontos fracos e fortes dos processos de avaliação da resiliência, tendo por base os trabalhos com maior destaque sobre o tema (Tabela 6), bem como de algumas propostas de diversos autores, muitas vezes, associadas ao contexto específico do trabalho em causa, é possível apresentar uma síntese do conjunto de potencialidades e tendências de investigação futura sobre resiliência do sistema de transportes e mobilidade, tais como:

- As metodologias devem ser desenvolvidas para serem adaptadas e aplicadas a todos os sistemas de transporte;
- A integração de modelos de comportamento/ mobilidade para fornecer percepções adicionais sobre o processo de resiliência;
- A adição de novas variáveis e indicadores de resiliência (comportamento probabilístico, avaliação de custos, etc.) aos modelos desenvolvidos;
- Explorar e melhorar a descrição das características de resiliência do sistema de transportes, nomeadamente na seleção de novos indicadores de resiliência;
- Explorar e criar uma metodologia de avaliação da resiliência dos sistemas de transporte que permita identificar qual é a contribuição das soluções de resiliência em relação a cada uma das cinco principais características da resiliência;
- A incorporação de medidas alternativas e a realização de experiências para investigar propriedades adicionais das redes de transporte (propriedades topológicas);
- Definir processos de calibração e validação para avaliar o impacto em eventos de interrupção na rede física os sistemas de transporte;
- A integração de cenários de redesenho do sistema em abordagens de otimização com respostas de recuperação para melhorar a resiliência;
- A avaliação do impacto da implementação de estratégias de aumento de resiliência;
- O desenvolvimento de modelos integrando ações de preparação pré-interrupção e recuperação pós-interrupção;
- Para avaliar (qualitativa ou quantitativamente) a eficácia da Redundância, Adaptação, Robustez, Preparação e Rapidez, a fim de ajudar os decisores a definirem as ações mais apropriadas para antecipar, prever, dar resposta e melhorar os sistemas de transporte perante um determinado risco;
- O desenvolvimento de modelos de resiliência com foco numa otimização da afetação de recursos;

- Para transformar a ideia de ir além da robustez (em direção à resiliência) do abstrato para o implementável.

II.2.7. Conclusões

Devido à maior exposição a eventos extremos de origem natural e humana, tem havido uma preocupação crescente da sociedade com a capacidade que os sistemas urbanos apresentam em termos de resistência, de garantia da segurança, proteção e qualidade de vida perante a potencial ocorrência de eventos disruptivos/ perturbações, especialmente nos sistemas de transportes e mobilidade, surgindo a necessidade de se estudar e promover a resiliência nestes sistemas.

Neste contexto, apresentou-se um estado da arte sobre a resiliência de um sistema urbano de transporte e mobilidade, que desconstruiu o conceito, analisou as dimensões e identificou as principais características do processo de resiliência, com o objetivo de apresentar uma estrutura base para o desenvolvimento de um futuro modelo de avaliação de resiliência para este tipo de sistemas.

Apesar das diferentes perspectivas e abordagens traduzidas nos diversos conceitos e definições, características e áreas de aplicação apresentadas na literatura, é possível concluir que a resiliência de um sistema urbano de transporte é a capacidade de um sistema de resistir, reduzir e absorver os impactos de uma perturbação, mantendo um nível de serviço aceitável (resiliência estática) e restaurar a operação regular e equilibrada dentro de um período de tempo e custo razoáveis (resiliência dinâmica).

Da análise dos principais trabalhos sobre a resiliência de um sistema urbano de transporte, foi possível identificar as principais oito características usadas para avaliar a resiliência dos sistemas de transporte, como a redundância, adaptação, eficiência, robustez, interdependência, preparação, flexibilidade e rapidez.

Porém, algumas características estão mais relacionadas com o funcionamento do sistema de transporte, como é o caso da interdependência, eficiência e flexibilidade. Além disso, é possível constatar que existe um elevado nível de sobreposição entre as oito características da resiliência, *e.g.*, robustez com a eficiência e da redundância com a flexibilidade. Assim, para ultrapassar esta questão foram analisadas e integradas algumas características principais, tendo resultado que as principais características da

resiliência dos sistemas de transporte a considerar num futuro modelo de avaliação deveriam ser a redundância, adaptação, robustez, preparação e rapidez.

Por outro lado, a resiliência de um sistema de transporte pode ser avaliada ao nível da sua infraestrutura/rede e, ou ao nível da sua operação e tipo de utilização. No entanto, é possível observar que existe um número muito limitado de estudos sobre resiliência que incorporem simultaneamente a infraestrutura e a operação do sistema de transportes. Para além disso, importa destacar que o segmento da área de transportes mais citado em estudos de resiliência é o transporte de mercadorias.

A análise do estado da arte mostrou que, atualmente, a análise da resiliência dos sistemas de transporte, principalmente rodoviários, é avaliada de uma forma muito semelhante à análise de desempenho que é, convencionalmente, utilizada nos atuais estudos de mobilidade, *i.e.*, com foco na avaliação e quantificação de variáveis relacionadas com o desajuste entre a oferta e a procura, através da medição do atraso, da velocidade de circulação, dos fluxos de tráfego em relação à capacidade das vias, entre outros.

Num exercício exploratório a partir dos trabalhos analisados sobre resiliência nos sistemas de transporte urbano, foi possível apresentar uma proposta de um grupo de indicadores para avaliar a resiliência, que agregassem e relacionassem as variáveis usadas nos trabalhos desenvolvidos neste âmbito com as cinco principais características da resiliência, tendo resultado em: múltiplas rotas (características da viagem (O/D)), capacidade adicional da infraestrutura (arcos/ nós) de uma rede de transportes, diversidade de modos de transporte, histórico/ variação de dados referentes à população, dados críticos de tráfego e desempenho do sistema face a eventos disruptivos/ interrupções.

Em relação às ferramentas usadas nos exercícios de avaliação a resiliência dos sistemas de transporte, a literatura mostrou que existem sobretudo oito métodos/técnicas, tais como, as estruturas conceptuais, a dinâmica de sistemas, os processos estocásticos, os métodos de simulação, os processos de otimização, o método de Monte Carlo, a teoria *fuzzy* e a ciência de redes. Para além disso, foi possível constatar que os métodos mais utilizados em avaliações quantitativas são os modelos de dinâmica de sistemas, processos estocásticos e de otimização, enquanto que para as avaliações qualitativas geralmente são usadas estruturas conceptuais.

Porém, foi ainda possível concluir que a resiliência é avaliada com base em modelos matemáticos complexos, o que aumenta a dificuldade em compreender e colocar em prática as metodologias desenvolvidas. Mas, da análise da resiliência dos sistemas urbanos de transporte verificou-se que a incorporação da avaliação do desempenho de infraestruturas, da operação em redes de transporte e os métodos de simulação podem conduzir ao desenvolvimento e construção de ferramentas de avaliação mais práticas e de fácil utilização, podendo representar uma futura linha de investigação neste domínio da resiliência.

Por último, da análise dos principais pontos fortes, pontos fracos e das tendências futuras que foram identificadas em alguns dos principais trabalhos sobre a resiliência dos sistemas de transporte avaliados neste estado da arte, é possível destacar as seguintes tendências de investigações futuras neste domínio:

- Integrar modelos de comportamento/ mobilidade para identificar modos críticos e avaliar o potencial sucesso da introdução e processos de transferência modal que possam ocorrer num processo de resiliência de um sistema de transportes;
- Explorar e melhorar o conhecimento sobre as principais características da resiliência dos sistemas de transportes, nomeadamente na seleção de indicadores de resiliência;
- Criar uma metodologia de avaliação da resiliência dos sistemas de transporte estratificada pelas cinco principais características da resiliência e que contemple as diferentes ações que podem ocorrer num processo de resiliência;
- Avaliar o impacto da implementação de estratégias de aumento da resiliência em novas metodologias de avaliação;
- Desenvolver modelos que integrem ações de preparação pré-interrupção e recuperação pós-interrupção, numa lógica de resiliência estática e dinâmica;

Assim, este capítulo apresenta uma abordagem holística ao estudo e análise de um processo de resiliência de um sistema de transportes e mobilidade urbana, com a apresentação de uma definição, a identificação das principais características e ações envolvidos no processo, os métodos de avaliação e um conjunto de orientações e contribuições para o desenvolvimento de novos modelos de avaliação nesta área, que serão a base do modelo que se apresentará no capítulo III desta tese.

II.3. Modelos de repartição modal

No âmbito desta tese pretende-se desenvolver um processo de avaliação que contemple a avaliação do comportamento das pessoas no processo de repartição, ou seja, na escolha dos modos de transporte e analisar o desempenho das redes de transporte perante cenários de risco que interrompam parte dessa rede. Assim, nos próximos pontos será apresentado o processo clássico de modelação de redes de transportes de 4 passos e será dada particular relevância aos modelos de repartição modal.

II.3.1. Introdução

Um sistema de transportes eficiente é fundamental para o sucesso de uma determinada economia, uma vez que possibilita a integração geográfica de diferentes zonas de produção e consumo. Por conseguinte, é necessário um planeamento de transportes eficaz, de qualidade, a um custo razoável e com o mínimo impacto no ambiente. Assim, um planeamento pouco eficiente pode originar situações de congestionamento da rede, em ocupações de usos de solo indesejáveis, impactos ambientais elevados e no desperdício de recursos e fundos públicos (Lee & Yoo, 2016).

Nesse sentido, a simulação do tráfego é uma ferramenta muito importante no planeamento e análise dos sistemas de transporte, uma vez que possibilita replicar a sequência de eventos hipotéticos do sistema estudado, ao longo do tempo, tratando as entidades que percorrem o modelo de forma agregada ou individualizada.

Segundo Tavares (2003), o modelo de transportes deve ser desagregado numa série de áreas mais pequenas, que correspondam a pares de origem e o destino das viagens. Assim, os modelos de transportes utilizam áreas geográficas com características homogéneas, as “zonas”, em que se assume que as viagens se iniciam e terminam no seu centro de atividade – “centroide”. A dimensão da zona depende de vários fatores como, objetivo do estudo, dimensão e tipologia da área em análise e o nível de sectorização das atividades económicas. Importa destacar que na utilização deste conceito de “zona”, os modelos não têm em conta as viagens intrazonas (viagens dentro da mesma zona), considerando apenas as viagens interzonas (viagens entre diferentes zonas). Assim, a dimensão das zonas é um fator importante para a determinar a representação da realidade e da fiabilidade do modelo.

Para além disso, o desenvolvimento de modelos de transportes, baseia-se na representação da respetiva infraestrutura de transportes, realizada pela introdução do conceito de rede. A rede é constituída por “arcos”, que representam os segmentos de vias rodoviárias, por “nós”, que caracterizam as interseções ou outros pontos da rede onde existam descontinuidades, e por “centroides” que se encontram ligados à rede pelos respetivos conectores, como é possível observar no esquema da Figura 6.

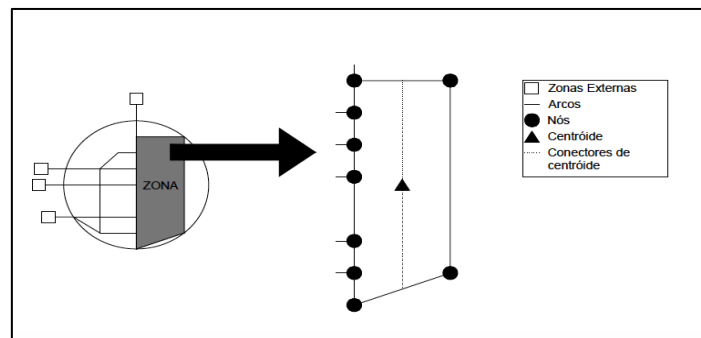


Figura 6 – Representação esquemática de uma rede de transportes (Tavares, 2003)

A caracterização dos “arcos” inclui a identificação dos “nós” inicial e final, os tempos de percurso ou velocidades para determinadas condições típicas de tráfego, a capacidade e os sentidos de circulação. Já, para os “nós” é necessário identificar a sua localização geográfica e as características operacionais das interseções (tipologia, níveis de serviço, capacidades, etc.). Deste modo, com base na representação da rede, é então possível simular as viagens na rede, que tem início na sua zona de geração e fim na zona de atração (Tavares, 2003).

Através das redes de transporte, assim denominadas e caracterizadas, é possível aplicar um determinado Modelo de Transportes. Um dos modelos mais utilizados no planeamento é o “Modelo de 4 Passos” (*Four-Stage-Model*). Este modelo teve origem na década de 60, nos Estados Unidos da América, tendo-se verificado uma forte utilização em estudos de transportes para fundamentar processos de expansão económica, que se traduziram na construção de novas infraestruturas rodoviárias, normalmente como uma alternativa a outras vias congestionadas (Ortúzar & Willumsen, 2011). Assim, embora possam existir outras combinações, o modelo de 4 passos apresenta, por norma, a seguinte sequência de fases:

- **Geração de viagens:** estimativa do número de viagens produzidas e atraídas em cada zona, em função dos usos de solo (número de residentes das origens, número de empregos ou área comercial nos destinos, consoante se trate de viagens casa-trabalho ou casa-compras);

- **Distribuição de viagens:** estimativa de como é que as viagens de cada “zona” de origem se repartem pelas várias “zonas” de destino e vice-versa, ou seja, estimar o número de viagens entre cada par de “zonas” O/D;
- **Repartição modal:** estimativa de como é que as viagens realizadas entre cada par de “zonas” se repartem pelos diferentes modos de transporte;
- **Afetação de tráfego:** cálculo de quais os caminhos usados pelas viagens realizadas entre um dado par de “zonas”, num dado modo de transporte.

A Figura 7 apresenta a formulação geral do modelo de 4 passos que começa por considerar uma rede e um zonamento, bem como a recolha e codificação dos dados de planeamento, calibração e validação.

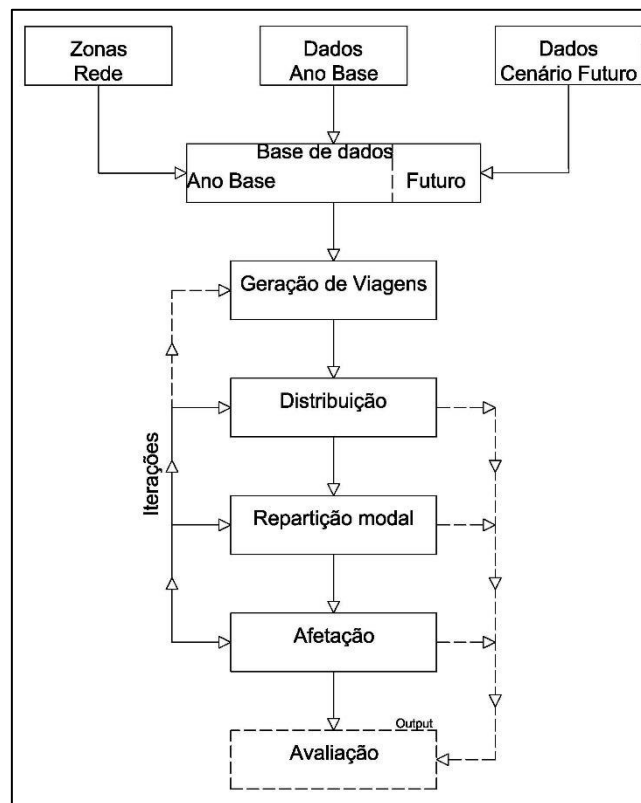


Figura 7 – Modelo Clássico de 4 passos, Transportes (adaptado de Ortúzar & Willumsen (2011))

No modelo de 4 passos, os dados de entrada são referentes à população e atividades económicas (emprego, espaços comerciais, educação, lazer) das diferentes zonas da área de estudo, para um ano de referência. Estes dados são utilizados para estimar o número de viagens produzidas e atraídas em cada zona (geração de viagens). De seguida faz-se a distribuição dessas viagens para os respetivos destinos, sendo então produzida uma matriz OD (origem-destino). Na próxima etapa modela-se a escolha

do modo de transporte (repartição modal), ou seja, faz-se a estimativa dos diferentes modos de transporte para as viagens da matriz OD. Por último, afeta-se as viagens por cada modo às suas redes correspondentes: habitualmente transportes privados e públicos (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Nos pontos seguintes serão abordados apenas os modelos de repartição modal, particularmente modelos de escolha discreta, uma vez que para avaliar a componente da utilização dos diferentes modos de transporte nos sistemas de transportes e mobilidade urbana será necessário modelar esse processo para a produção de cenários associados ao risco de ocorrência de eventos disruptivos que impossibilitem a utilização de algum modo de transporte, nomeadamente o automóvel, e assim definir um modelo de avaliação de resiliência na mobilidade urbana tendo por base uma análise comportamental no processo de escolha modal, assente em modelos de repartição modal.

II.3.2. Características base dos modelos de repartição modal

A Repartição/escolha modal é definida como a divisão proporcional do total das viagens realizadas pelas pessoas e bens, pelos diferentes modos de viagem. A escolha do modo de transporte é provavelmente uma das etapas mais importantes do modelo clássico de transportes, o modelo de 4 passos, no que toca ao planeamento e formulação de políticas de transporte, uma vez que se forem desenvolvidas ações de promoção ao nível da infraestrutura e do serviço dos transportes públicos, este poderá ter implicações na redução do uso do automóvel privado, e conseqüentemente afetar a eficiência das viagens realizadas (redução do congestionamento), a quantidade do espaço urbano dedicado às funções de transporte e em termos das opções disponíveis para os viajantes nas áreas urbanas. Esta questão é igualmente importante para o transporte interurbano, uma vez que os modos ferroviários (comboio e metro) podem proporcionar um modo de transporte mais eficiente (recursos e espaço consumidos) (Ortúzar & Willumsen, 2011).

A análise da repartição/escolha modal pode ser feita noutras etapas do modelo clássico de 4 passos, nomeadamente, na etapa de geração das viagens ou após a geração das viagens, assim como na etapa de distribuição das viagens ou após esta, visto que a repartição/escolha modal é o processo de separar as viagens realizadas pelas pessoas através dos diferentes modos de transporte. Assim sendo, existem muitos fatores que influenciam a escolha do modo de transporte que apresentam um caráter muito complexo (Sarkar et al., 2017).

Por conseguinte, é importante desenvolver e utilizar modelos que sejam sensíveis aos atributos da viagem que influenciam as escolhas individuais do modo de transporte (Ortúzar & Willumsen, 2011). Assim, neste trabalho serão apresentados os principais modelos desenvolvidos e utilizados para calcular e prever a repartição/escolha modal na realização das viagens.

1. Fatores que influenciam a escolha do modo

Os principais fatores que afetam a escolha modal, por parte dos utilizadores da rede de transportes, são os seguintes (Ortúzar & Willumsen, 2011; Sarkar et al., 2017; Verma & Ramanayya, 2014): a) Características do Viajante (utilizador); b) Características da viagem; c) Características da facilidade de transporte.

a) Características do Viajante (utilizador)

1. Disponibilidade e/ou posse de automóvel privado (a posse de automóvel privado é determinada pelo rendimento e, por essa razão, estas duas características estão inter-relacionadas na análise da escolha modal.);
2. Habilitação para conduzir (possuir carta de condução);
3. Estrutura do agregado familiar (casal jovem, casais com filhos, reformados, o tamanho do agregado familiar, número de assalariados, desempregados e outros fatores socioeconómicos influenciam profundamente a escolha modal));
4. Rendimento (o rendimento é o determinante direto das despesas incorridas na viagem);
5. Decisões tomadas noutra lugar (por exemplo, a necessidade de usar um carro no trabalho, levar as crianças à escola, etc.);
6. Atividade residencial.

b) Características da viagem

A escolha do modo é fortemente influenciada por:

1. O propósito da viagem;
2. Hora do dia a que a viagem é realizada;
3. Atrasos nas viagens (atrasadas) são mais difíceis de acomodar por meio de transporte público;
4. Se a viagem é feita sozinho ou acompanhado.

c) Características da facilidade de transporte

As características da facilidade de transporte podem ser divididas em duas categorias. Em primeiro lugar, as características quantitativas:

1. Componentes do tempo de viagem: por veículo motorizado, espera e tempo de caminhada por modo de transporte;
2. Componentes dos custos monetários (tarifas, portagens, combustível e outros custos operacionais);
3. Disponibilidade e custo de estacionamento; fiabilidade do tempo de viagem e regularidade do serviço.

Em segundo lugar, as características qualitativas que são mais difíceis (ou impossíveis) de medir na prática:

1. Conforto e conveniência;
2. Segurança e proteção;
3. Exigências na condução;
4. Oportunidades de realizar outras atividades durante a viagem (uso do telefone, leitura, etc.).

Os fatores foram descritos tendo em conta o termo “viagem” como uma deslocação única. Um conceito mais rico é o de “*Tours*”, composto por uma ou mais viagens. Sendo assim, a escolha de um modo de transporte é efetuada, principalmente, tendo em conta o *tour* a realizar (considerando os requisitos de todas as viagens), ao invés de ter em conta somente uma única viagem. Se um utilizador opta por um transporte privado para a primeira etapa do *tour*, é natural que escolha o mesmo modo de transporte para as restantes etapas. Um bom modelo de escolha modal deve ser baseado, pelo menos, nas rotas mais simples (de casa e para casa) e incluir as características mais importantes referidas anteriormente (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Os modelos de escolha modal podem ser agregados se forem baseados em informações zonais (e interzonais), ou podem ser modelos desagregados se estes se basearem em dados domésticos e/ou individuais.

Uma maneira simplista, mas útil, de abordar a escolha modal é a seguinte. Dado que uma pessoa sabe para onde ir (Destino), esta pessoa tem muitas "rotas" alternativas para chegar lá; algumas envolvem

apenas um modo de transporte, enquanto outras podem precisar de caminhar até a uma estação de metro ou de comboio e caminhar até ao destino final (além de muitas outras combinações de modos e rotas).

Esta pessoa pode, então, escolher a opção de custo generalizado C_{ij} mais baixo, entre todas as opções, e ao fazê-lo, a rota física e a combinação de modos seriam encontradas. O elemento de custo pode ser considerado em termos de distância, tempo ou unidades monetárias. Neste sentido, é conveniente usar uma medida que combine todos os principais atributos relacionados com a “desutilidade” de uma viagem, normalmente chamado de custo generalizado de viagem C_{ij} .

O custo generalizado é tipicamente uma função linear dos atributos da viagem ponderada por coeficientes que tentam representar a sua importância relativa como percebida pelo viajante, apresentando normalmente o formato da equação 1 (Ortúzar & Willumsen, 2011):

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{ij}^n + a_5 F_{ij} + a_6 \emptyset_j + \delta \quad (1)$$

Onde:

- t_{ij}^v – tempo de viagem no veículo entre a origem i e o destino j ;
- t_{ij}^w – tempo a andar a pé de e para paragens (estações);
- t_{ij}^t – tempo de espera nas paragens (estações);
- t_{ij}^n – tempo de transferência, se houver;
- F_{ij} – Custo fixo da viagem entre a origem i e o destino j ;
- \emptyset_j – custo associado à paragem (estação) no destino j ;
- δ – penalidade modal, ou seja, uma junção de parâmetros subjetivos associados à segurança, conforto e conveniência;
- $a_1 \dots a_6$ – pesos atribuídos a cada elemento de custo.

No entanto, se todas as pessoas pensassem da mesma forma, teríamos um modelo de escolha de rota e modo de transporte de "tudo ou nada". Porém, a vida não é assim tão simples, nem tão linear, por uma série de razões (Ortúzar & Willumsen, 2011), tais como:

- Algumas pessoas não têm acesso a carro privado, então as suas opções serão mais limitadas; esta seria a segmentação mínima necessária;

- O congestionamento. Tanto para os automóveis como para o transporte público, o congestionamento torna as viagens de mais baixo custo em soluções pouco eficientes, resultando em serem apenas mais uma opção de caminho e não necessidade;
- Os custos generalizados não podem esperar captar todos os elementos relevantes que determinam a escolha modal; isso é particularmente relevante no caso da escolha entre o carro e o transporte público, que se concentra em parâmetros adicionais aos relevantes para a escolha da rota;
- Diferentes pessoas têm diferentes percepções dos custos e procuram minimizar uma "versão" diferente dos custos generalizados (e.g., poupar tempo vs poupar dinheiro); devemos permitir, portanto, um certo grau de dispersão nas escolhas para considerar outros fatores, não totalmente visíveis para o analista, nas preferências modais;
- Os custos modelados num modelo zonal são apenas valores médios, de centroide para centroide, dos custos (tempo, dinheiro) efetivamente percebidos pelos viajantes; e.g., alguns podem viver mais perto de uma estação ferroviária e, portanto, estar mais inclinados a utilizar o transporte público.

O efeito combinado destas influências representa a dispersão nas escolhas modais feitas para cada par Origem-Destino. A natureza desta dispersão é influenciada pelos três grupos de fatores e condições associadas às características do viajante (utilizador), da viagem e da facilidade de transporte.

II.3.3. Modelos de repartição modal: *Trip – end* e *Trip interchange*

Existem quatro tipos de modelos de repartição modal que podem ser divididos em duas categorias, *i.e.*, relacionados com a etapa de geração de viagens e a etapa de distribuição de viagens. A repartição modal relacionada com a etapa de geração de viagens é geralmente chamada de "*trip – end modal split*" e, quando é realizado durante ou depois da etapa de distribuição de viagens é conhecido como "*trip interchange modal split*" (Black, 1981).

II.3.3.1. *Trip – end*

No passado, em particular nos EUA, as características pessoais eram consideradas como os mais importantes critérios da escolha modal e, portanto, foram realizadas tentativas para aplicar modelos de repartição modal, imediatamente após a etapa de geração de viagens. Desta forma, as diferentes características dos indivíduos poderiam ser preservadas e utilizadas para estimar a repartição modal.

Porém, como nesta etapa não havia indicações do destino das viagens, as características da viagem e os modos foram omitidos destes modelos (Ortúzar & Willumsen, 2011; Stopher & Meyburg, 1975).

Havia uma consistência na visão geral do planejamento de transporte, consistindo que à medida que os rendimentos aumentavam, a maioria das pessoas adquiria carros e desejava utilizá-los. Assim sendo, o objetivo do planejamento de transporte era prever esse crescimento na procura por viagens de carro para que o investimento pudesse ser planejado para satisfazê-lo. Isso foi caracterizado como a abordagem "prever e fornecer" para o planejamento de transportes, sendo hoje considerado um beco sem saída e perigoso. Os modelos de repartição modal deste período relacionavam a escolha modal apenas com recursos como rendimento, densidade residencial e posse de carro (Ortúzar & Willumsen, 2011; Verma & Ramanayya, 2014).

A curto prazo, estes modelos poderiam ser mais precisos/necessários, em particular se o transporte público estivesse disponível de maneira semelhante em toda a área de estudo e houvesse pouco congestionamento. No entanto, este tipo de modelo é, em grande parte, derrotista no sentido de ser insensível às decisões políticas, parecendo que o decisor não pode fazer nada para influenciar as escolhas modais. A melhoria do transporte público, restrições ao estacionamento, portagens, nada disto teria qualquer efeito na repartição modal de acordo com estes modelos de viagem. O que poderá faltar é uma forma de incorporar as características agregadas dos modos alternativos para tornar a escolha mais sensível à política (Ortúzar & Willumsen, 2011; Verma & Ramanayya, 2014).

II.3.3.2. Trip interchange

A modelação da repartição modal foi dominada na Europa, quase desde o início, por modelos pós-distribuição de viagens. Isto tem a vantagem de facilitar a inclusão das características da viagem e dos modos de transporte alternativos disponíveis para realizá-las. No entanto, eles dificultam a inclusão das características do viajante, pois podem já ter sido agregadas na matriz de viagens O/D (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Os primeiros modelos incluíam apenas uma ou duas características da viagem, normalmente, o tempo de viagem (no veículo), tendo-se observado que uma curva em forma de S parecia representar melhor este tipo de comportamento (Figura 8), mostrando a proporção de viagens pelo modo 1 (T_{ij}^1/T_{ij}) em relação ao custo ou diferença de tempo.

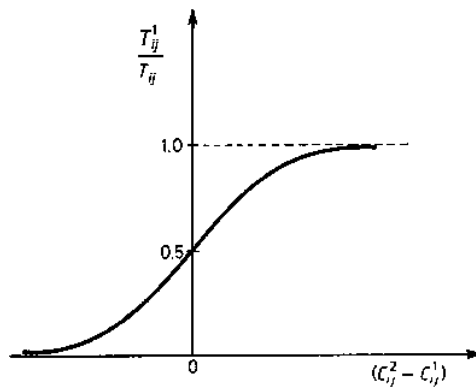


Figura 8 – Curva empírica de repartição modal (Ortúzar & Willumsen, 2011)

Estas eram curvas empíricas, obtidas diretamente dos dados e seguindo uma abordagem semelhante às curvas utilizadas para estimar que proporção de viajantes seria desviada para utilizar uma rota de derivação (mais longa, porém mais rápida): daí seu nome de curvas de desvio (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Numa outra abordagem, o exercício de repartição modal considera o modelo gravitacional com uma função exponencial de impedância de transporte, para estimar a quantidade de viagens interzonais para cada modo de transporte. Assim, o modelo derivado do método de maximização de entropia é dado pela equação 2 (Wilson, 1969):

$$\frac{Q_{ij}(1)}{\sum_1^2 Q_{ij}(m)} = \frac{1}{1 + e^{[\theta(T_{ij}(2) - T_{ij}(1))]}} \quad (2)$$

Onde:

- $Q_{ij}(1)$ – estimativa do número de viagens da zona i para a zona j pelo modo 1;
- $Q_{ij}(m)$ – estimativa do número de viagens da zona i para a zona j pelo modo 2;
- $e^{-\theta T_{ij}}$ – fator de impedância de deslocamento;
- θ – parâmetro a ser calibrado a partir do modelo gravitacional.

O *trip interchange modal split* que trata da afetação de viagens após a etapa de distribuição de viagens, está relacionado com a aplicação da equação de regressão múltipla que especifica a sua variável dependente, ou seja, a proporção de viagens da zona i para a zona j num determinado modo de transporte. As variáveis independentes são variáveis zonais de usos do solo que estão relacionadas com a zona de origem ou zona de destino e as características de transporte entre as duas zonas. Este tipo de modelo pode ser expresso pela equação 3 (Wilson, 1969):

$$\frac{T_{ij}(m)}{\sum_m T_{ij}(m)} = k + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_3x_3 \quad (3)$$

Onde:

- x_1 – variável de uso dos solos na origem;
- x_2 – variável de uso dos solos no destino;
- x_3 – variável de uso dos solos associada à origem e zona de destino;
- k – constante;
- b_1, b_2 e b_3 – coeficientes;
- $\frac{T_{ij}(m)}{\sum T_{ij}(m)}$ – proporção de viagens entre os dois modos de transporte.

Os modelos apresentados, têm uma base teórica limitada e, por esse motivo, a sua capacidade de interpretação e previsão é duvidosa. Além disso, como estes modelos são agregados, é improvável que modelem totalmente as limitações e características dos modos disponíveis para as famílias individuais (Ortúzar & Willumsen, 2011).

II.3.4. Modelo de utilidade

Os modelos de repartição/ escolha modal abordados até agora estão principalmente relacionados com o nível agregado ou zonal. Assim sendo, é interessante perceber e incorporar o comportamento dos viajantes ao escolher um modo de transporte no desenvolvimento do modelo de escolha modal. Para incorporar comportamento dos viajantes na escolha modal no modelo, o conceito de utilidade deve ser entendido primeiro. Um modelo ou função de utilidade mede o grau de satisfação que as pessoas obtêm das suas escolhas (Sarkar et al., 2017).

Na repartição/escolha modal, as características da viagem também estão relacionadas com a utilidade associada à escolha de um modo particular de viagem. Assim, a função utilidade (desutilidade) é expressada como uma soma ponderada linear das variáveis independentes da sua transformação (equação 4) (Kroes & Sheldon, 1988):

$$U = \alpha_0 + \alpha_1x_1 + \alpha_2x_2 + \dots + \alpha_nx_n \quad (4)$$

Onde:

- U – Utilidade total do modo de transporte;
- x_1, x_2 e x_n – Atributos que indicam parâmetros de viagem e socioeconómicos dos viajantes;
- $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ e α_n – O peso de cada atributo.

Na escolha modal, U é a utilidade negativa (desutilidade), isto deve-se ao facto de as variáveis independentes típicas incluírem tempos de viagem e custos que são percebidos como perdas (Sarkar et al., 2017).

Não obstante, pode haver uma função de utilidade separada para os diferentes modos de transporte. Quando isto acontece, o modelo designa-se, modelo de utilidade específico de modo, uma vez que os mesmos atributos recebem pesos diferentes para os diferentes modos, embora não seja essencial adicionar as mesmas variáveis para todos os modos (Sarkar et al., 2017).

II.3.5. Modelo Logit

Pode-se afirmar que os modelos estocásticos são melhores que os modelos determinísticos na determinação da escolha modal do viajante, uma vez que os modelos determinísticos de escolha modal podem ser confinados nas suas replicações às situações da vida real. Existem várias considerações a ter em causa no cálculo da previsão da escolha modal do viajante: o comportamento dos viajantes que nem sempre considera as regras judiciosas de escolha modal; o comportamento aleatório de um viajante não pode ser previsto a partir do modelo determinista; a viagem em potencial pode não ter informações corretas sobre o sistema de transporte e a disponibilidade do número de modos alternativos a serem selecionados. Assim, pode-se afirmar que um bom modelo é aquele em que as funções de escolha consideram uma função aleatória que assume valores diferentes com certas probabilidades (Sarkar et al., 2017; Stopher & Meyburg, 1975).

A estrutura matemática dos modelos Logit é baseada na teoria da maximização da utilidade (Ben-Akiva & Morikawa, 1990). Segundo a regra de maximização da utilidade, um viajante escolhe a alternativa modal de acordo com a maior utilidade. Porém, existem sempre incertezas envolvidas no processo de decisão do viajante.

Os modelos de utilidade que assumem um comportamento racional completo e informações perfeitas, sem ter em conta o gosto e as preferências do viajante, são chamados de modelos de utilidade determinísticos. No entanto existem casos em que um viajante escolhe a alternativa m_1 em relação a m_2 , mesmo quando $U_{m_2} > U_{m_1}$.

Assim, as fontes primárias de erro na utilização de funções de utilidade determinística são: 1º) o viajante pode ter informações incompletas ou incorretas ou percepções erróneas sobre os atributos de algumas ou de todas as alternativas modais; 2º) o analista ou observador têm informações diferentes ou incompletas sobre os mesmos atributos em relação aos viajantes; 3º) é improvável que o analista conheça as circunstâncias específicas da decisão de viagem do viajante, principalmente as situações pessoais do viajante.

Estes erros são considerados durante a escolha nos modelos de escolha probabilística ou modelo de utilidade aleatória, nos quais a utilidade é decomposta em dois componentes. Um componente da função de utilidade que representa a parte da utilidade observada pelo analista, frequentemente chamada de porção determinística (ou observável) da utilidade. O outro componente é a diferença entre a utilidade desconhecida usada pelo viajante e a utilidade estimada pelo analista, representada por e (Khan, 2007).

A curva de utilidade percebida U pode ser designada por função aleatória, sendo expressa como modelo de utilidade aleatória pela equação 5 (Chen et al., 2013; Khan, 2007).

$$U_{m_1t} = V_{m_1t} + \varepsilon_{m_1t} \quad (5)$$

Onde:

- U_{m_1t} – Função de escolha para a alternativa modal m_1 para o viajante t ;
- V_{m_1t} – Porção determinística ou observável da utilidade estimada pelo analista;
- ε_{m_1t} – Erro ou a parte da utilidade desconhecida para o analista.

Pode-se dizer que o viajante t selecionará uma alternativa m_1 , se a percepção de U_{m_1t} da alternativa m_1 for o maior do que as outras alternativas modais m . Portanto, a probabilidade de uma alternativa m ser escolhida pode ser dada por (Stopher & Meyburg, 1975):

$$P_{m_1t} = P[U_{m_1t} > U_{m_2t}] \text{ para todos os modos } m \quad (6)$$

Esta expressão pode ser formulada das seguintes formas (equações 7, 8 e 9):

$$P_{m_1t} = P[V_{m_1t} + \varepsilon_{m_1t} > V_{m_2t} + \varepsilon_{m_2t}, \text{para todas as alternativas } m_2 \neq m_1] \quad (7)$$

$$P_{m_1t} = P[\varepsilon_{m_2t} < V_{m_1t} - V_{m_2t} + \varepsilon_{m_1t}, \text{para todas as alternativas } m_2 \neq m_1] \quad (8)$$

$$P_{m_1t} = \int [F[V_{m_1t} - V_{m_2t} + \varepsilon_{m_1t}], \text{para todas as alternativas } m_2 \neq m_1] f_{m_1t}(\emptyset). d(\emptyset) \quad (9)$$

Onde:

- $F(\cdot)$ – Função de distribuição conjunta de $[\varepsilon_{m_1t}, \varepsilon_{m_2t}, \dots]$ termos das alternativas;
- $f_{m_1t}(\emptyset)$ – Função de densidade marginal de ε_{m_1t} .

A partir da equação 10 o modelo Logit pode ser desenvolvido, onde os componentes aleatórios de uma função de utilidade de escolha (conforme expresso acima) são todos independentes. Assim sendo, a expressão do modelo Logit pode ser derivada da distribuição *Gumbel* (Stopher & Meyburg, 1975).

$$F(\varepsilon) = e^{-\theta\varepsilon-x} \theta > 0; -\alpha < x < \alpha \quad (10)$$

Com base na distribuição *Gumbel*, a expressão da utilidade aleatória é derivada (equações 11 e 12):

$$\frac{1}{\sum_{m_2=1} e^{V_{m_2t}-V_{m_1t}}} \quad (11)$$

$$\frac{e^{V_{m_1t}}}{\sum_{m_2=1}^m e^{V_{m_2t}}} \quad (12)$$

Onde:

- m – Número total de modos de viagem disponíveis no conjunto de opções para o viajante t .

Desta forma, obtém-se o modelo Logit, também conhecido como multinomial (MNL), quando mais de duas alternativas são consideradas. Na estatística, a regressão logística (geralmente conhecida como modelo Logit) é considerada para prever a probabilidade de ocorrência de um evento. Por exemplo, se desejarmos prever o comportamento de escolha de um modo por uma pessoa a partir do conhecimento da idade, do sexo e do contexto socioeconômico da pessoa, o modelo Logit ou o modelo de regressão logística pode ser usado para essa finalidade.

O conceito desta função logística pode ser descrito a partir da explicação da função logística, cuja probabilidade varia sempre entre zero e um (Figura 9 e equação 13). Isso também pode ser expresso como (Stopher & Meyburg, 1975):

$$f(V_{m_1t}) = \frac{e^{-V_{m_1t}}}{1 + e^{-V_{m_1t}}} \quad (13)$$

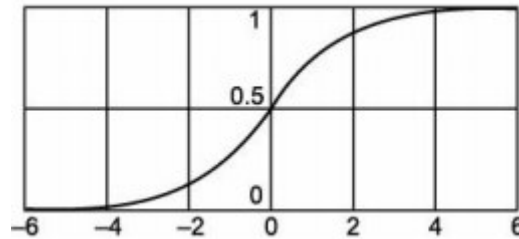


Figura 9 – Função logística com V_{m_1t} no eixo horizontal e $f(V_{m_1t})$ no eixo vertical (Stopher & Meyburg, 1975)

Uma função logística ou curva logística, é uma curva sigmoide comum usada para o propósito de previsão. Ela pode aceitar qualquer entrada do infinito negativo até o infinito positivo. A saída é produzida no intervalo entre zero e um. Aqui, a variável V é a utilidade da viagem. Como o modelo Logit é simplesmente uma razão logarítmica da probabilidade de selecionar um modo para a probabilidade de não selecionar um modo, ele também pode ser expresso como (equação 14) (Stopher & Meyburg, 1975):

$$\log\left(\frac{P_{m_1t}}{1 - P_{m_1t}}\right) = V_{m_1t} \quad (14)$$

Como definido anteriormente, V_{m_1t} é a utilidade de utilizar um modo para a realização da viagem, traduzidas pelas equações 15 a 20 (Stopher & Meyburg, 1975).

$$V_{m_1t} = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n \quad (15)$$

$$\log\left(\frac{P_{m_1t}}{1 - P_{m_1t}}\right) = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n \quad (16)$$

$$\left(\frac{P_{m_1t}}{1 - P_{m_1t}}\right) = e^{V_{m_1t}} \quad (17)$$

$$P_{m_1t} = e^{V_{m_1t}} - P_{m_1t} e^{V_{m_1t}} \quad (18)$$

$$P_{m_1t}(1 + e^{V_{m_1t}}) = e^{V_{m_1t}} \quad (19)$$

$$P_{m_1 t} = \frac{e^{V_{m_1 t}}}{(1 + e^{V_{m_1 t}})} \quad (20)$$

Posto isto, a equação 20 expressa o modelo Logit para estimar a probabilidade de selecionar um modo. O modelo Logit pode ser classificado como modelo Logit Binário, modelo Logit Multinomial, *Incremental Logit*, *II A Property, Demand Elasticity*, modelo *Nested Logit* e modelo *Mixed Logit*, que serão apresentados nos pontos seguintes.

II.3.5.1. Modelo Logit Binário

O modelo Logit Binário é a formulação mais simples do modelo Logit, aplicado na previsão da escolha modal, onde é feita a escolha entre apenas dois modos de transporte. Sejam os dois modos m_1 e m_2 , então a proporção de viagens do modo m_1 da zona i para a zona j é P_{ij}^1 . Sejam C_{ij}^1 o custo da viagem da zona i para a zona j utilizando o modo m_1 e C_{ij}^2 o custo da viagem da zona i para a zona j utilizando o modo m_2 , existem 3 casos na escolha modal (Verma & Ramanayya, 2014):

1. Se $C_{ij}^2 - C_{ij}^1 > 0$, então o modo m_1 é escolhido;
2. Se $C_{ij}^2 - C_{ij}^1 < 0$, então o modo m_2 é escolhido;
3. Se $C_{ij}^2 - C_{ij}^1 = 0$, então ambos os modos (m_1 e m_2) têm igual probabilidade de serem escolhidos.

Assim, a proporção de viagens pelo modo m_1 é dada pela equação 21 (Chatterjee & Hadi, 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011):

$$P_{ij}^1 = \frac{1}{1 + e^{V_{m_2 t} - V_{m_1 t}}} \quad (21)$$

II.3.5.2. Modelo Logit Multinomial (MNL)

O modelo Logit Multinomial (MNL) é o modelo mais utilizado para explicar e prever a escolha modal dos viajantes devido à facilidade que proporciona em termos de estimativa e por estar bem alicerçado na teoria da utilidade. De forma resumida, este modelo tenta prever qual o modo escolhido com base no “custo” de cada viajante t na sua deslocação entre a zona de origem i e a zona de destino j .

Este “custo” representa uma combinação dos tempos de viagem, do custo de operação e da conveniência da utilização associada ao modo de transporte m_1 em causa, podendo conter outros fatores, como a

privacidade e a comodidade. A combinação destes fatores é utilizada como uma constante na análise, que é determinada a partir de um processo de calibração que aproxima o modelo aos padrões observados. Para a formulação deste modelo, é considerado um conjunto universal de opções A que contém vários modos m e um subconjunto A_t individual, que define o conjunto restrito de opções para um certo viajante t . A Expressão geral do modelo MNL é dada pela equação 22 (Chatterjee & Hadi, 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011):

$$P_{m_1 t} = \frac{e^{V_{m_1 t}}}{\sum_{m \in A_t} e^{V_{m_1 t}}} \quad (22)$$

Onde:

- A Utilidade para o viajante t e modo m_1 é dada por $U_{m_1 t} = V_{m_1 t} + \varepsilon_{m_1 t}$;
- $P_{m_1 t}$ – Probabilidade de o viajante t escolher o modo m_1 ;
- Numerador é a utilidade do modo m_1 para o viajante t e o denominador é a soma das utilidades para todos os modos alternativos A_t para o viajante t ;
- As perturbações $\varepsilon_{m_1 t}$ são distribuídas de forma independente e idêntica;
- Os distúrbios são Gumbel' distribuídos com o parâmetro de localização x e um parâmetro de escala $\theta > 0$.

2. Calibração do modelo Logit Multinomial

A calibração de um modelo de escolha discreta é um processo iterativo, no qual vários conjuntos de variáveis e estruturas de modelos são testadas a fim de identificar o modelo que melhor representa a escolha dos indivíduos.

Assumindo que a escolha de cada indivíduo é independente das escolhas de todos os outros, para a estimação dos valores dos pesos dos atributos/coeficientes (θ) é usual a utilização de modelos de máxima verossimilhança (Train, 2009). Assim sendo, o método de calibração dos parâmetros do modelo Logit Multinomial, principalmente utilizado, é baseado no princípio estatístico da máxima verossimilhança (*maximum likelihood*). O ajuste pela máxima verossimilhança tem como objetivo, estimar, a partir de uma amostra, os parâmetros do modelo de forma a maximizar a probabilidade de se obter o evento analisado. Posto isto, a função verossimilhança para o modelo Logit é dada pela equação 23 (Train, 2009):

$$L(\theta) = \prod_{n=1}^N \prod_{m=1}^M (P_{m_1 t})^{\delta_{mn}} \quad (23)$$

Onde:

- $L(\theta)$ – Estimador da máxima verossimilhança, ou seja, os valores do vetor de θ que maximizam a função P_{m_1t} ;
- δ_{mn} – É definido com o valor de 1 se a n -ésima escolha discreta observada for m e 0 caso contrário;
- P_{m_1t} – Função do modelo Logit Multinomial;
- N – Número total de observações;
- M – Número total de alternativas.

Por outro lado, através das propriedades dos logaritmos, a equação 28 pode ser transformada num somatório sem alteração dos seus resultados (Train, 2009), a estimação dos parâmetros pode ser realizada através de uma expressão mais simples apresentada da equação 24, designada máxima verossimilhança logarítmica - MVL.

$$LL(\theta) = \ln(L(\theta)) = \ln \left[\prod_{n=1}^N \prod_{m=1}^M (P_{m_1t})^{\delta_{mn}} \right] = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \delta_{mn} \cdot \ln[P_{m_1t}] \quad (24)$$

Nos procedimentos numéricos para a determinação da máxima verossimilhança, utiliza-se a função log-verossimilhança, que é mais fácil de compilar computacionalmente. Após a calibração pelo método de ajuste por máxima verossimilhança, é possível estimar alguns parâmetros estatísticos essenciais para a análise da performance do modelo estimado. Normalmente, a avaliação de um modelo MNL é baseada em dois parâmetros: o teste de *Wald* e o índice de razão de verossimilhança, também designado de *pseudo-R²*.

a) Teste de Wald

Para aferir a precisão da estimação de um modelo, os primeiros resultados a avaliar devem ser os sinais e as grandezas relativas dos coeficientes estimados. Porém, na modelação pretende-se ainda conhecer a contribuição de cada variável na explicação da escolha modal. Assim, uma variável acrescenta informação ao modelo de escolha modal se o seu parâmetro for estatisticamente significativo, ou seja, se a hipótese nula de que o parâmetro é igual a zero, pode ser rejeitada.

Num modelo de regressão linear essa significância estatística é avaliada através dos testes estatísticos de t e F . No entanto, nos modelos de escolha discreta estes não podem ser utilizados, uma vez que apesar de lineares em termos de parâmetros, a sua estimação recorre a probabilidades que incluem logaritmos. Posto isto, utiliza-se um teste assintótico equivalente designado de teste de *Wald* (Hensher et al., 2005), que relaciona o valor do parâmetro i com o seu erro padrão através da equação 25:

$$Wald = \theta_i / \text{erro padrão}_i \quad (25)$$

Estes valores podem ser calculados e interpretados da mesma forma que os testes estatísticos t nas regressões lineares, através dos seus *p-value*. Assim, assumindo um nível de confiança de 95% e um erro de 5% (geralmente assumidos como referência), valores absolutos do teste de *Wald* inferiores a 1,96 sugerem que o parâmetro não é estatisticamente significativo, não se podendo rejeitar a hipótese nula de que θ_i é igual a zero (Hensher et al., 2005).

b) pseudo - R^2 (ρ^2)

Na estimação da melhor especificação de um modelo, convém dispor de uma medida para o grau de ajuste global do modelo estimado relativamente aos dados observados. Para medir o quanto um modelo de escolha discreta se ajusta aos dados, é frequente utilizar um parâmetro estatístico designado por índice de razão de verosimilhança, também designado de *pseudo- R^2* .

Este índice compara o desempenho do modelo com os parâmetros estimados com o modelo com todos os parâmetros nulos (que equivale a não ter modelo, ou seja, que todos os modos têm igual repartição modal), ou apenas com as constantes específicas das alternativas (que equivale ao modelo com as repartições de mercado da amostra utilizada). Esta comparação é feita através da função de máxima verosimilhança logarítmica (LL), podendo o índice ser definido pela equação 26 (Hensher et al., 2005):

$$\rho^2 = p - R^2 = 1 - \left(\frac{LL(\theta)}{LL(0)} \right) \quad (26)$$

Onde:

- $LL(\theta)$ – É o valor da LL com os parâmetros estimados;
- $LL(0)$ – É o valor da LL com os parâmetros todos nulos.

Se os parâmetros estimados em termos de LL não resultarem num valor melhor que o modelo com parâmetros nulos, os dois valores são iguais e a sua razão é 1, pelo que o índice toma o valor 0, ou seja, o seu valor mais baixo (se fosse possível $LL(\theta) < LL(0)$, então $LL(\theta)$ não seria o máximo).

No outro extremo, se o modelo fosse tão bom ao ponto de permitir prever perfeitamente as escolhas de cada indivíduo da amostra, a $LL(\theta)$ para os parâmetros estimados seria 1, uma vez que a probabilidade de observar as escolhas realmente feitas também seria 1. Como o logaritmo de 1 é 0, então a razão dos LLs seria 0 e o índice daria o valor 1 que será o seu maior valor possível. Assim sendo, o ρ^2 ($p - R^2$) é caracterizado por ter valores entre 0 e 1. Segundo Ortúzar & Willumsen (2011), valores de ρ^2 na ordem de 0,4 representam um bom ajuste do modelo de escolha modal.

Por fim, são analisados, também, os sinais dos coeficientes das variáveis para verificar se estão de acordo com o esperado. Por exemplo, uma variável que se espera que contribua positivamente para sua utilidade deve ter um coeficiente com sinal positivo.

c) Comparação entre dois modelos

Para testar estatisticamente o ajuste entre dois modelos semelhantes através da sua razão de verosimilhança, é comum recorrer à sua expressão logarítmica dada pela equação 27 (Ortúzar & Willumsen, 2011; Train, 2009):

$$-2LL = -2 \cdot [LL(\theta_b) - LL(\theta_R)] \quad (27)$$

LL que tem uma distribuição chi-quadrada (χ^2) com graus de liberdade iguais ao número de restrições impostas (diferença entre o número de parâmetros estimados) que dado a função de verosimilhança logarítmica ser sempre negativa, é duas vezes a magnitude da diferença entre os máximos das funções de verosimilhança logarítmica restringida (θ_R) e não restringida de base (θ_b).

Assim, se este valor exceder o valor crítico de χ^2 com os graus de liberdade apropriados, então pode-se concluir que o modelo mais restringido é melhor que o modelo de base. Se o valor for inferior ao de χ^2 com os graus de liberdade apropriados, então não se pode concluir que o modelo restringido é melhor que o modelo de base (Hensher et al., 2005). Valores típicos da distribuição χ^2 para apenas um grau de liberdade (mais uma variável independente) serão de 3,84 para um intervalo de confiança de 90%, de 5,02 para um intervalo de confiança de 95% e de 7,88 para um intervalo de confiança de 99%.

II.3.5.3. Vantagens e desvantagens dos modelos Logit Simples (Binários e os MNL)

Para a determinação da probabilidade de escolha, o modelo Logit apresenta diversas propriedades que são desejáveis, nomeadamente (Gonçalves, 2012):

- A probabilidade P_{m_1t} está necessariamente entre 0 e 1;
- Quando uma utilidade representativa de uma alternativa aumenta (devido a melhoria de algum atributo mensurável), mantendo as restantes constantes, a probabilidade de escolha também aumenta aproximando-se de 1. Quando a sua utilidade representativa se aproxima de $-\infty$, mantendo as restantes constantes, a sua probabilidade de escolha diminui aproximando-se de 0;
- A probabilidade de escolha nunca é igual a 0, mas se se considerar que uma alternativa não tem hipóteses de ser escolhida, então pode ser retirada do conjunto de opções;
- A probabilidade de escolha igual a 1 só pode ser obtida se só houver uma única alternativa;
- O facto do denominador ser a soma das utilidades representativas de todas as alternativas, assegura que o resultado da soma de todas as probabilidades seja a unidade, facilitando a interpretação dos seus resultados.

Segundo Gonçalves (2012), a forma sigmoide da função de distribuição cumulativa de probabilidade de escolha apresenta ainda as seguintes implicações:

- Se a utilidade representativa for muito reduzida comparativamente à das restantes, um pequeno acréscimo na utilidade dessa alternativa tem pouco impacto na sua probabilidade de escolha. As restantes ainda são suficientemente melhores para não serem afetadas. Do mesmo modo, numa alternativa com uma utilidade muito superior às restantes, um acréscimo na sua utilidade também não afeta significativamente a sua probabilidade de escolha sobre as restantes (partes superior e inferior das curvas da Figura 9).
- O ponto onde um acréscimo da utilidade representativa tem maior impacto na probabilidade da sua escolha sobre as restantes será perto do ponto com probabilidade de 0,5, que significa uma probabilidade de 50% da alternativa ser escolhida. Nestes casos, uma pequena alteração da utilidade representativa pode provocar grandes alterações na sua probabilidade de escolha.

Existem três situações que devem ser consideradas ao ponderar a utilização dos modelos Logit (Gonçalves, 2012; Train, 2009):

- Os modelos Logit conseguem representar variações de gostos sistémicas (relacionadas com as características observáveis dos decisores, como o rendimento, o tamanho do agregado, entre outros), mas não variações aleatórias (que não podem ser atribuídas às variáveis mensuráveis, como os gostos pessoais, antecedentes, entre outros);
- O modelo Logit implica a substituição proporcional entre alternativas (o aumento da probabilidade de uma implica um decréscimo proporcional das restantes) atendendo à especificação da utilidade representativa. Outras formas de substituição necessitam de outro tipo de modelo;
- Se os fatores não observados forem independentes em situações repetidas ao longo do tempo, o modelo Logit consegue apreender a dinâmica de escolhas repetidas. No entanto, se estes estiverem correlacionados ao longo do tempo, outro modelo terá de ser utilizado.

O facto de o modelo Logit considerar a independência entre alternativas irrelevantes (IIA), foi encarado inicialmente como uma vantagem destes modelos, uma vez que permitia tratar de forma simples a introdução de uma nova alternativa inexistente na altura da calibração do modelo (se os seus atributos fossem conhecidos), sendo atualmente encarado como uma desvantagem que invalida o modelo na presença de alternativas correlacionadas (Ortúzar & Willumsen, 2011).

II.3.6. Aplicação dos modelos de repartição modal em estudos de transportes

A utilização de modelos de repartição modal numa grande variedade de situações reais é vasta a nível internacional, demonstrando claramente a sua versatilidade, fiabilidade e coerência de resultados. A sua aplicação a problemas de transporte tem vindo a aumentar na última década (2010-2020), mas a maioria das suas aplicações utiliza o Multinomial Logit Model.

É possível constatar que a maioria das variáveis referidas nas aplicações práticas são para a caracterização socioeconómica dos indivíduos, verificando-se a utilização de algumas potenciais variáveis caracterizadoras de políticas de ordenamento do território ou de mobilidade urbana, nomeadamente (Ao et al., 2020; Ashalatha et al., 2013; Buehler & Hamre, 2015; Munshi, 2016; Singh & Vasudevan, 2018; Sun et al., 2017; Thrane, 2015; Whalen et al., 2013; Zhang et al., 2017; Zhou, 2012):

- Tempo de viagem;
- Tempo de viagem dentro do veículo;
- Tempo de viagem fora do veículo;

- Custo da viagem;
- Custo do estacionamento;
- Possibilidade de estacionamento;
- Distância de viagem;
- Densidade populacional;
- Densidade de empregos;
- Densidade de ruas;
- Densidade de edifícios;
- Motivo da viagem;
- Hora de início da viagem;
- Distância até paragem/ estação de transporte coletivo (autocarro, metro, comboio, etc.);
- Tempo de espera pelo serviço de transporte coletivo;
- Acesso a serviço de transporte coletivo;
- Número de transbordos.

A sua utilização não é, no entanto, sistemática nem extensiva, e a sua combinação, nomeadamente as relacionadas com restrições ao livre uso do automóvel, pouco utilizadas.

II.3.7. Conclusões

Os modelos de repartição modal podem ser considerados na análise da escolha do modo de transporte, seja durante a etapa de geração de viagens, seja após a etapa de geração de viagens. Não obstante, estes modelos podem também ser considerados na análise da escolha modal durante ou após a etapa de distribuição de viagens. Estes dois tipos de análise são conhecidos como *Trip – end modal split* e *Trip interchange modal split*, respetivamente.

No desenvolvimento de análises de repartição modal, a escolha de um modo tem de considerar os viajantes “cativos” a um modo de transporte e os que têm uma certa liberdade de escolha. Os viajantes cativos a um modo de transporte são aqueles que não têm a possibilidade de realizar as suas viagens através de outro modo de transporte (*e.g.*, utilizar o autocarro porque não têm acesso a carro). Por outro lado, os viajantes com liberdade de escolha têm a possibilidade de escolher entre várias alternativas de modos (carro, autocarro, comboio, etc.) para efetuarem as suas viagens.

Por conseguinte, existe uma vasta gama de modelos de repartição e escolha modal desenvolvidos para analisar a escolha do modo de transporte. Desde os modelos probabilísticos a modelos determinísticos, sendo os modelos Logit (modelos probabilísticos) os modelos com maior aplicabilidade ao longo dos anos, do qual resultou um vasto conjunto de modelos como o Logit binário, Multinomial, entre outros, devido à sua fiabilidade e complexidade, sendo o mais utilizado o modelo Logit Multinomial (Ortúzar & Willumsen, 2011).

II.4. Modelos de Duração

II.4.1. Introdução

A modelação da procura de viagens em estudos de mobilidade urbana tem subjacente um determinado conjunto de características relacionadas com o tipo de atividade que motiva a realização das viagens, como trabalhar, compras, negócios e atividades recreativas e de lazer, entre outras. Neste sentido, o tempo de viagem para os destinos, ou seja, para a realização das atividades, tem sido amplamente utilizado como uma medida para identificar fatores que afetam significativamente a procura de transportes (Anastasopoulos et al., 2012).

Porém, a análise dos tempos de viagem requer o estudo de um processo de decisão complexo, que integre as atividades e a geração de viagens, os modos de transporte e as opções de trajeto, os quais podem ser modelados para viajantes específicos numa determinada rede de transporte urbano para estimar os referidos tempos de viagem.

Ao longo dos anos, para estudar decisões complexas para a realização de viagens e desenvolver modelos capazes de prever os tempos de viagem (tempo até ao destino), resultantes das variações da rede de transportes e das características socioeconómicas da população, foram construídos modelos de transportes detalhados, com base no modelo tradicional de quatro passos (geração de viagem, distribuição de viagem, repartição/escolha modal e afetação de tráfego) que incorporaram modelos baseados em atividades e modelos dinâmicos de redes (Anastasopoulos et al., 2012).

Como uma alternativa a um sistema de modelação do transporte urbano, uma abordagem mais simples para ganhar algum conhecimento sobre os fatores que determinam os tempos de viagem individuais, baseia-se, diretamente, na modelação dos tempos de viagem (incluindo implicitamente a complexa tomada de decisão relacionada com o destino, rota, atividade, tempo e escolhas do dia). Para esse fim, uma série de estudos investigou as relações entre o tempo de viagem e os vários fatores que o influenciam, como características socioeconómicas, rendimentos, demográficas e os modos de transporte (Anastasopoulos et al., 2012).

Neste contexto, surgem os modelos de duração baseados em risco (*hazard-based duration models*), que têm sido amplamente utilizados em campos como a medicina, as ciências sociais e a engenharia

industrial. Contudo, são escassos os estudos que aplicaram modelos de duração ao campo dos transportes, tendo-se verificado um aumento do número de estudos na última década (Washington et al., 2020).

A modelação da duração baseada no risco tem sido extensivamente aplicada em vários campos, incluindo bioestatística (Fleming & Harrington, 2011; Kalbfleisch & Prentice, 2011) e economia (Kiefer, 1988). Porém, no campo dos transportes, a aplicação destes modelos tem sido relativamente limitada.

Ao longo da última década, vários trabalhos foram desenvolvidos aplicando os modelos de duração baseados em risco (*hazard-based duration models*), de forma a estudar diversos problemas no campo dos transportes, tendo como variável dependente o tempo (Washington et al., 2020).

Vários trabalhos aplicam este tipo de modelos de duração a situações em que os eventos disruptivos/perturbações prejudicam a normal vivência das populações e o normal funcionamento dos sistemas de transporte, como é o caso de catástrofes naturais, acidentes rodoviários e congestionamentos.

Neste contexto, Hasan et al. (2013) desenvolveram um modelo de duração baseado no risco com parâmetros aleatórios para perceber o tempo de evacuação perante um furacão. Outros autores apresentaram estes modelos para investigar os fatores que afetam a **segurança rodoviária**, nomeadamente, segurança dos ciclistas e motociclistas (Yang et al., 2015), comportamento dos motociclistas durante as ultrapassagens (Bella & Gulisano, 2020), examinar o risco de sobrevivência de lesões por acidente em relação aos fatores ambientais das estradas (Li et al., 2009), previsão de duração de acidentes (Lin et al., 2016), investigar a distância percorrida por um veículo num acidente fora da estrada (Roque & Jalayer, 2018), comparar os perfis de travagem de jovens motoristas (Haque & Washington, 2015), examinar a influência de vários fatores que afetam a duração de vários tipos de **incidentes rodoviários** (Hojati et al., 2013) e avaliar o tempo que leva para detetar/relatar, responder e eliminar incidentes rodoviários (Nam & Mannering, 2000).

Outro tópico investigado recorrendo a modelos de duração baseados em risco, é a duração dos **congestionamentos**. Shi et al. (2016) apresentam um modelo de duração deste tipo para prever a duração precisa do congestionamento do fluxo de passageiros para o transporte ferroviário urbano. Já,

Stathopoulos & Karlaftis (2002) propuseram uma abordagem para estimar a duração do congestionamento num determinado troço de uma estrada.

Por outro lado, algumas investigações incidiram em questões relacionadas com o **tempo de espera e o tempo de viagem em transporte coletivo**, nomeadamente, investigar a tolerância de espera dos utilizadores de transporte público durante interrupções de serviço não planeadas e identificam os fatores que afetam os seus comportamentos (Rahimi et al., 2019), prever atrasos do transporte ferroviário (Libnao & Agbelie, 2020), estimar a duração da paragem de veículos comerciais em zonas urbanas (Sharman et al., 2012) e avaliar os efeitos do fluxo misto de tráfego nos tempos de funcionamento dos autocarros junto às zonas de paragem de autocarro (Zheng et al., 2019).

Outros autores aplicam os modelos de duração baseados em risco para identificar os fatores que influenciam os **tempos de viagem e duração das atividades sociais** dos utilizadores da rede de transportes, nomeadamente, analisando como é que duração das atividades sociais é influenciada pelas características da atividade social (Van den Berg et al., 2012), investigando os fatores explicativos que afetam o comportamento de viagem dos idosos (Jordan et al., 2019), estudando os fatores determinantes do tempo de viagem até o destino em áreas urbanas (Anastasopoulos et al., 2012), explorando os fatores que levam alguns indivíduos a passar uma quantidade significativa de tempo a viajar (Joly & Vincent-Geslin, 2016) e estudando como o estado dos congestionamentos, a procura de tráfego, as variáveis das estradas e as condições climáticas impactam o desempenho do tempo de viagem (Moylan & Rashidi, 2017).

Com o mesmo objetivo, têm surgido estudos que pretendem usar a distância percorrida nas viagens em investigações de avaliação do impacto ambiental, nomeadamente para avaliar o impacto da crescente procura por novos modos de transporte movidos a energias alternativas, como é o caso dos veículos elétricos (He et al., 2020).

Porém, a aplicação da abordagem de modelação da duração baseada no risco, utilizando a distância de viagem ainda é muito limitada, uma vez que a distância de viagem é, normalmente, considerada como um resultado da viagem ao invés de um processo, sendo frequentemente ignorada a dependência da duração (Ding et al., 2017). Existem alguns trabalhos desenvolvidos que aplicam modelos de duração baseados no risco, utilizando a variável tempo para identificar os fatores mais importantes que

influenciam a distância de viagem para os diferentes tipos de atividades em áreas urbanas (Anastasopoulos et al., 2012; Ding et al., 2017), de modo a explorar a dimensão espacial de novos tipos de uso de transportes públicos movidos a energias alternativas (modos elétricos e movidos a gás natural), de forma a reduzir a poluição ambiental e a melhorar a mobilidade e a segurança em áreas urbanas (Anastasopoulos et al., 2017) e, ainda, existem outros estudos para preverem as distâncias diárias de viagem de carro, utilizando variáveis socioeconômicas, condições climáticas e características do veículo (He et al., 2020).

Por outro lado, verifica-se na literatura que o modelo *log-logistic*, pertencente aos modelos de duração baseados no risco, apresenta um melhor ajuste aos dados para estudos de duração de congestionamentos (Bella & Gulisano, 2020; Shi et al., 2016; Stathopoulos & Karlaftis, 2002)).

Por último, importa realçar que quando se pretende estudar os fatores que influenciam o tempo de viagem, o modelo que apresenta um melhor ajuste aos dados é o modelo *Weibull* com heterogeneidade gama (Anastasopoulos et al., 2017; Anastasopoulos et al., 2012; Anastasopoulos et al., 2012; Nam & Mannering, 2000)).

II.4.2. Modelos de Duração baseados no Risco (*Hazard-based duration models*)

Relativamente ao tempo de viagem, uma abordagem baseada no risco permite um foco na probabilidade condicional de uma viagem que termina ao fim de um certo tempo, t , uma vez que a viagem não termina até que o tempo t seja atingido. O desenvolvimento de modelos de duração baseados em risco começa com a definição da seguinte função de distribuição cumulativa (Washington et al., 2020):

$$F(t) = P(T < t) \quad (28)$$

Onde.

- P – Probabilidade
- T – Variável Aleatória de Tempo
- t – Tempo específico.

A função de densidade correspondente a esta função de distribuição (a primeira derivada da distribuição cumulativa em relação ao tempo) é dada por:

$$f(t) = dF(t)/dt \quad (29)$$

E a função de Risco (*hazard function*) é formulada da seguinte forma:

$$h(t) = f(t)/[1 - F(t)] \quad (30)$$

Onde $F(t)$ e $f(t)$ são a função de distribuição cumulativa e função de densidade dos tempos de viagem, respectivamente.

A função de sobrevivência, que fornece a probabilidade de que a duração seja maior ou igual a algum tempo especificado, t , também é frequentemente utilizada na interpretação de resultados de análises de risco, sendo apresentada na equação 64.

$$S(t) = P(T \geq t) \quad (31)$$

Se uma destas funções for conhecida, densidade, distribuição cumulativa, sobrevivência, risco ou risco integrado, qualquer uma das outras funções pode ser prontamente obtida através das seguintes relações, que existem entre elas:

$$S(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \exp[-H(t)] \quad (32)$$

$$f(t) = \frac{d}{dt}F(t) = h(t)\exp[-H(t)] = -\frac{d}{dt}S(t) \quad (33)$$

$$H(t) = \int_0^t h(t)dt = -LN[S(t)] \quad (34)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{d}{dt}H(t) \quad (35)$$

As funções de risco, densidade, distribuição cumulativa e sobrevivência são apresentadas graficamente através do exemplo da Figura 10.

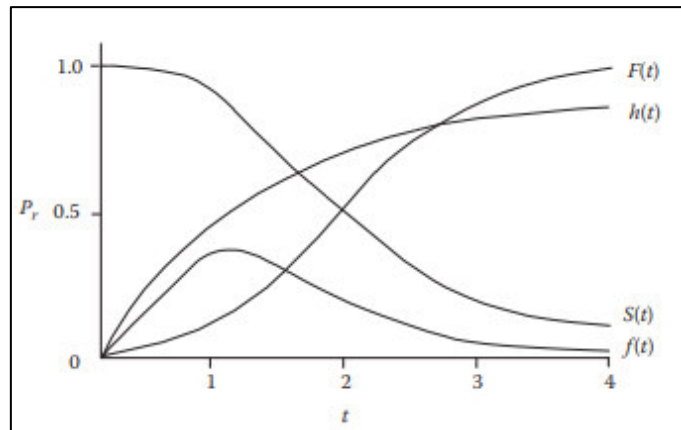


Figura 10 – Funções de risco ($h(t)$), densidade ($f(t)$), distribuição cumulativa ($F(t)$) e função de sobrevivência ($S(t)$) (Washington et al., 2020).

Relativamente à função de risco, esta permite obter a probabilidade a partir da qual as viagens estão a terminar no tempo t , uma vez que essas viagens duraram até esse tempo t . A inclinação da função de risco (a primeira derivada em relação ao tempo), tem implicações importantes, uma vez que captura a dependência da probabilidade de uma duração terminar dentro de um intervalo de duração (dependência da duração).

A Figura 11 apresenta um exemplo de quatro funções de risco possíveis, indicando o comportamento das mesmas. Assim, a função de risco pode ser interpretada da seguinte forma (Washington *et al.*, 2020):

- $\frac{dh(\delta)}{d\delta} > 0$, isto sugere que a probabilidade condicional de que a viagem termine em breve (dado que não terminou até agora) aumenta à medida que o tempo aumenta (i.e., a função é inclinada para cima à medida que o tempo aumenta);
- $\left(\frac{dh(\delta)}{d\delta} < 0\right)$, isto sugere que a probabilidade condicional de que a viagem terminará em breve diminui à medida que o tempo aumenta (i.e., função de risco é inclinada para baixo);
- $\left(\frac{dh(\delta)}{d\delta} = 0\right)$, isto sugere que a probabilidade condicional da viagem que termina em breve é independente do tempo da viagem (função de risco constante à medida que o tempo aumenta).

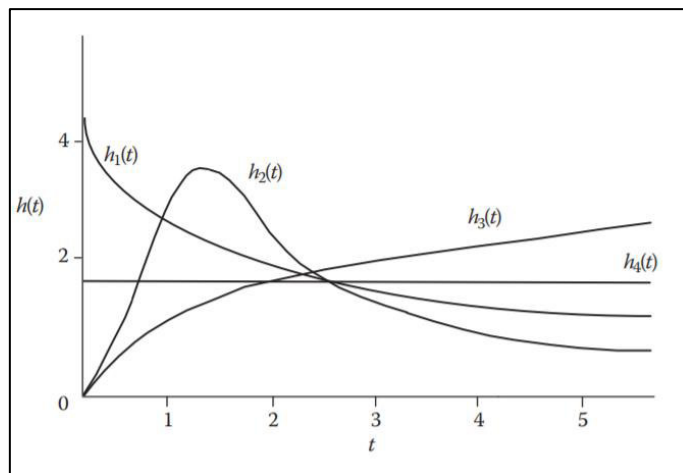


Figura 11 – Exemplo do comportamento das quatro funções de risco.

Para explicar o efeito de variáveis explicativas em modelos de risco, uma abordagem proporcional de riscos pode ser usada, em que as variáveis explicativas atuam multiplicativamente em alguma função de risco subjacente (ou *baseline*), de modo que (Washington et al., 2020)):

$$h_n(t|\mathbf{N}) = h_0(t)\exp(-\boldsymbol{\beta}\mathbf{X}_n) \quad (36)$$

Onde \mathbf{X}_n é o vetor de variáveis explicativas, $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de parâmetros estimados e $h_0(t)$ é o *baseline hazard* que descreve o risco quando todos os elementos do vetor de variáveis explicativas são zero. Na estimativa da equação 69, uma abordagem comum é considerar várias formas paramétricas da função de risco subjacente, também sendo possível não fazer nenhuma suposição paramétrica em relação à função de risco subjacente. Contudo, isto dificulta as inferências relacionadas em como as probabilidades de risco mudam com o tempo.

Outra abordagem para incorporar variáveis explicativas em modelos baseados no risco, assenta em assumir que as variáveis explicativas redimensionam (aceleram) o tempo diretamente numa função de sobrevivência de *baseline*, que é a função de sobrevivência quando todas as variáveis explicativas são zero. Estes modelos, modelos de vida útil acelerada, assumem que as variáveis explicativas influenciam o processo com a função $\exp(X)$, sendo o modelo escrito da seguinte forma:

$$S(t|\mathbf{X}) = S_0[t \exp(\boldsymbol{\beta}\mathbf{X})] \quad (37)$$

Dando origem a uma função condicional de risco:

$$h(t|\mathbf{X}) = h_0[t \exp(\boldsymbol{\beta}\mathbf{X})] \exp(\boldsymbol{\beta}\mathbf{X}) \quad (38)$$

Os Modelos de vida útil acelerada, juntamente com modelos de riscos proporcionais, incidem num uso generalizado e são estimado através da utilização de métodos de máxima verosimilhança padrão (Kalbfleisch & Prentice, 2011).

II.4.3. Modelo Não Paramétricos

Embora as aplicações no campo dos transportes sejam raras, existem inúmeras aplicações de análise de sobrevivência não paramétrica em áreas como medicina e epidemiologia. É de realçar que a falta de aplicações na área dos transportes de modelos não paramétricos não implica que esses métodos não sejam úteis. Na realidade, estes modelos permitem modelar dados de sobrevivência ou duração sem depender de distribuições estatísticas específicas.

A abordagem mais popular para criar as funções de sobrevivência nos Modelos Não Paramétricos é o método do limite do produto (LP), desenvolvido por Kaplan & Meier (1958), que é baseado nos tempos individuais de sobrevivência. O modelo básico para calcular as probabilidades de sobrevivência usando o LP começa por especificar a probabilidade de sobreviver k anos (sem a ocorrência do evento A) como a probabilidade condicional de sobreviver k anos dada a sobrevivência de $k - 1$ ano vezes a probabilidade de sobreviver $k - 1$ ano (ou meses, dias, minutos, etc.). Não obstante, a probabilidade de sobreviver k ou mais anos é dada por (Washington et al., 2020):

$$\hat{S}(k) = (p_k|p_{k-1}) \dots (p_3|p_2)(p_2|p_1) \quad (39)$$

Onde $(p_k|p_{k-1})$ é a proporção de indivíduos observados que sobreviveram ao período k , dada a sobrevivência ao período $k - 1$, e assim por diante. Este estimador LP gera uma função em degraus de sobrevivência baseada puramente nos dados observados. Este modelo fornece estimativas úteis de probabilidades de sobrevivência e uma apresentação gráfica da distribuição de sobrevivência, sendo o modelo não paramétrico mais amplamente aplicado na análise de sobrevivência (Lee & Wang, 2003).

Para concluir, importa apresentar o seguinte conjunto de observações sobre este modelo não paramétrico (Washington et al., 2020): as estimativas de Kaplan & Meier (1958) são limitadas; se a maior observação (sobrevivência) for diretamente censurada, a estimativa de LP é indefinida além desta observação; se a maior observação não for diretamente censurada, então a estimativa de LP naquele momento é igual a zero, o que é tecnicamente correto dado que não foi observado nenhum tempo de sobrevivência maior do que esse; o tempo médio de sobrevivência não pode ser estimado se mais de

50% das observações forem censuradas e a maior observação for censurada; o modelo LP assume que a censura é independente do tempo de sobrevivência, se isto não se comprovar, o modelo LP é inapropriado.

II.4.4. Modelos Semiparamétricos

Ambos os modelos semiparamétricos e totalmente paramétricos, baseados no risco, têm sido amplamente citados na literatura. Os modelos totalmente paramétricos assumem uma determinada distribuição de duração-tempo (*e.g.*, *Weibull* e exponencial) e, também, apresentam pressupostos paramétricos em relação à forma funcional da influência das variáveis explicativas na função de risco (geralmente $\exp(\beta X)$). Já, os modelos semiparamétricos são mais genéricos porque não assumem uma distribuição de duração-tempo, embora mantenham os pressupostos paramétricos da influência da variável explicativa (Washington et al., 2020).

Uma abordagem não paramétrica para modelar a função de risco (*hazard function*) é conveniente quando existe pouco ou nenhum conhecimento sobre a forma funcional do risco. Tal abordagem, foi desenvolvida por Cox (1972) e baseia-se na abordagem de riscos proporcionais. O modelo de riscos proporcionais de Cox é semiparamétrico uma vez que a função $\exp(\beta X)$ ainda é usada para expressar a forma funcional de influência da variável explicativa. Este modelo é baseado na razão de riscos, de modo que a probabilidade de uma observação i sair de uma duração no tempo t_i , dado que pelo menos uma observação sai no tempo t_i , é dada por (Washington et al., 2020):

$$\exp(\beta X_i) / \sum_{j \in R_i} \exp(\beta X_j) \quad (40)$$

Onde, R_i é o conjunto de observações, j , com durações maiores ou iguais a t_i . Este modelo é estimado usando métodos de máxima verosimilhança padrão. Se apenas uma observação completa a sua duração de cada vez (sem dados vinculados) e nenhuma observação é censurada, a probabilidade de *log* parcial é dada por (Washington et al., 2020):

$$LL = \sum_{j=1}^I [\beta X_j - \sum_{j \in R_i} \exp(\beta X_j)] \quad (41)$$

Se nenhuma observação for censurada e os dados vinculados estiverem presentes com mais do que uma observação a sair no tempo t_i , a probabilidade logarítmica parcial é a soma das probabilidades individuais das observações n_i que saem no tempo t_i , (Washington et al., 2020) dada por:

$$LL = \sum_{j \in t_i} X_j - n_i \sum_{j \in R_i} \exp(\beta X_i) \quad (42)$$

II.4.5. Modelos totalmente paramétricos

Com base em modelos totalmente paramétricos, uma variedade de alternativas de distribuição para a função de risco tem sido usada com regularidade na literatura. Isto inclui distribuições gama, exponencial, *Weibull*, log-logística e *Gompertz*, entre outras.

Na Tabela 7 apresentam-se os nomes e as funções de risco correspondentes (com seus parâmetros de distribuição associados) para uma variedade de modelos de duração paramétricos. A escolha de qualquer uma destas alternativas é justificada por fundamentos teóricos ou avaliação estatística. A escolha de uma distribuição específica tem implicações importantes relacionadas, não apenas com a forma do risco subjacente, mas também com a eficiência e o potencial enviesamento dos parâmetros estimados (Washington et al., 2020).

Tabela 7 – Funções de risco normalmente usadas em modelos de duração paramétrica (Washington et al., 2020)

Nome do modelo	Função de Risco $h(t)$
Exponencial composto	$h(t) = \frac{P}{t + \frac{P}{\lambda_0}}$
Exponencial	$h(t) = \lambda$
Exponencial com heterogeneidade gama	$h(t) = \frac{\lambda}{[1 + \theta \lambda t]}$
Gompertz	$h(t) = (P) \exp^{\lambda t}$
Gompertz-Makeham	$h(t) = \lambda_0 + \lambda_t \exp^{\lambda_2 t}$
Log-logístico	$h(t) = \frac{(\lambda P)(\lambda t)^{P-1}}{[1 + (\lambda t)^P]}$
Weibull	$h(t) = (\lambda P)(\lambda t)^{P-1}$
<i>Weibull</i> com heterogeneidade gama	$h(t) = \frac{(\lambda P)(\lambda t)^{P-1}}{[1 + \theta (\lambda t)^P]}$

As formas paramétricas mais usadas incluem os modelos exponencial, *Weibull* e log-logístico, com as respectivas distribuições. A distribuição mais simples de aplicar e interpretar é a exponencial. Com o parâmetro $\lambda > 0$, sendo a função de densidade exponencial dada por (Washington et al., 2020):

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (43)$$

Com o Risco dado por:

$$h(t) = \lambda \quad (44)$$

Da equação 44 é possível concluir que o risco desta distribuição é constante, conforme ilustrado por $h_4(t)$ na Figura 11. Isso significa que a probabilidade de um fim da duração é independente do tempo e não há dependência da duração.

Já, a distribuição *Weibull* é uma forma mais generalizada da distribuição exponencial. O modelo *Weibull* permite aumentar ou diminuir uniformemente (*monotonically*) as funções de risco (o que implica que a probabilidade de uma viagem terminar pode aumentar ou diminuir quanto maior for o tempo de viagem). Com os parâmetros $\lambda > 0$ e $P > 0$, a distribuição *Weibull* apresenta a seguinte função de densidade (Washington et al., 2020):

$$f(t) = \lambda P (\lambda t)^{P-1} \exp(-\lambda t)^P \quad (45)$$

Com o Risco dado por:

$$h(t) = \lambda P (\lambda t)^{P-1} \quad (46)$$

Conforme indicado na Equação 46, se o parâmetro *Weibull* - P - for maior que um, o risco é uniforme, aumentando com a duração (ver $h_3(t)$ na Figura 11); se P for menor que um, o risco é uniforme, diminuindo com a duração (ver $h_1(t)$ na Figura 11); e se P é igual a um, o risco é constante com a duração, resultando numa distribuição exponencial do risco dada por $h(t) = \lambda$ (ver $h_4(t)$ na Figura 11).

Como a distribuição *Weibull* é uma forma mais generalizada da distribuição exponencial, ela fornece um meio mais flexível de obter a dependência da duração. No entanto, ainda é limitado porque exige que o risco seja uniforme ao longo do tempo. Em muitas aplicações, um risco não uniforme é teoricamente justificado (Washington et al., 2020).

O modelo logístico é flexível, pois permite uma função de risco não-uniforme (*nonmonotonic*), muitas vezes mais realista. A log-logística com os parâmetros $\lambda > 0$ e $P > 0$ tem a seguinte função de densidade (Washington et al., 2020):

$$f(t) = \lambda P (\lambda t)^{P-1} [1 + (\lambda t)^P]^{-2} \quad (47)$$

E a seguinte função de risco:

$$h(\delta) = [\lambda P (\lambda t)^{P-1}] / [1 + (\lambda t)^P] \quad (48)$$

O risco do modelo logístico é idêntico ao do modelo de *Weibull*, exceto no denominador. A Equação 81 indica que se $P < 1$, o risco diminui uniformemente (*monotonically*) à medida que o tempo de viagem aumenta; se $P = 1$, o risco diminui uniformemente (*monotonically*) à medida que o tempo de viagem aumenta em relação ao parâmetro λ ; e se $P > 1$, o risco aumenta à medida que o tempo de viagem aumenta de zero para um ponto de inflexão, $t_i = (P - 1)^{1/P} / \lambda$ e diminui para zero a partir desse ponto.

II.4.6. Comparação entre os modelos não paramétrico, semipamétricos e totalmente paramétricos

A escolha entre modelos não paramétricos, semiparamétricos e totalmente paramétricos para estimar modelos de sobrevivência ou duração pode ser complexa. Quando existe pouca informação sobre a distribuição subjacente devido ao pequeno tamanho da amostra ou à falta de uma teoria que sugira uma distribuição específica, uma abordagem não paramétrica pode ser a apropriada. Os métodos não paramétricos são a escolha preferida quando a distribuição subjacente não é conhecida, enquanto que os métodos paramétricos são mais adequados nos casos em que as distribuições subjacentes são conhecidas ou podem ser teoricamente justificadas (Lee & Wang, 2003).

Os modelos semiparamétricos também podem ser uma boa escolha quando se sabe pouco sobre a distribuição de risco subjacente. No entanto, existem duas desvantagens: i) os efeitos de duração podem ser difíceis de rastrear; ii) pode ocorrer uma perda de eficiência. Pode ser mostrado que em dados onde existe censura e a distribuição de sobrevivência subjacente é conhecida, o modelo de risco proporcional semiparamétrico de *Cox* não produz estimativas de parâmetros eficientes (Washington et al., 2020).

Comparar vários pressupostos de distribuição de risco para modelos totalmente paramétricos também pode ser difícil. A determinação da diferença relativa entre um modelo *Weibull* e exponencial pode ser aproximada pela significância do parâmetro P de *Weibull*, que representa a diferença entre as duas distribuições. Um teste de razão de verossimilhança comparando os dois modelos é dado pelo log da verossimilhança na convergência definido pela Equação 49 (Washington et al., 2020).

$$X^2 = -2(LL(\beta_e) - LL(\beta_w)) \quad (49)$$

Onde $LL(\beta_e)$ é o log da verossimilhança na convergência para a distribuição exponencial e $LL(\beta_w)$ é o log da verossimilhança na convergência para a distribuição Weibull. Esta estatística X^2 é χ^2 distribuída com um grau de liberdade (representando o parâmetro adicional estimado, P).

A diferença entre os modelos *Weibull* e log-logísticos e outras distribuições é mais difícil de testar porque os modelos podem não estar dentro do ninho, sendo então possível comparar modelos através da comparação de estatísticas de razão de verossimilhança, que pode ser determinado pela equação 50 (Washington et al., 2020).

$$X^2 = -2(LL(0) - LL(\beta_c)) \quad (50)$$

Onde $LL(0)$ é o log da verossimilhança inicial (com todos os parâmetros iguais a zero) e $LL(\beta_c)$ é o log da verossimilhança na convergência. Esta estatística X^2 é χ^2 distribuída com os graus de liberdade iguais ao número de parâmetros estimados incluídos no modelo. Pode-se selecionar a distribuição que forneceu o nível mais alto de significância para essa estatística, de forma a determinar a distribuição de melhor ajuste.

II.4.7. Heterogeneidade

Ao formular modelos de risco proporcionais, uma suposição implícita é que a função de sobrevivência é homogênea nas observações. Assim, assume-se que toda a variação nas durações é capturada pelo vetor de variável explicativa \mathbf{X} . Isso é importante porque fatores não observados que não podem ser incluídos em \mathbf{X} podem influenciar a sobrevivência do tempo de viagem. Porém, esta heterogeneidade não observada pode levar a erros de especificação que por sua vez, podem levar a inferências errôneas a respeito do formato da função de risco e a estimativas inconsistentes de parâmetros (Gourieroux et al., 1984; Heckman & Singer, 1984).

Em modelos totalmente paramétricos, a abordagem mais comum para explicar a heterogeneidade passa por introduzir um termo de heterogeneidade projetada, para capturar efeitos não observados em toda a população e trabalhar com a função de sobrevivência condicional resultante. Com um termo de heterogeneidade, w , tendo uma distribuição gama da população $g(w)$, com uma função de sobrevivência condicional, $S(t|w)$, a função de sobrevivência incondicional é dada por (Washington et al., 2020):

$$S(t) = \int S(t|w)g(w)dw \quad (51)$$

Assim, para ver como este termo de heterogeneidade é aplicado, considera-se uma distribuição *Weibull* com heterogeneidade gama. Sem perda de generalidade, assume-se que w tem uma distribuição gama com média 1 e variância = $1/k$, resultando em:

$$g(w) = \frac{k^k}{\Gamma(k)} e^{-kw} w^{k-1} \quad (52)$$

Com a distribuição *Weibull* e $S(t) = f(t)/h(t)$, as Equações (54) e (55) fornecem,

$$S(t|w) = e^{-(w\lambda t)^P} \quad (53)$$

A distribuição de sobrevivência incondicional pode então ser escrita como (com $\theta = 1/k$):

$$S(t) = \int_0^{\infty} S(t|w)g(w)dw = [\mathbf{1} + \theta(\lambda t)^P]^{-1/\theta} \quad (54)$$

Resultando numa função de risco dada por:

$$h(t) = \lambda P(\lambda t)^{P-1} [S(t)]^\theta \quad (55)$$

Se $\theta = 0$, o risco é reduzido para o modelo *Weibull* e a heterogeneidade não está presente.

II.4.8. Conclusões

Neste subcapítulo foram apresentados os principais Modelos de Duração (*Duration Models*) que poderiam ser aplicados ao estudo dos sistemas de transporte e da mobilidade urbana. Vários tipos de modelos foram apresentados, nomeadamente os modelos não paramétricos, semiparamétricos e os totalmente paramétricos. Porém, apesar dos modelos de duração baseada em risco serem

extensivamente aplicados em vários campos de investigação, incluindo bioestatística e economia, a aplicação destes modelos tem sido relativamente limitada no campo dos transportes.

A escolha entre modelos não paramétricos, semiparamétricos e totalmente paramétricos para estimar modelos de sobrevivência ou duração pode ser complicada. Por conseguinte, quando há pouca informação sobre a distribuição subjacente, devido ao pequeno tamanho da amostra ou à falta de uma teoria que sugira uma distribuição específica, uma abordagem não paramétrica pode ser apropriada. Posto isto, os modelos não paramétricos são uma escolha preferível quando a distribuição subjacente não é conhecida, enquanto que os métodos paramétricos são mais adequados quando as distribuições subjacentes são conhecidas ou podem ser teoricamente justificadas.

Os modelos semiparamétricos também podem ser uma boa escolha quando existe pouca informação sobre a distribuição de risco subjacente. No entanto, foram identificadas duas desvantagens: i) os efeitos de duração podem ser difíceis de rastrear; ii) pode ocorrer uma perda de eficiência.

A comparação dos vários pressupostos sobre a distribuição de risco para modelos totalmente paramétricos também pode ser difícil. Apenas foram comparados os três principais modelos, *Weibull*, Exponencial e Log-logístico. Posto isto, a determinação da diferença relativa entre um modelo *Weibull* e exponencial pode ser aproximada pela significância do parâmetro P de *Weibull*, que representa a diferença entre as duas distribuições. Já, a diferença entre os modelos *Weibull* e log-logísticos e outras distribuições é mais difícil de testar, porque os modelos podem não estar dentro do ninho. Uma possível comparação para modelos de distribuição que não estão dentro do ninho assenta na comparação de estatísticas de razão de verossimilhança.

Por fim, a formulação de modelos de risco proporcional tem um pressuposto implícito de que a função de sobrevivência é homogénea nas observações. Isso é importante, porque os fatores não observados que não podem ser incluídos na variável explicativa podem influenciar a sobrevivência do tempo de viagem. Em modelos totalmente paramétricos, a abordagem mais comum para explicar a heterogeneidade é introduzir um termo de heterogeneidade projetada para capturar efeitos não observados em toda a população e trabalhar com a função de sobrevivência condicional resultante.

Capítulo III. Metodologia de Avaliação da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

A partir das conclusões obtidas no estado da arte, apresentadas no capítulo II deste documento, e dos principais objetivos definidos para esta tese é possível concluir que a avaliação da resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana passa por desenvolver uma metodologia, procedimentos e ferramentas que permitam caracterizar o comportamento e o desempenho das infraestruturas e do sistema de mobilidade de uma área urbana e das respectivas medidas de mitigação dos impactos perante um determinado conjunto de eventos extremos que as cidades e o seu sistema de mobilidade terão de enfrentar, ou seja, a identificação das futuras ameaças e riscos que se preveja que possam acontecer.

Deste modo, e como referido no capítulo I, a metodologia de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana proposta nesta tese consiste em desenvolver um modelo que permita avaliar o desempenho do sistema e os impactos associados a um determinado evento disruptivo (*hazard*), a três níveis: comportamental, infraestrutural e a relação comportamento face à oferta, tendo subjacente o contributo para as principais características e ações do processo de resiliência num sistema de transportes e mobilidade urbana (capítulo II).

Assim sendo, nos pontos seguintes deste capítulo serão apresentadas as ações principais, características e indicadores de avaliação da resiliência, a avaliação das dimensões do processo de resiliência e o processo de avaliação global e territorial da resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana.

III.1. Ações principais, características e indicadores de avaliação da resiliência

Analisar e compreender o processo de recuperação de um sistema é importante para perceber como este se poderá comportar perante um evento disruptivo. Assim, segundo Bruneau et al. (2003), a resiliência de um sistema resulta da sua resistência instantânea ao stress e respetiva rapidez para recuperar das consequências do mesmo. Assim, como se mostra na Figura 12, o surgimento de um perigo poderá causar uma queda repentina na função desempenho no instante inicial do processo (em t_0), a partir do qual o sistema gradualmente vai recuperando o seu desempenho até que retoma um desempenho semelhante ao inicial (em t_1), ou seja, quando o sistema está completamente reparado (instante - t_1). Este processo traduz-se por resiliência.

Assim, no estado da arte sobre a resiliência de sistemas de transportes urbanos foi possível concluir que a resiliência é a capacidade do sistema de absorver e, ou reduzir os impactos provenientes de uma perturbação (distúrbio, choque, interrupção ou desastre) e manter e, ou recuperar o seu normal funcionamento (nível de serviço aceitável) dentro de um intervalo de tempo e custo considerados aceitáveis. Em suma, é possível concluir-se que a resiliência é um processo que está assente nas seguintes ações principais: **resistir/absorver, recuperar e transformar**.

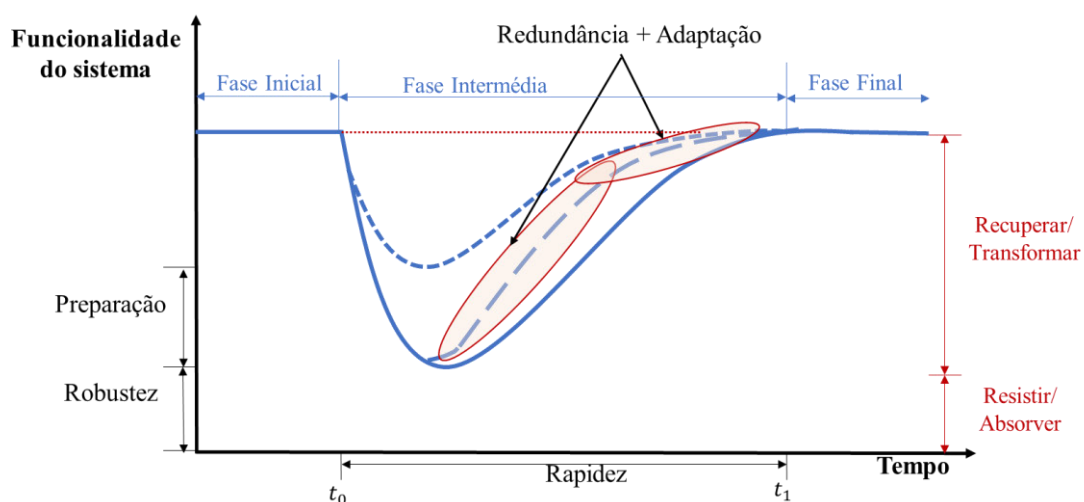


Figura 12 – Esquema do funcionamento da Resiliência (adaptado de Bruneau et al. (2003), Mattsson & Jenelius (2015), McDaniels et al. (2008) e Tierney & Bruneau (2007))

Estas três ações principais da resiliência estão relacionadas e são suportadas por cinco características da resiliência, nomeadamente:

- **Redundância:** capacidade de certos componentes do sistema assumirem as funções de outros componentes com falhas, sem prejudicar o desempenho do próprio;
- **Adaptação:** capacidade do sistema ser flexível na resposta a novas pressões;
- **Robustez:** capacidade do sistema para suportar um determinado nível de *stress* ou procura que provoque uma degradação estrutural ou perda funcional até um valor mínimo;
- **Preparação:** aumentar a capacidade de resistência de um sistema através da antecipação do efeito de potenciais impactos negativos de eventos disruptivos; e
- **Rapidez:** capacidade de atender e dar resposta às prioridades de intervenção para alcançar os objetivos de recuperação/ transformação em tempo útil, a fim de conter e reduzir as perdas e evitar futuros distúrbios.

Na Figura 12 apresenta-se a relação entre o processo de resiliência de um sistema e as suas cinco principais características com o objetivo de identificar qual a relevância das mesmas nas 3 fases do processo, i.e., que características são ativadas na fase inicial, intermédia e final de reação de um sistema perante uma ação disruptiva no seu funcionamento.

Na realidade, se o sistema retomar o desempenho inicial a transformação coincidirá com a recuperação e a fase final terá um desempenho igual ao da fase inicial. Deste modo, assumindo este regresso ao funcionamento estabelecido (equilíbrio) como o desejável, então o processo de avaliação da resiliência do sistema terá de incidir sobretudo sobre a fase inicial (até e durante o evento disruptivo) e sobre a fase intermédia (de recuperação do funcionamento do sistema ao longo do tempo). Neste domínio, a fase final não seria mais do que um produto final do processo de recuperação e transformação do sistema.

Por conseguinte, entender o comportamento de cada característica no funcionamento do processo de resiliência é importante para identificar a fase de atuação (fase inicial ou fase intermédia), de forma a minimizar os impactos e planear uma atuação ativa para um regresso à normalidade. Deste modo, na Figura 13, apresenta-se a relação de cada uma das características com as ações principais que se desenvolvem no processo de resiliência.

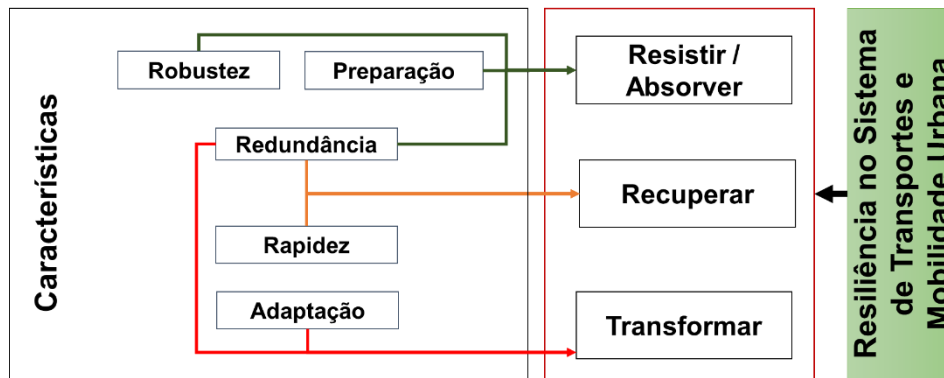


Figura 13 – Relação entre as ações principais e as características da resiliência

Tal como nas primeiras abordagens por Bruneau et al. (2003), na Figura 12 é possível assumir que a ocorrência de um desastre (evento disruptivo) irá conduzir a uma queda rápida do desempenho do sistema. No entanto, na maioria das vezes, algumas funções do sistema são mantidas, refletindo a robustez e a capacidade de absorção do sistema a um dado choque externo.

Logo após o desastre, numa fase inicial da fase intermédia do processo de resiliência, o sistema recupera algum nível de estabilidade através de uma certa melhoria do seu desempenho, que resultará da implementação de ações de mitigação previamente estudadas e planeadas, ou seja, ativa-se a característica da preparação do sistema, reduzindo os impactos imediatos no sistema.

Posteriormente, se o sistema tiver uma boa capacidade de adaptação e redundância de recursos ao nível da oferta é possível garantir um funcionamento alternativo do sistema que eleve o desempenho do mesmo potencialmente com recurso a modos e soluções diferentes das utilizadas na fase inicial e, conseqüentemente, reduzir o tempo de recuperação, ou seja, melhorando a rapidez.

No período final da fase intermédia do processo de resiliência, *i.e.*, após a recuperação do sistema, este pode voltar a um nível e desempenho estrutural e funcional igual ao da fase inicial, ou poderá potencialmente sofrer alterações que transformem o funcionamento do sistema, melhorando ou piorando o desempenho do mesmo, sendo possível afirmar que o sistema se transforma.

Uma vez conceptualizada a forma como se poderá desenvolver o processo de resiliência de um sistema, torna-se necessário identificar e definir um conjunto de indicadores que permitam realizar a avaliação da resiliência com base nas cinco características, e conseqüentemente, das três ações principais associadas

ao processo da resiliência. Assim, de acordo com os resultados do estado da arte, foram identificados os indicadores mais utilizados, assim como as principais variáveis que permitem avaliar e caracterizar o seu desempenho. Por conseguinte, na Tabela 8 apresenta-se o resultado da análise da forma como os diversos indicadores poderão contribuir no desempenho das principais características da resiliência e respetivas ações nas três fases do processo.

Tabela 8 – Relação entre indicadores de desempenho, características e ações do processo de resiliência

Variáveis de desempenho	Indicadores de resiliência - variáveis de avaliação de desempenho da resiliência	Características da Resiliência					Ações Principais		
		Redundância	Robustez	Preparação	Adaptação	Rapidez	/Resistir /Absorver	Recuperar	Transformar
- Distância de viagem	- Múltiplas rotas (características da viagem - origem - destino)	X	X	X			X		
- Tempo de viagem									
- Percurso da viagem									
- Fluxos de tráfego/ Volumes de tráfego									
- Capacidade dos elementos que compõem a rede	- Capacidade residual da infraestruturas (arcos/ nós)		X		X		X		X
- Linhas de autocarro									
- Dimensão da rede									
- Número de modos de transporte	- Diversidade nos modos de transporte (superfície x subterrâneo, caminhada / bicicleta x transporte motorizado, etc.)	X	X		X		X		X
- Fluxos do modos pedonal e bicicleta									
- Fluxos de tráfego									
- Vulnerabilidade dos fluxos de tráfego	- Dados críticos de tráfego (fluxo, capacidade e velocidade, etc.)	X	X		X	X	X	X	X
- Velocidade de tráfego em fluxo livre									
- Atraso médio									
- Velocidade do tráfego congestionado para o nível de capacidade da rede									
- Redução média da velocidade	- Desempenho do sistema face a interrupções	X	X	X			X	X	
- Velocidade de recuperação do tráfego									
- Tempo de resposta									
- Medidas de mitigação									
- Custos associados									
- Tempo de Viagem	- Repartição modal	X	X	X			X		
- Distância									
- % de utilização do modo									
- Oferta de modos									
- Variáveis Socioeconómicas									

No entanto, importa referir que os resultados do estado da arte evidenciaram uma lacuna relativamente à resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, que está essencialmente associada à forma como as pessoas adotam e escolhem os diferentes modos de transporte, ou seja, a falta de estudos de resiliência incorporando a avaliação da escolha modal, tendo em conta as suas características socioeconómicas e características da oferta existente para a realização das viagens, para um contexto específico de um determinado território.

Desta forma, a metodologia proposta neste trabalho tem por base a avaliação de três domínios do processo de resiliência: os padrões de mobilidade e escolha modal (análise comportamental), a oferta existente do sistema de transportes e mobilidade (disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte) e o funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade (desempenho).

Neste contexto, o comportamento das pessoas na seleção dos modos de transporte para a realização das viagens está relacionado com as características socioeconómicas da população e da forma como estas influenciam a escolha modal. O funcionamento do sistema de transportes e mobilidade está relacionado com a adequação da oferta à procura. Por fim, a oferta está relacionada com a diversidade de modos de transporte e o número de ligações possíveis em cada modo de transporte.

III.2. Avaliação das dimensões do processo de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

Todas as ações, características e indicadores da resiliência estão relacionadas de diferentes formas com diferentes fases de avaliação da resiliência. Assim, para avaliar da melhor forma o comportamento do sistema de transportes e de mobilidade, propõe-se que a avaliação da resiliência deva ser feita em três fases:

- Fase inicial: onde é avaliado o comportamento do sistema imediatamente antes de ter sofrido os efeitos de um evento disruptivo;
- Fase intermédia: esta fase está diretamente ligada ao período de recuperação do sistema;
- Fase final: esta fase é referente aos resultados obtidos concluído o processo de recuperação do sistema. É nesta fase que se avalia se ocorreu algum tipo de transformação na estrutura do sistema.

É importante salientar que as duas primeiras fases, inicial e intermédia, requerem uma avaliação ao longo do tempo da resiliência, já a terceira fase, final, apenas ilustra o resulta das duas fases anteriores. Deste modo, a metodologia proposta neste trabalho irá apenas incidir na avaliação do processo de resiliência das duas primeiras fases.

Por conseguinte, a metodologia consiste na avaliação da resposta do sistema de mobilidade tendo em conta as três dimensões do processo de resiliência:

- Padrões de mobilidade e escolha modal;
- Disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte;
- Funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade.

A Figura 14 apresenta um conjunto de diferentes modelos na avaliação para caracterizar e avaliar as dimensões da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana. Neste contexto, para realizar a avaliação dos padrões de mobilidade e escolha modal serão utilizados modelos de repartição modal Logit Multinomial, *Hazard-Based Duration Models* (Weibull com heterogeneidade gama) e ferramentas de modelação de tráfego.

A avaliação da disponibilidade de soluções para a realização de viagens em modos de transporte alternativos aos modos mais significativos e mais impactados pelos eventos disruptivos será realizada ao nível da disponibilidade (quantidade) e da flexibilidade da oferta de modos de transporte, com recurso a ferramentas associadas a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitirão avaliar a possibilidade das pessoas se deslocarem entre as diversas áreas do território e os principais serviços básicos essenciais (transportes, saúde, administrativos e económicos) para a população.

Por fim, a dimensão da avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes irá utilizar metodologias de avaliação do desempenho e impactos na mobilidade associados à produção de cenários que poderão resultar de uma antecipação dos riscos para os diferentes modos de transporte, utilizando para este efeito modelos de tráfego (*e.g.*, PTV Visum) integrados em modelos de avaliação da resiliência que englobem as deslocações entre pares Origem – Destino e a rede/ infraestrutura associada ao modo em análise.

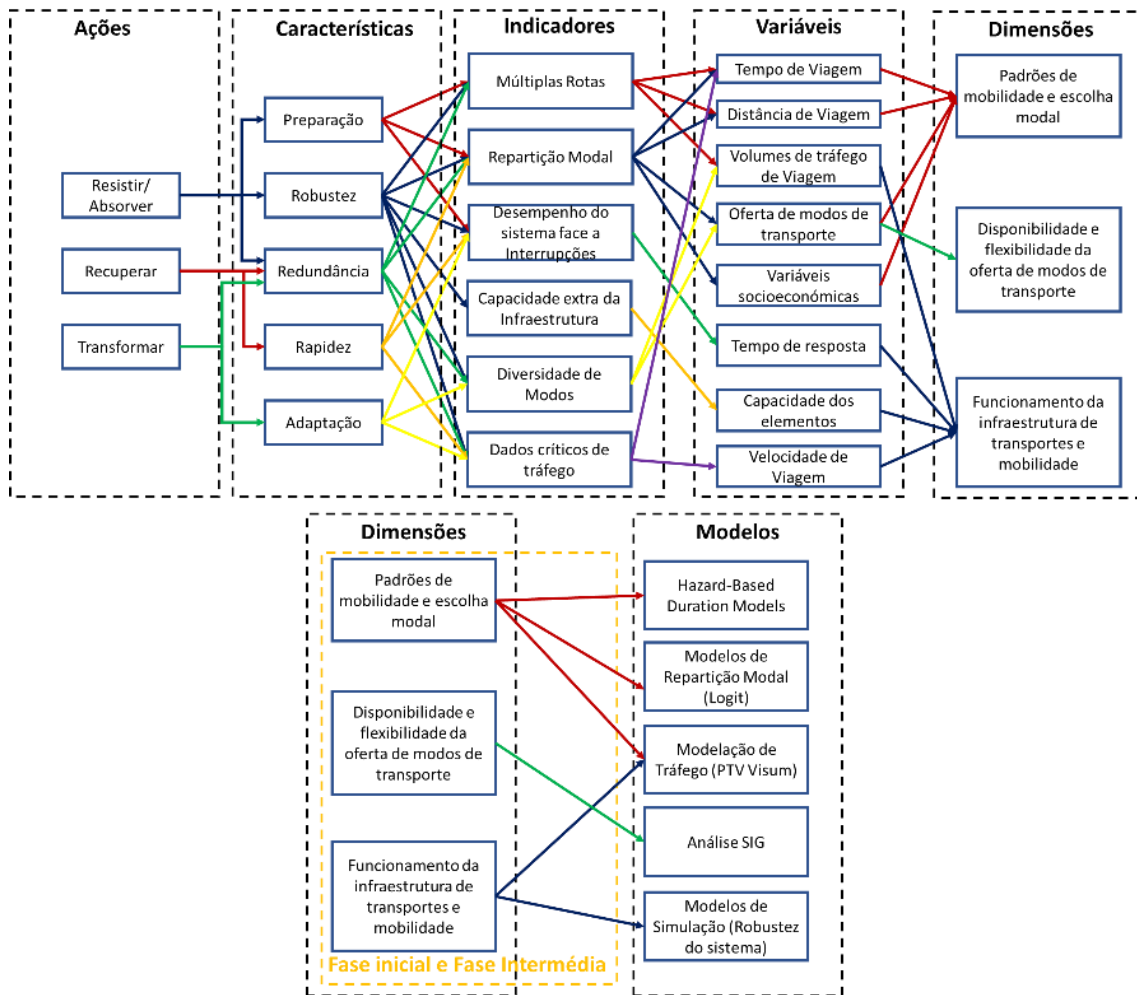


Figura 14 - Integração das componentes de avaliação da Resiliência

Nos pontos seguintes será efetuada a apresentação dos processos metodológicos que compreendem a metodologia global de avaliação do processo de resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana nas três dimensões citadas anteriormente.

III.2.1. Caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal

Na caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal é proposta uma avaliação dividida em duas partes: i) avaliação de uma potencial alteração da escolha modal, e ii) avaliação da alteração de modo de transporte para efetuar a viagem tendo por base a existência de evento disruptivo.

III.2.1.1. Avaliação de uma potencial alteração da escolha modal

No estudo da resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana importa identificar os modos de transporte mais expostos e vulneráveis a potenciais riscos derivados de fenómenos causados pela natureza ou pelo Homem. Para esse efeito é então necessário avaliar as potenciais alterações, assim como a propensão, ou relutância, que os diferentes tipos de utilizadores possam ter para mudar de modo de transporte.

Neste âmbito é de realçar que a mobilidade na maioria das cidades, sobretudo no contexto português, é dominada pelo automóvel e que qualquer evento disruptivo que afete o sistema de infraestruturas rodoviárias de uma cidade poderá resultar no caos para o funcionamento do sistema de mobilidade, se a opção de mudança do automóvel para outros modos de transporte se revelar muito difícil de alcançar. Este exercício poderia ser repetido para os outros modos de transporte, mas certamente com um nível de criticidade muito inferior, pois o número de afetados à priori poderá ser menor.

Assim, a caracterização e avaliação dos padrões de mobilidade numa cidade e dos processos de escolha modal que aí se desenvolvem irão determinar a primeira linha de análise, i.e., permitirão identificar o modo mais penalizado – crítico - e avaliar se o sistema tem capacidade de se ajustar e voltar aos níveis de funcionamento existentes antes de acontecer um evento disruptivo na rede de transportes, i.e., avaliar se as principais viagens dessa população poderão ocorrer por meros processos de transferência modal.

Por conseguinte, ao nível do estado da arte foram estudados e sintetizados os vários modelos de transportes utilizados para avaliar a escolha modal da população, tendo-se verificado que o Logit Multinomial (MNL) é o mais utilizado quando para avaliar a possibilidade de escolha de vários modos de transporte.

O modelo Logit Multinomial permite prever qual o modo escolhido com base no “custo” de cada viajante t na deslocação entre a zona de origem i e a zona de destino j . Este “custo” representa uma combinação dos tempos de viagem, do custo de operação e da conveniência da utilização para o modo de transporte m_1 , podendo integrar outros fatores, como a privacidade e a comodidade. A expressão geral do modelo MNL é dada por (equação 56) (Chatterjee & Hadi, 2015; Ortúzar & Willumsen, 2011):

$$P_{m_1 t} = \frac{e^{V_{m_1 t}}}{\sum_{m \in A_t} e^{V_{m_1 t}}} \quad (56)$$

Onde:

- A utilidade para o viajante t e modo m_1 é dada por $U_{m_1t} = V_{m_1t} + \varepsilon_{m_1t}$;
- P_{m_1t} — Probabilidade do viajante t escolher o modo m_1 ;
- Numerador representa a utilidade do modo m_1 para o viajante t e o denominador é a soma das utilidades para todos os modos alternativos A_t para o viajante t ;
- As perturbações ε_{m_1t} são distribuídas de forma independente e idêntica.

Por conseguinte, a primeira parte da avaliação comportamental concentra-se numa avaliação da variação da escolha dos vários modos de transporte ao longo do tempo de viagem.

Esta avaliação inicial das escolhas modais da população permite avaliar as exposições e suscetibilidade associadas a cada modo de transportes, e assim identificar quais os modos de transporte menos flexíveis, onde apesar da sua robustez (i.e., grande nível de utilização) não se verifica um potencial ou capacidade de resistir aos distúrbios do sistema de transportes por apresentarem uma tendência constante ou crescente da sua utilização com o tempo e, ou distâncias percorridas, ou seja, uma menor propensão para que os utilizadores destes principais modos de transporte se mantenham no modo e de certa forma serem relutantes à mudança para outros modos.

III.2.1.2. Alteração de modo de transporte

Numa segunda fase da avaliação comportamental dos diferentes tipos de utilizadores dos diversos modos de transporte a metodologia proposta neste trabalho irá avaliar a alteração modal com o incremento de uma função custo que considera o tempo de viagem.

Da revisão do estado da arte foi possível concluir que existe uma lacuna na utilização nos modelos de escolha modal associados ao estudo da resiliência nos sistemas de transporte e mobilidade, que se traduz na não utilização de modelos que contemplem precisamente a modelação do comportamento dos utilizadores de um sistema ao longo do tempo perante o risco associado a perigos, os denominados *Hazard-based duration models*, para avaliar uma potencial de alteração modal relativamente a um modo de transporte, pelo facto da probabilidade de concluir a viagem nesse modo variar com a alteração do tempo de viagem.

Posto isto, nesta fase é proposta a utilização dos *Hazard-based duration models* para avaliar uma potencial alteração modal, mais propriamente o modelo *Weibull* com heterogeneidade gama, uma vez que de acordo com estado da arte é o modelo que apresenta um melhor ajuste aos dados quando se pretende estudar os fatores que influenciam o tempo de viagem.

Posto isto, w representa a heterogeneidade, $g(w)$ representa a sua distribuição gama na população com média 1 e variância θ , e $S(t|w)$ a função de sobrevivência condicional. A função de sobrevivência incondicional é dada por (Washington et al., 2020):

$$S(\delta) = \int_0^{\infty} S(\delta|w)g(w)dw = [\mathbf{1} + \theta(\lambda\delta)^P]^{-1/\theta} \quad (57)$$

Resultando na seguinte função de risco (*hazard function*):

$$h(\delta) = \lambda P(\lambda\delta)^{P-1}[S(\delta)]^{\theta} \quad (58)$$

Se $\theta = 0$, o risco é reduzido para o modelo Weibull e a heterogeneidade não está presente.

Com base no modelo *Weibull* (“survival”) torna-se então possível determinar o tempo para o qual uma viagem tem uma certa probabilidade de terminar. De acordo com o estado da arte relativo à aplicação de modelos *Hazard-based duration*, o valor de corte para assumir a sobrevivência de um indivíduo, neste caso viagem, é o de uma probabilidade de 50% (Anastasopoulos et al., 2012; Bella & Gulisano, 2020; Jordan et al., 2019; Nam & Mannering, 2000; Shi et al., 2016).

Neste sentido, a aplicação do modelo *Weibull* com heterogeneidade gama (“survival”) a diferentes grupos da população de um determinado território irá permitir definir o tempo que se considera crítico - T_c (P=50%) – para a sobrevivência das viagens num determinado modo, ou seja, o tempo em que a probabilidade de uma viagem realizada num determinado modo terminar, uma vez que a probabilidade de sobrevivência será inferior a 50%.

Com base no cálculo do valor do tempo crítico (T_c) serão avaliadas as viagens entre diferentes zonas de um determinado território, considerando-se que para viagens com duração inferior ao valor crítico se irão manter no modo, ou seja, as viagens irão terminar nesse modo e, conseqüentemente, o modo será muito resiliente uma vez que a sua capacidade de absorção ou resistência é muito elevada. Já, para as viagens

com duração superior ao valor de T_c serão consideradas como menos resilientes do que as que apresentem valor inferior.

Porém, para que a mobilidade numa determinada zona se possa considerar resiliente, será necessário avaliar se existe a possibilidade de alteração do modo de transporte para a realização de viagens com origem nessa zona, particularmente, para os serviços básicos da população. Para esse efeito será necessário avaliar a possibilidade de realizar a transferência modal tendo por base os valores da oferta de modos alternativos ao modo em estudo, ou seja, avaliar a quantidade e a flexibilidade modal numa determinada zona.

Para concluir, a análise da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana tendo por base questões associadas ao processo de uma potencial alteração modal (comportamento) desenvolveu-se um índice de resiliência modal (IR_M), seguindo a interpretação gráfica de Bruneau *et al.* (2003) - Figura 15, que contemple a alteração modal ao longo do tempo, que será traduzida pela equação 59.

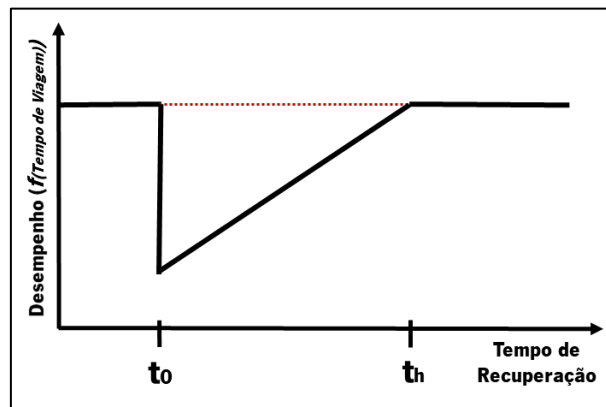


Figura 15 – Triângulo da resiliência para a alteração modal (modificado de Bruneau et al. (2003))

$$IR_M = \frac{\int_{t_0}^{t_h} \frac{1}{t_{viagem}} dt}{(t_h - t_0)} \quad (59)$$

Onde:

- IR_M – Índice de Resiliência Modal;
- Desempenho (t_{viagem}) – Duração da viagem na rede (funcionalidade);
- $(t_h - t_0)$ – Tempo de Recuperação.

O valor de IR_M corresponde ao valor do integral do tempo de viagem para um dado período de recuperação que na prática se poderá traduzir na abertura de ligações (troços) da rede. Posto isto, e tendo em conta o índice desenvolvido, a resiliência da alteração modal será avaliada tendo em conta a classificação desenvolvida anteriormente a partir de *Hazard-Based duration models*.

Em suma, nesta dimensão a partir da avaliação da repartição modal da população será possível identificar o(s) modo(s) de transporte dominantes, ou seja, modo(s) **crítico(s)**. A partir da avaliação da escolha modal através da aplicação de modelo MNL, será possível avaliar a flexibilidade, ou a propensão, da população para alterar o modo como pode realizar a viagem e assim definir a prioridade/ hierarquia da **avaliação em termos dos modos de transporte**. Por último, através da utilização de modelos *hazard-based* - modelo Weibull (*survival*), é possível identificar o intervalo crítico para o qual se observa uma **potencial manutenção, ou alteração**, dos utilizadores nesse modo perante incrementos no tempo de viagem devido a potenciais eventos disruptivos (perigos).

III.2.2. Disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte

A dimensão da avaliação da disponibilidade (quantidade) e flexibilidade na mobilidade tem por base a oferta existente dos modos de transporte alternativos em relação ao modo em análise numa determinada área, tendo um zonamento da área de estudo. Nos pontos seguintes será apresentada a forma como se irão avaliar os níveis de disponibilidade (quantidade) e flexibilidade da oferta, permitindo assim identificar as zonas com maior potencial para poderem ser consideradas mais resilientes, ou seja, as que estão melhor preparadas para responder a um evento disruptivo no sistema de transportes e mobilidade.

III.2.2.1. Disponibilidade (quantidade) de modos de transporte

A oferta de vários modos de transportes à população de um sistema de transportes permite aos utilizadores a possibilidade de viajar de diferentes formas, mas também criar alternativas ao seu principal modo de transporte. Assim, no caso de se estar perante um evento disruptivo que afete o normal funcionamento do sistema de transportes e de mobilidade, e.g., em que a circulação do automóvel fica condicionada, a oferta de outras alternativas como autocarro, andar a pé e de bicicleta poderá permitir que o utilizador possa realizar a sua deslocação “habitual” noutra modo de transporte.

Por outro lado, importa realçar que os diferentes modos de transporte apresentam diferentes características e papéis no sistema de mobilidade, *i.e.*, existe uma diferença em termos de possíveis

percursos, horários para a realização das viagens, distâncias e tempos de viagem, entre outros. Assim, não obstante do modo usado, perante um evento disruptivo será sempre necessário acautelar que o sistema de mobilidade não bloqueia e se consegue garantir o acesso a serviços básicos para as populações de um determinado território.

Neste contexto, foram definidas três tipologias de serviços essenciais, ou seja, tidos como indispensáveis para o bom funcionamento das cidades, nomeadamente, interfaces de transporte (centros de transportes, central de camionagem ou principal paragem de transportes públicos, estações e apeadeiros de metro e comboio), saúde (hospitais e centros de saúde) e serviços administrativos e financeiros (finanças, segurança social, tribunal, registos e notariado, câmara municipal, etc.). Não foram considerados os supermercados e lojas de conveniência, visto que existe atualmente nas cidades uma rede densa deste tipo de estabelecimentos que permite assumir que praticamente este serviço é garantido de uma forma mais ou menos ubíqua pelo modo pedonal nas principais urbes.

Posto isto, definiu-se um conjunto de pressupostos de forma a caracterizar e avaliar da melhor forma possível os diferentes modos de transporte que podem assumir a qualidade de alternativos face ao que se esteja a estudar e que seja identificado como crítico.

Em relação ao automóvel assume-se que as zonas estarão quase sempre cobertas pela rede rodoviária, ou seja, a maioria dos territórios estará servido, antevendo-se que poderá ser na grande maioria das situações o modo crítico das análises.

Para o modo Autocarro, foi considerada uma área de influência de 300 m, cerca de 5 minutos a pé, medida a partir das paragens de autocarro. Uma vez que se trata de uma zona urbana, a densidade da rede transporte público é elevada, assim sendo esta distância traduz uma distância que a população está habitualmente predisposta a percorrer para aceder a este modo.

Importa realçar, que na generalidade das cidades portuguesas a maioria dos ciclistas terá de circular em vias partilhadas com o tráfego motorizado, que permitem a prática de velocidades elevadas aos veículos motorizados, reduzindo a segurança e conforto dos ciclistas e condicionando a utilização deste modo de transporte. Assim, apesar de potencialmente a maior parte das redes viárias poder ser usada pelos ciclistas, tal poderá não ser a melhor opção sobretudo em cenários caóticos de trânsito.

Assim, relativamente ao modo ciclável, considerou-se que uma determinada zona é servida por este modo quando existem infraestruturas dedicadas para a circulação de bicicleta, ou seja, se existem ciclovias que garantem o uso seguro e comodo deste tipo de transporte e que garante níveis de eficiência e competitividade em relação aos modos motorizados. Assim, a avaliação da oferta deste tipo de infraestrutura contempla zonas que se encontrem numa área de influência de 300 m em relação a estas infraestruturas, que permitirá ao utilizador do modo ciclável aceder em tempo útil e na maioria dos casos em segurança às infraestruturas dedicadas.

Por fim, para o modo pedonal foi considerada uma distância máxima de 1,5 km que um utilizador está disposto a percorrer para aceder aos diferentes serviços básicos (interfaces de transporte, serviços de saúde e serviços administrativos e financeiros), que se traduz em cerca de 22 minutos de percurso. A identificação das zonas que se podem considerar servidas por este modo foi avaliada de uma forma distinta da dos anteriores modos, tendo, para esse efeito, sido considerada uma área de influência de 1,5 km em relação aos locais e infraestruturas onde estão localizados os serviços básicos identificados anteriormente.

Após a caracterização da oferta (quantidade) de modos de transporte por zona, é importante avaliar o impacto que esta oferta irá ter na resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, nomeadamente ao nível das características da redundância e flexibilidade do processo de resiliência que estão associadas às ações de recuperação e transformação do desempenho do sistema.

Por conseguinte, assume-se que quando o número de modos de transporte alternativos é superior a 50% do número total de modos disponíveis na área de estudo o sistema poderá aumentar o nível de flexibilidade e aumentar assim o potencial sucesso de uma transferência modal. No caso deste ser inferior a 50% pressupõe-se que será dificilmente ocorrer uma alteração modal para garantir o mesmo nível de eficiência do sistema de mobilidade em termos de tempo gasto nas viagens e por isso será menos resiliente, relativamente à oferta de modos de transporte.

III.2.2.2. Flexibilidade da oferta de modos de transporte

Após a identificação dos modos de transporte que servem a diversas zonas geradoras de tráfego da área de estudo, é importante avaliar de que forma cada modo alternativo disponível pode colmatar/ atenuar os problemas causados pela impossibilidade de realizar uma viagem num modo de transporte em estudo.

É importante realçar que esta segunda parte da avaliação da oferta é uma continuação da análise anterior sobre a quantidade da oferta, ou seja, as zonas menos resilientes irão continuar com a mesma classificação e apenas as mais resilientes poderão sofrer alterações, uma vez que poderão estar disponíveis determinadas alternativas, mas que não permitem realizar uma ligação às diferentes tipologias de serviços básicas consideradas neste modelo. Por exemplo, quando uma zona apresenta dois modos de transporte alternativos, mas onde é apenas garantida a ligação por um desses modos aos serviços básicos da população, então na prática se esse modo de transporte for afetado as possibilidades de alteração modal ficaram muito reduzidas e poderão não ser eficientes para as populações.

Por conseguinte, é necessário garantir uma certa flexibilidade no sistema de mobilidade e, conseqüentemente, melhorar o processo de resiliência desse sistema ao nível da característica da “preparação” com a identificação das principais falhas do sistema de mobilidade que cada uma das zonas do território apresenta em termos de assegurar uma ligação aos serviços básicos, perante um evento disruptivo, por diferentes modos de transporte alternativos, nomeadamente em relação ao principal modo de transporte utilizados, nas principais deslocações diárias – o modo crítico.

Assim, é importante que cada zona tenha disponível uma ligação a todos os três serviços básicos da população para pelo menos 50% dos modos de transporte alternativos disponíveis. Deste modo, considera-se que quanto maior for o número de modos de transporte disponíveis numa zona ($\geq 50\%$) que permitam estabelecer uma ligação aos três principais serviços básicos essenciais, mais resiliente será o sistema de mobilidade nessa zona. Porém, se o número de modos alternativos for inferior 50% dos modos, então nessas zonas o sistema de mobilidade será potencialmente pouco flexível e apresentará certamente problemas de resiliência.

III.2.3. Funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade

Para a avaliação da capacidade infraestrutural do sistema é proposto um índice de resiliência que caracterize o desempenho da operação da rede e que de certo modo, reflita os esforços operacionais de recuperação do sistema. O índice proposto corresponde a um desenvolvimento e incremento na metodologia proposta por Das (2020), que utiliza um algoritmo baseado no modelo gravitacional para gerar o fluxos de tráfego e em tempos de viagem determinados pelo caminho mais curto.

Essa metodologia é focada numa rede estilizada composta por eixos principais (vias rápidas) e por Nós, onde é calculado o tempo de viagem entre os vários nós. Posteriormente, são eliminados nós, e conseqüentemente, as ligações dependentes destes. Por fim, são definidas estratégias de recuperação das ligações e calculada a resiliência ao longo do processo de restabelecimento das ligações e do sistema como um todo.

Assim, no âmbito deste trabalho é proposta uma melhoria desta metodologia, aumentando o seu grau de complexidade através da incorporação de modelos de tráfego e avaliação da resiliência do sistema e da rede de infraestruturas de transportes locais, tendo por base toda a rede viária e os centroides das zonas de tráfego.

A metodologia introduz o conceito de energia de Shi et al. (2018) tendo por base uma interpretação gráfica introduzida por Bruneau et al. (2003) (Figura 16). Shi et al. (2018) baseiam-se no conceito de energia para definir a resiliência, no qual um grande evento liberta uma grande quantidade de energia, onde o sistema irá absorver uma parte dessa energia como forma de reação ao evento, sendo a outra parte libertada que irá provocar danos no sistema.

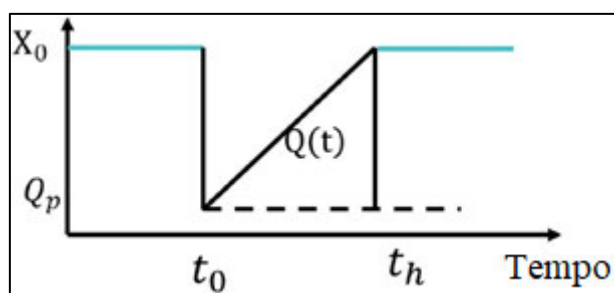


Figura 16 – Triângulo da Resiliência modificado por Das (2020)

Por conseguinte, o estado pré-desastre ou com um desempenho tido ideal traduzido por uma função (*e.g.*, tempo de viagem, congestionamento, etc.) do sistema de transporte é representado por X_0 . Este estado da operacionalidade do sistema é alterado depois de um grande desastre, assumindo o valor de Q_p . Posteriormente, o sistema começa a recuperar em t_0 e fica totalmente recuperado no momento t_h . Assim sendo, $Q(t)$ representa a operacionalidade do sistema após o evento no tempo t_0 ; a área acima da linha $Q(t)$ é a capacidade perdida do sistema e abaixo de $Q(t)$ é a capacidade recuperada do sistema; a inclinação de $Q(t)$ representa a taxa de recuperação do sistema. Posto isto, a resiliência pode ser definida pela seguinte equação (Das, 2020):

$$\begin{aligned}
 \text{Resiliência, } R &= \frac{\text{Operacionalidade ideal} - \text{Perda de Capacidade}}{\text{Operacionalidade ideal}} \\
 &= \frac{\int_0^t Q(t)dt}{\int_0^t X_0 dt}
 \end{aligned}
 \tag{60}$$

Onde:

- $Q(t)$ – Operacionalidade após a interrupção;
- X_0 – Operacionalidade “ideal”.

A resiliência terá um valor entre 0 e 1 dependendo da troca de energia. Um valor de resiliência de 1 implica que o desempenho do sistema não é afetado pela interrupção e toda a energia aplicada durante o evento é absorvida pelo sistema. Um evento que provoque uma interrupção liberta alguma energia, que não pode ser absorvida pelo sistema, fazendo com que o valor de resiliência se aproxime de 0, ou seja, a operacionalidade após a interrupção aproxima-se de 0. Se a operacionalidade do sistema sob as condições normais de operação for igual à operacionalidade “ideal”, a resiliência apresentará um valor igual a 1. Por conseguinte, conclui-se que a resiliência do funcionamento da infraestrutura está sobretudo associada às características do processo de resiliência da robustez e da rapidez do sistema.

Na avaliação infraestrutural do sistema, o tempo de viagem e os volumes de tráfego são utilizados como indicadores-chave de operacionalidade para um sistema de transporte. Integrando ambas as variáveis para calcular a resiliência do sistema a operacionalidade pós-desastre (X_o) e a função da operacionalidade ($Q(t)$) do sistema são definidas por (Das, 2020):

$$Q(t) = \sum_{ij} \frac{1}{T_{ij}(t)O_{ij}}
 \tag{61}$$

$$X_o = \sum_{ij} \frac{1}{T_{ij}^0 O_{ij}}
 \tag{62}$$

Onde:

- $T_{ij}(t)$ – Representa o tempo de viagem no instante t , da origem (i) para o destino (j);
- O_{ij} - É o número de viagens desde a origem (i) até ao destino (j);
- T_{ij}^0 – tempo de viagem ideal entre i e j.

O somatório representa a inclusão de todas as viagens. A operacionalidade do sistema será maior se o tempo de viagem diminuir; dado que o total de viagens é constante.

Posteriormente, calcula-se a robustez do sistema, RO_i , para cada fase de recuperação através da equação 63:

$$RO_i = O_{ij}T_{ij}^0 \times \frac{1}{T_{ij}(t)O_{ij}} \quad (63)$$

Por fim, após integrar a taxa de recuperação da Figura 16, avalia-se a resiliência do funcionamento da infraestrutura de transportes através da equação 64:

$$R = \frac{\sum_{ij} O_{ij}T_{ij}^0 \int_{t_0}^{t_h} \sum_{ij} \frac{1}{T_{ij}(t)O_{ij}} dt}{(t_h - t_0)} \quad (64)$$

Assim sendo, a resiliência de um sistema de transporte é um parâmetro adimensional (sem unidade), sendo o valor máximo possível de 1.

Por conseguinte, a avaliação do funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade para as zonas de origem das viagens tem por base o valor da resiliência global de toda a rede.

Neste contexto, o valor da resiliência global é a medida em relação à qual se faz a avaliação/ classificação da resiliência das zonas de origem. Assim, para efetuar a avaliar o nível de resiliência em termos de operacionalidade do sistema será necessário calcular a Resiliência Global da Rede (R_{global}) e a Resiliência para cada Zona de Origem (R_{origem}), sendo considerado que a mobilidade ao nível da infraestrutura numa determinada zona é mais resiliente quando o índice de resiliência das zonas é superior ao índice global, e menos resiliente quando se verifica a situação inversa.

III.3. Processo de avaliação global e territorial da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

No ponto anterior apresentou-se o processo de análise das três dimensões do processo de resiliência (caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte e o funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade) com a respetiva definição da classificação da resiliência para cada dimensão.

Assim, em termos metodológicos optou-se por analisar a mobilidade numa perspetiva comportamental que permitisse identificar os modos mais usados, que se assume poderem apresentar um maior risco perante a exposição a um evento disruptivo que impactasse as redes de transporte urbanas e, por outro lado, avaliasse a potencial transferência de modos de transporte em termos globais para a população de um determinado território.

Porém, os territórios não são homogéneos e monolíticos, apresentando uma grande diversidade de características, nomeadamente em termos de padrões de mobilidade e da oferta dos modos de transporte. Assim, neste trabalho optou-se por definir uma metodologia que permitisse avaliar o nível e resiliência para as três dimensões para as diferentes zonas de um território

Assim, num contexto onde se torna difícil classificar de forma absoluta se uma alteração no funcionamento do sistema em termos da utilização dos modos de transporte e do desempenho a nível infraestrutural, tornou-se necessário desenvolver uma classificação de uma potencial resiliência tendo por base um carácter menos absoluto definindo uma análise de índole relativa, com a comparação em relação ao valor global, nomeadamente quando se pretende analisar a resiliência num contexto territorial diversificado, *i.e.*, por zonas.

Por conseguinte, optou-se por propor uma metodologia de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana com foco nas zonas geradoras de tráfego, que permitirá identificar quais as zonas da área de estudo que poderão apresentar maiores dificuldades para fazer face a problemas que se poderão verificar em caso de ocorrerem eventos disruptivos, ou seja, zonas de menor resiliência. Mas, também identificar qual a melhor estratégia de recuperação do sistema tendo por base a mobilidade

do sistema, tendo por base um processo de cenarização de abertura e fecho de parte das redes e da respetiva replicação dos processos de avaliação definidos no ponto anterior para as três dimensões.

Na Figura 17 apresenta-se a estrutura conceptual do processo metodológico de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana que relaciona a avaliação das três dimensões do processo de resiliência proposto nesta tese, nomeadamente com a indicação do processo de classificação dicotómico com a definição das zonas que são mais (+) ou menos (-) resilientes, cujo processo será apresentada nas subsecções deste ponto.

Assim, esta metodologia permite avaliar cinco características da resiliência, nomeadamente, robustez, redundância, rapidez, adaptação e preparação e conseqüentemente a avaliação das três ações do processo da resiliência (resistir/absorver, recuperar e transformar).

Contudo, devido à não avaliação do “antes” e “após” de um evento disruptivo, não é possível avaliar completamente qual o nível de adaptação e transformação do sistema, ficando esta avaliação centrada no potencial de resiliência, muito importante no processo de planeamento e definição de planos de intervenção perante um quadro de riscos que poderão impactar o sistema de mobilidade e transportes. No entanto, importa destacar que esta metodologia permite uma caracterização completa do sistema para a situação existente (inicial) do sistema e o seu comportamento num primeiro impacto de um evento disruptivo.

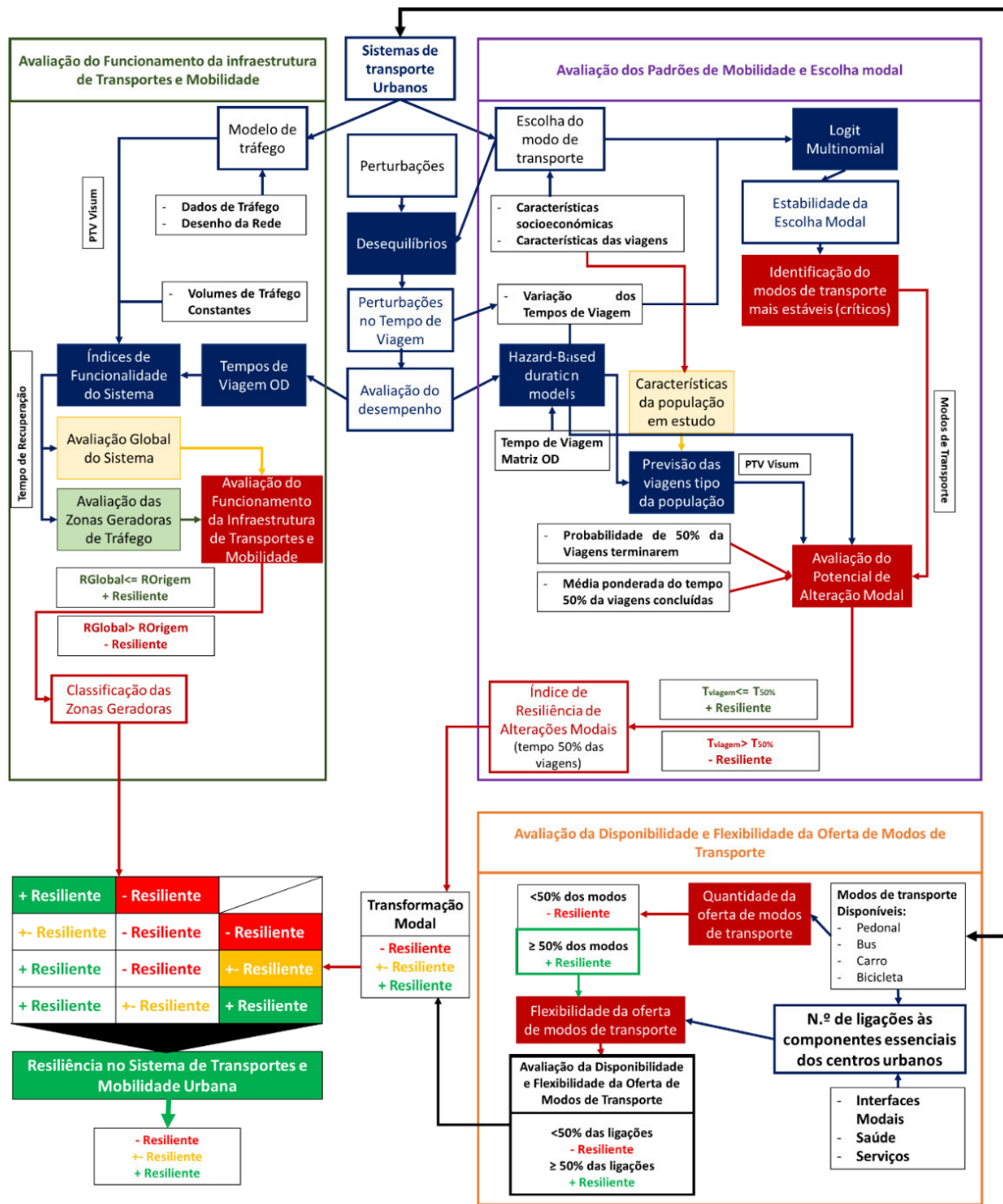


Figura 17 – Estrutura Conceptual da avaliação da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

III.3.1. Caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal

A avaliação da resiliência nesta dimensão terá por base dados da população que poderão ser obtidos em inquéritos de mobilidade, que juntamente com outras informações socioeconómicas da população permitirão definir modelos de escolha modal em função de uma função custo, que neste trabalho será assente no tempo de viagem, para avaliar limiares de aceitação para permanecerem ou alterarem o modo de transporte para a realização das principais viagens diárias.

Do ponto de vista prático, o contributo da avaliação desta dimensão associada a modelos de escolha modal que traduzam o comportamento de uma população, em termos individuais ou por grupos da população, em relação ao uso dos vários modos de transporte, que compõe um sistema de mobilidade, será difícil de alcançar de uma forma muito desagregada (individual), uma vez que para esse efeito seria necessário existir um vasto conjunto de informação sobre todos os indivíduos ou para uma amostra significativa dos grupos populacionais.

Deste modo, optou-se por produzir um modelo geral de escolha modal para a população de uma área urbana (e.g., cidade ou município) composta por várias zonas (e.g., freguesias, lugares, secções estatísticas), em vez de um por zona, sobretudo por razões de significância estatística e necessidade de um elevado número de inquéritos em cada zona da área de estudo. Assim, neste contexto assume-se que o comportamento da população será em termos gerais e por grupos da população homogéneo. Este pressuposto permitirá definir os limiares para a avaliação dos intervalos de tempo críticos para manter ou alterar o modo em que se realiza a viagem.

Assim, a avaliação dos tempos de viagem entre as diferentes zonas do território terá de ser realizada com base em modelos de tráfego para os diferentes modos de transporte. Estes modelos serão cruciais para avaliar a terceira dimensão associada à avaliação do funcionamento (desempenho) infraestrutural do modo em estudo.

Neste contexto, assume-se que para viagens com intervalos de tempo (T_{viagem}) inferiores ao crítico ($T_{50\%}$) não se verifica uma alteração do modo de transporte e o sistema do ponto de vista do comportamento dos utilizadores desse modo de transporte é resiliente, ou seja, contribuem para estabilidade do sistema uma vez que se poderá considerar que absorvem o impacto dos *hazards* e irão representar na fase inicial

do processo de resiliência a própria robustez do sistema de transporte e mobilidade, que se poderá traduzir no seguinte:

- $T_{viagem} \leq T_{50\%}$ — + **Resiliente**
- $T_{viagem} > T_{50\%}$ — - **Resiliente**

Na Figura 18 apresenta-se uma síntese do processo metodológico de avaliação da dimensão da resiliência associada à componente comportamental ao nível da mobilidade de uma população tendo por base os seus padrões de mobilidade e de escolha modal.

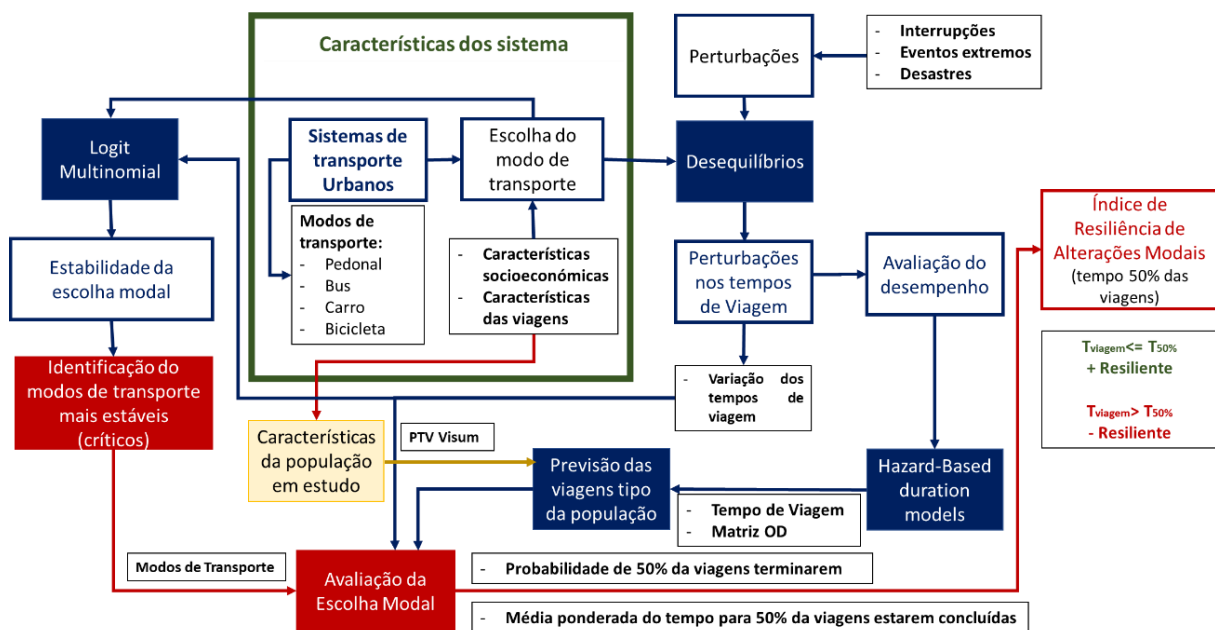


Figura 18 – Estrutura conceptual da avaliação da escolha modal

Importa ainda destacar que uma avaliação “local” no sistema de mobilidade através da identificação das zonas geradoras de tráfego que apresentem maior resiliência perante os distúrbios do sistema de mobilidade, passa por definir as principais zonas geradoras de tráfego de um território de modo a produzir estratégias/ medidas de melhoria da resiliência do sistema de transportes e mobilidade.

III.3.2. Disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte

Para efetuar a avaliação da disponibilidade e flexibilidade é proposta uma análise geográfica da oferta da rede de transportes em termos do número de modos de transporte e ligações potenciais a serviços básicos de apoio à vida das populações nas cidades (Figura 19), identificando os modos de transporte alternativos disponíveis em relação ao modo em estudo por zona geradora de tráfego. Assim, é proposto um conjunto de etapas a seguir de forma a proceder a essa identificação:

- Definir a área de estudo da cidade ou perímetro urbano;
- Definir um zonamento que permita definir a matriz Origem-Destino das principais viagens entre as diferentes zonas da área de estudo, caracterizando as zonas geradoras de tráfego;
- Identificar todos os modos de transporte disponíveis na área de estudo, uma vez que a oferta de modos de transporte pode variar;
- A partir do zonamento e da configuração das redes de transporte, recorrendo a sistemas de informação geográfica, determinar a quantidade de oferta de modos de transporte alternativos ao modo em estudo, por zonas geradoras de tráfego.

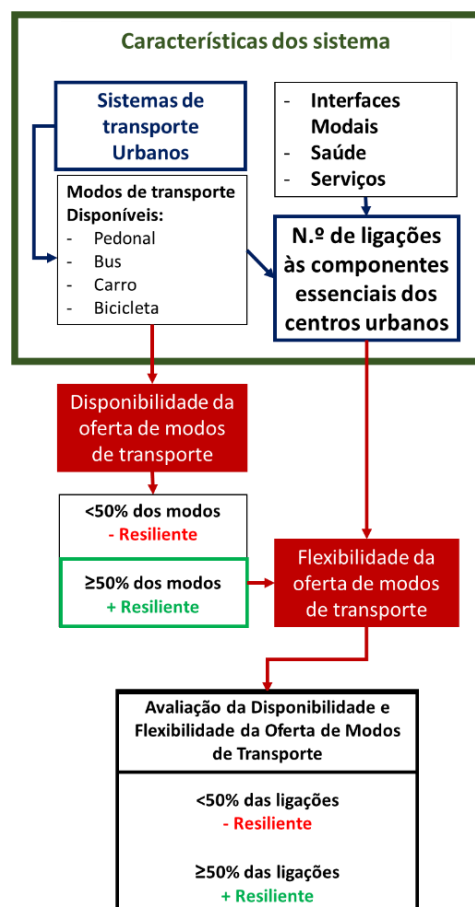


Figura 19 – Avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte

A caracterização da quantidade da oferta de modos de transporte por zona geradora de tráfego é importante para avaliar a característica da redundância no processo de resiliência dos sistemas de transporte e mobilidade urbana. Por conseguinte, apresenta-se na Tabela 9 uma proposta de classificação da oferta de modos de transporte em termos de disponibilidade na zona.

Assim sendo, com base na análise anterior, a partir do zonamento e da configuração das redes de transporte, recorrendo a sistemas de informação geográfica, caracteriza-se a flexibilidade da oferta de cada modo de transporte por zona geradora de tráfego, através da quantificação do número de modos alternativos disponíveis para efetuar ligações aos três serviços básicos essenciais (interfaces de transporte, saúde e serviços administrativo e financeiros), propondo-se a classificação apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Classificação da disponibilidade e flexibilidade

Números de Modos de Transporte alternativos	Nº de ligações a serviços básicos	Classificação de ligações
Modos disponíveis <50%	-	- Resiliente
Modos disponíveis ≥50%	N.º de ligações <50%	- Resiliente
	N.º de ligações ≥50%	+ Resiliente

Da Tabela 9 é possível constatar que as zonas com oferta de modos de transporte inferior a 50% dos modos disponíveis já dá uma indicação de potenciais problemas de resiliência na oferta disponível, uma vez que mesmo que a verificar-se uma potencial possibilidade de mudança de modo resultante da análise comportamental da população poderão não existir condições para que esta se materialize.

Por outro lado, se há zonas com uma maior quantidade de oferta de modos de transporte (≥50%) com ligações aos serviços básicos essenciais, nomeadamente aos interfaces de transporte, considera-se que existem condições para assegurar uma potencial alteração de modo e se realizarem as viagens habituais, ou seja, assegura-se uma a característica da flexibilidade e redundância que permitem classificar como mais resiliente a mobilidade nessa zona.

Após a avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte é necessário integrar esta avaliação com o resultado da avaliação da primeira dimensão da metodologia (Tabela 10), referente à caracterização e alteração modal, de modo a identificar as zonas mais problemáticas da área de estudo.

Assim sendo, a Tabela 10 apresenta a estrutura conceptual desta componente e qual a relação das duas partes na sua avaliação.

Tabela 10 – Classificação integradas da avaliação da 1ª e 2ª dimensão da resiliência – potencial transformação modal

1ª dimensão	2ª dimensão		Classificação de ligações
Avaliação da escolha modal	Números de Modos de Transporte alternativos	Nº de ligações a serviços básicos	
$T_{viagem} \leq T_{50\%}$	-	-	+ Resiliente
$T_{viagem} > T_{50\%}$	<50%	-	- Resiliente
	≥50%	<50%	- Resiliente
		≥50%	+ Resiliente

Assim, considera-se que a zona é mais resiliente quando o tempo de viagem (média ponderada dos tempos de viagem entre a zona em análise e as diversas zonas de destino pelo número de viagens entre os pares OD) é inferior ao valor crítico (T50%) definido na 1ª dimensão da metodologia. Esta consideração assenta no pressuposto de que a viagem tem uma grande probabilidade de terminar no mesmo modo de transporte, ou seja, assume-se a que o sistema absorve ou resiste ao impacto do evento disruptivo.

Já, quando o tempo médio de viagem com origem na zona de análise é superior ao tempo crítico para o modo em estudo, então a probabilidade de a viagem terminar nesse modo diminui, evidenciando uma potencial transferência modal. Assim, o sistema tem de se transformar e, ou recuperar. Porém, essa recuperação vai depender da redundância do sistema que é avaliado na segunda dimensão da metodologia, resultando que as zonas se apresentam menos resilientes quando não existem modos de transporte com ligações aos serviços básicos da cidade e poderão ser classificados de resiliente quando existe disponibilidade e flexibilidade na oferta. Em suma, gera-se um sistema “semáforo”, como se pode observar na Figura 17.

III.3.3. Funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade

A avaliação do desempenho da componente infraestrutural assume um papel relevante na definição e avaliação e estratégias de intervenção nas redes de transporte de uma cidade, que se traduz no restabelecimento ou alteração do desempenho do seu sistema de transportes e mobilidade, uma vez que permite a contabilização do impacto devido a alterações das condições de operação da rede de um determinado modo de transporte, através da avaliação de um indicador de desempenho, que neste trabalho se assumiu como o tempo de viagem, que permitirá desenvolver um método para definir um índice de resiliência.

O índice de resiliência terá em consideração o tempo de recuperação que estará associado ao processo de abertura de ligações de uma rede que foram interrompidas por um determinado evento disruptivo. Deste modo, nesta dimensão a avaliação da resiliência está associada à produção e cenários, que representem o impacto dos eventos disruptivos numa dada infraestrutura e que permita avaliar a perda do desempenho em termos de operacionalidade, assim como os ganhos de desempenho com a restituição das ligações que estavam inoperacionais.

Neste contexto, a classificação da resiliência das Zonas de Origem tem por base o Valor da Resiliência Global da Rede. Assim, para efetuar a classificação da operacionalidade do sistema são efetuadas três etapas até obter a classificação final:

1. Calcular a Resiliência Global da Rede;
2. Calcular a Resiliência para cada Zona de Origem;
3. Classificar a Resiliência das Zonas de Origem:

- $R_{origem} \geq R_{global}$ – **+Resiliente**
- $R_{origem} < R_{global}$ – **- Resiliente**

A Figura 20 apresenta a estrutura conceptual da avaliação da resiliência operacional do sistema para as zonas geradoras de tráfego.

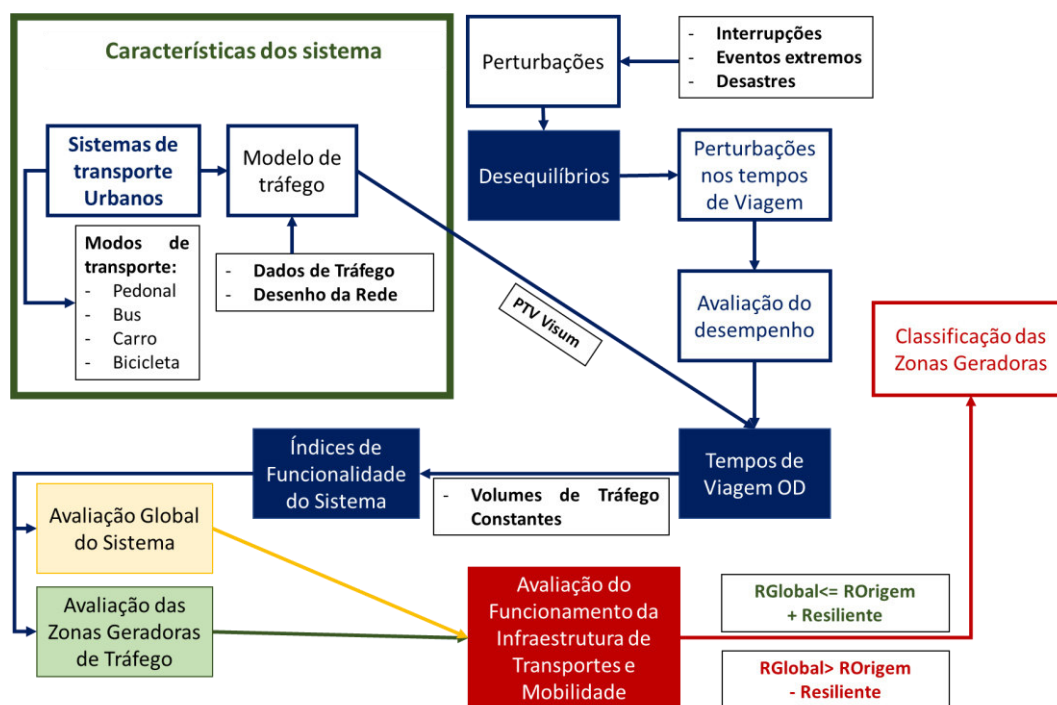


Figura 20 – Estrutura conceitual da avaliação infraestrutural

A metodologia proposta é composta pelas seguintes etapas de cálculo:

1. Criação/Calibração da Matriz OD a partir do software PTV Visum, recorrendo à ferramenta *TFlowFuzzy*, tendo por base os dados do inquérito à mobilidade e as contagens de tráfego;
2. Calcular o tempo médio de viagem da rede base entre cada par OD de Zonas e Zonas de Origem;
3. Cálculo da Robustez inicial do sistema, $RO_i=1$;
4. Analisar/Definir o fecho de troços para avaliar o seu impacto na rede de transportes;
5. Calcular o tempo médio de viagem e do valor da Robustez, RO_i , dada pela equação (63) para o caso mais desfavorável, ou seja, logo após a interrupção (RO_i mínimo);
6. Definir estratégias de recuperação através da criação de vários cenários hipotéticos, N_{max} de troços fechados;
7. Abertura dos troços definidos nos cenários, $N_i=N_{max}-1$;
 - a. Para cada troço operacional recuperado calcula-se o valor da robustez (RO_i) até à abertura de todos os troços afetados ($RO_i=RO_{max}=1$);
8. Cálculo da Resiliência do funcionamento da infraestrutura ponderada pelo tempo de recuperação, neste caso, número de ligações reestabelecidas;

Assim como Das (2020), o tempo de recuperação foi considerado com base no número de ligações disponíveis entre o trecho recuperado e as vias limítrofes.

Esta dimensão avalia na fase inicial, i.e., após o impacto a robustez do sistema e na fase intermédia (de recuperação) a característica da rapidez do processo de resiliência no sistema de transportes e mobilidade, que dependerá da avaliação dos ganhos na função de desempenho (*e.g.*, tempo de viagem na rede) para as estratégias de intervenção que tiverem sido previstas no processo de cenarização.

Capítulo IV. Caso de Estudo. Cidade da Póvoa de Varzim

Neste capítulo apresenta-se o caso de estudo da cidade da Póvoa de Varzim para explorar e demonstrar a aplicabilidade do processo metodológico de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade de uma área urbana apresentado no capítulo III.

Este capítulo está dividido em três subcapítulos: 1) caracterização e enquadramento territorial e da população da cidade da Póvoa do Varzim; 2) caracterização global da mobilidade do caso de estudo; e, 3) apresentação dos resultados por dimensão de análise do processo de avaliação de resiliência proposto.

IV.1. Caracterização da cidade da Póvoa de Varzim

A escolha da cidade da Póvoa de Varzim como caso de estudo prende-se com alguns aspetos práticos e funcionais que tornam este território representativo da realidade de muitas cidades portuguesas de média dimensão. Nos pontos seguintes desta secção são realizados o enquadramento territorial e a caracterização da população desta cidade.

Importa desde logo salientar que a cidade da Póvoa de Varzim apresenta um sistema de transportes e mobilidade típico de cidades de média dimensão portuguesas, apesar de pertencer a um município limítrofe da Área Metropolitana do Porto, com uma oferta composta pelo transporte pedonal e ciclável o transporte rodoviário individual (automóvel e outros modos motorizados) e coletivo (autocarros), e transporte ferroviário (metro ligeiro de superfície).

Para além disso, a proximidade da cidade em relação à Universidade do Minho (área de influência) também se revelou um importante fator para seleção deste caso de estudo, uma vez que poderia facilitar a recolha de informações e levantamento de dados em trabalhos de campo, como visitas de reconhecimento, realização de contagens de tráfego, entre outros.

Todavia, o aspeto mais relevante, que se pode considerar decisivo no processo de seleção da área de estudo, foi a existência de um Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa (IMob), realizado pelo Instituto Nacional de Estatística – INE, com informação recente, *i.e.*, do ano de 2017 (INE, 2017), que poderia providenciar uma extensa base de dados sobre as características da população e respetivas viagens para os municípios da AMP, onde se incluí a Póvoa de Varzim.

Outro aspeto que importa destacar é a proximidade entre as cidades de Póvoa de Varzim e de Vila do Conde, obrigando a ter em conta as características dos habitantes nos dois municípios, bem como uma área de análise que se estendeu para algumas análises à vertente norte da cidade de Vila do Conde.

IV.1.1. Caracterização territorial e da população da Póvoa de Varzim

Neste ponto será realizada uma breve caracterização da cidade e município da Póvoa de Varzim com o objetivo de enquadrar o leitor com a realidade local da área de estudo, nomeadamente em termos territoriais, demográficos e níveis de escolaridade.

O município de Póvoa de Varzim situa-se no distrito do Porto, região Norte de Portugal (NUTII) e sub-região Área Metropolitana do Porto (NUTIII), constituído por 7 freguesias/uniões de freguesia (Figura 21)

O município de Póvoa de Varzim apresenta uma área de aproximadamente 82,21 km², 62 647 habitantes (ano 2019) (PORDATA - Base de dados Portugal Contemporâneo, 2020) e uma densidade populacional

de cerca de 762 hab/km². Faz fronteira com 4 municípios, a Norte com Esposende e Barcelos, a Sul com Vila do Conde e a Este com Vila Nova de Famalicão.

A cidade de Póvoa de Varzim está situada numa planície costeira arenosa, sensivelmente a meio do caminho entre os rios Minho e Douro. A Póvoa de Varzim é uma reconhecida cidade balnear desde há três séculos, a mais popular no Norte de Portugal. É uma das poucas zonas de jogo legal em Portugal e possui indústrias têxtil e alimentar significativas. A cidade mantém uma identidade cultural própria, uma cozinha piscatória rica e tradições antigas, tais como siglas poveiras, a técnica agrícola das masseiras e um vasto conjunto de festas tradicionais (CM Varzim, 2015).

O perímetro urbano da cidade da Póvoa de Varzim é aproximadamente de 12,8 Km² (Aviso n.º 19268/2019, 2019). As freguesias que constituem o perímetro urbano são: Póvoa de Varzim Beiriz e Argivai; e Aver-o-Mar, Amorim e Terroso (Figura 21/Figura 22).

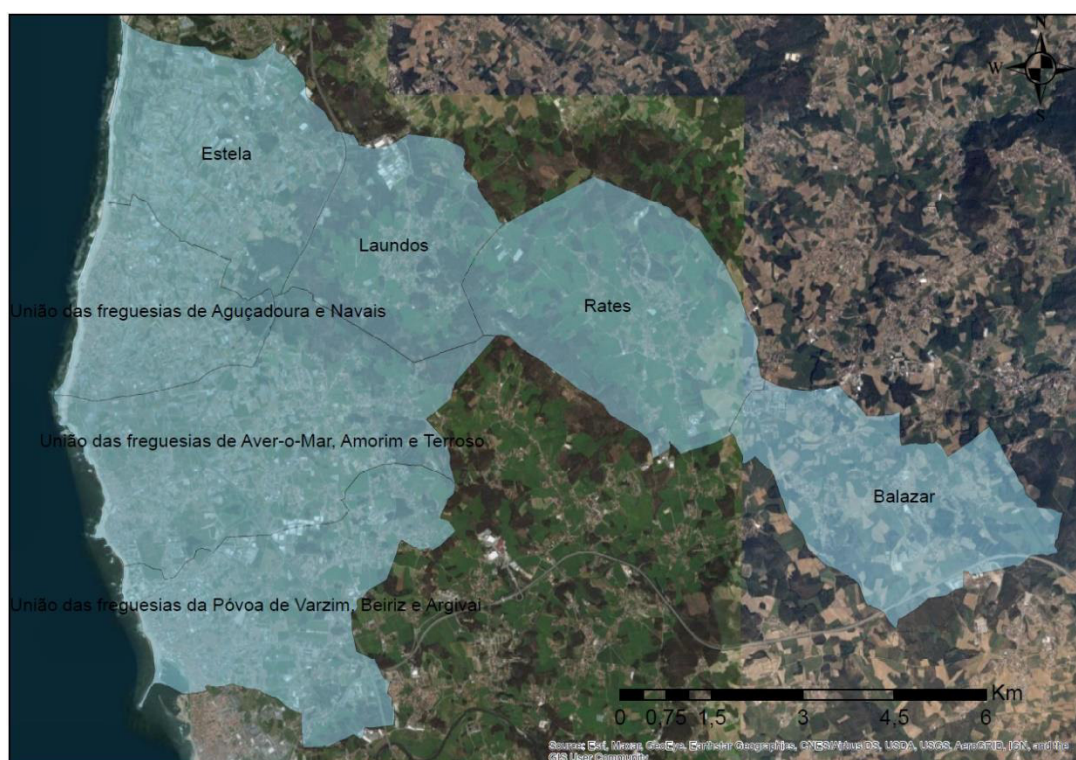


Figura 21 – Freguesias de Póvoa de Varzim pós revisão administrativa de 2013

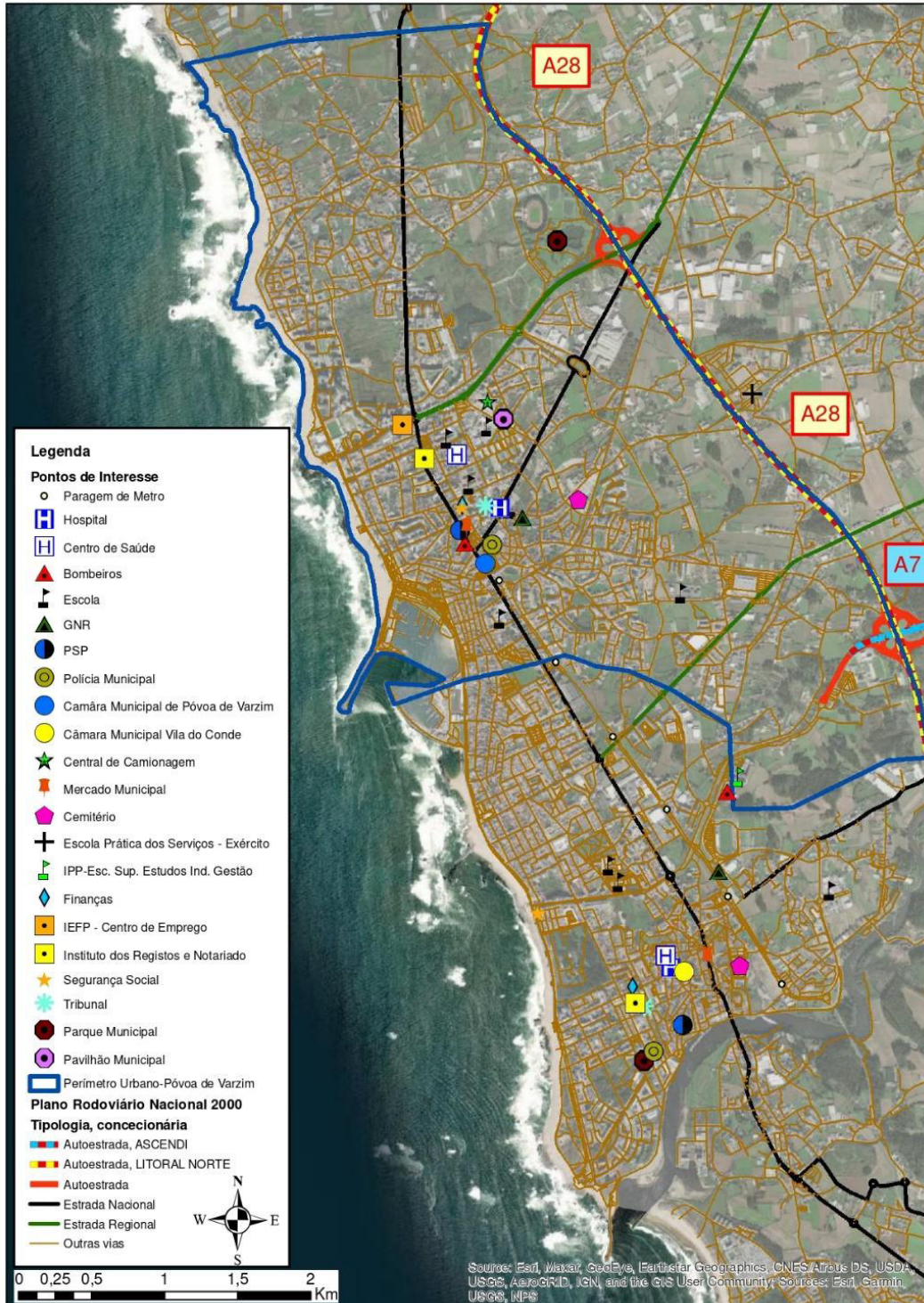


Figura 22 – Perímetro urbano da Cidade de Póvoa de Varzim e sua envólvecia

Nos gráficos da Figura 23 apresenta-se a estrutura etária da população residente na Póvoa de Varzim ao longo dos últimos anos, tendo-se verificado um envelhecimento significativo que é evidenciado pelo estreitamento da base da sua pirâmide etária (PORDATA, 2020). Comparando a dinâmica dos grupos etários quinquenais na última década censitária, é possível constatar uma quebra significativa da

natalidade e uma incompleta reposição dos efetivos jovens nos grupos etários subsequentes o que indica um fenómeno de migração, *i.e.*, um movimento da população de uma parte das camadas mais novas, após atingirem a idade ativa, para fora do município.

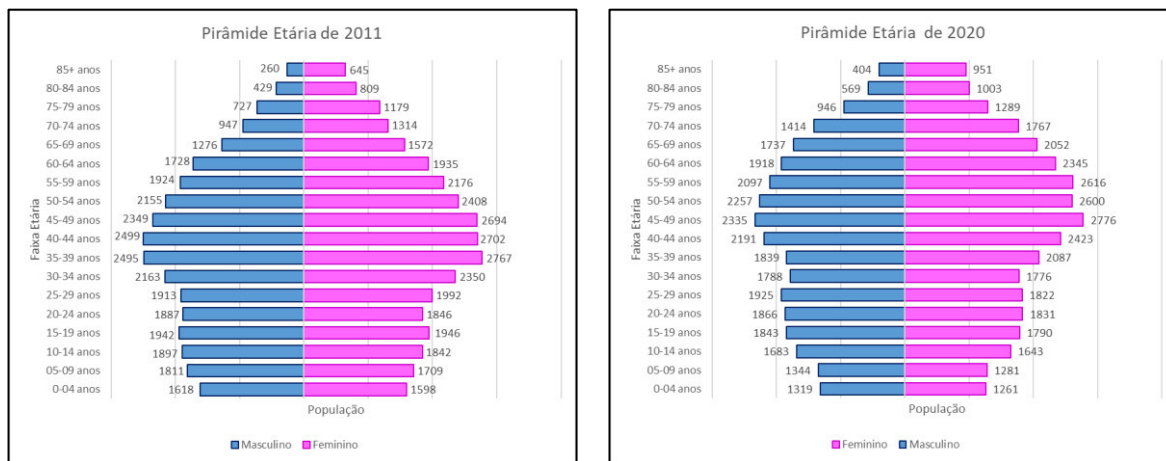


Figura 23 – Pirâmides Etárias de 2011 (censos) e 2020 (estimativa), Póvoa de Varzim

Por outro lado, é possível observar que a maioria da população se encontra em idade ativa, *i.e.*, entre os 20 e os 65 anos. Para além disso, o número de mulheres em praticamente todos os grupos é superior ao dos homens, sobretudo em idades mais avançadas, em 2011 e 2020.

Em termos de escolaridade, da análise da Figura 24 é possível verificar a forte redução registada do peso da população sem qualquer nível de escolaridade, que representava em 2011 (censos) cerca de 8%, tendo diminuído para cerca de 4% numa década (2021 (censos)). Por outro lado, registou-se uma diminuição do nível médio de escolaridade da população, tendo descido de 19% para 17% da população com pelo menos a escolaridade obrigatória (9º ano de escolaridade). Esta diminuição é compensada pelo crescimento dos níveis de escolaridade ensino secundário (de 15% em 2011 para 22% em 2021) e ensino superior (de 12% em 2011 para 17% em 2021)(censos, 2021; PORDATA, 2021).

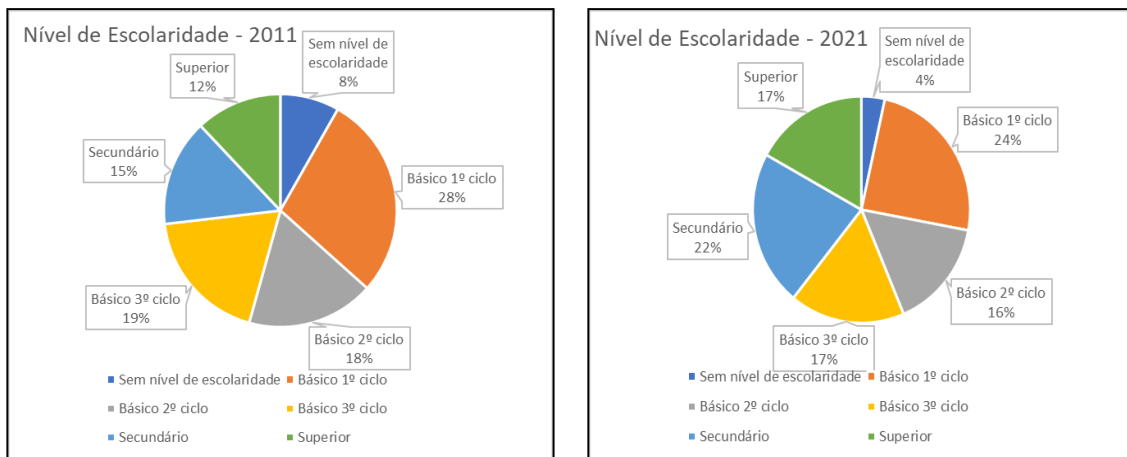


Figura 24 – População residente em Póvoa de Varzim, grau académico (Anos de 2011 e 2021)

IV.1.2. Redes de transportes

Neste ponto serão caracterizadas as redes de transporte que compreendem a oferta presente neste território, ou seja, a oferta de modos de transporte a considerar no modelo de avaliação da resiliência para a cidade da Póvoa de Varzim. Neste âmbito serão descritas, de forma sintética, as redes: rodoviária, de transportes coletivos rodoviários, ferroviária (metro) e ciclável. Importa realçar que a oferta associada à rede pedonal está presente em todos os arruamentos exceto nos eixos dedicados exclusivamente ao tráfego automóvel, que neste território corresponde às autoestradas.

IV.1.2.1. Rede rodoviária de Póvoa de Varzim

1. Classificação segundo o Plano Rodoviário Nacional 2000

A rede rodoviária nacional definida no Plano Rodoviário Nacional 2000 (Decreto-Lei número 222/98 de 17 de julho, com as alterações introduzidas pela Lei número 98/99 de 26 de julho; pela Declaração de Retificação número 19-D/98 e pelo Decreto-Lei número 182/2003 de 16 de agosto) classifica as estradas em quatro categorias distintas e dois tipos de rede. Desta forma, a rede rodoviária nacional está organizada da seguinte forma: i) Rede Nacional Fundamental: integra os Itinerários Principais (IP); ii) Rede Nacional Complementar: formada pelos Itinerários Complementares (IC), pelas Estradas Nacionais (EN) e pelas Estradas Regionais (ER).

A Figura 25, apresenta a classificação da rede viária do município de Póvoa de Varzim segundo o Plano Rodoviário Nacional 2000.

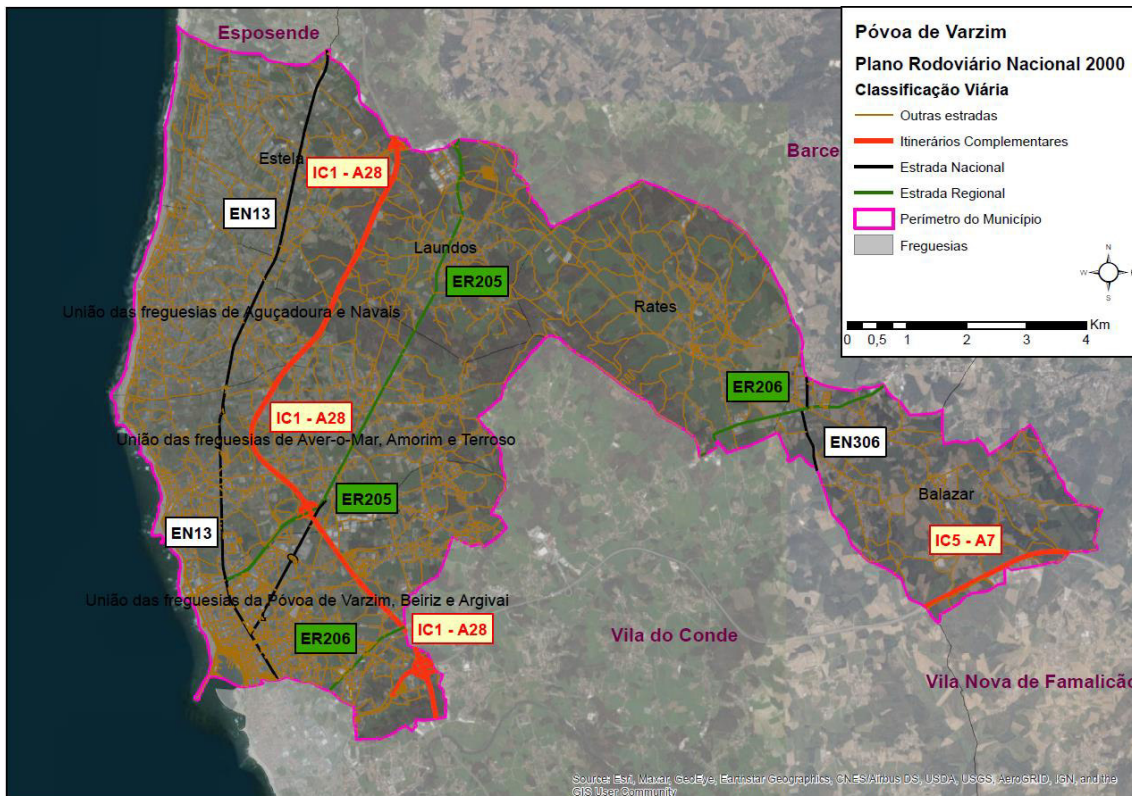


Figura 25 – Rede Viária do Município de Póvoa de Varzim Segundo PRN2000

A rede viária do município da Póvoa de Varzim é composta por várias vias municipais e um vasto conjunto de vias intermunicipais. As vias de acesso, mais diretas, para quem se pretende deslocar para a Póvoa de Varzim de outros municípios, são as Autoestradas e as principais estradas da rede rodoviária nacional. Assim, na direção norte-sul a oferta integra o IC1 (atual A28), a Estrada Nacional 13 – EN13 e Estrada Regional 205 – ER205. Na direção este-oeste tem-se o IC5 (atual A7) e a Estrada Regional 206 – ER206. Importa destacar que a atual rede de autoestradas permite realizar viagens rápidas da Póvoa de Varzim até às principais cidades da sua envolvente geográfica, como Porto em aproximadamente 30 minutos (A28), a Braga em 40 minutos (A7 e A3 ou A28 e A11) e Vigo (Espanha) em 90 minutos (A28 e A3).

2. Rede de serviços de transporte público rodoviário (coletivo)

As redes de transportes públicos são um fator de competitividade para municípios, regiões, países e até para as suas empresas. Assim, para um município, quanto maior for a oferta de serviços de transportes públicos de passageiros, menor é a propensão para utilizar o transporte individual e, portanto, a cidade pode oferecer mais espaço livre para a deslocação em outros modos de transporte.

Para a efetuar a descrição do transporte público rodoviário foi utilizado um Sistema de Informação Geográfica (SIG) com dados enviados pela Câmara Municipal de Póvoa de Varzim, nomeadamente, as carreiras e os horários. Importa realçar que pela continuidade do tecido urbano das cidades da Póvoa de Varzim e de Vila do Conde os mesmos dados foram solicitados à Câmara Municipal de Vila do Conde. Porém estes não foram facultados por esta entidade, não sendo então possível integrar esta informação na avaliação da resiliência da área de estudo.

A rede de transportes públicos de passageiros do município da Póvoa de Varzim é composta, principalmente, por transportes rodoviários de passageiros (autocarros), com uma oferta de serviços municipais, intermunicipais e inter-regionais. De seguida, é apresentada uma breve caracterização desse serviço, nomeadamente, os trajetos e os horários.

- **Serviços municipais**

Este serviço tem o objetivo de satisfazer as necessidades de deslocação dentro do município e a sua rede deve se desenvolver integral ou maioritariamente dentro da respetiva área geográfica, mesmo que existam linhas secundárias ou complementares, assim como outros elementos acessórios dessa atividade que entrem no território de municípios imediatamente contíguos, abrangendo os serviços de transporte locais e urbanos (Regime Jurídico do Serviço Público de Transportes; Lei n.º 52 de 9 de junho de 2015).

Os serviços na rede de transporte coletivo rodoviário municipal de Póvoa de Varzim são prestados pelas seguintes três operadoras, que cobrem todo o concelho como é possível observar no mapa da Figura 26:

- Auto-Viação do Minho, Lda. (1 serviço);
- Litoral Norte-Transportes Rodoviários Passageiros, Lda. (5 serviços);
- Minho Bus - Transportes do Minho, Sociedade Unipessoal, Lda. (1 serviço).

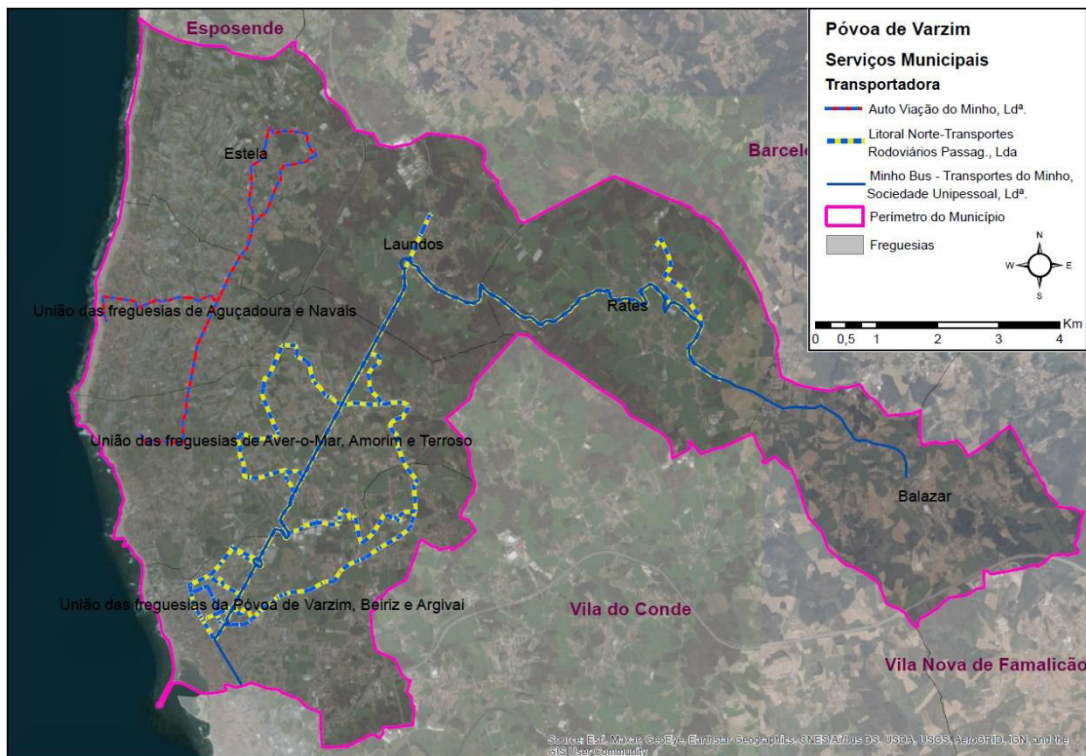


Figura 26 – Transporte coletivo rodoviário municipal

- **Serviços intermunicipais**

O serviço intermunicipal visa satisfazer as necessidades de deslocação entre diferentes municípios e que se desenvolve integral ou maioritariamente dentro da área geográfica de uma comunidade intermunicipal ou área metropolitana, sem prejuízo da possibilidade de existirem linhas secundárias de interligação que entrem no território das comunidades intermunicipais ou áreas metropolitanas contiguas (RJSPT; Lei n.º 52 de 9 de junho de 2015).

Os serviços na rede de transporte coletivo rodoviário intermunicipal com início ou fim na Póvoa de Varzim são realizados através das seguintes 5 transportadoras que fazem a ligação deste aos municípios vizinhos e a outros da Área Metropolitana do Porto (Figura 27), num total de 15 serviços.

- Autoviação do Minho, Lda. (1 serviço);
- Litoral Norte-Transportes Rodoviários Passag., Lda. (3 serviços);
- Minho Bus - Transportes do Minho, Sociedade Unipessoal, Lda. (4 serviços);
- Arriva Portugal – Transporte, Lda. (8 serviços);
- Transdev Norte (1 serviço).

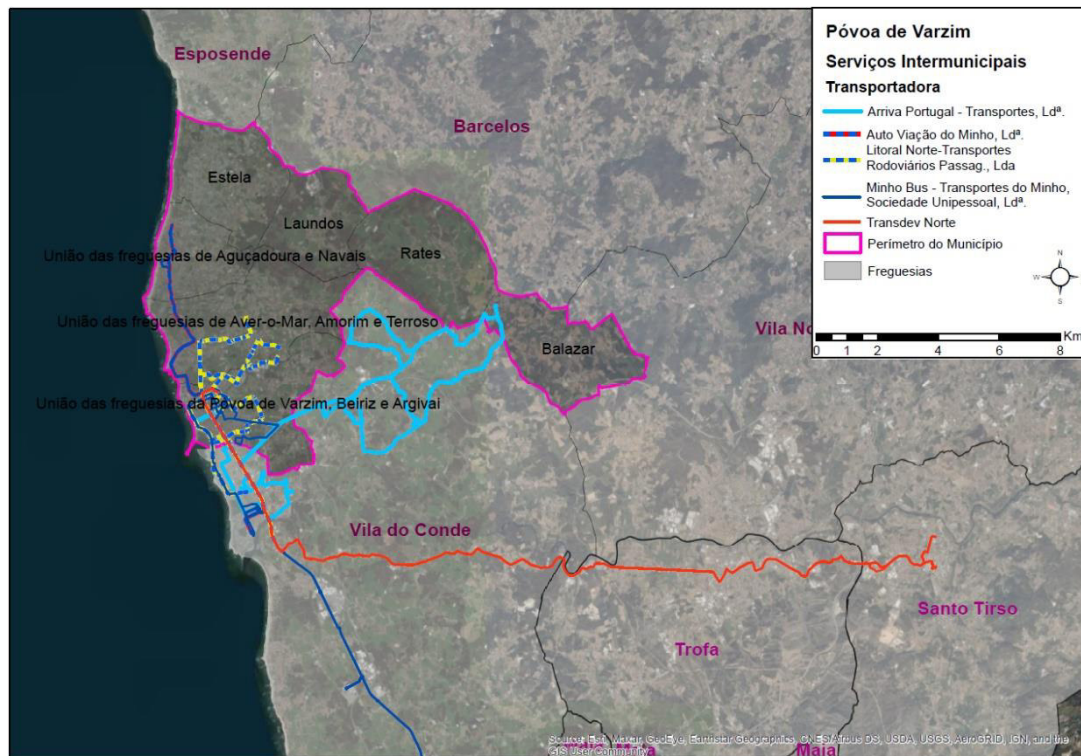


Figura 27 – Transporte coletivo rodoviário intermunicipal

- **Serviço inter-regional**

Este tipo de serviço visa satisfazer as necessidades de deslocação entre diferentes áreas intermunicipais ou áreas metropolitanas (RJSPT; Lei n.º 52 de 9 de junho de 2015). Neste âmbito, o serviço na rede de transporte coletivo rodoviário inter-regional, com serviços com início ou fim na Póvoa de Varzim, é realizado pelas seguintes 4 operadoras (Figura 28), num total de 9 serviços.

- Auto Viação do Minho, Lda. (5 serviços);
- Arriva Portugal – Transporte, Lda. (2 serviços);
- Auto Viação Pacense, Lda. (1 serviço);
- Litoral Norte-Transportes Rodoviários Passageiros., Lda. (1 serviço);
- Litoral Norte-Transportes Rodoviários Passag., Lda (1 serviço);

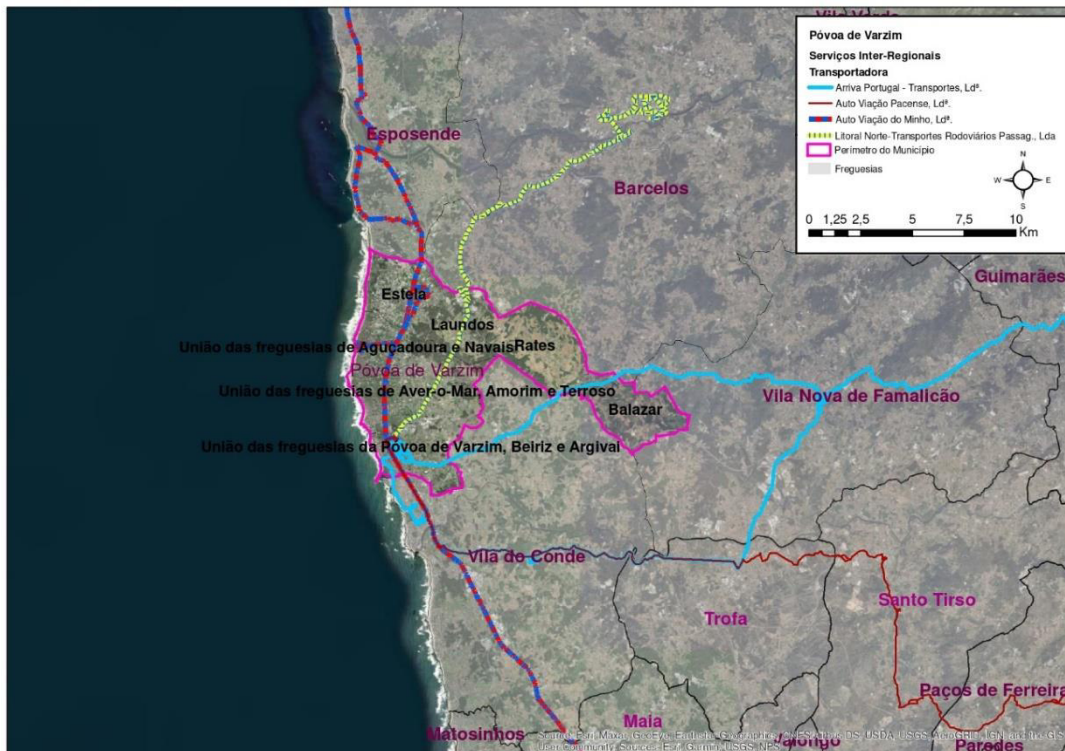


Figura 28 – Transporte coletivo rodoviário inter-regional

IV.1.2.2. Rede ferroviária

O sistema ferroviário, em conjunto com o sistema rodoviário, forma a rede de comunicação terrestre, sendo de salientar a importância deste sistema como um fator de desenvolvimento e de acessibilidade aos principais centros urbanos regionais, nacionais e internacionais.

O município de Póvoa de Varzim é servido por uma única linha de metro, a Linha Vermelha (B), que apresenta uma extensão total de 35 km (60 min.). Esta linha apresenta-se como um importante eixo transversal que tem início no Estádio do Dragão (Porto) atravessa os municípios de Matosinhos, Maia e Vila do Conde, e termina na Póvoa de Varzim (estação terminal) (IP, 2017; Pinho & Vilares, 2009).

A articulação desta linha com outras linhas da rede de metro do Porto (Figura 29) e com a rede ferroviária nacional (comboio) na estação de Campanhã, Porto, permite um acesso mais alargado a outros serviços de transporte ferroviário, nomeadamente, comboios da linha do Douro e Minho e o serviço alfa-pendular.

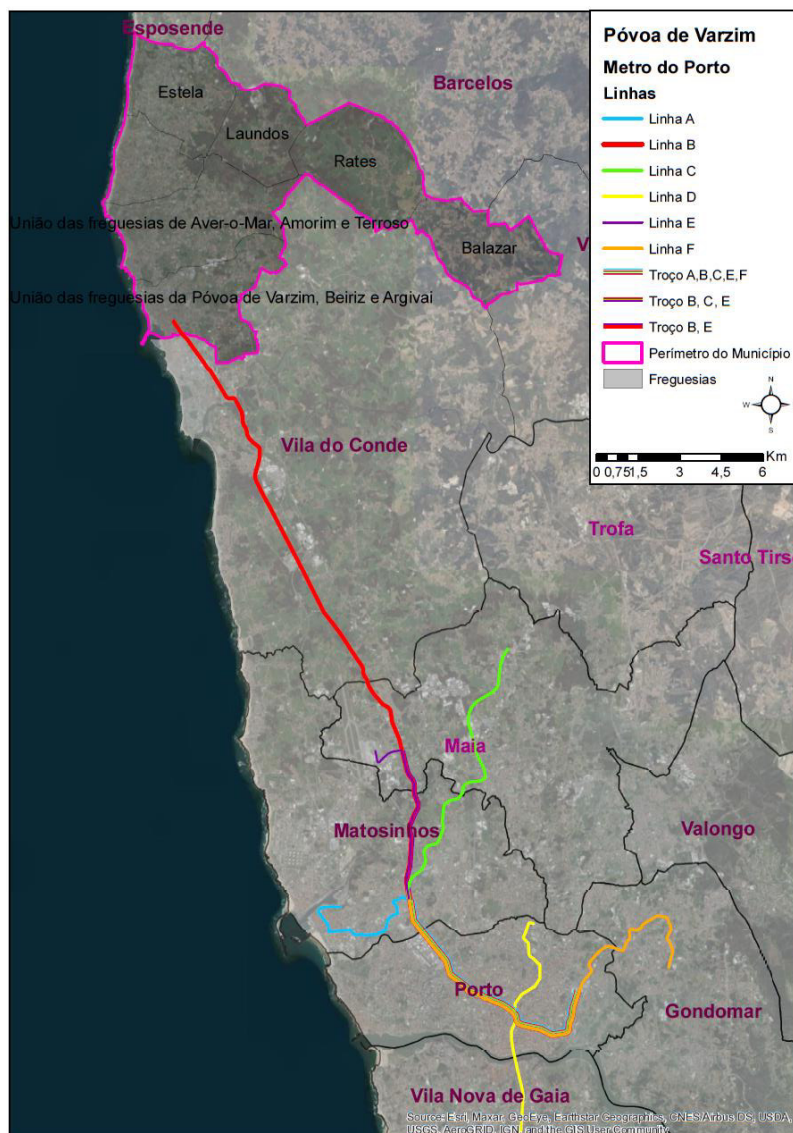


Figura 29 – Linhas do metro do Porto

Importa ainda referir que a cidade de Póvoa de Varzim dispõe de uma estação de metro (terminal da linha Vermelha (B)), localizada perto do centro da cidade, e de um apeadeiro denominado São Brás na fronteira com o município de Vila do Conde. Na Tabela 11 é apresentado um breve resumo do serviço desta linha tendo em conta a frequência e o dia de serviço.

Tabela 11 – Resumo do serviço da Linha B do Metro do Porto

Linha	Serviços	Período do Serviço	Frequência		
			Dias Úteis	Sábados	Domingos e Feriados
B	Regular	Das 6h00 às 1h00	30 min	30 min	30 min
	Expresso	Das 6h00 às 7h00	60 min	-	-
		Das 7h00 às 20h00	30 min	-	-

IV.1.2.3. Rede ciclável

Atualmente, a maioria das ruas das cidades e vilas portuguesas não apresentam condições para que a bicicleta possa ser usada como um meio de transporte regular e seguro. Assim, uma rede ciclável bem estruturada, maioritariamente urbana, que estabeleça as ligações entre os principais polos geradores de viagens, poderá tornar o modo ciclável mais atrativo, quer como único modo de transporte quer através da combinação com outros modos motorizados.

Na Figura 30 é apresentado o levantamento da rede ciclável da Cidade da Póvoa de Varzim e sua envolvente, sendo possível verificar que já existe uma rede ciclável urbana com algum nível e cobertura na cidade.



Figura 30 – Rede Ciclável da Cidade da Póvoa de Varzim e Sua Envolvente

Da análise da Figura 30 é possível constatar que as principais entradas da cidade da Póvoa de Varzim (exceto autoestradas) e da cidade de Vila do Conde não apresentam uma rede de vias cicláveis dedicadas, que permita integrar a bicicleta em processos multimodais e uma circulação segura e confortável para o utilizador da bicicleta, ou seja, que esta possa ser considerada um potencial modo alternativo para a realização de viagens em análises de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana.

IV.2. Caracterização global da mobilidade do caso de estudo – Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa (IMob) 2017

A caracterização da mobilidade no município da Póvoa de Varzim (área de estudo) terá por base os dados do Inquérito (IMob) à Mobilidade na Área Metropolitana do Porto (AMP) de 2017, que foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística – INE, através de um protocolo assinado entre esta instituição e os investigadores envolvidos neste trabalho.

IV.2.1. Caracterização da informação original recolhida na base de dados

O Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa envolveu um total de 18.170 inquéritos a alojamentos, correspondendo a 42.871 indivíduos e a 61.122 viagens realizadas em dias úteis na AMP.

Para o caso específico deste estudo foram utilizados os dados correspondentes aos municípios de Póvoa de Varzim e Vila do Conde. Este último município foi utilizado visto que existe uma grande proximidade, continuidade territorial e interação entre as principais áreas urbanas (cidades) desses municípios, que poderá ter influência direta nos padrões de mobilidade da área de estudo - cidade de Póvoa de Varzim. Posto isto, foram considerados 1.130 inquéritos nestes dois municípios, correspondendo a 2.950 indivíduos e a 4.381 viagens em dias úteis (INE, 2017).

Para além da dimensão da base de dados, outros pontos que justificaram a sua utilização foram a área de intervenção do inquérito e a variedade de informação recolhida, nomeadamente a diversidade de modos de transporte utilizados na mobilidade da população.

A informação recolhida pelo inquérito à mobilidade IMob incluiu os seguintes três grupos:

- Identificação e caracterização dos alojamentos (Tabela 12);

- Identificação e caracterização de cada indivíduo residente na unidade de alojamento (Tabela 13);
- Caracterização das viagens e deslocamentos efetuadas por cada indivíduo residente na unidade de alojamento (Tabela 14).

Nas tabelas seguintes é apresentada uma síntese das variáveis levantadas para esses três grupos de informação, com a respetiva codificação (Campo) e descrição das variáveis. Importa realçar que informação mais detalhada sobre as variáveis do inquérito encontra-se disponível no Anexo A.

Tabela 12 – Variáveis recolhidas para caracterizar o Alojamento/Agregado Familiar (INE, 2017)

Variáveis recolhidas para caracterizar o Alojamento/Agregado Familiar	
Campo	Descrição das Variáveis
Id_aloj_1	ID do alojamento
DTCC_aloj	DTCC do alojamento CAOP2013
Zona_aloj	Zona do alojamento CAOP2013
PESOFIN	Ponderador
N_Ind	Número de Indivíduos no Alojamento
Desp_Comb_Esc	Despesa Combustível
Desp_Esta_Esc	Despesa Estacionamento
Desp_Port_Esc	Despesa Portagens
Desp_Tp_Esc_Cod	Despesa Transportes Públicos
V0100 1; V0100 2; V0100 3; V0100 4; V0100 5; V0100 N	N.º de veículos no alojamento por tipologia
Rendimento	Rendimento Líquido Mensal do Agregado
N_Veic; Ano_Matric; Tipo_Combust; N_Lugares; Estacion_Resid	Características do Veículo
Tipo_Propried	Tipo de propriedade

Tabela 13 – Variáveis recolhidas para caracterizar cada indivíduo (INE, 2017)

Variáveis recolhidas para caracterizar cada indivíduo	
Campo	Descrição das Variáveis
Id_aloj_1	ID do alojamento
N_Individuo	Nº indivíduo
Sexo	Sexo do indivíduo
Idade	Idade do indivíduo
Parentesco	Parentesco do indivíduo
Nivel_Instr	Nível de instrução do indivíduo
Cond_Trab	Situação perante o emprego do indivíduo
Mob_Reduz1; Mob_Reduz2	Variáveis de mobilidade reduzida
Carta_C1; Carta_C2; Carta_C3; Carta_C4; Carta_CNs	Variáveis Relacionadas com a Licença de condução
Conduz	Frequência de condução
Exist_Passe	Existência de passe social
Ltrab_Tipo	Tipo de local de trabalho
Estaci_Trab1; Estaci_Trab2; Estaci_Trab3; Estaci_Trab4; Estaci_Trab5; Estaci_Trab9	Variáveis de Estacionamento no local de trabalho
Estaci_Escol1; Estaci_Escol2; Estaci_Escol3; Estaci_Escol4; Estaci_Escol5; Estaci_Escol9	Variáveis de Estacionamento no local de estudo
D0100; D0110_1; D0110_2; D0110_3; D0110_4; D0110_5; D0110_9	Variáveis Relacionados com as deslocamentos

Variáveis recolhidas para caracterizar cada indivíduo	
Campo	Descrição das Variáveis
Dia_da_semana	Dia da semana
Dia_util	Se é dia útil
PESOFIN	Ponderador
N_Pass; Tipo_Passe; Passe_Tarifa; Passe_Intermodal; Passe_Operador1; Passe_Operador2	Variáveis Relacionadas com Passe

Tabela 14 – Variáveis recolhidas para caracterizar as viagens (INE, 2017)

Variáveis recolhidas para caracterizar as viagens	
Campo	Descrição das Variáveis
Id_aloj_1	ID do alojamento
N_Individuo	Nº do individuo
N_Desloc	Nº da viagem
D0500; Duracao; Distancia; Dia_da_semana; Dia_util; Hora_partida; Hora_chegada; TI; TP; Esc_hor;	Variáveis Relacionadas com a Viagem
TM_S; TM_N; TM_NS; Tipo_comb_eurostat; Tipo_veiculo_2	Características do transporte
Et1_transp; Et1_Duracao; Et1_Distancia; ET1_Operador; ET1_Titulo_transp; ET_1_passageiros; Et2_transp; Et2_Duracao; Et2_Distancia; ET2_Operador; ET2_Titulo_transp; ET_2_passageiros; Et3_transp; Et3_Duracao; Et3_Distancia; ET3_Operador; ET3_Titulo_transp; ET_3_passageiros; Et4_transp; Et4_Duracao; Et4_Distancia; ET4_Operador; ET4_Titulo_transp; ET_4_passageiros; Et5_transp; Et5_Duracao; Et5_Distancia; ET5_Operador; ET5_Titulo_transp; ET_5_passageiros	Variáveis Relacionadas com as Etapas da Viagem
Tipo	Tipo de viagem
DTCC_or; Zona_or	Caracterização da Origem
DTCC_de; Zona_de	Caracterização do Destino

IV.2.1.1. Condicionantes da base dos dados do INE – depuração da base

Na análise aos dados do IMob verificou-se que existem algumas limitações relacionados com a forma como foi feita a especificação da informação na base de dados, que condicionou e limitou a sua utilização, nomeadamente:

- a informação da idade do inquirido foi codificada em escalões etários, limitando a utilização da mesma pela incoerência nos limites definidos para os diversos escalões, principalmente até aos 20 anos. Os escalões originais com idades dos 0 aos 14 anos e dos 15 aos 24 anos apresentam uma segmentação que aparentemente não tem uma justificação muito lógica na ótica de estudos de transportes. Deste modo, atendendo às necessidades de mobilidade e de autonomia, defende-se que uma segmentação mais lógica seria: dos 0 aos 5 e dos 6 aos 10 anos (pré-escolar e 1º Ciclo do Ensino Básico) para crianças totalmente dependentes dos pais; dos 11 aos 18 anos (final do ensino secundário) para adolescentes com potencial independência dos pais e possíveis utilizadores de Transportes Públicos; as restantes categorias poderiam ser mantidas, uma vez que existe a possibilidade destes indivíduos poderem possuir licença de condução e a escolha modal depender de outros fatores que não fosse impossibilidade de utilizar o automóvel;

- um problema similar ao da idade foi detetado na codificação do rendimento líquido mensal do agregado que também foi definido por classes, limitando a sua utilização como variável contínua;
- na definição do modo de transporte público (autocarro) não foi possível especificar qual a carreira escolhida, inviabilizando a avaliação específica das características de cada viagem;
- tendo em conta a dimensão territorial da AMP e da área de estudo considerou-se que tempos de viagem superiores a 120 minutos poderiam ser erros de resposta dos inquiridos ou erros de digitação, resultando na exclusão de 18 viagens;
- a informação sobre a origem e o destino das viagens impossibilita a utilização das mesmas visto que as zonas de mobilidade criadas englobam todo o município da área de estudo;
- estudos de mobilidade que pretendam servir de base para modelos de escolha discreta necessitam de informação relevante mesmo em relação às alternativas não escolhidas. Esta é uma limitação que os inquéritos à mobilidade tradicionais não conseguem colmatar. No presente estudo, variáveis como o tempo de viagem ou a distância percorrida podem ter valores diferentes para modos distintos, mesmo entre os mesmos pares origem-destino;
- verificou-se que apenas 3, do total dos possíveis modos de transporte, eram utilizados por mais de 2,5% dos inquiridos e, conseqüentemente, apresentavam uma amostra suficiente e robusta para eventuais análises de escolha modal. Porém, foi mantido o modo bicicleta (1% das viagens) tendo em conta os objetivos desta tese. Esta condicionante levou à exclusão de 97 viagens;
- verificou-se que o modo de transporte metro funciona como canal para levar ou trazer pessoas para a cidade da Póvoa de Varzim para outros municípios da AMP e não tem uma influência direta nos padrões internos da área de estudo (mobilidade da cidade). Esta condicionante levou à exclusão de 128 viagens;
- os dezasseis motivos de viagem originais, foram reestruturados e apenas se consideraram os cinco mais significativos. Esta condicionante permitiu excluir 82 viagens.

Por último, importe referir que as condicionantes apresentadas no parágrafo anterior conduziram a uma base de dados com 4.064 viagens.

IV.2.2. Seleção e caracterização das variáveis utilizadas

Como apresentado no ponto anterior, o número de variáveis presentes na base de dados é extenso, sendo necessário fazer uma seleção das variáveis que melhor se adequam ao caso de estudo e aos objetivos deste trabalho. Deste modo, foi realizada uma caracterização das variáveis selecionadas que melhor refletem as deslocações na área do caso de estudo para os diferentes modos de transporte.

Os principais modos de transporte utilizados nas deslocações internas da área do caso de estudo foram o carro, o autocarro, a bicicleta e o andar a pé. Assim, nas subsecções seguintes deste trabalho apresenta-se a seleção e caracterização das variáveis socioeconómicas e das relacionadas com as viagens nos diferentes modos de transporte utilizadas para avaliar a resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana da área de estudo.

IV.2.2.1. Variáveis socioeconómicas

Este tipo de variável é utilizado para introduzir no modelo de escolha modal eventuais influências de fatores sociais próprios de cada indivíduo e dos agregados familiares em que se inserem, assim como das condições económicas que vivencia. Este tipo de variáveis costuma ser incluída na componente sistemática da função de utilidade, quer linearmente (mais comum), quer associadas a variáveis caracterizadoras da qualidade dos serviços de transporte.

Na modelação das escolhas modais a utilização de combinação de variáveis binárias leva a que por redundância de informação, uma das categorias seja normalizada a zero. A definição de valores pertencentes à categoria normalizada será caracterizada pela combinação de zeros nas restantes categorias. Assim, para definir uma metodologia geral e permitir uma interpretação mais fácil dos resultados optou-se por normalizar sempre a variável binária representativa da categoria mais favorável à utilização do automóvel particular. A verificação de qual a categoria mais favorável ao automóvel deve basear-se na ponderação da lógica comportamental subjacente.

Na **Erro! Autorreferência de marcador inválida.** apresenta-se a listagem das variáveis socioeconómicas selecionadas neste trabalho. No Anexo B é apresentada a caracterização de todas as variáveis.

Tabela 15 – Variáveis socioeconómicas seleccionadas e caracterizadas (Anexo B)

Variáveis socioeconómicas
1. Rendimento líquido mensal do agregado
2. Rendimento líquido mensal <i>per capita</i>
3. Sexo do indivíduo
4. Idade do indivíduo
5. Nível de instrução do indivíduo
6. Número de automóveis <i>per capita</i> no agregado familiar
7. Disponibilidade de bicicletas no agregado familiar
8. Licença de condução de automóvel
9. Situação perante emprego

IV.2.2.2. Variáveis caracterizadoras da viagem

Este tipo de variável pretende introduzir nos modelos de escolha modal os factos relacionados com as características das viagens no processo de escolha modal. Serão estes fatores que permitirão associar as características socioeconómicas de cada viajante com as características de cada viagem.

Na Tabela 16 apresenta-se a listagem das variáveis seleccionadas para caracterizar a viagem que serão estudadas neste trabalho. No Anexo B é apresentada a caracterização pormenorizada das seguintes quatro variáveis.

Tabela 16 – Variáveis caracterizadoras da viagem seleccionadas e caracterizadas (Anexo B)

Variáveis caracterizadoras da viagem
1. Modo de transporte utilizado
2. Distância de viagem
3. Duração da viagem
4. Motivo da viagem

IV.3. Aplicação da metodologia de avaliação da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

Nesta secção apresentam-se os resultados da aplicação da metodologia de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana apresentada no capítulo III, com o desenvolvimento de cenários hipotéticos de encerramento de arruamentos à circulação automóvel devido a eventos extremos, que permitam estudar e comparar o impacto e as várias estratégias de recuperação do sistema.

Assim, na subsecção IV.3.1 serão apresentados os resultados da caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, na secção IV.3.2 a avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte e na secção IV.3.3 a avaliação do funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade.

IV.3.1. Caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal

A primeira dimensão do processo de resiliência, que corresponde à caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal é dividida em duas fases: i) avaliação de uma potencial alteração da escolha modal, e ii) avaliação da alteração de modo de transporte para efetuar a viagem.

IV.3.1.1. Avaliação de uma potencial alteração da escolha modal

Como foi apresentado na metodologia, a avaliação de uma potencial alteração da escolha modal será avaliada recorrendo ao modelo Logit Multinomial (MNL). Apesar destes modelos apresentarem, na sua fundamentação teórica, limitações que tornam a sua aplicação desapropriada, vários autores (nomeadamente, Hensher, Rose & Greene (2005) e Train (2009)) apresentam os possíveis ganhos de eficiência resultantes de um estudo aprofundado sobre as variáveis que devem ser introduzidas nos modelos, bem como as tipologias a utilizar, antes de, porventura, passar a modelações mais complexas e específicas. A facilidade de cálculo e de interpretação dos resultados dos modelos MNL levam à sua recomendação para estudos exploratórios aprofundados, uma vez que permitem combinar análises mais céleres sobre o potencial explicativo das diferentes variáveis a utilizar, com a obtenção de resultados que podem servir de base de comparação em relação a análises mais complexas.

Por conseguinte, inicialmente, fez-se um conjunto de modelações preliminares com cada uma das variáveis selecionadas para a modelação da escolha modal, estando cada uma isolada das restantes de

modo a avaliar a sua importância relativa, coerência de sinal, maior potencial para adicionar informação relevante, bem como a seleção da melhor variável em situações com múltiplas hipóteses disponíveis. Posteriormente, a partir da avaliação isolada das diferentes especificações de cada variável é possível aferir o seu potencial explicativo na escolha modal da população em estudo e qual a especificação com melhores resultados. Esta avaliação é feita recorrendo à combinação integrada das variáveis em modelações mais completas. No âmbito deste trabalho foram desenvolvidos, caracterizados e analisados vários modelos MNL, cujos resultados se apresentam no Anexo C desta tese.

1. Modelo Final

A caracterização e avaliação dos vários modelos levou à consideração do modelo MNL4.6, como modelo final, cujos resultados se apresentam na Tabela 17 e que inclui as seguintes variáveis:

- IDD: Combinação de variáveis binárias sobre idade do indivíduo;
- NApC: Variável discreta sobre o número de automóveis per capita (veíc./hab);
- LC: Variável binária licença de condução (0-Não; 1-Sim);
- MotV: Combinação de variáveis binárias sobre o motivo da viagem;
- NI: Combinação de variáveis binárias sobre o nível de instrução do indivíduo;
- DBike: Variável binária disponibilidade de bicicleta no agregado (0-Não; 1-Sim);
- Sx: Variável binária sexo do indivíduo (0-Feminino;
- DurV: Variável discreta sobre a duração da viagem (min).

Tabela 17 – Resultados do modelo MNL4.6

Variáveis	MNL4.6		
	Autocarro	A Pé	Bicicleta
Constante	-2,55052***	0,27193	-5,62135***
IDD1	-1,46251***	-0,91952***	-100,427
IDD2	-0,50201	0,05794	-0,42894
IDD3	-	-	-
IDD4	0,16752	1,00066***	0,72107*
IDD5	0,09693	1,08002***	0,85675
NApC	-0,99153***	-1,89404***	-0,78923
LC	-1,76032***	-1,50920***	-2,13093***
MotV1	-	-	-
MotV2	1,94483***	0,60841***	-100,300
MotV3	-1,41961***	-1,36003***	-99,9129
MotV4	-0,37963	0,84541***	0,00042
MotV5	-1,59406***	0,42332***	-0,25731
NI1	0,24309	-0,54260**	1,79360**
NI2	0,99209***	-0,21494	0,62338
NI3	0,82762***	-0,15677	-0,08070
NI4	-	-	-

Variáveis	MNL4.6		
Modo	Autocarro	A Pé	Bicicleta
DBike	0,02251	0,29572***	3,56250***
Sx	0,07768	-0,19020*	0,50210
DurV	0,02578***	-0,01251***	0,01115
Amostra	4064		
p-R ²	0,2425689		
LL	-2287,34199		
Param.	51		
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.			

As variáveis do modelo analisado foram consideradas com especificação contínua ou binária isolada. Posto isto, foram analisadas as diversas variáveis, bem como a influência que cada uma delas tem na escolha modal da população em análise. Assim, analisando os sinais e grandezas dos valores, é possível concluir o seguinte para cada uma das variáveis:

- Sexo: a maioria dos parâmetros das alternativas apresenta valores positivos, indiciando que estas são mais valorizadas/utilizadas pelas mulheres;
- Idade: o sinal negativo indica que os inquiridos mais velhos consideram as alternativas menos atrativas do que os mais novos;
- Duração da viagem: o sinal positivo dos parâmetros indica que as alternativas ao modo pedonal são mais atrativas para viagens mais longas. De acordo com os parâmetros o modo Carro apresenta a maior atratividade;
- Número de automóveis *per capita*: o sinal negativo para as alternativas ao automóvel indicia que um aumento da possibilidade de utilizar o Carro diminui a atratividade das alternativas;
- Disponibilidade de bicicleta: o valor positivo dos parâmetros indica, como seria expectável, que a disponibilidade de bicicleta aumenta a atratividade das alternativas, principalmente deste modo;
- Nível de instrução: o sinal positivo dos parâmetros para as alternativas, autocarro e bicicleta em relação ao carro, indica que o aumento do nível de instrução torna estes modos mais úteis. Contudo, para o modo pedonal verifica-se que apesar do carro ser útil, a sua utilidade diminui com o aumento do nível de instrução.

2. Análise do comportamento da população

Após se ter definido um modelo de escolha modal para a população da área de estudo torna-se importante analisar as potenciais alterações modais nos seus padrões de viagens. Assim, apesar de ser possível analisar o comportamento de toda a população, no âmbito deste trabalho foi apenas analisado o grupo da população ativa nas suas principais viagens diárias, ou seja, a faixa etária entre os 15 e 64 anos em que o motivo de viagem seja ir/voltar do trabalho e em que o nível de instrução mínimo seja o ensino básico (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completo). Ora, este grupo da população foi escolhido, uma vez que numa eventual rutura de parte da rede de transportes da área do caso de estudo, este iria sofrer as principais consequências das alterações das condições de mobilidade, que poderiam ter um forte impacto nos seus padrões de viagem, nomeadamente, atrasos nas viagens casa-trabalho e, conseqüentemente, um aumento do tempo de viagem. Alterações de percurso ou dos modos de transporte utilizados por parte da população em idade ativa da cidade da Póvoa de Varzim poderá ter consequências negativas ao nível da vida pessoal e profissional dessas pessoas. Por outro lado, assume-se que este grupo também é o mais importante para o funcionamento da cidade, uma vez que é o principal motor da economia.

É de referir que a maior parte da população dos municípios de Póvoa de Varzim e de Vila do Conde apresenta o ensino básico como nível de instrução (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completos), que se reflete em empregos menos qualificados, como operários ligados à construção civil, indústria e jardinagem. Não obstante, devido à situação pandémica provocada pela COVID19, foi possível verificar alterações nos padrões cotidianos de viagem das populações. Isto deveu-se, principalmente, à obrigatoriedade de se trabalhar em regime de teletrabalho para empregos relativos a funções administrativas e à implementação de aulas em regime de *e-learning*, que obrigaram muitas pessoas a ficar em casa, nomeadamente nos períodos das horas de ponta. Já, os operários continuaram a desempenhar as suas atividades nos seus locais de trabalho, por não ser possível desempenhar este tipo de funções a partir de casa.

Num cenário disruptivo, com a rutura de parte da rede de transportes, é possível antecipar que o tempo de viagem é a variável do modelo que irá sofrer maiores alterações, já que é muito provável que as variáveis socioeconómicas dos indivíduos permaneçam constantes durante esse período, ou seja, logo após essa interrupção. Assim sendo, na Tabela 18 são apresentados os coeficientes das principais tipologias de indivíduos da população em análise.

Tabela 18 – Coeficientes dos principais tipos de Indivíduos pertencentes à população Ativa

Indivíduo	Variáveis														
	NApC	DBike	Sx	Idd1	Idd2	Idd4	Idd5	NI1	NI2	NI3	LC	MotV2	MotV3	MotV4	MotV5
Homem 1	0,6	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Homem 2	0,6	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Homem 3	0,6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Homem 4	0,6	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Homem 5	0,6	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Homem 6	0,6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Homem 7	0,6	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Homem 8	0,6	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Homem 9	0,6	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mulher 1	0,6	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mulher 2	0,6	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Mulher 3	0,6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mulher 4	0,6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mulher 5	0,6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Mulher 6	0,6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mulher 7	0,6	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mulher 8	0,6	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Mulher 9	0,6	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0

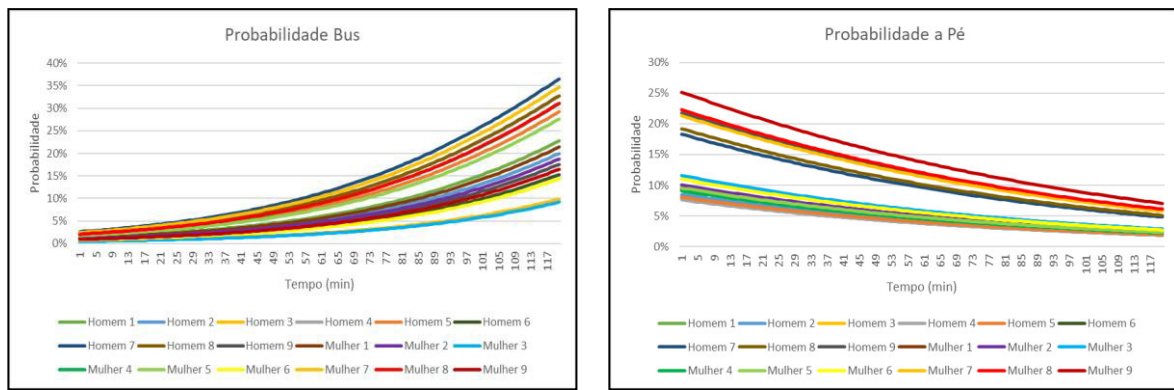
Neste sentido, considera-se que três variáveis irão permanecer constantes durante toda a análise, nomeadamente, o número de automóveis per capita (NApC), a disponibilidade de bicicleta no agregado (DBike) e a licença de condução (LC). No caso do número de automóveis *per capita*, optou-se pelo número médio da amostra, visto ser o valor mais representativo desta variável. No caso da variável disponibilidade de bicicleta no agregado selecionou-se consoante a disponibilidade da mesma para executar as viagens. Para a variável licença de condução selecionou-se a existência da mesma por parte do indivíduo. A escolha destas opções seguiu a lógica da escolha do valor para a variável NApC, ou seja, a opção com maior representatividade na amostra da população. No caso da licença de condução, a percentagem de pessoas dentro deste grupo que não possui habilitações para conduzir um Carro é muito residual. Já no caso da disponibilidade de bicicleta no agregado, a indisponibilidade de bicicleta não é residual. Porém, a sua percentagem ainda é inferior à dos indivíduos que tem disponibilidade.

O Carro é o meio de transporte mais utilizado no caso de estudo, representando uma quota de 74,3% da repartição modal da Póvoa de Varzim. Posto isto, torna-se importante perceber como a variação do tempo de viagem influencia a escolha deste modo. Assim, a Figura 31 apresenta a variação da repartição modal da população ativa (tipologias da tabela 18) tendo em conta a variação do tempo de viagem. Importa referir que as tabelas com os valores do tempo e a probabilidade de escolha do modo de transporte se encontram no Anexo D.

A partir dos gráficos da Figura 31, é possível extrair algumas variações da escolha modal com o aumento do tempo de viagem. Relativamente ao modo Autocarro (Figura 31.a), verifica-se um ligeiro aumento da probabilidade de escolha deste modo com o aumento do tempo de viagem, que se deve ao facto deste apresentar uma maior comodidade para viagens mais longas (superiores a 75min). Porém, importa destacar que a sua percentagem de utilização ainda é muito residual, comparativamente com o principal modo utilizado (Carro). Para além disso, as pessoas que apresentam o nível de instrução do ensino secundário são o grupo de pessoas mais propensas a utilizar este modo de transporte.

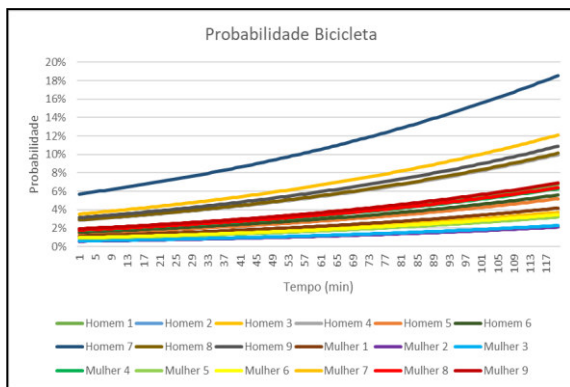
Em relação ao modo de transporte pedonal (viajar a Pé - Figura 31.b)), verifica-se que a probabilidade deste ser escolhido diminui com o aumento do tempo de viagem, o que é normal, visto que as pessoas tendem a utilizar os modos de transporte motorizados quando o tempo de viagem é muito elevado. Isto deve-se a inúmeras razões, como o esforço físico, tempo de viagem, níveis de conforto e proteção em relação a condições climatéricas adversas. Também se verifica que os grupos que tendem a utilizar mais o modo Pedonal são as pessoas mais velhas, *i.e.*, pertencentes à faixa etária dos 45-64 anos.

Já o modo Bicicleta (Figura 31 - c), assim como o modo Autocarro, apresenta um aumento da probabilidade de escolha com o aumento do tempo de viagem. Porém, visto que a amostra deste modo de transporte é muito reduzida, conclui-se que a sua utilização se deve a limitações relativamente à utilização do Carro.

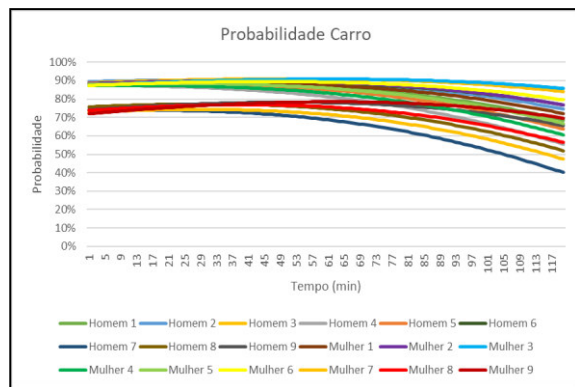


a) Probabilidade Escolha de Autocarro

b) Probabilidade de Escolha de Andar a Pé



c) Probabilidade Escolha de Bicicleta



d) Probabilidade Escolha de Carro

Figura 31 – Probabilidade de Escolha de Modo de Transporte segundo a Variação do Tempo de Viagem

Da análise do gráfico da Figura 31.d) é possível observar-se um claro domínio do uso do Carro na população ativa deste caso de estudo e que a probabilidade da sua escolha se mantém praticamente constante com o aumento do tempo de viagem. Esta probabilidade apenas começa a sofrer uma descida mais acelerada para viagens com um tempo superior a 74 min (Anexo E). Estes tempos de viagem são muito superiores ao tempo de viagem médio praticado por este grupo da população, que é cerca de 20,5 min. Verifica-se também um pico da probabilidade da escolha deste modo de transporte para viagens de cerca de 26 min. Não obstante, o grupo da população ativa que sofre a maior descida são as pessoas com idade compreendida entre os 45 e 64 anos e com o nível de instrução ensino básico.

Tendo em conta os resultados obtidos a partir do modelo Logit Multinomial do caso de estudo, verifica-se uma constância na escolha dos modos de transporte (exceto modo Pedonal, dado os elevados tempos de viagem), sendo o Carro o modo predominante nas escolhas da população ativa. Verifica-se também uma dependência muito grande deste modo de transporte no caso de estudo, mesmo para viagens que acarretam tempos de viagem muito curtos. Posto isto, uma interrupção/ distúrbio no sistema de

transportes que prejudique as viagens no modo Carro terá um impacto muito maior nos padrões de viagem do que nas viagens realizadas noutro modo de transporte.

Por fim, podemos concluir que o modo Carro é o modo mais suscetível e exposto a um potencial evento disruptivo. Neste sentido, é importante estudar a potencial alteração do modo Carro para outro modo de transporte, de forma a prever potenciais problemas de resiliência.

IV.3.1.2. Alteração de modo de transporte – tempo crítico

De acordo com os resultados do ponto anterior, é importante calcular o potencial de alteração modal do carro para avaliar os impactos que uma alteração neste modo de transporte poderá ter na resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana. Assim, foi aplicado o modelo de *Weibull* com heterogeneidade gama para prever essas potenciais alterações modais, uma vez que é o modelo que melhor se ajusta aos dados na análise de variáveis que afetam o tempo de viagem.

De acordo com a metodologia apresentada no capítulo III, este modelo permite determinar o tempo crítico associado a uma potencial alteração modal para todos os modos de transporte usados pela população residente na cidade da Póvoa de Varzim, que se apresenta nos pontos seguintes.

1. Descrição dos dados

Os dados utilizados neste modelo são referentes ao “Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa” do ano 2017. Neste sentido, de forma que o modelo possa transmitir fielmente as características das viagens da população ativa da Póvoa de Varzim, tendo em conta as variações do tempo de viagem, foram selecionadas as seguintes variáveis socioeconómicas: o sexo, a idade, o nível de instrução, a licença de condução, o motivo de viagem e o modo de transporte.

O sexo está classificado em duas categorias, masculino e feminino. A idade está classificada da seguinte forma, idade igual ou inferior a 14 anos, idade entre 15 e 24 anos, idade entre 25 e 44 anos, idade entre 45 e 64 anos e idade igual ou superior a 65 anos. O nível de instrução está classificado da seguinte forma, nenhum ou 1º ciclo incompleto, ensino básico completo (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completo), ensino secundário completo e ensino superior completo. Já a licença de condução está dividida em 2 categorias, tem ou não tem licença de condução. O motivo da viagem é classificado nas seguintes categorias, ir/voltar do trabalho, ir/voltar da escola ou atividades escolares, Lazer e Desporto e Compra

de Bens e Serviços. Por fim, o modo de transporte é dividido em Carro, Autocarro, a Pé e Bicicleta. A Tabela 19 lista as estatísticas descritivas das variáveis selecionadas.

Tabela 19 – Estatística descritiva das variáveis selecionadas

Variáveis	Observações (ou %)	Média	Mínimo	Máximo
Tempo de Viagem (min)	4064	20,5min	0,97	120
Sexo (1 Masculino, 0 Feminino)	48,7%		0	1
Idade Igual ou inferior a 14 anos	10,5 %		0	1
Idade entre 15 e 24 anos	10,3 %		0	1
Idade entre 25 e 44 anos	32,1 %		0	1
Idade entre 45 e 64 anos	32,9 %		0	1
Idade igual ou superior a 65 anos	14,2 %		0	1
Nenhum ou 1º ou 2º ou 3º ano incompletos	6,6 %		0	1
Ensino Básico (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completo)	49,2 %		0	1
Ensino Secundário (12º ano de escolaridade completo)	19,7 %		0	1
Ensino Superior (Bacharelato, Licenciatura, Mestrado, Doutoramento, Curso técnico superior profissional)	24,5 %		0	1
Licença de Condução (1 Sim, 0 Não)	71,5%		0	1
Ir/Voltar do trabalho	43,5 %		0	1
Ir/volta da escola ou atividades escolares	13,4 %		0	1
Levar /buscar /acompanhar familiares ou amigos	11,8 %		0	1
Atividade de Lazer e desporto	20,3 %		0	1
Compra de Bens e Serviços	11,0 %		0	1
Modo de transporte Carro	74,3 %		0	1
Modo de transporte Autocarro	5,3 %		0	1
Modo de transporte andar a Pé	19,4 %		0	1
Modo de transporte Bicicleta	1,1 %		0	1

2. Resultados do modelo

A Tabela 20 apresenta as estimativas dos parâmetros do modelo de risco estimados através das variáveis selecionadas (NLogit 5.0). Importa referir que o sinal negativo de um parâmetro fornece o efeito sobre a duração e não o efeito sobre o risco. Assim, as variáveis explicativas são definidas para representar todos os fatores que provavelmente, afetam o tempo de viagem.

Tabela 20 – Resultado da estimação do modelo

Variáveis	Modelo <i>Weibul</i> com heterogeneidade gama	
	Variáveis Independentes Tempos de Viagem	
	Coefficientes	Erro Padrão
Constante	2,68853	0,0471
Sexo	0,1151	0,02441
Idade menor ou igual a 14 anos	-0,23406	0,06452
Idade entre 15 e 24 anos	0,11109	0,05035
Idade entre 45 e 64 anos	0,08556	0,03053
Idade igual ou superior a 65 anos	0,2914	0,04128
Nenhum ou 1º ou 2º ou 3º ano incompletos	-0,11419	0,05360
Ensino Secundário (12º ano de escolaridade completo)	0,15716	0,03441
Ensino Superior (Bacharelato, Licenciatura, Mestrado, Doutoramento, Curso técnico superior profissional)	0,42754	0,03195
Licença de Condução	-0,10214	0,03949
Ir/volta da escola ou atividades escolares	-0,01981	0,05140
Levar /buscar /acompanhar familiares ou amigos	-0,24173	0,04019
Atividade de Lazer e desporto	-0,11907	0,03350
Compra de Bens e Serviços	-0,07384	0,04213
Modo de transporte Autocarro	0,41798	0,05966
Modo de transporte A Pé	-0,23182	0,03340
Modo de transporte Bicicleta	0,22835	0,16849
Teta	0,74291	0,06312
Parâmetros de densidade subjacente à significância dos dados:		
Parâmetro	Estimado	
Lambda	0,06252	
P	2,08162	
Mediana	15,26001	

A partir dos resultados, apresentados na Tabela 2, verifica-se que o parâmetro P do modelo *Weibull* com heterogeneidade gama é positivo (indicando uma função que aumenta uniformemente). Posto isto, segundo a Figura 33, o risco não é constante na duração, observando-se que a probabilidade do tempo de viagem ser de 1 min é de aproximadamente 1; enquanto que a probabilidade do tempo de viagem ser superior a 100 min é quase 0. Por outro lado, a função de risco não é uniforme, ou seja, aumenta até que o tempo de viagem atinja cerca de 15 min e diminui a partir daí (Figura 32).

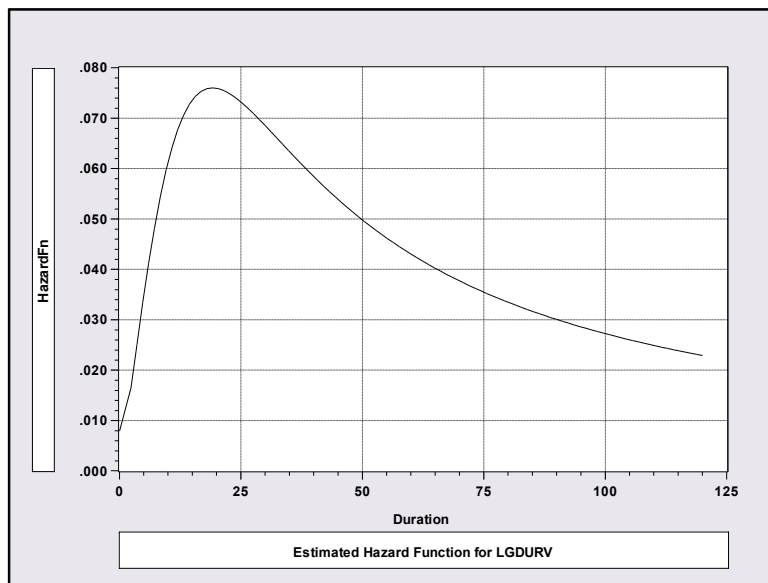


Figura 32 – Função de risco - Tempo de Viagem

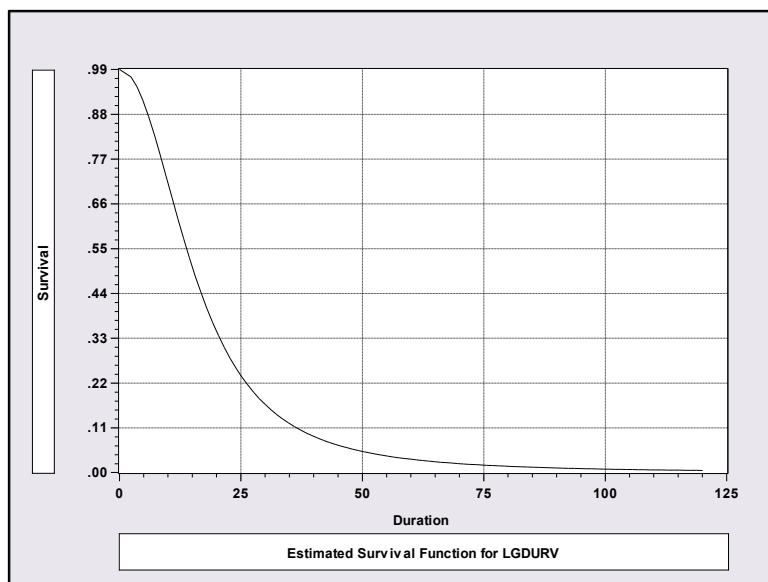


Figura 33 – Função de sobrevivência – Tempo de Viagem

3. Análise dos resultados do modelo

Após a apresentação dos resultados na Tabela 20, verifica-se que as características socioeconómicas afetam o tempo de duração das viagens. Os utilizadores do sexo masculino apresentam um tempo de viagem ligeiramente superior aos utilizadores do sexo feminino. Os utilizadores com idade igual ou superior a 65 anos apresentam o maior tempo de viagem, demonstrando um padrão de viagem distinto para esta faixa etária. Por outro lado, os utilizadores com idade igual ou inferior a 14 anos apresentam o menor tempo de viagem, uma vez que a localização das escolas está normalmente perto da zona de

residência. É também de salientar que este segmento da população é o mais dependente, visto que é composto por bebés, crianças em idade pré-escolar e crianças a frequentar o ensino básico.

O nível de instrução dos indivíduos afeta de forma linear o tempo de viagem. Os indivíduos com Nenhum, ou 1º, ou 2º, ou 3º ano incompletos, apresentam o menor tempo de viagem, que poderá estar associado com o tipo de atividade profissional destes indivíduos. Por outro lado, os indivíduos que apresentam o maior tempo de viagem são os indivíduos com formação de ensino superior, que poderá estar relacionado com o facto deste segmento da população ter acesso a atividades profissionais associadas a cargos executivos em empresas, cujos rendimentos poderão permitir a realização de deslocações casa-trabalho mais longas. Por fim, os indivíduos com o ensino secundário completo e com o ensino básico completo apresentam o segundo e o terceiro maior tempo de viagem, respetivamente. Estes dois segmentos da população são constituídos principalmente pela classe operária, onde a maioria trabalha perto da zona de residência.

Relativamente à licença de condução, verifica-se que os indivíduos que apresentam habilitações para condução de veículos motorizados apresentam tempos de viagem menores que os indivíduos que não possuem esta habilitação.

Em relação aos atributos da viagem, é possível constatar que as viagens com o motivo “Ir/Voltar do trabalho” apresentam os maiores tempos de viagem, que poderá estar relacionado com o facto da realização de deslocações em horas de ponta, ou seja, sujeitas a níveis mais elevados de congestionamento para chegar ao local de trabalho. Já, as viagens com o motivo “Ir/Voltar da escola ou atividades escolares” apresentam o segundo maior tempo de viagem, uma vez que os centros escolares, das escolas do 2º e do 3º ciclo, bem como das escolas do ensino secundário, estarem localizadas no centro urbano da cidade, obrigando os alunos a fazer deslocações maiores e em arruamentos mais congestionados. As viagens com o motivo “Levar /buscar /acompanhar familiares ou amigos” apresentam o menor tempo de viagem, cujos motivos habituais passam por acompanhar alguém ao médico, levar crianças à escola ou ir buscar alguém ao trabalho. O motivo “Lazer e Desporto” apresenta os segundos menores tempos de viagem. Normalmente, estas viagens são feitas nas imediações da área de residência e, na maior parte das vezes, são feitas através de modos ativos (a pé ou de bicicleta), resultando em viagens mais curtas e com menor duração. As viagens com o motivo “Compra de bens e serviços” apresentam o terceiro maior tempo de viagem, que poderá estar associado à localização das

áreas comerciais (*e.g.*, supermercados), das unidades hospitalares ou serviços públicos em relação aos locais de residência dos habitantes da Póvoa de Varzim.

Em relação às variáveis do modo de transporte da viagem, o modo de transporte pedonal apresenta os menores tempos de viagem, uma vez que este modo de transporte é maioritariamente utilizado para realizar viagens de curta distância e curta duração. O modo de transporte autocarro apresenta o maior tempo de viagem, que está associado ao facto deste modo de transporte efetuar várias paragens para recolher ou descarregar passageiros e, conseqüentemente, apresentar uma menor velocidade de circulação em comparação com o modo de transporte carro, apesar de ambos estarem sujeitos aos mesmos problemas de congestionamento. O modo de transporte bicicleta apresenta o segundo maior tempo de viagem, visto que a população que opta por este modo de transporte tende a fazer viagens mais longas que o modo de transporte a pé e, no caso específico da Póvoa de Varzim, tão longas como como as viagens de autocarro e carro, dando origem a viagens com maior duração.

4. Cálculo do tempo crítico do potencial de alteração modal

Para melhor entender como as características da população influenciam as viagens ao longo do tempo, foram selecionados vários utilizadores tipo (nove homens e nove mulheres) da população ativa do sistema de transportes e mobilidade do município de Póvoa de Varzim, cujos valores dos parâmetros do modelo para avaliar a resiliência associada a uma potencial alteração do modo de transporte se apresentam na Tabela 21.

Tabela 21 – Principais tipos de indivíduos pertencentes à população Ativa

Indivíduo	Variáveis												
	Sx	Idd1	Idd2	Idd4	Idd5	NI1	NI2	NI3	LC	MotV2	MotV3	MotV4	MotV5
Homem 1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Homem 2	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Homem 3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Homem 4	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Homem 5	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Homem 6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Homem 7	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Homem 8	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Homem 9	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mulher 1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mulher 2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Mulher 3	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mulher 4	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mulher 5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Mulher 6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mulher 7	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mulher 8	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Mulher 9	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Considerando os vários tipos de utilizadores da população ativa apresentados na Tabela 21, quer homens, quer mulheres, analisou-se a probabilidade de uma viagem terminar ao fim de um determinado tempo com base nos resultados obtidos no modelo *Weibull* com heterogeneidade gama. Deste modo, na Figura 34 apresentam-se os resultados da aplicação do modelos aos 18 grupos de utilizadores tipo, sendo possível observar a variação da probabilidade de uma viagem terminar em função do tempo para os diferentes modos de transporte.

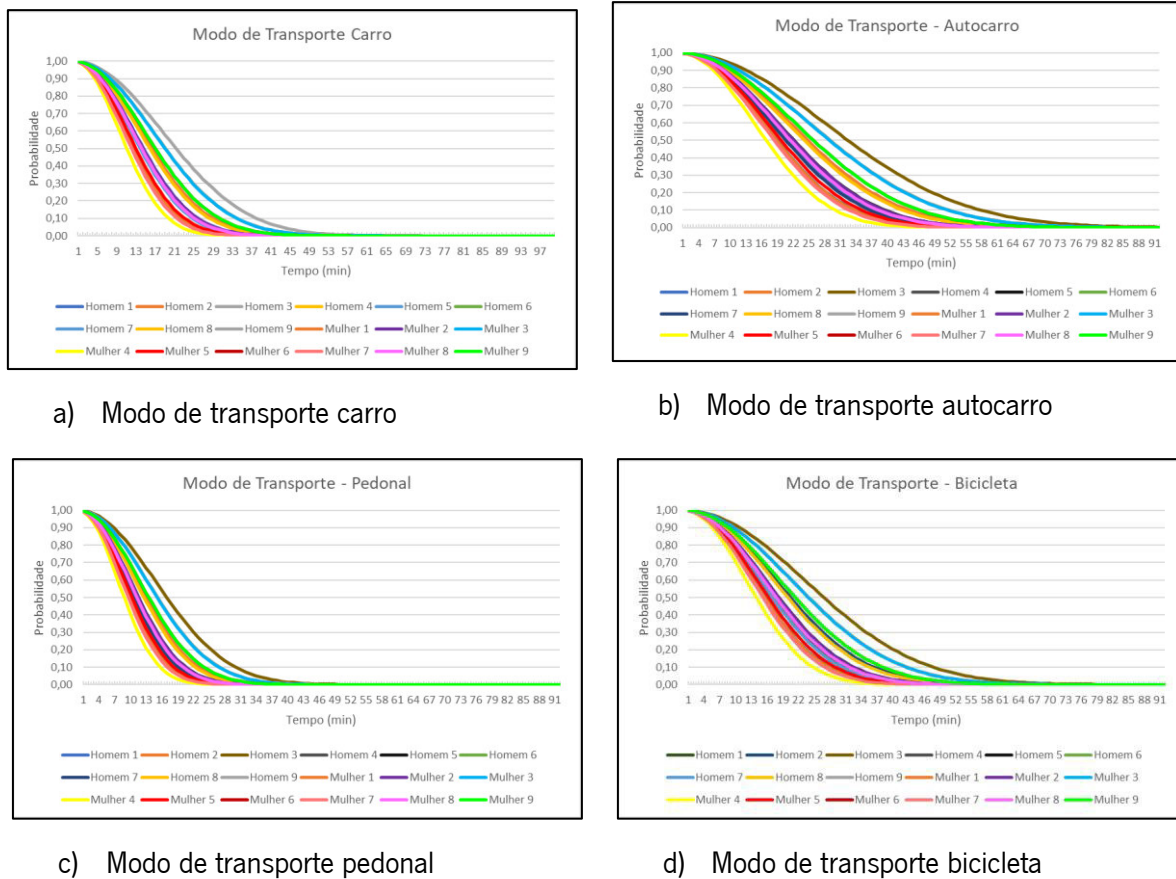


Figura 34 – Probabilidade de uma viagem terminar tendo em conta o Tempo de Viagem

A partir da Figura 34 é possível ver as variações da probabilidade de uma viagem num determinado modo de transporte terminar ao fim de um certo tempo de viagem, tendo em conta as características do tipo de utilizador. Assim, quanto maior for o tempo de viagem, maior é a probabilidade de esta já ter terminado.

Por conseguinte, foram calculados os tempos críticos (T_c) para a sobrevivência das viagens num determinado modo de transporte, admitindo que para o valor de P inferiores a 50% existe uma forte probabilidade de a viagem nesse modo de transporte não terminar e, conseqüentemente, a viagem passar a ser realizada noutra modo de transporte.

Deste modo, tendo em conta o tempo de viagem em cada modo de transporte, para cada grupo (tipo) de indivíduos, foi determinado o tempo crítico por modo de transporte. Por fim, foi calculada a média ponderada do tempo crítico de um determinado modo pela percentagem de indivíduos de cada grupo na amostra total para se obter um valor médio do tempo crítico associado a cada modo de transporte, como é possível observar na Tabela 22.

Tabela 22 – Tempo crítico de viagens dos modos de transporte

Género	Homem									Mulher											
	15 – 24 anos			25 – 44 anos			45 – 64 anos			15 – 24 anos			25 – 44 anos			45 – 64 anos					
Idade	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp			
Instrução	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp	B	Sc	Sp
Percentagem Amostral (%)	4,0	2,1	0,3	8,2	6,2	11,0	12,9	5,0	5,9	7,0	1,7	1,6	4,0	6,8	10,6	9,5	3,5	9,3			
Modo	Carro																				
Utilizador	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Tempo (min)	14,00	16,30	21,30	12,50	14,60	19,10	14,00	16,00	19,10	12,50	14,60	19,00	11,10	13,00	17,00	12,10	14,10	17,00			
Tempo médio (min)	16,55																				
Modo	Autocarro																				
Utilizador	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Tempo (min)	21,10	24,70	32,40	19,00	22,10	29,00	20,60	24,10	29,00	19,00	22,00	29,00	17,00	19,70	26,00	18,40	21,50	26,00			
Tempo médio (min)	25,07																				
Modo	A Pé																				
Utilizador	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Tempo (min)	11,00	13,00	17,00	9,90	11,60	15,10	11,00	12,60	15,10	9,90	11,60	15,10	9,00	10,30	13,50	9,60	11,30	13,50			
Tempo médio (min)	13,11																				
Modo	Bicicleta																				
Utilizador	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9			
Tempo (min)	17,50	20,40	27,00	15,60	18,30	24,00	17,00	20,00	24,00	15,60	18,30	24,00	14,00	16,40	21,50	15,30	17,80	21,50			
Tempo médio (min)	20,74																				

A partir dos resultados apresentados na Tabela 22 verifica-se que os tempos críticos para cada modo de transporte são os seguintes: 16,55 min. para o carro; 25,07 min. para o autocarro; 13,11 min. para o pedonal e 20,74 min. para a bicicleta.

De acordo com a metodologia proposta, a partir deste tempo crítico para o modo carro (modo crítico) será possível avaliar a componente da resiliência na mobilidade associada à respetiva potencial alteração modal para a população ativa do município de Póvoa de Varzim. Para esse efeito, serão classificadas as viagens das zonas de origem como “+ Resiliente”, quando o tempo de viagem é menor ou igual ao tempo crítico ($T_{viagem} < TC$) e “- Resiliente”, quando o tempo de viagem é maior que o tempo crítico ($T_{viagem} > T_c$). Neste sentido, assume-se que o sistema é mais resiliente quanto o indivíduo termina a sua viagem no modo habitual, que neste caso será o carro. Por outro lado, o sistema tenderá a ser potencialmente menos resiliente quando um indivíduo tenha de mudar de modo para terminar a sua viagem.

Deste modo, para determinar os tempos de viagem entre as diferentes zonas da cidade da Póvoa de Varzim será realizado um modelo mesoscópico de tráfego, que se apresenta na próxima secção. Importa ainda realçar que este modelo também servirá para aferir o impacto no tráfego rodoviário dos cenários

de rutura da rede de transportes e mobilidade desta cidade, que serão testados na fase final da aplicação da metodologia de avaliação de resiliência proposta nesta tese.

IV.3.1.3. Modelo de tráfego de Póvoa de Varzim

1. Enquadramento geral

A construção e desenvolvimento de um modelo de tráfego inicia-se com o processo de tomada de decisão em relação à definição do nível de detalhe e, conseqüente, recolha da informação que é necessária para um bom desempenho do mesmo. Após essa fase, é então possível proceder-se à codificação da rede, *i.e.*, ao tratamento dos dados de forma que estes sejam passíveis de interpretação de uma forma automática (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Tendo em conta a rede a modelar, a tomada de decisão poderá ser auxiliada por uma análise crítica das respostas ao conjunto das três seguintes questões ((HMSO, 2001; FHWA, 1983) em Tavares (2003)).

- Qual o objetivo do modelo?

Neste ponto e com base na(s) estratégia(s) a avaliar ou estudo(s) a realizar deverá ser definida a escala da rede bem como as infraestruturas e modos de transporte a analisar.

- Qual o tipo de informação que deverá estar disponível?

A disponibilidade de dados que influenciam a construção do modelo em relação ao funcionamento da rede são os dados geográficos e em relação à caracterização da procura são os socioeconómicos.

- Qual o tempo e recursos disponíveis?

A construção de um modelo a partir do zero pode influenciar a rede a modelar, pois esta é muito dependente dos dados existentes e dos recursos disponíveis. Nesta análise está presente a seleção do tipo de software de cálculo mais adequado para os objetivos traçados, bem como as suas especificações.

Após a clarificação destas três questões, o desenvolvimento e construção do modelo inicia-se pela definição do zonamento e seleção dos arcos e nós que constituirão a rede a modelar. A seleção da rede a modelar e o zonamento estão intimamente ligados, visto que existe uma relação direta entre estes dois aspetos, sem esquecer os objetivos da afetação. Assim, os mesmos devem ser estabelecidos de forma a permitirem um dimensionamento eficiente para o objetivo final previamente fixado.

Uma vez definido o nível de detalhe do modelo, procede-se à codificação da rede, de maneira a que seja possível o seu processamento e respetiva análise com recurso a processos de cálculo automático, *i.e.*, a software especializado. A codificação, embora seja muito dependente do software de afetação utilizado, consiste, de uma maneira geral, na identificação dos nós e, conseqüentemente, dos arcos que constituem a rede selecionada, bem como na definição dos seus atributos, sendo esta uma tarefa indispensável para a simulação das condições operacionais de funcionamento da rede viária (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Por último, de forma a atingir uma boa representação das condições de funcionamento de uma rede, é necessário e fundamental proceder-se a um detalhado processo de calibração, para tentar corrigir os erros de codificação e minimizar os erros de previsão. Depois da calibração do modelo será possível realizar a sua validação com o objetivo de se obter um modelo fiável e com capacidade para a realização de estudos associados a alterações ao nível da oferta e procura da rede modelada (Tavares, 2003).

Não obstante, um modelo de tráfego pode ser classificado quanto à sua dimensão, nomeadamente, micro, meso e macroscópico. Neste caso em específico trata-se de um modelo mesoscópico, daí ter-se optado pela utilização de um software de modelação que tem por base o modelo clássico de transportes (modelo de 4 etapas). Assim sendo, o foco desta secção é a descrição e a construção do modelo de tráfego da cidade da Póvoa de Varzim e sua envolvente.

Por outro lado, importa ainda destacar que no mercado, a oferta de software que permite a realização/elaboração de modelos de transportes é vasta, tendo-se optado nesta tese pela utilização do software PTV Visum, pois possui várias vantagens, tais como facilidade de aprendizagem e garantia de qualidade dos resultados obtidos. Este também é composto por vários módulos que permitem não só a representação, simulação da mobilidade de vários modos de transporte (transporte individual, transporte coletivo, bicicletas, peões) em conjunto ou isoladamente, como também o cálculo de emissões poluentes oriundas do tráfego. Para além disso, este software é o líder para a análise de afetação de tráfego, previsões e gestão de dados baseados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (PTV GROUP, 2017).

2. Software de modelação – PTV Visum

No mercado, a oferta de software que permite a realização/elaboração de modelos de transportes é vasta, optando-se pela utilização do software PTV Visum, pois possui várias vantagens, tais como

facilidade de aprendizagem e garantia de qualidade dos resultados obtidos. Este também é composto por vários módulos que permitem não só a representação, simulação de vários modos de transporte (transporte individual, transporte coletivo, bicicletas, peões), em conjunto ou isoladamente, como também o cálculo de emissões poluentes oriundas do tráfego e simulação e cálculo da mobilidade da população. É o software líder para a análise de afetação de tráfego, previsões e gestão de dados baseados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (PTV GROUP, 2017).

3. Desenho da rede de transportes

a) Definição de zonamento

A construção de um modelo de transportes é composta por várias fases, sendo o zonamento a primeira delas. O zonamento é a definição de um sistema de zonas que corresponde a uma tarefa de elevada importância, pois é a base para representação das origens e dos destinos das viagens. As zonas são áreas geográficas que dividem a área de estudo em áreas mais pequenas e relativamente homogêneas em relação ao uso do solo e às tipologias das atividades económicas existentes, que traduzam e representem níveis de atração e geração de viagens (procura) semelhantes nessas áreas.

A divisão em zonas deve-se ao facto de ser impossível representar cada habitação, emprego, comércio ou qualquer outra atividade geradora de viagens como um par isolado origem-destino. Desta forma, estas entidades são agregadas em zonas que posteriormente serão representadas por um só nó, denominado de centroide, que concentra todas as origens e destinos dessa zona (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Simplificadamente, a área modelada é usualmente dividida em duas áreas, uma “interna” e outra “externa” diferenciadas pelo nível de detalhe na caracterização das áreas. Esta subdivisão da área a analisar é bastante usada em redes urbanas em que os “centros urbanos” são isolados, constituindo a área “interna”, sendo a rede nesta zona modelada e caracterizada com grande detalhe, tanto na definição de um sistema de zonas mais fino (de menor dimensão) como na consideração de todas as tipologias de vias. Assim, ao serem caracterizados todos os movimentos com as condições de funcionamento mais próximas da realidade dota-se o modelo da capacidade de fornecer as melhores estimativas das viagens nesta área (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Para a área “externa” a modelação é geralmente realizada tendo apenas em consideração as viagens associadas à área “interna”, *i.e.*, não só as viagens com origem ou destino em zonas da área “interna”,

mas também as viagens entre as zonas da área “externa” que utilizem a rede da área “interna”. Na modelação da área “externa” podem ser seguidos dois tipos de abordagem (Ortúzar & Willumsen, 2011; Tavares, 2003):

- As viagens externas são importadas para a rede nos locais de atravessamento do cordão;
- Definição de uma rede externa com menos detalhe, devendo esta rede ser selecionada tendo fundamentalmente em atenção as principais vias que atravessam o cordão e a conectividade entre as mesmas (é de realçar que com esta definição terá que se definir um segundo cordão exterior para as viagens “mais” exteriores serem importadas).

Optar pela definição de uma rede externa, embora seja mais exigente no que diz respeito à modelação, é preferível inicialmente, uma vez que permite eventuais reafectações das viagens nestas áreas. É de salientar que com a utilização da primeira técnica a informação relativa aos extremos das viagens é “perdida”, devendo-se ter especial atenção e cuidado em relação aos percursos entre os pares origem-destino que poderiam evitar a zona central (Ortúzar & Willumsen, 2011).

A definição das zonas, tal como a sua dimensão, deve ser muito bem ponderada tendo em conta não só os objetivos do modelo, mas também a rede em análise, uma vez que o zonamento é um fator crítico para uma maior aproximação à realidade do modelo, designadamente no que diz respeito às viagens inter e intrazonas. Assim, a caracterização das zonas deve ter em conta os seguintes fatores (Ortúzar & Willumsen, 2011):

- 1) O tamanho do zonamento deve ser tal que o erro de agregação causado pela suposição de que todas as atividades concentradas no centroide não seja muito grande;
- 2) O sistema de zonamento deve ser compatível com outras divisões administrativas, particularmente com zonas definidas nos censos;
- 3) As zonas devem ser tão homogéneas quanto possível em relação ao uso do solo e/ou população;
- 4) Os limites das zonas devem ser compatíveis com os limites de sistemas de zonamento existentes noutros trabalhos;
- 5) A forma das zonas deve permitir uma fácil determinação de seus conectores, que é particularmente importante para a estimativa posterior das características intrazonais;
- 6) As zonas não precisam ser do mesmo tamanho; no mínimo, estas poderiam ter dimensões semelhantes em unidades de tempo de viagem, ou seja, gerando-se zonas de menores dimensões em áreas congestionadas.

No que diz respeito aos centroides, normalmente, estes devem estar localizados no centro geográfico de cada zona, não sendo esta definição o elemento crítico na afetação do tráfego, devendo os mesmos coincidir de preferência com locais de geração de tráfego, *e.g.*, parques de estacionamento. A sua ligação com a rede é que assume extrema importância, uma vez que a mesma tem influência na seleção dos percursos e nos volumes nos arcos, pois é nestes pontos de ligação que as viagens com origem em cada zona “aparecem” e com destino em cada zona “desaparecem” (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Sempre que haja possibilidade as ligações dos centroides à rede devem ser feitas nos arcos do nível da hierarquia mais baixo e/ou para os quais os resultados da afetação não têm importância, devendo evitar-se ligações a arcos em que existem observações, a interseções importantes e a arcos que possam construir um caminho alternativo (Tavares, 2003).

A definição das zonas e das suas ligações à rede, *i.e.*, ligações dos centroides aos arcos ou nós da rede, é de extrema importância, uma vez que pode ter uma grande influência nos resultados do modelo, pelo que deve ser realizada e testada com cuidado através da utilização do conhecimento local do funcionamento da rede, de forma a minimizar os erros de agregação/simplificação associados a estes conceitos.

4. Caracterização e definição de rede

Uma rede de transportes é uma representação do sistema viário convertido em arcos e nós, de maneira a que este seja analisado recorrendo a processos de cálculo automático, para previsão dos padrões da deslocação e, com base nestas, para o estudo e análise de certas variáveis de tráfego (Ortúzar & Willumsen, 2011).

A seleção das vias rodoviárias a incluir na rede também representa uma tarefa de extrema importância para o desenvolvimento de um modelo, uma vez que permite definir a infraestrutura de transporte base do sistema viário a analisar. Para uma boa escolha da rede a modelar devem ser considerados os seguintes critérios ((HMSO, 1996 e 1991; FHWA, 1983) em Tavares (2003)):

- delimitação da área de estudo e eventual subdivisão em zona interior e exterior de acordo com os objetivos;

- classificação e hierarquização da rede viária de acordo com as suas funções de acessibilidade/mobilidade (*e.g.*, IC's, IP's, vias coletoras, distribuidoras principais, distribuidoras locais e vias de acesso local);
- seleção dos arcos assegurando que se incluem as vias com o nível de hierarquia imediatamente inferior aquele para o qual se pretendem obter bons resultados de afetação (*e.g.*, se o objetivo do estudo for o de obter volumes nas vias coletoras, a rede deverá ser formada por estas e pelas distribuidoras principais);
- seleção de arcos adicionais, mesmo quando não pertencem aos níveis hierárquicos a estudar, nas seguintes situações:
 - os vários tipos de vias selecionadas não originam uma rede contínua;
 - existência de vias com volumes elevados de tráfego;
 - existência de vias “paralelas” que em conjunto sejam responsáveis pela afetação de grandes volumes de tráfego, definindo um eixo (normalmente nestes casos e por simplificação substituem-se várias vias por apenas um eixo);
 - estabelecer ligações a centroides.

a) Elementos da rede

Para a criação de uma rede no software PTV Visum, é necessário ter conhecimento sobre os vários elementos que constituem a rede a modelar. De seguida serão descritos os elementos que foram desenhados e caracterizados de acordo com as características físicas reais das vias e interseções.

i. Nós (Nodes) e Viragens (Turn)

Os Nós são objetos da rede que definem a localização das interseções na rede modelada e são os pontos onde se iniciam e terminam os arcos. Estes elementos constituem os pontos onde se dão as viragens (*turns*) de um arco para o outro, representando cruzamentos e definindo os movimentos descritos pelos utilizadores da rede.

- **Intervalo Crítico**

O intervalo crítico é aplicado aos movimentos não prioritários de uma intersecção e pode ser definido como o tempo mínimo necessário entre veículos consecutivos na corrente principal para um veículo da corrente secundária poder avançar. Tendo em conta esta definição, pode-se considerar que um condutor rejeita qualquer intervalo de tempo inferior ao crítico e aceita intervalos maiores ou iguais ao crítico. Este

tempo crítico impõe um atraso nos movimentos direcionais para os veículos da corrente secundária (Tavares, 2003).

Na Tabela 23 apresentam-se os valores para o intervalo crítico, em segundos, baseados em estudos nos Estados Unidos e preconizados no *Highway Capacity Manual* (HCM - TRB, 2010), que poderão ser utilizados como valores base a introduzir no modelo. Nos modelos de afetação esta variável é normalmente utilizada para a calibração das capacidades calculadas dos movimentos não prioritários.

Tabela 23 – Valores para o intervalo crítico (segundos) (adaptado de (HCM - TRB, 2010)

Movimento	Nº de vias na estrada principal	
	2	4
Viragem à esquerda na via principal	4,1s	4,1s
Viragem à direita na via secundária	6,2s	6,9s
Viragem à esquerda na via secundária	7,1s	7,5s
Atravessamento da via principal	6,5s	6,5s

ii. Arcos (Links)

Os arcos ligam os nós, descrevendo a estrutura da rede e podem ser usados por um conjunto de sistemas de transporte (modos de transporte), representando assim vários tipos de infraestruturas de transporte, *e.g.*, uma infraestrutura rodoviária, ferroviária ou outro tipo de infraestrutura. Um arco é representado como um elemento com uma determinada direção e é descrito pelo número do nó de início e do nó de fim.

O PTV Visum permite a criação de vários tipos de arcos, ou seja, a criação de arcos modelo em que se atribuem as características do tipo de via (autoestrada, IC, IP, circulares, variantes, etc.) (PTV GROUP, 2017). O tipo de arco é escolhido aquando da sua criação, podendo as suas características serem alteradas. Posto isto, é necessário definir os principais parâmetros dos arcos, ou seja, a capacidade e velocidade de circulação do tráfego.

- **Capacidade**

A capacidade prática pode ser definida como o número máximo sustentável de veículos que pode passar numa dada secção ou num segmento uniforme de uma infraestrutura rodoviária, durante um determinado período de tempo e sobre certas condições da via, geométricas, de tráfego, de ambiente e

de controlo, sendo geralmente expressa em veículos ou unidades de veículos ligeiros por hora (Tavares, 2003).

Para a definição da capacidade dos arcos foi adotada a proposta dos valores da capacidade das vias definidos pelo Departamento de Transportes da Escócia (Transport Scotland, 2015) em função do tipo de via e da velocidade regulamentar. Na Tabela 24 são apresentados os valores da capacidade tendo em conta a tipologia e as características das vias presentes no caso de estudo.

Tabela 24 – Categoria de Vias – Capacidade (Transport Scotland, 2015)

Descrição	Nº Sentidos	Nº de vias x Nº Faixas de Rodagem	Localização	Velocidade Limite Legal (Km/h)	Capacidade (veic/h/sentido)
Vias Urbanas	1	1x1	Central	48	800
			Não Central	48	800
			Limitrofe	64/80	1500
		1x2	Central	48	1600
			Não Central	48	1600
			Limitrofe	64/80	3000
	2	1x2	Central	48	800
			Não Central	48	800
			Limitrofe	64/80	1500
		2x2	-	48/64/80	3000
Via Rápida Urbana	2	2x2	-	48/64/80	3000
Autoestrada	2	2x2	-	80/96/113	3800
		2x3	-	80/96/113	5700

É importante realçar que a estimação dos valores para as capacidades referidas pressupõe que a codificação dos cruzamentos seja “micro”, ou seja, estes valores são válidos para plena via e não têm em conta as capacidades das intersecções localizadas a jusante. Assim, no caso de uma codificação “macro” dos nós estes valores têm que ser corrigidos face ao tipo de intersecções em que os arcos vão confluir (Tavares, 2003).

Neste âmbito, o Departamento de Transportes do Reino Unido (HMSO, 1999) indica que é necessário aplicar uma correção em intersecções controladas por sinais luminosos, que é definida pela equação 65.

$$Capacidade = S \times \frac{g}{C} \quad (65)$$

Onde:

- S – Capacidade de Saturação da via;
- g – Tempo de verde útil (s);
- C – Ciclo (s).

No que se refere ao cálculo da capacidade para outros tipos de intersecções esta instituição remete para a utilização dos programas de cálculo automático.

- **Velocidade**

A velocidade é definida como a distância percorrida na unidade de tempo considerando uma circulação em regime livre, sendo geralmente expressa em quilómetros por hora ou em metros por segundo. É de salientar que a velocidade a definir nos modelos é a velocidade no tempo, uma vez que deve ser baseada no tempo de percurso que os veículos demoram a percorrer um certo arco. Posto isto, sempre que se refere velocidade subentende-se que a mesma se refere à velocidade no tempo (Tavares, 2003).

O Departamento de Transportes da Escócia (Transport Scotland, 2015) também propõe a utilização de valores padrão, em função do tipo de via e da velocidade limite legal, para a determinação das velocidades em regime livre, que se apresentam na Tabela 25.

Tabela 25 – Categoria de Vias – Capacidade (Transport Scotland, 2015)

Descrição	Nº Sentidos	Nº de vias x Nº Faixas de Rodagem	Localização	Velocidade Limite Legal (Km/h)	Velocidade Regime Livre (Km/h)
Vias Urbanas	1	1x1	Central	48	20
			Não Central	48	30
			Limitrofe	64/80	40/50
		1x2	Central	48	20
			Não Central	48	30
			Limitrofe	64/80	40/50
	2	1x2	Central	48	20
			Não Central	48	30
			Limitrofe	64/80	40/50
		2x2	-	48/64/80	40/60/65
Via Rápida Urbana	2	2x2	-	48/64/80	45/55/70
Autoestrada	2	2x2	-	80/96/113	80/90/100
		2x3	-	80/96/113	80/95/105

Não obstante, para a determinação das velocidades nos arcos será necessário ter em consideração o tipo de modelação nas intersecções, nomeadamente se é “micro” ou “macro”, de forma a contabilizar os atrasos nas intersecções aos arcos.

Posto isto, o *Report 387* (NCHRP (1997) citado por Tavares (2003)) aborda o cálculo da velocidade tendo em conta o atraso devido às intersecções controladas por sinais luminosos, propondo a seguinte expressão (equação 66):

$$U_{FS} = \frac{L}{L/U_F + D/3600} \quad (66)$$

Onde:

- U_{FS} – Velocidade em regime livre corrigida face à presença a jusante de uma intersecção controlada por sinais luminosos;

$$D = 0,5 \cdot D_F \cdot C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2 \quad (67)$$

- D – Atraso (s);
- D_F – Fator de ajustamento do funcionamento dos sinais e da sua coordenação:

$$D_F = \begin{cases} 0,9 \text{ sinais actuados não coordenados} \\ 1,0 \text{ sinais com tempos fixos não coordenados} \\ 1,2 \text{ sinais coordenados em "onda vermelha"} \\ 0,9 \text{ sinais coordenados em "onda verde"} \\ 0,6 \text{ sinais centralizados e coordenados} \end{cases} \quad (68)$$

- C – Ciclo (s);
- g – Tempo de verde (s);
- L – Comprimento do arco (Km);
- U_F – Velocidade em regime livre (Km/h).

Já, o Departamento de Transportes da Escócia (Transport Scotland, 2015) propõe a seguinte contabilização do valor do atraso para as seguintes intersecções:

- intersecções prioritárias
 - movimento de viragem à direita da via principal – 5,7 s;
 - movimento de viragem à esquerda da via principal – 6,5 s;
 - movimento de viragem à direita da via secundária – 7,8 s;
 - movimento em frente da via secundária – 12,2 s;
 - movimento de viragem à esquerda da via secundária – 10,6 s.

b) intersecções giratórias

$$D = \frac{dbc}{js} + 0,25 \cdot U_F - 5,62 - 0,12 \cdot DC + 0,0000367 \cdot U_R \cdot DC \quad (69)$$

Onde:

- D – Atraso (s);

- dbc – Distância percorrida na rotunda (m)

$$dbc = \alpha \cdot \pi \cdot (DC - 7) \quad (70)$$

- α – Proporção da distância percorrida na placa central;

$$\alpha = \begin{cases} 0,25 & \text{movimento de viragem à direita} \\ 0,50 & \text{movimento em frente} \\ 0,50 & \text{movimento em frente} \end{cases} \quad (71)$$

- js – velocidade de circulação na placa central (m/s):

$$js = 0,96 \cdot \sqrt{DC} + 2,03 \quad (72)$$

- U_R – Média das velocidades dos arcos de entrada e de saída (Km/h);

- DC – Diâmetro do círculo circunscrito (m).

iii. Conectores (Connectors)

Os conectores são elementos fictícios que fazem a ligação entre o centroide de uma zona e a rede de transportes. Cada zona tem que estar conectada a pelo menos um conector, de forma que os “utilizadores” possam entrar e sair da zona. Eles representam também a distância a ser percorrida entre o centro geométrico de uma zona e os nós de ligação, ou seja, corresponde a uma rota de entrada e saída entre o centro geométrico da zona e o nó de ligação. Um conector tem, por conseguinte, dois sentidos.

5. Métodos de contagem

As contagens de tráfego têm muitas aplicações que vão desde o estudo da procura em fase de planeamento, projeto, exploração e manutenção das infraestruturas viárias até à avaliação de medidas segundo critérios de eficiência, segurança rodoviária e impactos ambientais. Estas são feitas com o objetivo de se conhecer o número de veículos que passam num determinado ponto da estrada, durante um certo período, permitindo estimar o volume de Tráfego Médio Diário (TMD), a composição do tráfego, etc. (Ortúzar & Willumsen, 2011).

No processo de modelação de transportes, as contagens de tráfego são inseridas na fase de afetação, pois estas permitem fazer a calibração e validação do modelo de tráfego.

- **Técnicas de contagem de veículos**

Habitualmente, é possível definir 3 tipologias de contagens: manuais, automáticas ou com recurso a câmaras de vídeo. A sua escolha e utilização dependem de vários fatores, tais como, os recursos humanos e materiais disponíveis, as características locais, a precisão exigida para os resultados finais, o volume de dados a recolher e a duração do período de observação (Seco et al., 2008).

- **Contagens manuais**

As contagens dos veículos são realizadas no local por observadores, a quem anteriormente lhes foi comunicado com clareza as tarefas a desempenhar. É a técnica mais simples não necessitando da colocação em funcionamento de qualquer equipamento de medida e tem a vantagem de poder contar com a capacidade humana de observação, que é muito importante, sobretudo nos casos de se pretender complementar informação recolhida, *e.g.*, com a taxa de ocupação dos veículos ligeiros, ou se a própria contagem exigir o conhecimento que a trajetória dos veículos, como acontece na contagem de tráfego dos movimentos direcionais dos cruzamentos. No caso dos volumes de tráfego e/ou períodos de observação serem extensos, esta técnica deixa de ser aconselhável, uma vez que o esforço exigido pode ultrapassar as limitações humanas, ou então se o número de observadores necessário tornar os custos inportáveis (Seco et al., 2008).

- **Contagens automáticas**

Este tipo de contagem requer a instalação de equipamentos de medição no terreno, o que pode obrigar à interrupção da circulação, sendo especialmente recomendados para períodos longos de observação, que justifiquem o custo da sua aquisição, instalação e manutenção. No geral, a precisão dos contadores automáticos é boa, sendo fácil o tratamento dos dados recolhidos através de software próprio. Contudo, já não é possível recorrer apenas a este tipo de equipamentos quando se pretende medir certas variáveis de tráfego que exijam o seguimento da trajetória dos veículos. Estes sistemas baseiam-se na deteção dos veículos que conforme o tipo de sensores utilizado, pode efetuar a contagem dos eixos dos veículos ou a passagem do veículo com recurso a ondas eletromagnéticas (Seco et al., 2008).

- **Contagem a partir de imagens de vídeo**

Neste método, são recolhidas e gravadas imagens da(s) corrente(s) de tráfego em análise para depois serem analisadas em gabinete. Este caso, em princípio, não dispensa a presença de observadores no trabalho de contagem de veículos propriamente dito, só que estes serão necessários apenas no momento do visionamento das imagens recolhidas e não no terreno, como acontece nos métodos manuais (Seco et al., 2008). Existe ainda no mercado software com capacidade de analisar as imagens e fornecer o vasto conjunto de informações sobre as diferentes correntes de tráfego, como as trajetórias, volumes, velocidades, entre outras.

6. Construção de uma matriz OD

A matriz de Origem-Destino (OD) é um dos principais *inputs* e *outputs* dos modelos de transportes, uma vez que representa o padrão do fluxo de viagens entre zonas numa determinada área de estudo. A matriz OD relaciona potenciais deslocamentos de pessoas e mercadorias numa região. Na sua estrutura bidimensional, cada elemento representa as viagens entre uma origem e um destino (Ortúzar & Willumsen, 2011).

No planeamento de transportes uma das fases mais importantes é a estimação do número de viagens entre as zonas da área de estudo, nomeadamente, para a sua utilização em modelos de simulação de tráfego. O conhecimento da distribuição espacial da oferta e da procura é uma condição essencial para o dimensionamento de um sistema de transportes, pois a determinação dos volumes de tráfego nos segmentos que compõem a rede viária deve-se à afetação das viagens com base na matriz OD da rede. Os resultados da matriz OD permitem definir políticas de transportes, tendo por base a realização de previsões e modelações através da construção de cenários prospetivos de forma a analisar várias situações de comportamento da procura de transportes para a rede (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Durante a construção de uma matriz OD, são utilizadas 3 fases processo do modelo de quatro passos, sendo estas a geração/atração de viagens, distribuição de viagens e repartição modal.

O método mais utilizado para a construção de matrizes OD é o da estimação direta simples, que abrange vários tipos de pesquisa, como entrevistas no domicílio e na via, assim como observação e contagem de matrículas. Assim, é possível determinar o número de viagens produzidas e atraídas por uma certa zona e como as viagens entre zonas se distribuem. Os inquéritos poderão ainda permitir o levantamento do

modo de transporte utilizado, que possibilitará a conhecer a respetiva repartição modal das viagens (Ortúzar & Willumsen, 2011).

a) **Matrizes no PTV Visum**

No PTV Visum existem dois tipos de matrizes:

- Matriz OD, que são utilizadas para caracterizar a procura de transporte entre uma zona de origem e uma zona de destino;
- Skim Matrices, que permitem caracterizar a relação entre uma zona de origem e uma zona de destino para determinados valores de impedância (tempo, distância, custo generalizado, etc.).

i. Matriz OD

As matrizes OD podem ser criadas diretamente no PTV Visum, ou carregadas, sendo que estas terão que ser sujeitas ao tratamento necessário de forma que não se verifique a ocorrência de erros no seu processamento (não correspondência das zonas, dados alterados, etc.). A dimensão das matrizes OD depende do número de zonas criadas, *i.e.*, esta sofre alterações com a criação e eliminação de zonas. Estas também podem ser alteradas durante o processo de afetação, ou seja, os dados podem ser reajustados a qualquer momento diretamente na matriz OD (PTV GROUP, 2017).

ii. Skim Matrices

As matrizes OD podem ser criadas diretamente no PTV Visum, ou carregadas, sendo que estas terão que ser sujeitas ao tratamento necessário de forma que não se verifique a ocorrência de erros no seu processamento (não correspondência das zonas, dados alterados, etc.). A dimensão das matrizes OD depende do número de zonas criadas, *i.e.*, esta sofre alterações com a criação e eliminação de zonas. Estas também podem ser alteradas durante o processo de afetação, ou seja, os dados podem ser reajustados a qualquer momento diretamente na matriz OD (PTV GROUP, 2017).

7. Afetação no software PTV Visum

O PTV Visum dispõe de um vasto número de modelos de afetação. Desde modelos dinâmicos, em que o tempo é um dos objetos de modelação, e modelos estáticos, em que esta variável não é tida em conta. Os modelos mais frequentes nos estudos de afetação são os modelos estáticos, mais concretamente o modelo de equilíbrio e o modelo estocástico.

O modelo de equilíbrio efetua a distribuição da procura de tráfego baseando-se no primeiro princípio de John Wardrop (analista inglês de transportes, que publicou o seu trabalho em 1952), segundo o qual cada condutor escolhe o caminho de forma que a sua viagem tenha a menor duração/custo possível. Este princípio foi bem-recebido por se tratar de uma descrição simples, mas suficientemente realista da distribuição de percurso sujeitos a determinadas condições de tráfego. Este método baseia-se, inicialmente, num modelo incremental de afetação dos dados de viagens, que leva o condutor a selecionar um de dois caminhos com a mesma impedância (duração/custo). Considera-se assim, que se está numa situação regida por um modelo de equilíbrio quando não é possível ao condutor diminuir o seu tempo de percurso sem intervenções exteriores sobre as quais não tem poder de decisão (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Ao contrário do modelo de equilíbrio, o modelo estocástico tem como base uma distribuição probabilística, sendo sujeito a uma aleatoriedade que deriva, *e.g.*, do hábito e das preferências de cada condutor. Desta forma, a solução deste modelo não é única. No modelo estocástico, os parâmetros como o tempo e a distância são entendidos de uma forma subjetiva por cada condutor, em que a combinação deste entendimento com as preferências próprias de cada condutor originará escolhas que seguindo o princípio de Wardrop, não seriam tidas em conta. Assim, são calculados não só o caminho com a menor impedância, mas também outros com impedâncias superiores que dependendo do modelo de distribuição adotado vão ser utilizados como alternativas (Ortúzar & Willumsen, 2011).

Estes dois modelos são utilizados principalmente quando se está na presença de redes congestionadas. Porém, quando se trata de uma rede com um elevado número de caminhos alternativos entres os pares OD e em que o grau de saturação não seja muito elevado utiliza-se o modelo estocástico, de maneira a tentar refletir a diferente perceção de custos dos utilizadores e, conseqüentemente, a repartir adequadamente as viagens pelas várias hipóteses. À medida que o grau de saturação da rede vai aumentando consideravelmente, deve-se optar pelo modelo de equilíbrio, uma vez que é mais eficiente e o efeito da restrição referente à capacidade tende a distribuir adequadamente as viagens pelos vários percursos possíveis entre pares de zonas, sem recorrer à lógica estocástica de distribuição dos processos de decisão dos condutores (Tavares, 2003).

É de salientar ainda que quando se está a trabalhar com modelos estocásticos ou de equilíbrio ter-se-á obrigatoriamente de calibrar o denominado parâmetro de dispersão, que fixa a variabilidade das viagens

pelos caminhos que não correspondam ao do custo mínimo, realçando-se a grande importância que a fixação do valor para o parâmetro de dispersão assume no processo de afetação (Tavares, 2003).

8. Processos de calibração e validação do modelo

Nos pontos seguintes serão descritos os processos de calibração e validação durante a modelação de uma rede de transportes, tendo na sua base a utilização do software PTV Visum.

a) TFlowFuzzy

Os modelos de equilíbrio, só por si, conseguem encontrar soluções matematicamente viáveis para a identificação dos percursos mínimos (menor distância/custo) de uma viagem entre os vários pares OD. No entanto, muitas vezes quando se faz a comparação dos resultados de afetação de tráfego, entre os fluxos de tráfego instalados nos arcos da rede (modelados) com os valores de contagens de tráfego reais, verifica-se que existem grandes diferenças de valores. Estas diferenças poderão ter duas origens, a má calibração dos parâmetros da rede (que origina a escolha de percurso alternativos, diferentes daqueles escolhidos na realidade) e a utilização de matrizes OD incompletas (obtida através de dados parciais e que é necessário completar).

Neste contexto, o PTV Visum possui uma ferramenta, designada de *TFlowFuzzy*, que possibilita a utilização das contagens de tráfego reais para corrigir os fluxos iniciais da matriz OD, de forma que os resultados das afetações gerem fluxos nos arcos, ou viragens, selecionados o mais próximo possíveis dos valores das contagens de tráfego (PTV GROUP, 2017). Mais concretamente, o *TFlowFuzzy* corrige a matriz inicial comparando os fluxos de tráfego nos arcos e viragens resultantes da afetação com as contagens de tráfego carregadas, com o objetivo final de validar essas contagens através do ajustamento da matriz OD, de maneira a aproximar o melhor possível os volumes de tráfego modelados aos volumes de tráfego reais.

No entanto, como em todos os processos de correção de matrizes, com o *TFlowFuzzy* os novos dados da matriz são calculados com o recurso a um processo iterativo, baseando-se nos percursos calculados a partir de pares OD individuais. Este procedimento pode ser utilizado em várias situações (PTV GROUP, 2017), como:

- quando a matriz OD, obtida com base em dados de inquéritos, está desatualizada e se quer atualizar, sem recorrer a um novo levantamento. A atualização deve basear-se apenas em dados de contagens;
- quando se quer calibrar uma matriz gerada a partir de um modelo de planeamento de transportes (como o modelo de quatro passos), usando apenas contagens de tráfego;
- quando se quer melhorar uma matriz gerada a partir de dados incompletos ou não confiáveis, utilizando dados atuais de volume e contagens mais fiáveis;
- para a criação de matrizes OD a partir de dados de contagens, sendo que para isso se deve criar uma matriz OD inicial de valor constantes, cujo valor é definido pelo modelador.

O algoritmo *TFlowFuzzy* auxilia a resolução destes problemas, tanto para o transporte coletivo, como para o transporte individual. A atualização apenas afeta a matriz OD e não a série temporal, *i.e.*, refere-se sempre ao volume total em vez do volume por intervalo de tempo (PTV GROUP, 2017).

Para a atualização da matriz OD anterior, os valores da contagem são comparados com os volumes de tráfego modelados, que resultam de uma afetação pré-calculada. As diferenças entre os valores das contagens e os valores modelados são equilibradas pelo ajuste da matriz OD para o segmento de procura afetado (transporte individual, transporte coletivo, peão, etc.) (PTV GROUP, 2017).

Este é um processo iterativo, uma vez que começa com a diminuição na margem de erro, ou seja, é criado um intervalo de valores onde os valores modelados podem variar em função dos valores reais e utiliza a nova matriz calibrada como base. O processo termina quando não for possível minimizar mais o volume de tráfego dos arcos ou viragens, visto que o *TFlowFuzzy* permite escolher vários tipos de contagens, como o volume nos arcos, o volume nas viragens e o volume nas *screenlines* (PTV GROUP, 2017). A Figura 35 mostra de forma simplificada como é feita a introdução dos dados no *TFlowFuzzy*.

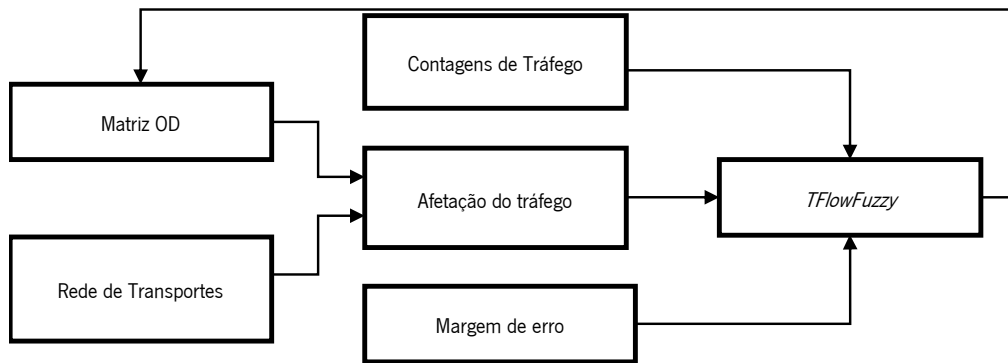


Figura 35 - Processo de calibração do *TFlowFuzzy* (adaptado de PTV GROUP (2020))

b) Parâmetros de calibração e validação

A validade de um modelo de afetação de tráfego deve ser avaliada através da comparação dos volumes de tráfego e viagens, tempos de viagem, comprimentos de fila de espera, obtidos pelo modelo com os valores observados no campo (valores reais).

A calibração dos modelos pode envolver o ajuste das matrizes OD, de forma que os valores modelados coincidam com os valores das contagens de tráfego. A calibração de um modelo de afetação de tráfego deve ser feita em pontos de contagem distintos, ou seja, deve-se escolher de entre os pontos de contagem existentes, aqueles que vão calibrar o modelo. Pontos esses que não serão modelados, ou seja, os valores dessas contagens não serão carregados. Todos os pontos são calibrados e validados da mesma forma, existem pontos para efeitos de calibração, pontos de contagem inseridos no modelo (validados em primeiro) e pontos para validação. Os parâmetros mais utilizados para a calibração do modelo são o GEH e o RMSE (Roads and Maritime Services, 2013).

O GEH é um parâmetro que se utiliza para comparar dois conjuntos de volumes de tráfego (contado e modelado) e recebeu o nome das iniciais do nome de Geoffrey E. Havers, que o inventou em 1970, enquanto trabalhava como planejador de transportes no grande município de Londres. Este parâmetro é inspirado no teste do chi-quadrado (χ^2), podendo ser calculado individualmente, *e.g.*, para cada arco, para conjuntos de arcos que formem um cordão ou uma *screenline*, ou como uma medida global para toda a rede (Ortúzar & Willumsen, 2011). A equação do parâmetro GEH é dada pela equação 73.

$$GEH = \sqrt{\frac{2 \times (V_m - V_0)^2}{V_m + V_0}} \quad (73)$$

Onde:

- V_m – Volume de tráfego modelado numa hora;
- V_0 – Volume de tráfego observado numa hora.

Este parâmetro deve ser interpretado como a raiz quadrada do produto da diferença absoluta ($V_m - V_0$) pela diferença relativa $\left(\frac{V_m - V_0}{0,5 \times (V_m + V_0)}\right)$. Desta forma, pode-se considerar que o parâmetro GEH tem intrínsecos tanto erros relativos como absolutos. É de salientar que a diferença relativa é calculada com a média dos valores observados e modelados no denominador, de forma a evitar eventuais problemas se algum dos valores for nulo (Tavares, 2003).

É também de evidenciar que um erro de 20 em 100 é equivalente a um erro de 90 em 2000 e ambos apresentam um parâmetro GEH semelhante, *i.e.*, o mesmo valor de GEH para duas situações muito distintas de procura, mas para as quais o impacto da diferença entre o observado e o modelado é semelhante (Ortúzar & Willumsen, 2011).

O Erro Quadrático Médio, RMSE (*Root Mean Squares Error*) e o *R-square*, R^2 são medidas estatísticas da correlação entre a totalidade dos dados de contagem definidos e o total dos volumes que o modelo previu. Ao contrário da estatística GEH (que se aplica aos fluxos individuais e *screenlines*), o RMSE aplica-se a todo o conjunto de dados de comparação e é expressa como um valor único (Roads and Maritime Services, 2013). O RMSE é expresso pela equação 74.

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum (V_0 - V_m)^2}{C - 1}}}{\frac{\sum V_0}{C}} \times 100 \quad (74)$$

Onde:

- V_m – Volume de tráfego modelado numa hora;
- V_0 – Volume de tráfego observado numa hora;
- C – Número de locais de contagem.

O parâmetro RMSE é considerado um bom método para avaliar o desempenho e eficiência do modelo. Como este critério é calculado em termos médios, é executada uma série de reproduções do modelo de simulação, normalmente considera-se 10 como número aceitável de repetições (Roads and Maritime Services, 2013).

A obtenção das contagens para a comparação é importantíssima. Segundo Roads and Maritime Services (2013), a comparação dos valores deve corresponder a um $GEH < 2$. Por vezes, a obtenção de múltiplas contagens para avaliar a precisão de outras contagens é impraticável, embora as informações possam ser provenientes de fontes de contagem automática diferentes, onde a inspeção das variações das contagens é recomendada.

Com o objetivo de possibilitar uma interpretação melhor dos resultados dos cálculos, associa-se um gráfico no qual surgem representados os valores das variáveis observadas e modelados, de modo a facilitar a realização da análise visual das divergências entre esses valores. A essa representação é associada uma reta de regressão e um intervalo de confiança de 95%, observando-se que quanto maior for o valor de R^2 associado e quanto menor forem os pontos fora do intervalo de confiança, melhor é o resultado (Ortúzar & Willumsen, 2011).

A Figura 36 permite observar de forma mais clara e simplificada o processo de criação de um modelo de transporte.

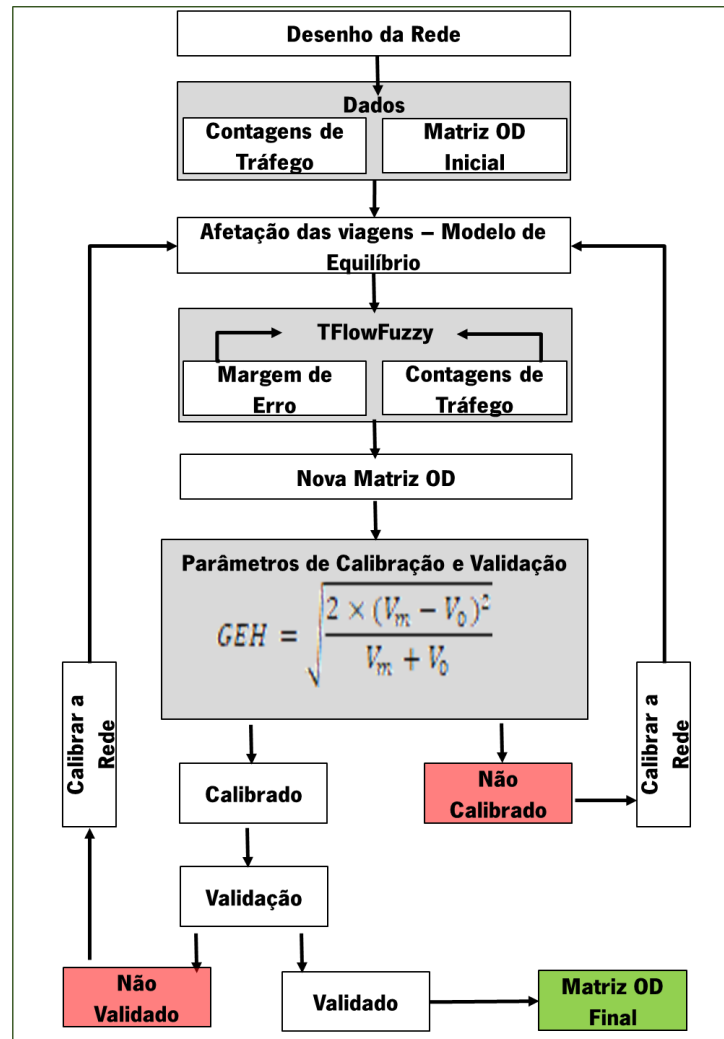


Figura 36 – Construção de um modelo de transportes

Por último, para a validação dos resultados, os parâmetros anteriores devem respeitar os seguintes critérios (Roads and Maritime Services, 2013):

- 95 % dos arcos devem ter um $GEH \leq 5,0$;
- 85 % das viragens devem ter $GEH \leq 5,0$;
- todos os arcos e viragens devem ter um $GEH \leq 10$;
- comparar todos os valores modelados com os das contagens (observados);
- o valor de R^2 deve ser maior do que 0,9;
- no gráfico de dispersão devem ser incluídos todos os valores modelados e observados;
- o valor de RMSE deve ser menor ou igual a 30,0.

c) **Validação da Matriz OD final**

A matriz OD final é obtida a partir do ajuste do modelo, de forma que os volumes modelados de tráfego das diferentes secções correspondessem aos valores reais. Segundo Roads and Maritime Services (2013), os volumes modelados raramente replicam com precisão os volumes contados, *i.e.*, ao extrapolar-se a matriz OD modelada, de forma que sejam incluídas todas as viagens, pode-se contribuir para aumentar o nível de imprecisões. Uma vez que o processo de construção de uma nova matriz OD altera a inicial, é importante que estas alterações sejam minimizadas, ou seja, a estimação da nova matriz OD deve realizar o ajuste máximo para toda a matriz e um ajuste mínimo ao nível das células da matriz, pois grandes ajustes podem resultar numa grande perda de ligação entre o processo de modelação e a matriz OD inicial.

As alterações da matriz OD final precisam de ser avaliadas, comparando-a com a matriz OD inicial. Para a verificação da matriz OD final, o Roads and Maritime Services (2013) sugere:

- analisar as diferenças entre os destinos de ambas as matrizes OD;
- analisar as diferenças entre as afetações de tráfego feitas para ambas as matrizes OD;
- verificar a dispersão de valores das viagens entre zonas das matrizes OD inicial e final (o declive da linha de regressão linear deve variar $\pm 2\%$ em relação a 1 e o coeficiente de correlação deve ser maior do que 0,90);
- verificar a dispersão das origens e destinos das viagens para ambas as matrizes (o declive da linha de regressão linear deve variar $\pm 1\%$ em relação a 1 e o coeficiente de regressão linear deve superior a 0,95);
- o desvio-padrão da distribuição de viagens não deve ser maior que 5%.

9. Dados Modelo de Tráfego

a) **Matriz Origem – Destino (OD)**

Os dados sobre as origens e destinos das viagens são provenientes do Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa (IMob) (INE, 2017). Com base no conhecimento da área de estudo, as divisões estatísticas e a informação proveniente do IMob 2017, foi possível definir o zonamento da área de estudo, que se apresenta no mapa da Figura 37.

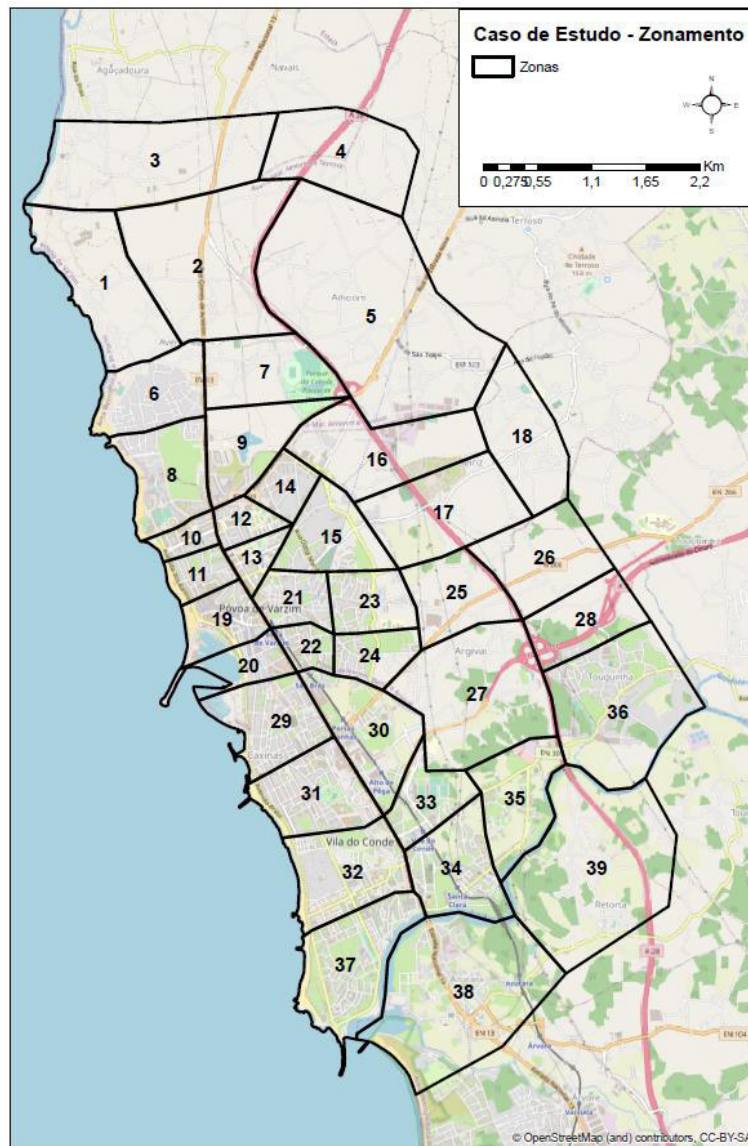


Figura 37 – Zonamento do caso de estudo

b) Contagens de tráfego na Cidade de Póvoa de Varzim

Para a realização deste trabalho foram efetuadas contagens de tráfego na cidade de Póvoa de Varzim e na sua envolvente, que contemplaram as principais vias e pontos de entrada e saída da cidade. Assim, em conjunto com a Câmara Municipal de Póvoa de Varzim, foram efetuadas contagens de tráfego em 36 eixos/vias que se apresentam na Tabela 26 e no mapa da Figura 38.

Tabela 26 – Pontos de contagem de tráfego

Ponto de Contagem	Rua	Número de sentido/contagens
Ponto 1	Rua de Penalves – Póvoa de Varzim	2
Ponto 2	EN205 – Avenida do Mar – Póvoa de Varzim	2
Ponto 3	Rua D. Maria I – Póvoa de Varzim	2
Ponto 4	Rua Cidade do Porto – Póvoa de Varzim	2
Ponto 5	EN13 – Rua Gomes de Amorim – Póvoa de Varzim	2
Ponto 6	EN13 – Rua Gomes de Amorim – Póvoa de Varzim	2
Ponto 7	Avenida Brasil – Vila do Conde	2
Ponto 8	Avenida Comandante Coutinho Lanhoso – Vila do conde	2
Ponto 9	Avenida Doutor António Bento Martins Júnior – Vila do conde	2
Ponto 10	Rua da Caverneira – Póvoa de Varzim	2
Ponto 11	Avenida dos Banhos – Póvoa de Varzim	2
Ponto 12	Avenida Mouzinho de Albuquerque – Póvoa de Varzim	2
Ponto 13	Avenida Santos Graça – Póvoa de Varzim	2
Ponto 14	Avenida Repatriamento dos Poveiros – Póvoa de Varzim	2
Ponto 15	EN205	2
Ponto 16	Avenida 25 de Abril – Póvoa de Varzim	2
Ponto 17	Avenida 25 de Abril – Póvoa de Varzim	2
Ponto 18	EN13 – Rua 5 de Outubro – Vila do Conde	2
Ponto 19	Avenida do Atlântico – Póvoa de Varzim	2
Ponto 20	EN13 – Rua Gomes de Amorim – Póvoa de Varzim	2
Ponto 21	Avenida Nossa Senhora das Neves – Póvoa de Varzim	2
Ponto 22	EN205 – Avenida do Mar – Póvoa de Varzim	2
Ponto 23	Rua Engenheiro Ezequiel Campos EN205 – Póvoa de Varzim	2
Ponto 24	EN13 – Rua Gomes de Amorim – Póvoa de Varzim	2
Ponto 25	Avenida Vasco da Gama – Póvoa de Varzim	2
Ponto 26	EN13 – Rua Gomes de Amorim – Póvoa de Varzim	2
Ponto 27	Rua Manuel Silva – Póvoa de Varzim	1
Ponto 28	Rua Almeida Brandão – Póvoa de Varzim	2
Ponto 29	Via General Humberto Delgado – Póvoa de Varzim	2
Ponto 30	Avenida 25 de Abril – Póvoa de Varzim	2
Ponto 31	Rua Sacra Família – Póvoa de Varzim	2
Ponto 32	EN206 – Póvoa de Varzim	2
Ponto 33	EN13 – Rua 5 de Outubro – Vila do Conde	2
Ponto 34	Rua Padre José Amorim – Póvoa de Varzim	2
Ponto 35	Alameda Linha da Póvoa – Póvoa de Varzim	2
Ponto 36	Rua Pereira Azurara – Póvoa de Varzim	1

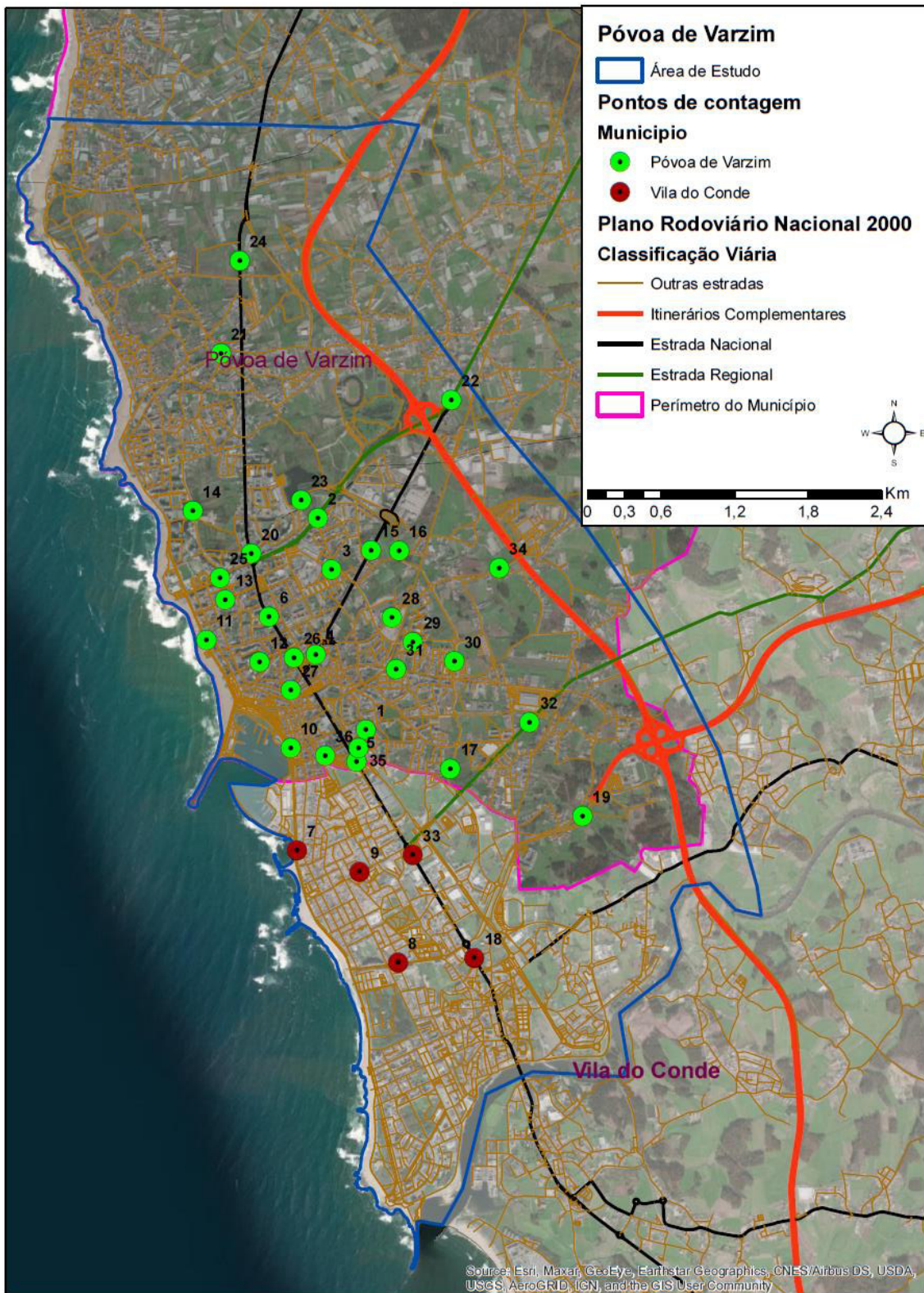


Figura 38 – Pontos de contagem de tráfego

As contagens de tráfego foram realizadas no mês de julho de 2020, ou seja, pós confinamento provocado pela pandemia de COVID19. No entanto, importa destacar que estes valores podem estar algo afastados dos fluxos de viagens das populações no período de pré pandemia, mesmo assim os dados mais recentes e próximos dos valores do ano de 2017 (ano do inquérito – IMob). As contagens foram realizadas no período de ponta da manhã, entre as 07h00 e as 10h00, e incluíram a estratificação em 5 subclasses: motociclos, ligeiros, bicicletas, pesados de mercadorias e pesados de passageiros.

c) Dados de tráfego Autoestradas

Existem várias autoestradas que servem a cidade da Póvoa de Varzim e a sua envolvente, *e.g.*, a A28, A7 e A11. Assim, foram solicitados dados de tráfego às concessionárias das autoestradas indicadas, nomeadamente, Auto-Estradas Norte Litoral que concessionaria a autoestrada A28 e a Ascendi que concessionaria as autoestradas A7 e A11. Os dados enviados pelas concessionárias referem-se a volumes horários e por sentido de tráfego relativos ao mês de março de 2019, devidamente estratificados em veículos ligeiros e pesados. Na Figura 39 e na Tabela 27 são apresentados os troços das autoestradas com a informação de tráfego usada na criação do modelo de tráfego para a cidade da Póvoa de Varzim.

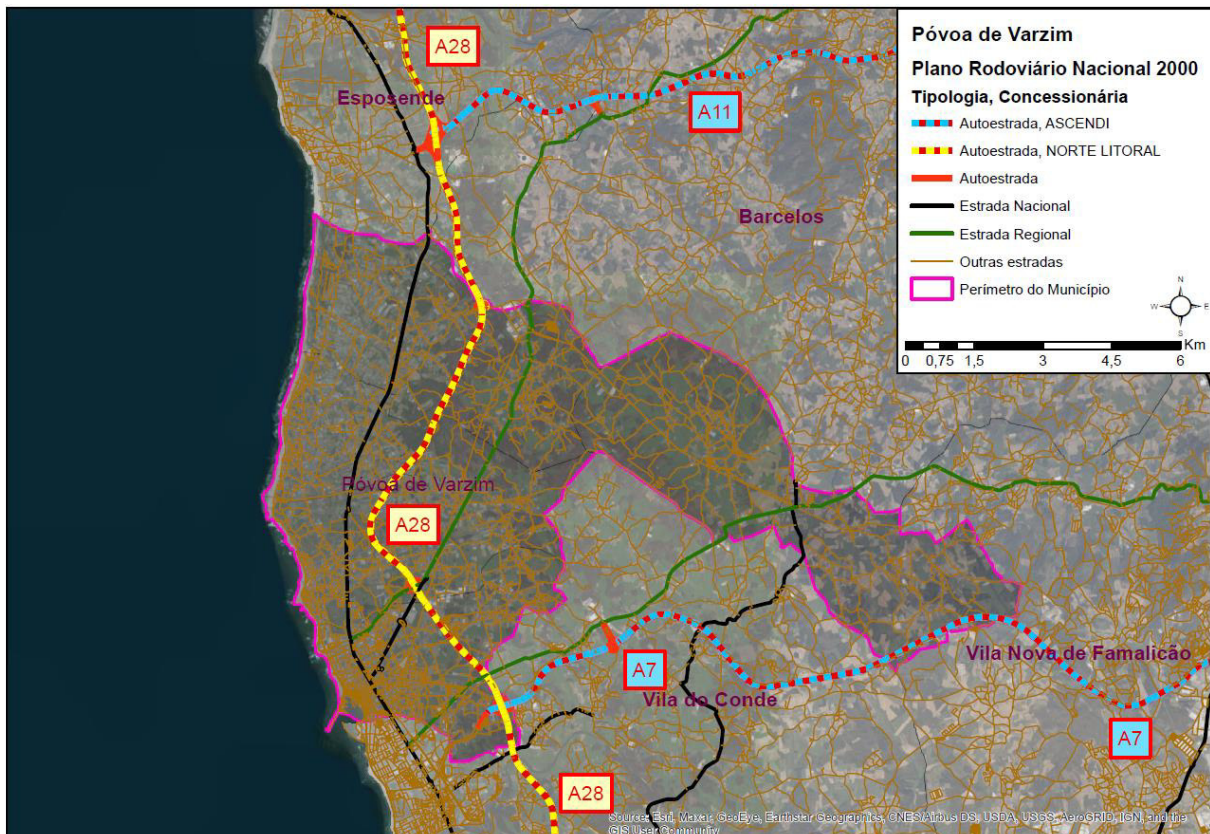


Figura 39 – Autoestradas que prestam serviço a Póvoa de Varzim

Tabela 27 – Lista de troços de Autoestrada solicitados pelos concessionários

Concessionária	Autoestrada	Troços
Auto-Estradas Norte Litoral - Sociedade Concessionária - AENL, S.A.	A28	Saída 12 - Lavra/ Angeiras/ Aveleda <-> Saída 13 - Modivas/Mindelo/ Maia Santo
		Saída 13 - Modivas/Mindelo/ Maia <-> Saída 14 - Santo Tirso / Trofa - Mindelo/ Zona Industrial Varziela/ Fajozes
		Saída 14 - Santo Tirso / Trofa - Mindelo/ Zona Industrial Varziela/ Fajozes <-> Saída 15 - Vila do Conde/ Guimarães/ Famalicão/ Braga
		Saída 15 - Vila do Conde/ Guimarães/ Famalicão/ Braga <-> Saída 16 - Póvoa do Varzim/ Amorim
		Saída 16 - Póvoa do Varzim/ Amorim <-> Saída 17 - Estela/ Laúndos/ Zona Industrial
		Saída 17 - Estela/ Laúndos/ Zona Industrial <-> Saída 18 - Apúlia/ Fão-Braga/ Barcelos
		Saída 18 - Apúlia/ Fão-Braga/ Barcelos <-> Saída 19 - Esposende
Ascendi - Auto-estradas de Portugal, S.A.	A7	IC 1 <-> EN 206
		EN 206 <-> Nó de Famalicão
		Nó de Famalicão <-> Famalicão A3/A7
		Famalicão A3/A7 <-> Ceide
		Ceide <-> Ave
		Ave <-> Nó Selho
		Nó Selho <-> Guimarães Sul
	A11	Nó Apúlia - EN 205 PV
		EN 205 – Barcelos
		Barcelos - Braga Oeste
		Braga Oeste - Braga Ferreiros

10. Caracterização do modelo de tráfego da Cidade de Póvoa de Varzim

a) Resultados da calibração e validação do modelo

Após a calibração do modelo de tráfego, foi possível extrair um vasto conjunto de informação, nomeadamente, no que toca aos volumes de tráfego que se apresentam no mapa da Figura 42 e aos rácios volume/capacidade que se apresentam no mapa da Figura 43, onde é possível identificar os troços mais congestionados da área de estudo.

Com base na comparação entre os volumes observados e modelados traduzidos no cálculo dos parâmetros GEH e RSME (Tabela 28), bem como da análise do gráfico de dispersão apresentado na Figura 40, é possível concluir que o modelo foi devidamente bem calibrado.

Tabela 28 – Calibração das contagens pelos parâmetros GEH e RMSE, hora de ponta da Manhã

GEH			RMSE (%)
	Nº de contagens	Percentagem (%)	
GEH<5	63	95%	9,41 %
5<GEH<10	3	5%	<30%
GEH>10	0	0	OK!!!

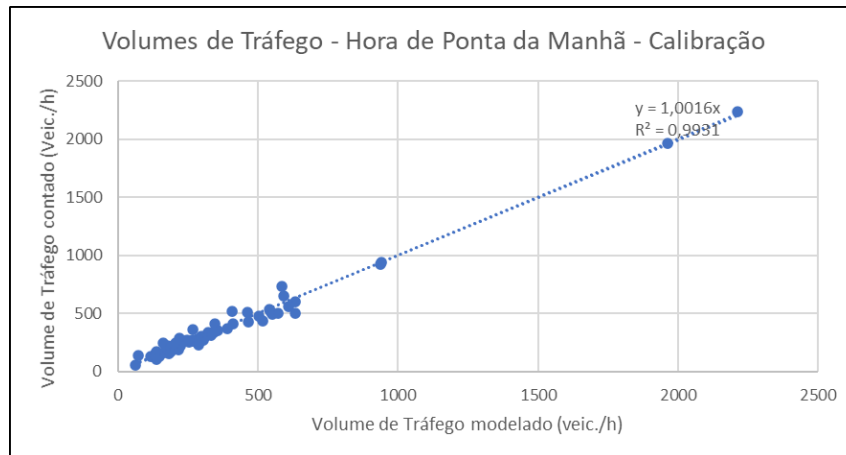


Figura 40 – Gráfico de dispersão calibração – Volume de Tráfego contado vs Volume de Tráfego modelado

Posteriormente, o modelo foi validado recorrendo às contagens de tráfego em cinco pontos relevantes da rede, nomeadamente, ao Ponto 4, Ponto 5, Ponto 16, Ponto 26 e ao troço Póvoa de Varzim – Vila do Conde da autoestrada A28, bem como a respetiva comparação com os valores modelados, aplicando o critério de validação – GEH e RSME, cujos resultados se apresentam na Tabela 29 e no gráfico de dispersão apresentado da Figura 41.

Tabela 29 – Validação das contagens pelos parâmetros GEH e RMSE, hora de ponta da Manhã

GEH			RMSE (%)
	Nº de contagens	Percentagem (%)	
GEH<5	10	100%	2,91 %
5<GEH<10	0	0%	<30%
GEH>10	0	0	OK!!!

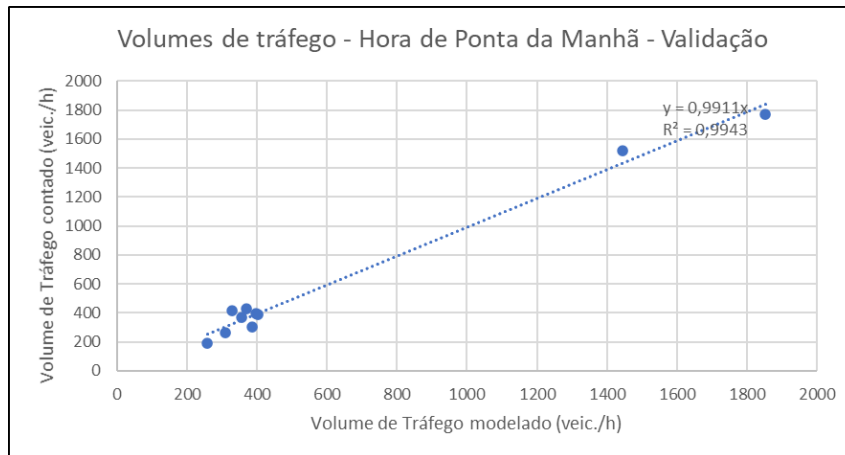


Figura 41 – Gráfico de dispersão validação – Volume de Tráfego contado vs Volume de Tráfego modelado

A partir da matriz OD extrapolada dos dados fornecidos pelo inquérito IMob do INE, das contagens de tráfego realizadas e da informação fornecida pelas concessionárias das autoestradas A28 e A7, foi possível obter um modelo de tráfego que caracteriza as viagens e os volumes de tráfego na hora de ponta da manhã para o caso de estudo. Este modelo encontra-se calibrado e validado, permitindo, assim, considerar que o modelo de tráfego desenvolvido poderá ser usado para a avaliação a resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana da cidade da Póvoa de Varzim, através da definição de cenário de rutura da rede de transportes, e.g., encerramento ao tráfego automóvel de alguns eixos rodoviários importantes da área de estudo.

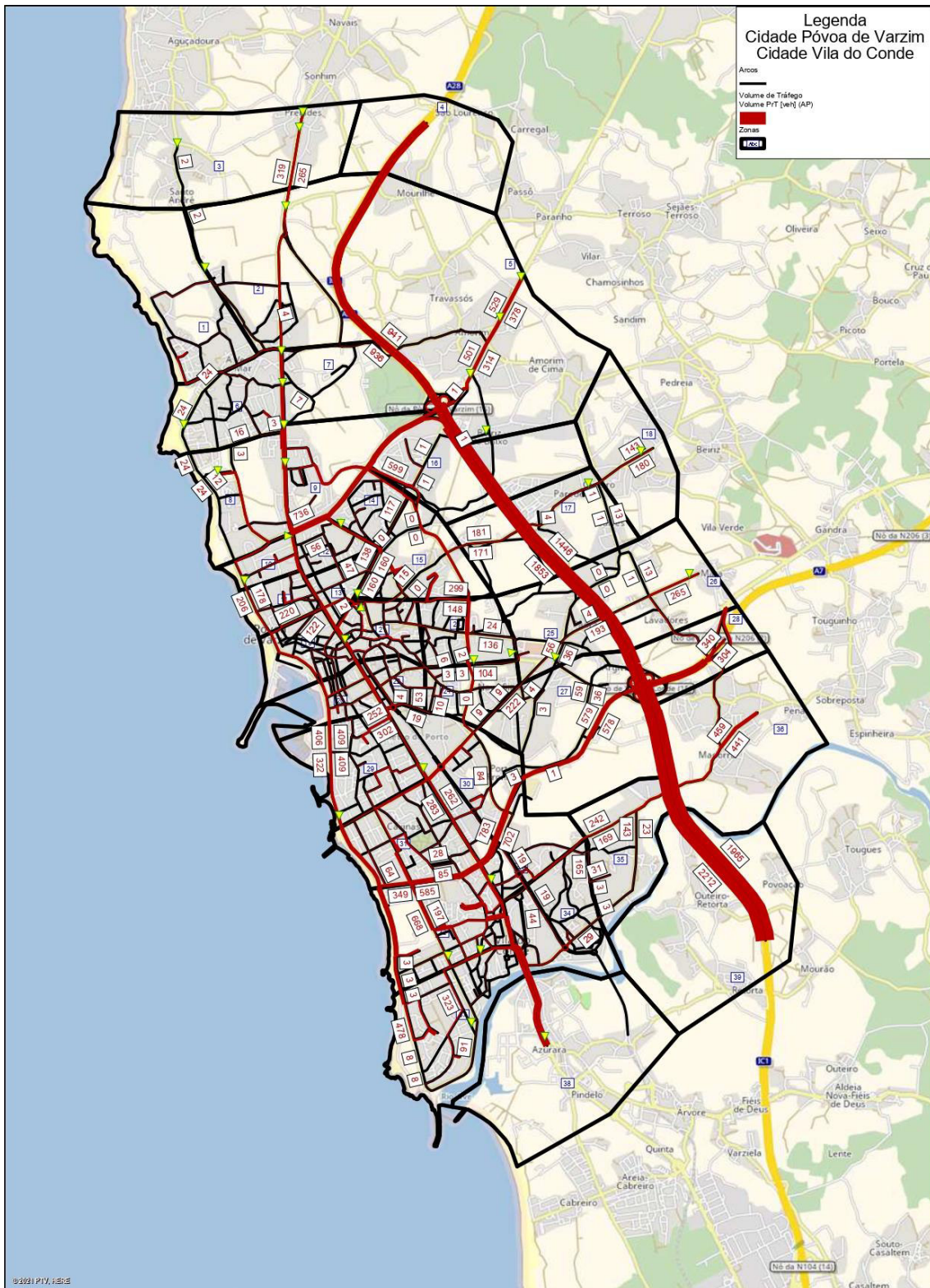


Figura 42 – Volumes de tráfego Hora de Ponta da Manhã

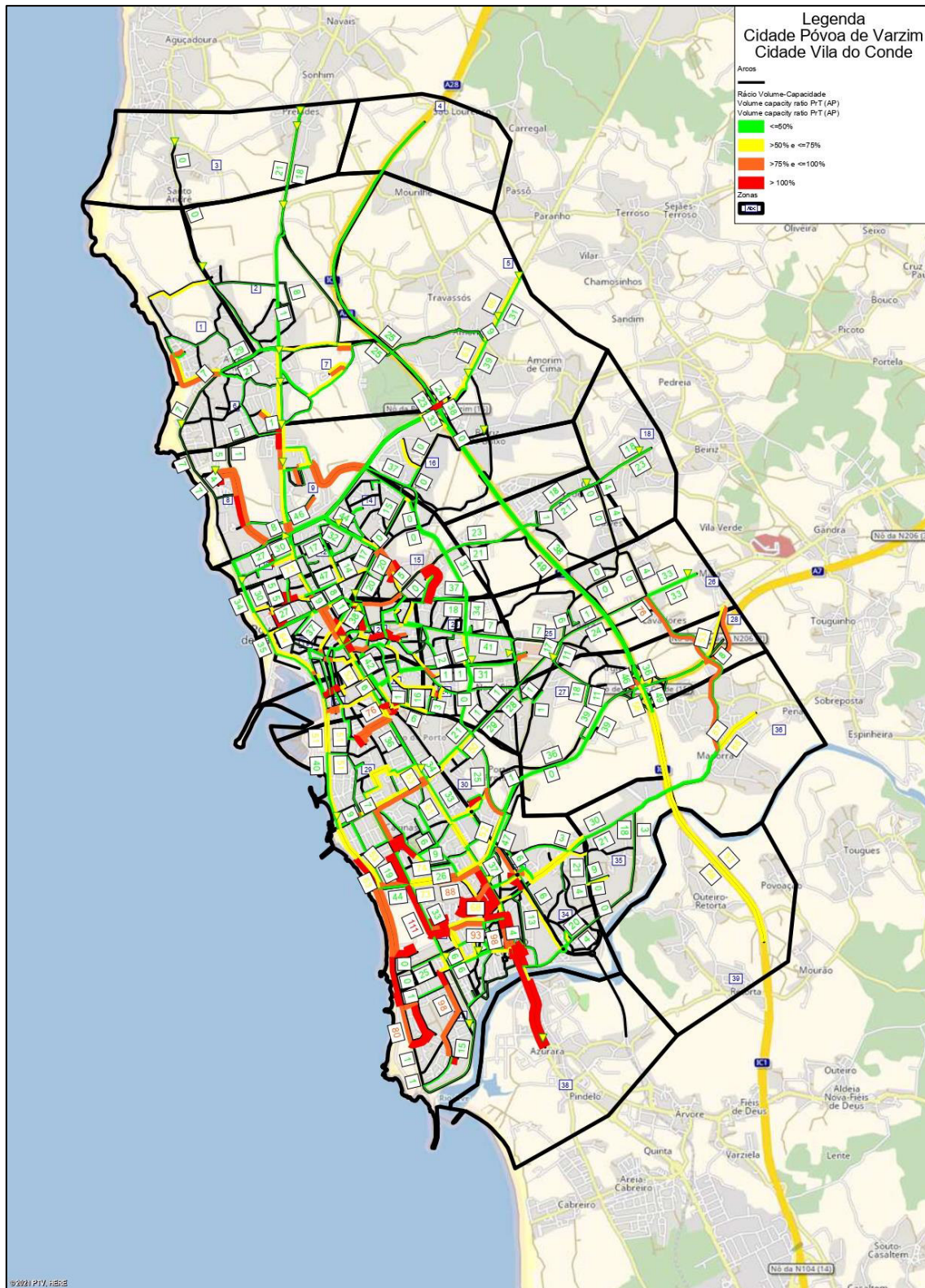


Figura 43 – Rácio volume/capacidade - Hora de Ponta da Manhã

IV.3.1.4. Cenários

1. Enquadramento

A cidade de Póvoa de Varzim não apresenta um histórico de grandes eventos disruptivos que afetassem gravemente o normal funcionamento dos seus sistemas urbanos, com a exceção de pequenas inundações nas zonas costeiras. Esta falta de incidentes deve-se a vários fatores, como uma atividade sísmica muito baixa, um baixo nível de criminalidade, assim como dispor de boas ligações rodoviárias, *e.g.*, autoestradas que permitem a ligação entre as cidades e para fora destas sem causar grandes congestionamentos nos centros urbanos, entre outros.

Como, nos últimos anos, não há registos sobre interrupções que impactassem o normal funcionamento dos sistemas de transportes urbanos e mobilidade da cidade da Póvoa de Varzim, é possível constatar um certo condicionamento no estudo do comportamento das populações relativamente à caracterização e comparação do desempenho dos sistemas urbanos “antes” e “depois” de um grande evento disruptivo, para avaliar os impactos e tempos de recuperação dos sistemas, nomeadamente na fase posterior ao acontecimento. Por conseguinte, neste trabalho será adotado o estudo de cenários hipotéticos que permitam realizar uma avaliação preliminar da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana e a forma como esta pode ser avaliada, tendo em conta as características socioeconómicas atuais da sua população.

2. Caracterização dos cenários

Para avaliar a resiliência dos sistemas de transporte e mobilidade urbana foram desenvolvidos três cenários hipotéticos, que assentam no corte da Estrada Nacional 13 – EN13. A escolha da EN13 recai na importância que esta via rodoviária tem para o normal funcionamento dos sistemas de transporte e de mobilidade na cidade de Póvoa de Varzim, visto que esta é a principal via de ligação entre estas duas cidades.

Na realidade o cenário disruptivo é a interrupção da EN13 à circulação automóvel fruto de um qualquer evento disruptivo. No entanto, para evidenciar a utilidade do modelo proposto nesta tese, como uma ferramenta de avaliação e de suporte à definição de estratégias da resiliência de um sistema de transportes e mobilidade urbana, serão formulados cenários que ilustrem várias estratégias de reabertura da EN13 e como estas afetam os padrões de mobilidade e, conseqüentemente, o impacto que isto terá

na resiliência. As estratégias assentam numa sequência de abertura de troços da EN13, tendo sido definidos os seguintes três cenários:

- **Cenário 1** – restituição gradual dos troços da EN13 no sentido Sul-Norte (Figura 44);
- **Cenário 2** – restituição gradual dos troços da EN13 no sentido Norte-Sul (Figura 45);
- **Cenário 3** – restituição gradual e alternada dos troços da EN13, começando a restituição da periferia para o centro (Figura 46).

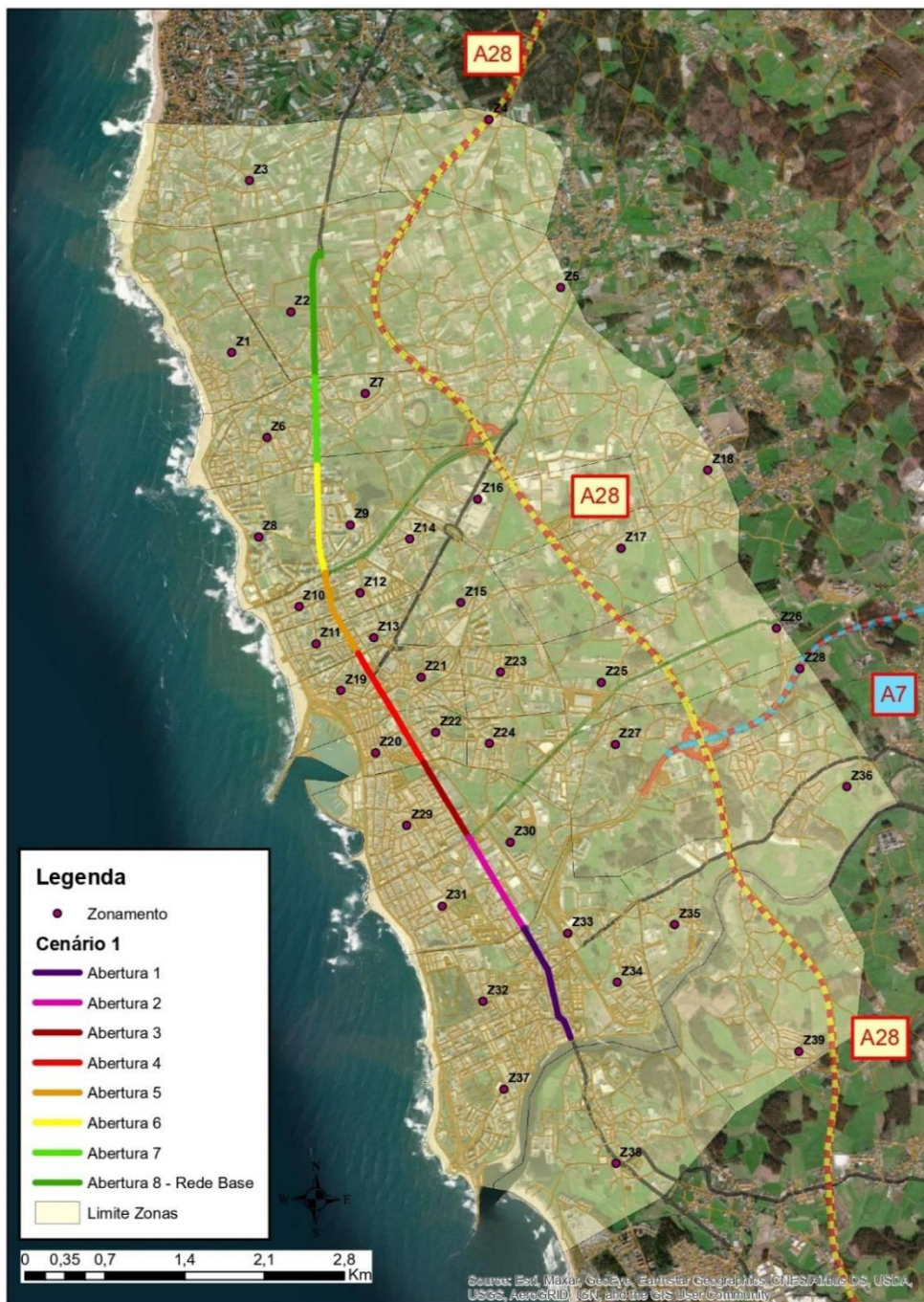


Figura 44 – Estratégia de restituição do Cenário 1

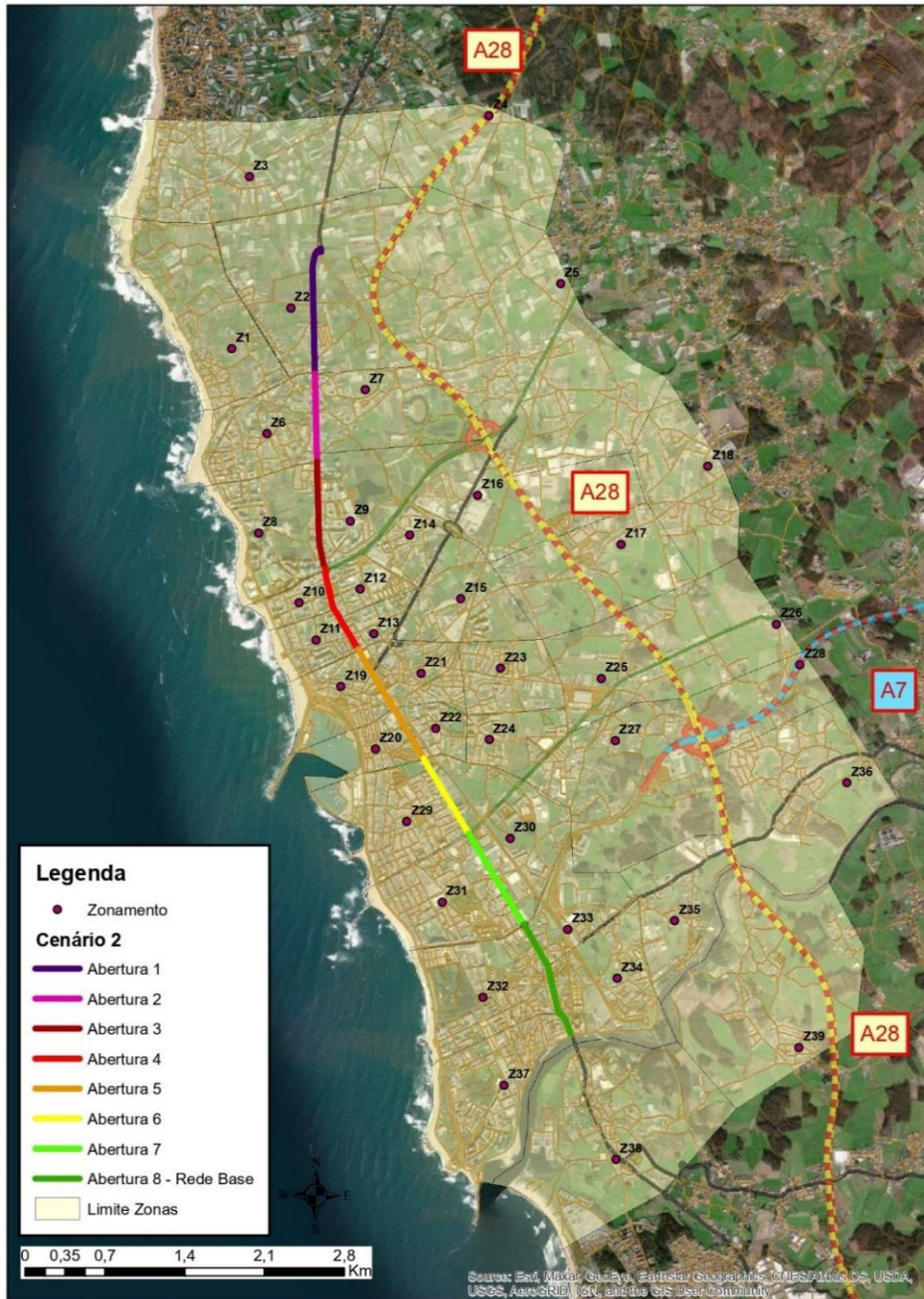


Figura 45 – Estratégia de restituição do Cenário 2

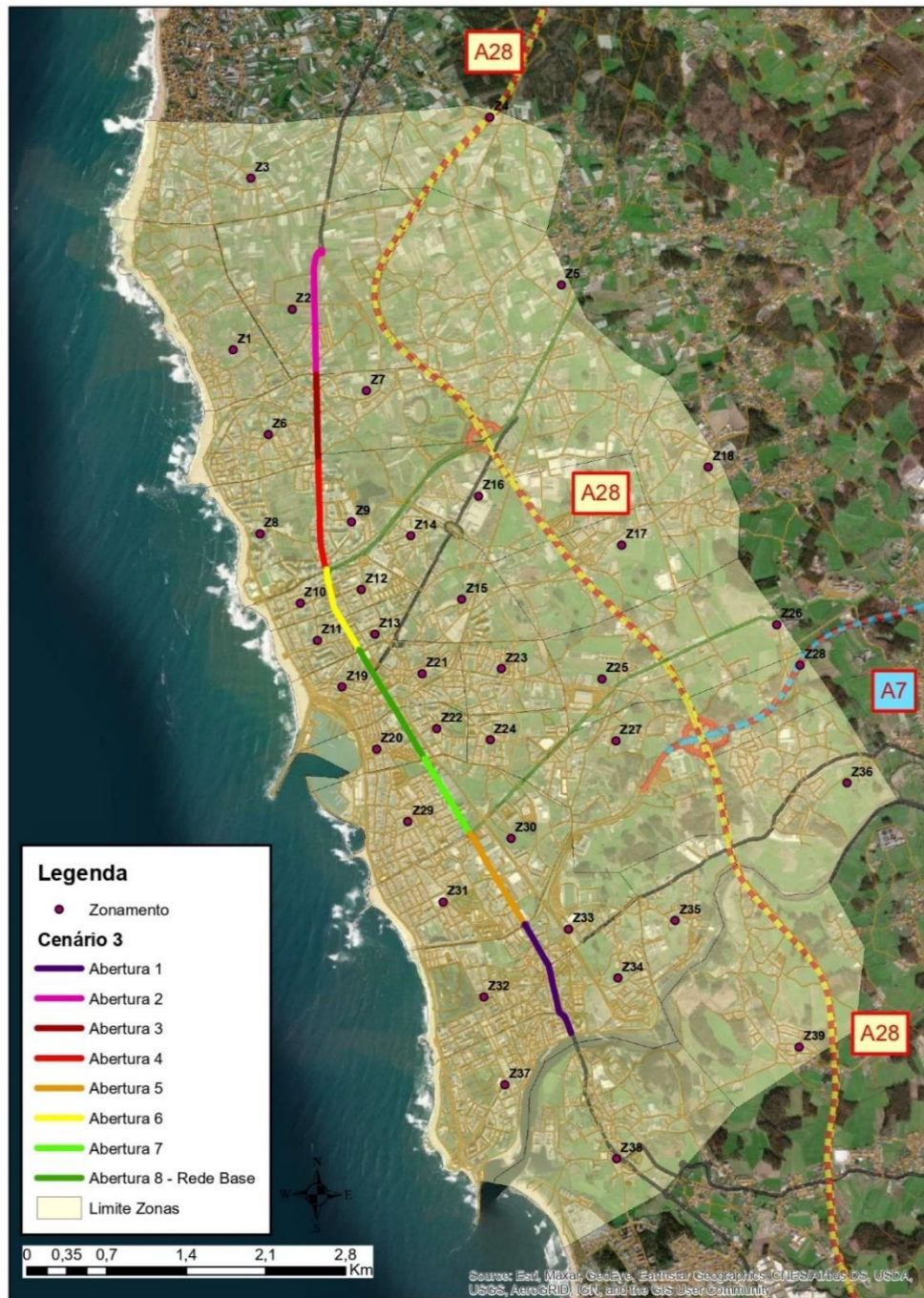


Figura 46 – Estratégia de restituição do Cenário 3

Após a definição das estratégias de restituição nos vários cenários, foram calculados os tempos de viagem para as 39 zonas geradoras de tráfego. Os tempos de viagem foram calculados recorrendo ao modelo de tráfego apresentado no ponto IV.3.1.3., tendo sido considerado que não haveria alteração no volume total das viagens produzidas entre cada par Origem-Destino. Posto isto, a Tabela 30 apresenta as viagens geradas em cada zona de origem tendo por base a matriz OD (ver Anexo E).

Tabela 30 – Viagens geradas por Zona de Origem

Zona	Nº de Viagens	Zona	Nº de Viagens	Zona	Nº de Viagens	Zona	Nº de Viagens
1	480	11	215	21	636	31	1442
2	34	12	183	22	42	32	1920
3	319	13	269	23	203	33	11
4	936	14	238	24	810	34	94
5	529	15	713	25	113	35	47
6	305	16	218	26	686	36	459
7	39	17	40	27	8	37	56
8	311	18	143	28	340	38	818
9	60	19	352	29	649	39	1965
10	501	20	412	30	592	Total	17186

Tendo por base as matrizes de tempo de viagem resultantes do modelo de tráfego, na Tabela 31, Tabela 32 e Tabela 33 apresenta-se o resultado da variação dos tempos de viagem nas diferentes zonas de tráfego para as estratégias definidas nos cenários 1, 2 e 3, respetivamente. Por fim, o Anexo F apresenta as variações nos volumes de tráfego nas diversas estratégias de restituição de um modo mais detalhado.

Tabela 31 – Tempos de viagem médios (min) das Zonas de Origem - Cenário 1

Zona	Cenário 1									Zona	Cenário 1								
	EN13	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	R.B.		EN13	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	R.B.
1	53,1	49,7	49,6	49,2	49,0	48,5	28,8	23,8	23,8	21	16,1	14,2	14,1	12,0	10,0	10,0	9,9	9,9	9,9
2	10,5	10,5	10,5	10,4	10,4	10,3	9,0	8,1	5,4	22	11,4	10,2	10,2	11,0	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
3	24,4	24,5	24,5	24,4	24,3	24,3	23,6	19,7	16,4	23	9,3	9,3	9,3	9,2	8,8	8,9	8,4	8,5	8,5
4	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	24	19,9	19,2	19,1	17,7	15,2	14,1	14,1	14,1	14,1
5	14,5	14,7	14,7	14,5	14,5	14,4	13,6	12,6	11,8	25	17,2	17,0	16,9	16,7	16,4	16,5	12,5	11,4	11,4
6	38,6	38,2	38,1	37,8	37,5	36,9	17,9	14,4	14,5	26	8,7	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
7	27,8	27,8	27,8	27,8	27,7	27,6	26,7	13,3	12,7	27	11,0	9,3	9,2	9,0	8,7	8,6	8,6	8,6	8,6
8	42,8	39,2	39,1	38,6	38,2	37,1	19,8	18,4	18,6	28	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,2	5,2
9	21,0	21,0	21,0	20,9	20,9	20,8	14,4	11,3	9,0	29	21,8	18,9	18,7	15,9	15,1	15,1	15,1	15,0	15,0
10	17,0	15,4	15,3	14,7	14,2	11,6	9,5	9,4	9,4	30	30,2	19,4	18,8	18,5	18,4	18,4	18,4	18,4	18,4
11	13,2	12,8	12,7	12,0	11,4	10,4	10,3	10,2	10,3	31	25,6	20,6	20,1	19,3	19,3	19,3	19,2	19,2	19,1
12	10,2	9,5	9,5	9,1	7,5	7,3	7,2	7,2	7,2	32	24,6	14,6	14,5	14,2	14,1	14,0	13,1	13,0	13,0
13	9,5	9,1	9,1	8,6	7,9	6,8	6,2	5,9	5,7	33	14,1	9,8	9,8	9,8	9,8	9,6	9,6	9,6	9,6
14	8,5	8,4	8,3	8,2	8,0	7,4	7,2	7,2	7,2	34	35,2	11,4	11,3	11,2	11,2	11,1	11,2	11,2	11,2
15	19,4	17,1	17,0	16,7	16,5	16,2	13,9	13,0	12,6	35	27,6	10,8	10,7	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
16	8,9	8,6	8,6	8,5	7,9	7,7	7,7	7,7	7,7	36	37,8	17,1	17,0	16,9	16,9	16,8	16,8	16,9	16,9
17	9,8	9,8	9,7	9,8	9,7	9,8	9,7	9,7	9,7	37	12,8	8,4	8,5	8,5	8,5	8,6	8,5	8,4	8,4
18	36,0	29,3	28,9	28,6	28,4	28,4	25,7	24,1	23,0	38	43,9	14,2	14,1	13,9	13,8	13,7	13,7	13,8	13,8
19	22,4	17,0	16,6	15,2	13,9	13,6	13,3	13,1	13,1	39	14,3	12,1	12,1	11,9	11,8	11,8	11,4	11,2	11,2
20	22,2	18,5	18,3	17,0	15,6	15,7	15,6	15,5	15,5	GB*	21,7	16,6	16,4	15,9	15,5	15,2	13,6	13,1	13,0

*Tempo médio da rede

Tabela 32 – Tempos de viagem médios das Zonas de Origem - Cenário 2

Zona	Cenário 2									Zona	Cenário 2								
	EN13	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	R.B.		EN13	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	R.B.
1	53,1	45,1	43,6	28,3	28,2	27,3	27,1	27,0	23,8	21	16,1	16,0	16,0	15,8	15,3	11,2	10,2	10,1	9,9
2	10,5	7,1	6,9	5,7	5,7	5,4	5,4	5,4	5,4	22	11,4	11,4	11,4	11,4	11,2	10,9	11,0	11,0	10,1
3	24,4	31,5	30,0	16,5	16,5	16,4	16,4	16,4	16,4	23	9,3	9,3	9,3	8,9	9,0	8,4	8,4	8,4	8,5
4	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3	7,2	7,2	7,2	7,2	24	19,9	19,8	19,8	19,7	17,0	14,3	14,1	14,1	14,1
5	14,5	14,7	14,1	11,9	11,9	11,8	11,7	11,7	11,8	25	17,2	17,1	16,7	12,2	12,3	11,8	11,8	11,7	11,4
6	38,6	32,8	31,5	15,9	15,9	15,1	14,7	14,5	14,5	26	8,7	8,7	8,7	8,7	8,8	8,8	8,8	8,6	8,3
7	27,8	21,7	16,8	12,9	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	27	11,0	11,0	11,0	11,0	10,6	10,2	10,1	10,1	8,6
8	42,8	37,6	36,5	24,3	23,7	21,8	21,5	21,3	18,6	28	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2
9	21,0	19,7	18,1	9,3	9,2	9,0	9,0	9,0	9,0	29	21,8	21,7	21,7	21,7	21,5	18,4	17,2	17,0	15,0
10	17,0	16,7	16,4	14,6	11,3	10,5	10,4	10,4	9,4	30	30,2	30,2	30,2	30,2	30,0	28,9	28,3	27,0	18,4
11	13,2	12,9	12,9	12,7	11,7	10,5	10,4	10,4	10,3	31	25,6	25,6	25,6	25,5	25,3	24,4	24,2	23,2	19,1
12	10,2	10,2	10,1	10,1	9,3	7,5	7,4	7,4	7,2	32	24,6	24,6	24,5	23,7	23,5	22,9	22,6	22,2	13,0
13	9,5	9,3	9,2	8,3	6,6	5,9	5,8	5,7	5,7	33	14,1	14,1	14,1	14,1	14,0	14,0	14,1	14,3	9,6
14	8,5	8,4	8,4	8,3	7,5	7,3	7,2	7,2	7,2	34	35,2	35,2	35,2	35,3	35,2	34,2	33,8	32,5	11,2
15	19,4	19,0	18,6	15,8	15,3	15,1	14,9	14,5	12,6	35	27,6	27,6	27,7	27,7	27,6	26,9	26,6	25,6	10,6
16	8,9	8,9	8,9	8,9	8,7	7,7	7,7	7,7	7,7	36	37,8	37,8	37,8	37,9	37,7	36,9	36,5	35,1	16,9
17	9,8	9,7	9,7	9,7	9,8	9,6	9,6	9,6	9,7	37	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,6	12,5	12,2	8,4
18	36,0	35,4	34,6	30,7	30,6	29,5	29,0	28,4	23,0	38	43,9	43,9	43,9	44,0	43,8	42,6	42,1	40,8	13,8
19	22,4	22,3	22,2	21,9	20,3	18,8	17,5	16,9	13,1	39	14,3	14,3	14,2	13,6	13,6	13,3	13,3	13,1	11,2
20	22,2	22,1	22,1	22,0	21,8	19,3	18,3	18,2	15,5	GB*	21,7	21,4	21,1	19,4	19,0	18,0	17,7	17,3	13,0

*Tempo médio da rede

Tabela 33 – Tempos de viagem médios das Zonas de Origem - Cenário 3

Zona	Cenário 3									Zona	Cenário 3								
	EN13	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	R.B.		EN13	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	R.B.
1	53,1	49,7	41,4	39,7	24,3	24,3	24,2	24,1	23,8	21	16,1	14,2	14,2	14,1	14,0	13,8	13,4	11,4	9,9
2	10,5	10,5	7,1	6,8	5,6	5,6	5,6	5,6	5,4	22	11,4	10,2	10,2	10,2	10,2	10,1	10,0	10,8	10,1
3	24,4	24,5	31,6	30,0	16,7	16,7	16,6	16,6	16,4	23	9,3	9,3	9,2	9,2	8,9	8,9	9,0	8,9	8,5
4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,2	7,2	24	19,9	19,2	19,1	19,1	19,0	18,8	16,7	15,9	14,1
5	14,5	14,7	14,8	14,3	12,0	12,0	12,0	11,9	11,8	25	17,2	17,0	16,8	16,4	12,0	11,8	12,0	11,8	11,4
6	38,6	38,2	32,3	31,2	15,7	15,5	15,4	15,2	14,5	26	8,7	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
7	27,8	27,8	22,1	17,3	12,9	12,9	12,7	12,7	12,7	27	11,0	9,3	9,3	9,3	9,3	9,2	8,9	8,8	8,6
8	42,8	39,2	33,9	33,0	20,5	20,3	19,8	19,4	18,6	28	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2
9	21,0	21,0	19,8	18,1	9,3	9,3	9,2	9,1	9,0	29	21,8	18,9	18,8	18,8	18,6	18,4	18,5	15,7	15,0
10	17,0	15,4	15,1	14,7	12,9	12,8	10,1	9,8	9,4	30	30,2	19,4	19,4	19,4	19,3	18,7	18,7	18,5	18,4
11	13,2	12,8	12,6	12,5	12,2	12,1	11,4	10,8	10,3	31	25,6	20,6	20,6	20,5	20,4	19,9	19,9	19,2	19,1
12	10,2	9,5	9,5	9,4	9,4	9,3	8,7	8,4	7,2	32	24,6	14,6	14,5	14,3	13,5	13,4	13,4	13,1	13,0
13	9,5	9,1	9,0	8,8	8,0	7,9	6,4	6,1	5,7	33	14,1	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,6	9,6
14	8,5	8,4	8,3	8,3	8,2	8,2	7,4	7,3	7,2	34	35,2	11,4	11,4	11,4	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2
15	19,4	17,1	16,8	16,3	13,5	13,4	13,0	12,8	12,6	35	27,6	10,8	10,8	10,8	10,8	10,7	10,7	10,6	10,6
16	8,9	8,6	8,6	8,6	8,7	8,6	8,5	8,3	7,7	36	37,8	17,1	17,1	17,1	17,1	17,0	17,0	16,9	16,9
17	9,8	9,8	9,7	9,7	9,7	9,7	9,8	9,8	9,7	37	12,8	8,4	8,4	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5	8,4
18	36,0	29,3	28,7	27,9	24,0	23,6	23,6	23,3	23,0	38	43,9	14,2	14,2	14,2	14,1	14,0	14,0	13,8	13,8
19	22,4	17,0	17,0	16,9	16,5	16,0	15,6	14,3	13,1	39	14,3	12,1	12,0	12,0	11,4	11,4	11,4	11,3	11,2
20	22,2	18,5	18,4	18,4	18,2	18,0	18,1	16,7	15,5	GB*	21,7	16,6	16,2	16,0	14,2	14,0	13,8	13,3	13,0

*Tempo médio da rede

Estas estratégias têm associados o número de ligações restituídas, através da abertura de cada trecho, que influenciam diretamente os resultados da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana. Este critério permite acoplar os efeitos que cada trecho tem no sistema de transportes urbanos e mobilidade. Assim sendo, a Tabela 34 apresenta o número de ligações restituídas determinadas que serão utilizadas na avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana.

Tabela 34 – Número de ligações restituídas em cada trecho em cada cenário

Cenário 1									
Trecho	Corte EN13	Abertura 1	Abertura 2	Abertura 3	Abertura 4	Abertura 5	Abertura 6	Abertura 7	Rede Base
Ligações Restituídas	1	11	17	23	34	43	49	56	63
Cenário 2									
Trecho	Corte EN13	Abertura 1	Abertura 2	Abertura 3	Abertura 4	Abertura 5	Abertura 6	Abertura 7	Rede Base
Ligações Restituídas	1	7	14	20	29	40	46	52	63
Cenário 3									
Trecho	Corte EN13	Abertura 1	Abertura 2	Abertura 3	Abertura 4	Abertura 5	Abertura 6	Abertura 7	Rede Base
Ligações Restituídas	1	11	18	25	31	37	46	52	63

IV.3.1.5. Avaliação da alteração de modo de transporte

A avaliação da alteração de modo de transporte terá por base o tempo crítico calculado na secção IV.3.1.2., que irá permitir classificar as diferentes zonas de origem, como descrito na metodologia. Posto isto, os pontos seguintes apresentam a evolução do potencial de alteração de modo de transporte da população ativa do caso de estudo, para as três estratégias de restituição definidas no ponto anterior, com o intuito de identificar a melhor estratégia a adotar para a minimização o impacto de potenciais distúrbios na mobilidade da área do caso de estudo.

Importa destacar que a avaliação alteração de modo de transporte integra as características da absorção e resistência na fase inicial do processo de resiliência do sistema de transportes e mobilidade, mas também, as características da robustez e preparação na fase de recuperação desse sistema, assente sobretudo no comportamento dos indivíduos da população do caso de estudo.

1. Rede Base

Inicialmente foram identificadas as zonas de origem do caso de estudo mais problemáticas (antes do evento disruptivo), ou seja, a rede a funcionar de acordo com a situação existente nos dias de hoje. Os dados base utilizados nesta análise foram o número de viagens (que se consideram constantes durante toda a avaliação) e o tempo médio de viagem em cada zona de origem.

a) Resultados da Rede Base

Tendo em conta os resultados do tempo de viagem (Tabela 35) no estado inicial do sistema de transportes urbanos e mobilidade, foi possível identificar as zonas de origem com maiores problemas de fluidez de tráfego, que podem conduzir a potenciais alterações do modo de transporte Carro. Posto isto, e seguindo a classificação desenvolvida na metodologia proposta, apresenta-se no mapa da Figura 47 os resultados da resiliência para a Rede Base (mapa detalhado no anexo G).



Figura 47 – Potencial de alteração de modo de transporte – Rede Base

Tabela 35 – Classificação do potencial de alteração de modo de transporte – Rede Base

Zona	Tempo de Viagem	Classificação	Zona	Tempo de Viagem	Classificação
1	23,8	-Res.	21	9,9	+ Res.
2	5,4	+ Res.	22	10,1	+ Res.
3	16,4	+ Res.	23	8,5	+ Res.
4	7,2	+ Res.	24	14,1	+ Res.
5	11,8	+ Res.	25	11,4	+ Res.
6	14,5	+ Res.	26	8,3	+ Res.
7	12,7	+ Res.	27	8,6	+ Res.
8	18,6	-Res.	28	5,2	+ Res.
9	9,0	+ Res.	29	15,0	+ Res.
10	9,4	+ Res.	30	18,4	-Res.
11	10,3	+ Res.	31	19,1	-Res.
12	7,2	+ Res.	32	13,0	+ Res.
13	5,7	+ Res.	33	9,6	+ Res.
14	7,2	+ Res.	34	11,2	+ Res.
15	12,6	+ Res.	35	10,6	+ Res.
16	7,7	+ Res.	36	16,9	-Res.
17	9,7	+ Res.	37	8,4	+ Res.
18	23,0	-Res.	38	13,8	+ Res.
19	13,1	+ Res.	39	11,2	+ Res.
20	15,5	+ Res.			

Os resultados apresentados no mapa da Figura 47 e na Tabela 35 permitem identificar quais as zonas de origem que apresentam uma potencial alteração do modo de transporte “Carro”, devido ao seu baixo nível de resiliência associado a esta primeira dimensão do modelo de avaliação proposto. A norte do caso de estudo as zonas que apresentam piores níveis de resiliência são a Zona 1 e 8. A nascente do caso de estudo, a zona que apresenta um baixo nível de resiliência é a Zona 18. A sul é possível identificar três zonas que apresentam baixos níveis de resiliência, nomeadamente, a zona 30, 31 e 36. Em suma, é possível constatar que na rede base a maioria dos utilizadores que iniciam a sua viagem nas Zonas 1, 8, 18, 30, 31 e 36, poderão transitar do modo de transporte Carro para outro modo de transporte para realizarem as suas deslocações quotidianas.

2. Corte da Estrada Nacional 13

Seguidamente, foi analisado o corte da Estrada Nacional 13 na rede viária do caso de estudo. Esta análise é comum a todos os três cenários. Assim como na análise anterior, a base de dados utilizada para efetuar a identificação das zonas problemáticas e da respetiva avaliação foram o número de viagens (constante durante toda a avaliação) e o tempo médio de viagem (Tabela 36) em cada zona de origem para este estado do sistema de transportes e mobilidade da cidade.

a) Resultados do Corte EN13

Assim como na avaliação da Rede Base, a partir dos tempos médios de viagem, demonstrou-se ser possível identificar quais as zonas de origem com maiores problemas de fluidez de tráfego, que podem levar a potenciais alterações do modo de transporte “Carro” com o encerramento da EN13. Posto isto, de acordo com a classificação desenvolvida na metodologia, a Figura 48 apresenta os resultados para o corte da EN13 (mapa detalhado no anexo G).

O mapa apresentado na Figura 48 e a Tabela 36 permitem identificar quais as zonas de origem que apresentam uma maior probabilidade de ocorrer alteração do modo de transporte “Carro” e, conseqüentemente, um baixo nível de resiliência com o corte da EN13. Assim, é possível verificar que o corte da EN13 tem um grande impacto nos tempos de viagem de 22 zonas de origem, nomeadamente, na Zona 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 18, 19, 20, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36 e 38. O mapa permite identificar que as zonas a ocidente e a sul no caso de estudo são as mais impactadas.

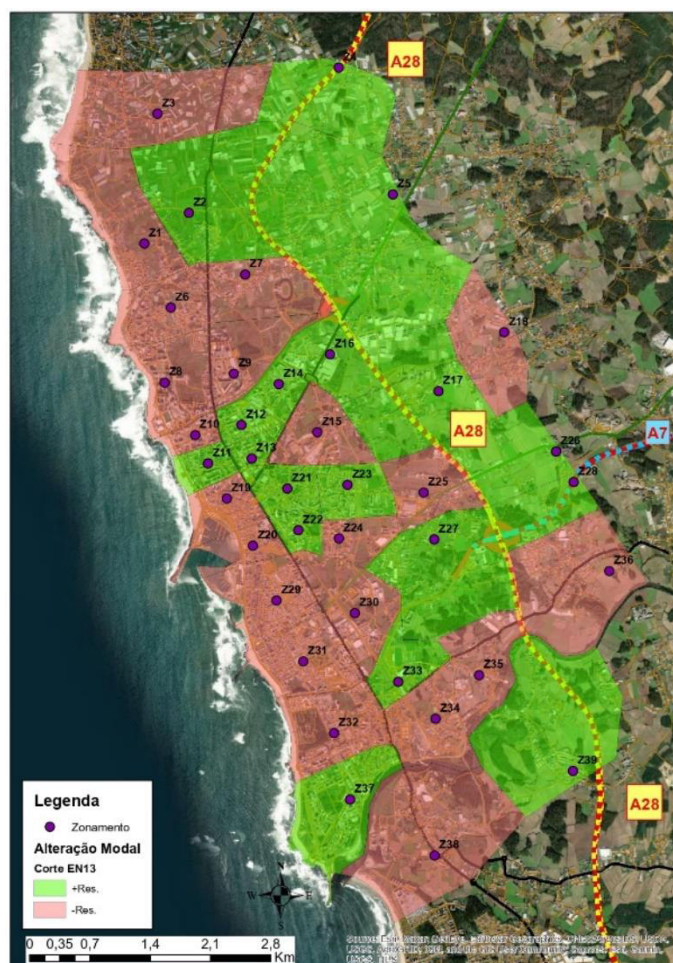


Figura 48 – Potencial de alteração de modo de transporte – Corte EN13

Tabela 36 – Classificação de potencial de alteração de modo de transporte – Corte EN13

Zona	Tempo de Viagem	Classificação	Zona	Tempo de Viagem	Classificação
1	53,1	-Res.	21	16,1	+Res.
2	10,5	+Res.	22	11,4	+Res.
3	24,4	-Res.	23	9,3	+Res.
4	7,3	+Res.	24	19,9	-Res.
5	14,5	+Res.	25	17,2	-Res.
6	38,6	-Res.	26	8,7	+Res.
7	27,8	-Res.	27	11,0	+Res.
8	42,8	-Res.	28	5,4	+Res.
9	21,0	-Res.	29	21,8	-Res.
10	17,0	-Res.	30	30,2	-Res.
11	13,2	+Res.	31	25,6	-Res.
12	10,2	+Res.	32	24,6	-Res.
13	9,5	+Res.	33	14,1	+Res.
14	8,5	+Res.	34	35,2	-Res.
15	19,4	-Res.	35	27,6	-Res.
16	8,9	+Res.	36	37,8	-Res.
17	9,8	+Res.	37	12,8	-Res.
18	36,0	-Res.	38	43,9	-Res.
19	22,4	-Res.	39	14,3	+Res.
20	22,2	-Res.			

3. Cenário 1

Após a análise dos dois estados principais da rede, ou seja, o estado inicial (rede base a funcionar de acordo com as condições atuais de circulação) e o estado imediatamente após a ocorrência de um potencial evento disruptivo (corte da EN13), procedeu-se à análise de três estratégias de restituição (cenários) definidas anteriormente. Neste ponto, serão apresentados os resultados para a estratégia do cenário 1, que passa pela restituição dos troços da EN13 no sentido Sul - Norte (ver Figura 44).

a) Evolução do potencial de alteração de modo de transporte

A Figura 49 apresenta os mapas da evolução do potencial de alteração do modo de transporte “Carro” na estratégia adotada no cenário 1 (mapas detalhados no anexo G). A Tabela 37 apresenta os tempos médios de viagem e a classificação do potencial de alteração do modo de transporte “Carro” para as 39 zonas de origem das viagens e a Figura 50 a evolução do potencial de alteração modal ao longo da sequência das aberturas de troços preconizadas para este cenário.

Da análise dos mapas apresentados na Figura 49, da Tabela 37 e do gráfico apresentado na Figura 50, é possível observar a evolução da potencial alteração do modo de transporte “Carro” no cenário 1, avaliando assim os níveis de resiliência associados a esta primeira dimensão do modelo de avaliação para as zonas do caso de estudo, concluindo-se que após o corte da EN13, as zonas que apresentam tempos de viagem mais elevados são as Zonas 1, 6, 8, 18, 30, 34, 36 e 38. Conclui-se ainda que as seguintes aberturas permitem a restituição do nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zonas 10, 32, 34, 35 e 38;
- abertura 2: nenhuma zona;
- abertura 3: Zonas 19 e 29;
- abertura 4: Zona 15, 20, 24 e 25;
- abertura 5: nenhuma zona de origem;
- abertura 6: Zona 9;
- abertura 7: Zona 6 e 7.
- abertura 8: Zona 3.

Por último, a abertura final (8) corresponde a uma recuperação total do sistema, ou seja, a retoma do estado da base da rede, que ilustra a resiliência da rede no seu estado de equilíbrio atual. Como seria de esperar, esta estratégia afeta positivamente as zonas mais a sul, em comparação com as zonas localizadas mais a norte na área do caso de estudo.

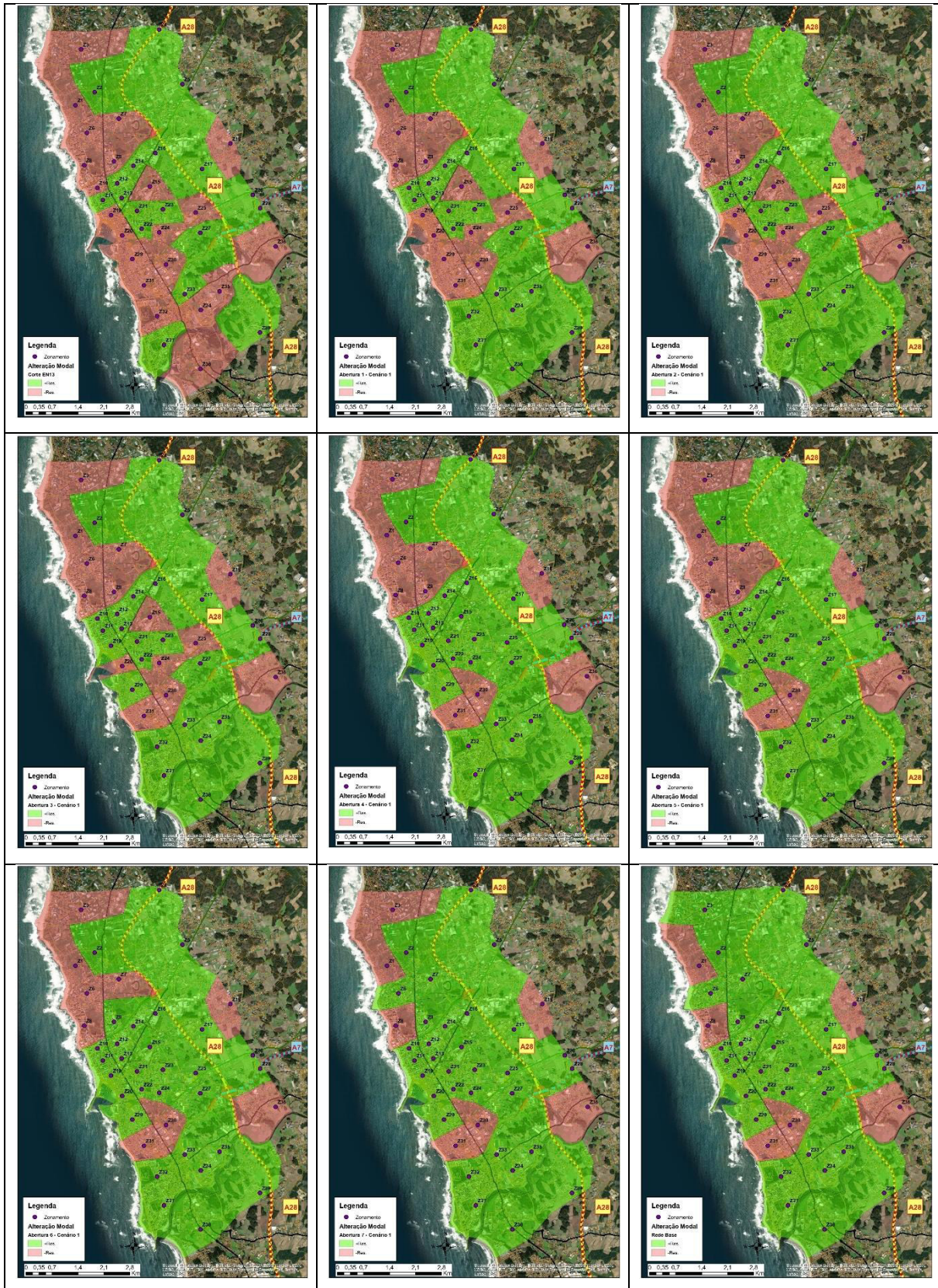


Figura 49 – Evolução do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 1

Tabela 37 – Evolução e classificação do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 1

Zona	Corte EN13		Abertura 1		Abertura 2		Abertura 3		Abertura 4		Abertura 5		Abertura 6		Abertura 7		Base	
	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação
1	53,1	-Res.	49,7	-Res.	49,6	-Res.	49,2	-Res.	49,0	-Res.	48,5	-Res.	28,8	-Res.	23,8	-Res.	23,8	-Res.
2	10,5	+Res.	10,5	+Res.	10,5	+Res.	10,4	+Res.	10,4	+Res.	10,3	+Res.	9,0	+Res.	8,1	+Res.	5,4	+Res.
3	24,4	-Res.	24,5	-Res.	24,5	-Res.	24,4	-Res.	24,3	-Res.	24,3	-Res.	23,6	-Res.	19,7	-Res.	16,4	+Res.
4	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.
5	14,5	+Res.	14,7	+Res.	14,7	+Res.	14,5	+Res.	14,5	+Res.	14,4	+Res.	13,6	+Res.	12,6	+Res.	11,8	+Res.
6	38,6	-Res.	38,2	-Res.	38,1	-Res.	37,8	-Res.	37,5	-Res.	36,9	-Res.	17,9	-Res.	14,4	+Res.	14,5	+Res.
7	27,8	-Res.	27,8	-Res.	27,8	-Res.	27,8	-Res.	27,7	-Res.	27,6	-Res.	26,7	-Res.	13,3	+Res.	12,7	+Res.
8	42,8	-Res.	39,2	-Res.	39,1	-Res.	38,6	-Res.	38,2	-Res.	37,1	-Res.	19,8	-Res.	18,4	-Res.	18,6	-Res.
9	21,0	-Res.	21,0	-Res.	21,0	-Res.	20,9	-Res.	20,9	-Res.	20,8	-Res.	14,4	+Res.	11,3	+Res.	9,0	+Res.
10	17,0	-Res.	15,4	+Res.	15,3	+Res.	14,7	+Res.	14,2	+Res.	11,6	+Res.	9,5	+Res.	9,4	+Res.	9,4	+Res.
11	13,2	+Res.	12,8	+Res.	12,7	+Res.	12,0	+Res.	11,4	+Res.	10,4	+Res.	10,3	+Res.	10,2	+Res.	10,3	+Res.
12	10,2	+Res.	9,5	+Res.	9,5	+Res.	9,1	+Res.	7,5	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.
13	9,5	+Res.	9,1	+Res.	9,1	+Res.	8,6	+Res.	7,9	+Res.	6,8	+Res.	6,2	+Res.	5,9	+Res.	5,7	+Res.
14	8,5	+Res.	8,4	+Res.	8,3	+Res.	8,2	+Res.	8,0	+Res.	7,4	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.
15	19,4	-Res.	17,1	-Res.	17,0	-Res.	16,7	-Res.	16,5	+Res.	16,2	+Res.	13,9	+Res.	13,0	+Res.	12,6	+Res.
16	8,9	+Res.	8,6	+Res.	8,6	+Res.	8,5	+Res.	7,9	+Res.	7,7	+Res.	7,7	+Res.	7,7	+Res.	7,7	+Res.
17	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,7	+Res.	9,8	+Res.	9,7	+Res.	9,8	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.
18	36,0	-Res.	29,3	-Res.	28,9	-Res.	28,6	-Res.	28,4	-Res.	28,4	-Res.	25,7	-Res.	24,1	-Res.	23,0	-Res.
19	22,4	-Res.	17,0	-Res.	16,6	-Res.	15,2	+Res.	13,9	+Res.	13,6	+Res.	13,3	+Res.	13,1	+Res.	13,1	+Res.
20	22,2	-Res.	18,5	-Res.	18,3	-Res.	17,0	-Res.	15,6	+Res.	15,7	+Res.	15,6	+Res.	15,5	+Res.	15,5	+Res.
21	16,1	+Res.	14,2	+Res.	14,1	+Res.	12,0	+Res.	10,0	+Res.	10,0	+Res.	9,9	+Res.	9,9	+Res.	9,9	+Res.
22	11,4	+Res.	10,2	+Res.	10,2	+Res.	11,0	+Res.	10,1	+Res.	10,1	+Res.	10,1	+Res.	10,1	+Res.	10,1	+Res.
23	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	8,8	+Res.	8,9	+Res.	8,4	+Res.	8,5	+Res.	8,5	+Res.
24	19,9	-Res.	19,2	-Res.	19,1	-Res.	17,7	-Res.	15,2	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.
25	17,2	-Res.	17,0	-Res.	16,9	-Res.	16,7	-Res.	16,4	+Res.	16,5	+Res.	12,5	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.
26	8,7	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.
27	11,0	+Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	9,0	+Res.	8,7	+Res.	8,6	+Res.	8,6	+Res.	8,6	+Res.	8,6	+Res.
28	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,3	+Res.	5,3	+Res.	5,2	+Res.	5,2	+Res.
29	21,8	-Res.	18,9	-Res.	18,7	-Res.	15,9	+Res.	15,1	+Res.	15,1	+Res.	15,1	+Res.	15,0	+Res.	15,0	+Res.
30	30,2	-Res.	19,4	-Res.	18,8	-Res.	18,5	-Res.	18,4	-Res.	18,4	-Res.	18,4	-Res.	18,4	-Res.	18,4	-Res.
31	25,6	-Res.	20,6	-Res.	20,1	-Res.	19,3	-Res.	19,3	-Res.	19,3	-Res.	19,2	-Res.	19,2	-Res.	19,1	-Res.
32	24,6	-Res.	14,6	+Res.	14,5	+Res.	14,2	+Res.	14,1	+Res.	14,0	+Res.	13,1	+Res.	13,0	+Res.	13,0	+Res.
33	14,1	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,6	+Res.	9,6	+Res.	9,6	+Res.	9,6	+Res.
34	35,2	-Res.	11,4	+Res.	11,3	+Res.	11,2	+Res.	11,2	+Res.	11,1	+Res.	11,2	+Res.	11,2	+Res.	11,2	+Res.
35	27,6	-Res.	10,8	+Res.	10,7	+Res.	10,6	+Res.	10,6	+Res.	10,6	+Res.	10,6	+Res.	10,6	+Res.	10,6	+Res.
36	37,8	-Res.	17,1	-Res.	17,0	-Res.	16,9	-Res.	16,9	-Res.	16,8	-Res.	16,8	-Res.	16,9	-Res.	16,9	-Res.
37	12,8	+Res.	8,4	+Res.	8,5	+Res.	8,5	+Res.	8,5	+Res.	8,6	+Res.	8,5	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.
38	43,9	-Res.	14,2	+Res.	14,1	+Res.	13,9	+Res.	13,8	+Res.	13,7	+Res.	13,7	+Res.	13,8	+Res.	13,8	+Res.
39	14,3	+Res.	12,1	+Res.	12,1	+Res.	11,9	+Res.	11,8	+Res.	11,8	+Res.	11,4	+Res.	11,2	+Res.	11,2	+Res.
GB*	21,7	-Res.	16,6	-Res.	16,4	+Res.	15,9	+Res.	15,5	+Res.	15,2	+Res.	13,6	+Res.	13,1	+Res.	13	+Res.

*Tempo médio da rede

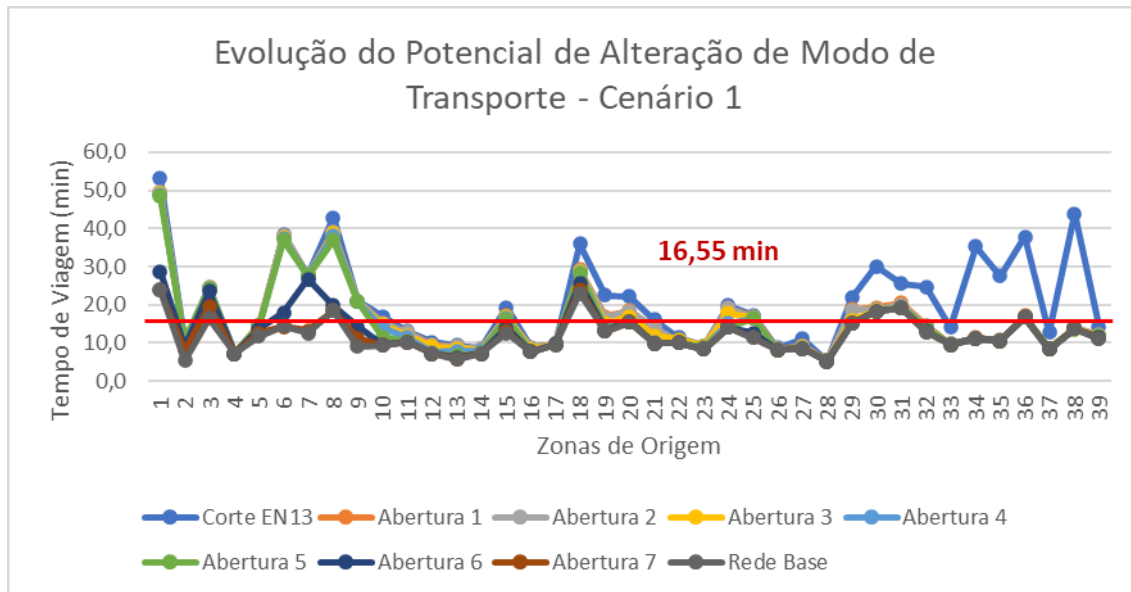


Figura 50 – Evolução do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 1

b) Resultado do índice de resiliência modal

De forma a perceber como a estratégia de restituição do cenário 1 influencia globalmente a potencial alteração do modo de transporte “Carro” nas zonas de origem ao longo do tempo, através da abertura/restituição dos troços da EN13 definida para o cenário 1 (Tabela 34), foi determinado o índice de resiliência modal.

A Figura 51 apresenta os resultados do índice de resiliência modal sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (para uma melhor leitura do mapa, ver anexo G). A Tabela 38 apresenta os índices de resiliência modal e a respetiva classificação. O gráfico da Figura 52 apresenta a variação de tempo das várias zonas de origem.

A partir dos mapas da Figura 51, da Tabela 38 e do gráfico da Figura 52, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 1 prejudica as zonas mais a norte do caso de estudo, nomeadamente, as Zonas 3, 6 e 7. O facto de esta área do caso de estudo ser a última onde os troços são reestabelecidos, potencia uma diminuição da resiliência nas zonas aqui localizadas. Verifica-se também que estas zonas, principalmente as Zonas 6 e 7, são as que menos produzem viagens, logo as consequências ou impactos globais para a população serão menos significativos. Por outro lado, é possível constatar que existem zonas onde os problemas de mobilidade e, consequentemente, de resiliência já se verificam no cenário base, *i.e.*, rede a funcionar no seu estado de equilíbrio, nomeadamente, as Zonas 1, 8, 18, 30, 31 e 36.

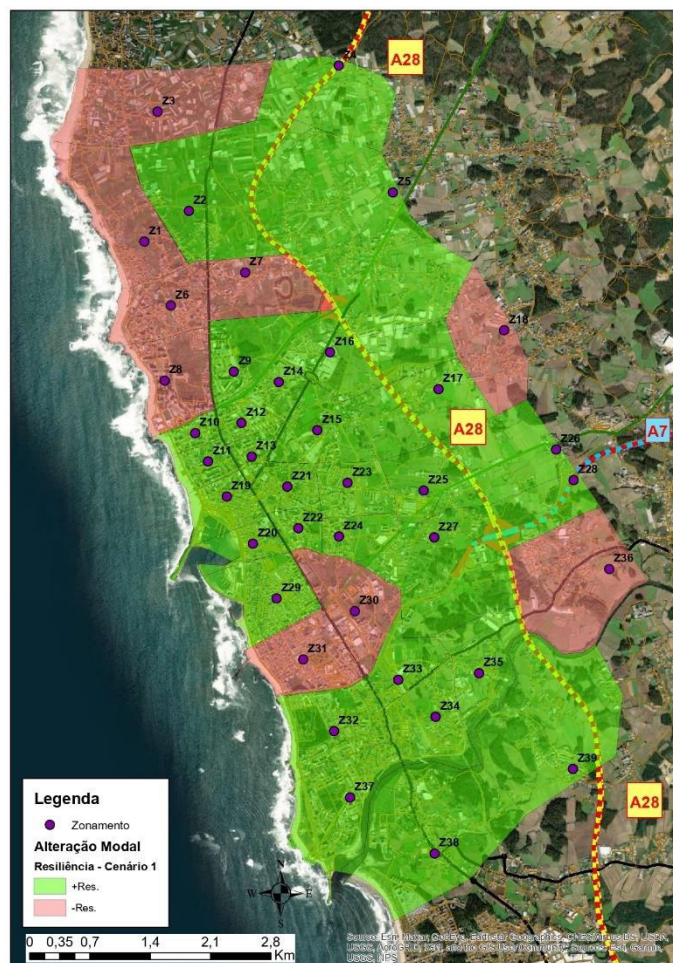


Figura 51 – Índice de resiliência modal – Cenário 1

Tabela 38 – Classificação dos índices de resiliência modal – Cenário 1

Zona	Índice de Resiliência Modal	Classificação	Zona	Índice de Resiliência Modal	Classificação
1	35,6	-Res.	21	10,5	+Res.
2	8,7	+Res.	22	10,2	+Res.
3	21,7	-Res.	23	8,7	+Res.
4	7,2	+Res.	24	15,0	+Res.
5	13,4	+Res.	25	13,9	+Res.
6	25,0	-Res.	26	8,3	+Res.
7	21,6	-Res.	27	8,7	+Res.
8	27,2	-Res.	28	5,3	+Res.
9	15,5	+Res.	29	15,5	+Res.
10	11,3	+Res.	30	18,5	-Res.
11	10,8	+Res.	31	19,3	-Res.
12	7,6	+Res.	32	13,6	+Res.
13	6,8	+Res.	33	9,7	+Res.
14	7,5	+Res.	34	11,3	+Res.
15	14,6	+Res.	35	10,7	+Res.
16	7,9	+Res.	36	16,9	-Res.
17	9,7	+Res.	37	8,5	+Res.
18	26,1	-Res.	38	13,9	+Res.
19	13,8	+Res.	39	11,5	+Res.
20	16,0	+Res.			

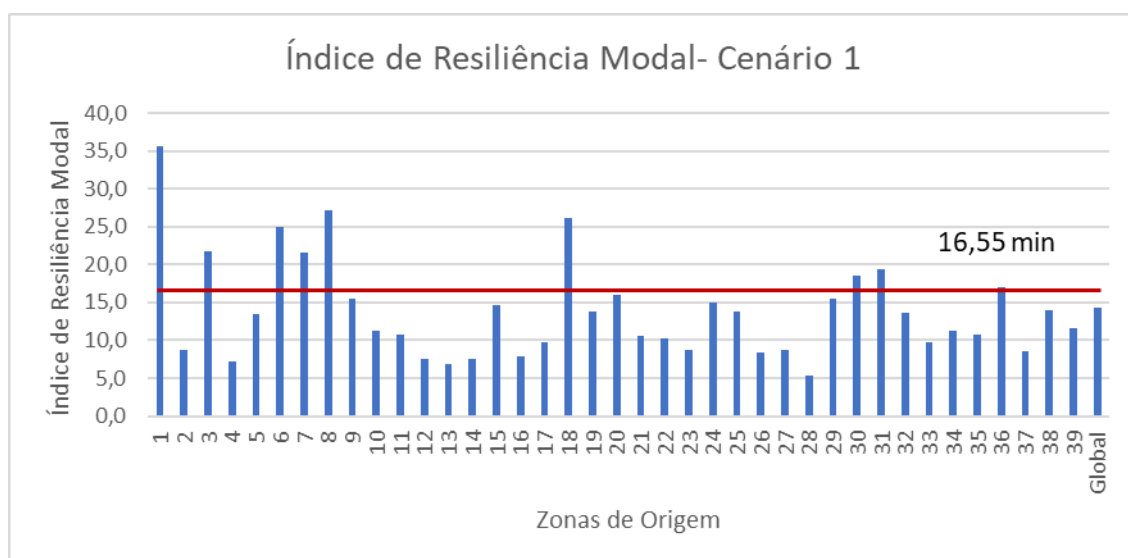


Figura 52 – Variação do índice de resiliência modal nas zonas de origem- Cenário 1

Por fim, da análise do gráfico da Figura 52, é ainda possível verificar que a Zona 36 apresenta um tempo de viagem muito próximo do índice de resiliência modal. Para além disso, as principais zonas afetadas (tempos médios de viagem mais elevados) são a Zona 1, 6, 8 e 18, ou seja, de entre todas as zonas afetadas, estas são as zonas que apresentam maior potencial para que ocorra uma alteração modal do “Carro” para outro modo de transporte, caso haja oferta disponível e adequada às necessidades dos diferentes indivíduos da população da cidade da Póvoa de Varzim.

4. Cenário 2

A estratégia do cenário 2 passa pela restituição de trechos da EN13 no sentido Norte - Sul (Figura 45).

a) Evolução do potencial de alteração de modo de transporte

À semelhança do cenário 1, os mapas da Figura 53 apresentam a evolução do potencial de alteração do modo de transporte “Carro” para o cenário 2 (mapas detalhados no anexo G). A Tabela 39 apresenta os tempos médios de viagem e a respetiva classificação do potencial de alteração de modo de transporte e a Figura 54 a evolução do potencial de alteração de modo de transporte ao longo da sequência de aberturas desta estratégia.

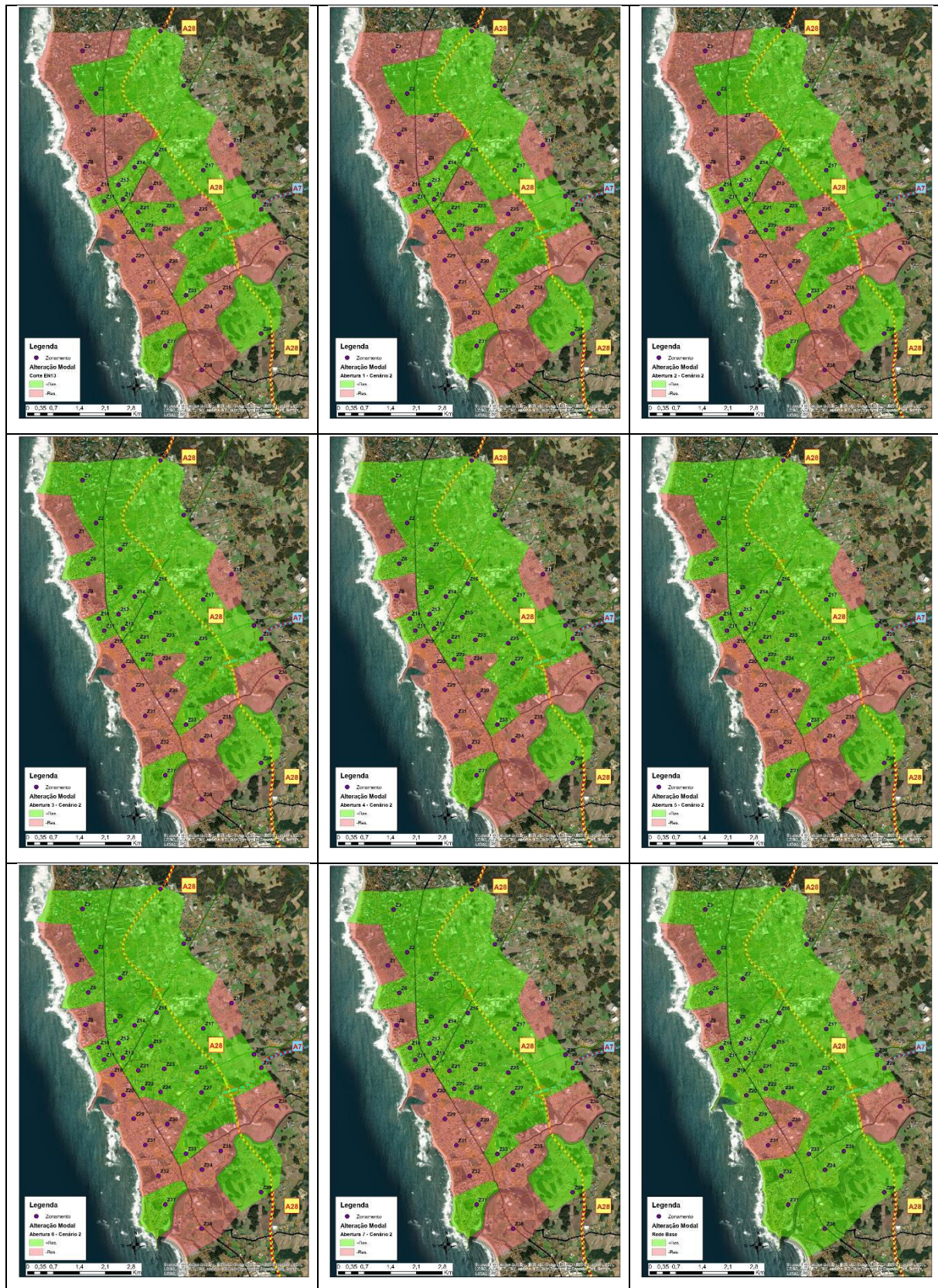


Figura 53 – Evolução do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 2

Tabela 39 – Evolução e classificação potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 2

Zona	Corte EN13		Abertura 1		Abertura 2		Abertura 3		Abertura 4		Abertura 5		Abertura 6		Abertura 7		Base	
	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação
	1	53,1	-Res.	45,1	-Res.	43,6	-Res.	28,3	-Res.	28,2	-Res.	27,3	-Res.	27,1	-Res.	27,0	-Res.	23,8
2	10,5	+Res.	7,1	+Res.	6,9	+Res.	5,7	+Res.	5,7	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.
3	24,4	-Res.	31,5	-Res.	30,0	-Res.	16,5	+Res.	16,5	+Res.	16,4	+Res.	16,4	+Res.	16,4	+Res.	16,4	+Res.
4	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.
5	14,5	+Res.	14,7	+Res.	14,1	+Res.	11,9	+Res.	11,9	+Res.	11,8	+Res.	11,7	+Res.	11,7	+Res.	11,8	+Res.
6	38,6	-Res.	32,8	-Res.	31,5	-Res.	15,9	+Res.	15,9	+Res.	15,1	+Res.	14,7	+Res.	14,5	+Res.	14,5	+Res.
7	27,8	-Res.	21,7	-Res.	16,8	-Res.	12,9	+Res.	12,7	+Res.	12,7	+Res.	12,7	+Res.	12,7	+Res.	12,7	+Res.
8	42,8	-Res.	37,6	-Res.	36,5	-Res.	24,3	-Res.	23,7	-Res.	21,8	-Res.	21,5	-Res.	21,3	-Res.	18,6	-Res.
9	21,0	-Res.	19,7	-Res.	18,1	-Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	9,0	+Res.	9,0	+Res.	9,0	+Res.	9,0	+Res.
10	17,0	-Res.	16,7	-Res.	16,4	+Res.	14,6	+Res.	11,3	+Res.	10,5	+Res.	10,4	+Res.	10,4	+Res.	9,4	+Res.
11	13,2	+Res.	12,9	+Res.	12,9	+Res.	12,7	+Res.	11,7	+Res.	10,5	+Res.	10,4	+Res.	10,4	+Res.	10,3	+Res.
12	10,2	+Res.	10,2	+Res.	10,1	+Res.	10,1	+Res.	9,3	+Res.	7,5	+Res.	7,4	+Res.	7,4	+Res.	7,2	+Res.
13	9,5	+Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	8,3	+Res.	6,6	+Res.	5,9	+Res.	5,8	+Res.	5,7	+Res.	5,7	+Res.
14	8,5	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.	8,3	+Res.	7,5	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.
15	19,4	-Res.	19,0	-Res.	18,6	-Res.	15,8	+Res.	15,3	+Res.	15,1	+Res.	14,9	+Res.	14,5	+Res.	12,6	+Res.
16	8,9	+Res.	8,9	+Res.	8,9	+Res.	8,9	+Res.	8,7	+Res.	7,7	+Res.	7,7	+Res.	7,7	+Res.	7,7	+Res.
17	9,8	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.	9,8	+Res.	9,6	+Res.	9,6	+Res.	9,6	+Res.	9,7	+Res.
18	36,0	-Res.	35,4	-Res.	34,6	-Res.	30,7	-Res.	30,6	-Res.	29,5	-Res.	29,0	-Res.	28,4	-Res.	23,0	-Res.
19	22,4	-Res.	22,3	-Res.	22,2	-Res.	21,9	-Res.	20,3	-Res.	18,8	-Res.	17,5	-Res.	16,9	-Res.	13,1	+Res.
20	22,2	-Res.	22,1	-Res.	22,1	-Res.	22,0	-Res.	21,8	-Res.	19,3	-Res.	18,3	-Res.	18,2	-Res.	15,5	+Res.
21	16,1	+Res.	16,0	+Res.	16,0	+Res.	15,8	+Res.	15,3	+Res.	11,2	+Res.	10,2	+Res.	10,1	+Res.	9,9	+Res.
22	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,2	+Res.	10,9	+Res.	11,0	+Res.	11,0	+Res.	10,1	+Res.
23	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,3	+Res.	8,9	+Res.	9,0	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.	8,5	+Res.
24	19,9	-Res.	19,8	-Res.	19,8	-Res.	19,7	-Res.	17,0	-Res.	14,3	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.
25	17,2	-Res.	17,1	-Res.	16,7	-Res.	12,2	+Res.	12,3	+Res.	11,8	+Res.	11,8	+Res.	11,7	+Res.	11,4	+Res.
26	8,7	+Res.	8,7	+Res.	8,7	+Res.	8,7	+Res.	8,8	+Res.	8,8	+Res.	8,8	+Res.	8,6	+Res.	8,3	+Res.
27	11,0	+Res.	11,0	+Res.	11,0	+Res.	11,0	+Res.	10,6	+Res.	10,2	+Res.	10,1	+Res.	10,1	+Res.	8,6	+Res.
28	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,3	+Res.	5,3	+Res.	5,2	+Res.	5,2	+Res.	5,2	+Res.	5,2	+Res.
29	21,8	-Res.	21,7	-Res.	21,7	-Res.	21,7	-Res.	21,5	-Res.	18,4	-Res.	17,2	-Res.	17,0	-Res.	15,0	+Res.
30	30,2	-Res.	30,2	-Res.	30,2	-Res.	30,2	-Res.	30,0	-Res.	28,9	-Res.	28,3	-Res.	27,0	-Res.	18,4	-Res.
31	25,6	-Res.	25,6	-Res.	25,6	-Res.	25,5	-Res.	25,3	-Res.	24,4	-Res.	24,2	-Res.	23,2	-Res.	19,1	-Res.
32	24,6	-Res.	24,6	-Res.	24,5	-Res.	23,7	-Res.	23,5	-Res.	22,9	-Res.	22,6	-Res.	22,2	-Res.	13,0	+Res.
33	14,1	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.	14,1	+Res.	14,0	+Res.	14,0	+Res.	14,1	+Res.	14,3	+Res.	9,6	+Res.
34	35,2	-Res.	35,2	-Res.	35,2	-Res.	35,3	-Res.	35,2	-Res.	34,2	-Res.	33,8	-Res.	32,5	-Res.	11,2	+Res.
35	27,6	-Res.	27,6	-Res.	27,7	-Res.	27,7	-Res.	27,6	-Res.	26,9	-Res.	26,6	-Res.	25,6	-Res.	10,6	+Res.
36	37,8	-Res.	37,8	-Res.	37,8	-Res.	37,9	-Res.	37,7	-Res.	36,9	-Res.	36,5	-Res.	35,1	-Res.	16,9	-Res.
37	12,8	+Res.	12,8	+Res.	12,8	+Res.	12,8	+Res.	12,8	+Res.	12,6	+Res.	12,5	+Res.	12,2	+Res.	8,4	+Res.
38	43,9	-Res.	43,9	-Res.	43,9	-Res.	44,0	-Res.	43,8	-Res.	42,6	-Res.	42,1	-Res.	40,8	-Res.	13,8	+Res.
39	14,3	+Res.	14,3	+Res.	14,2	+Res.	13,6	+Res.	13,6	+Res.	13,3	+Res.	13,3	+Res.	13,1	+Res.	11,2	+Res.
GB	21,7	-Res.	21,4	-Res.	21,1	-Res.	19,4	-Res.	19,0	-Res.	18,0	-Res.	17,7	-Res.	17,3	-Res.	13	+Res.

*Tempo médio da rede

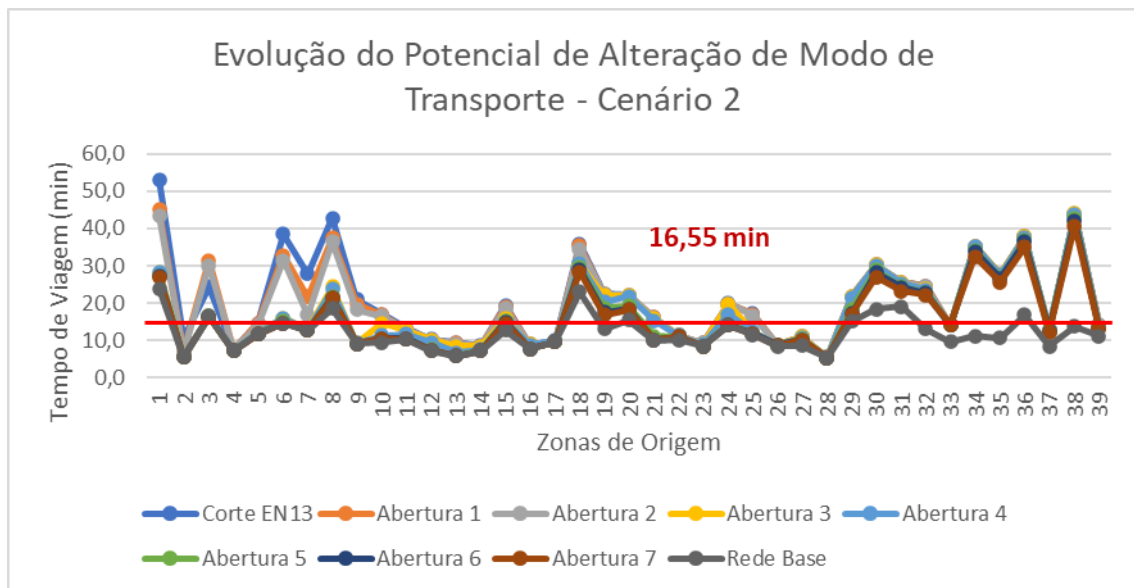


Figura 54 – Evolução do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 2

A partir dos mapas apresentados na Figura 53, da Tabela 39 e do gráfico da Figura 55, é possível observar a evolução do potencial de alteração do modo de transporte “Carro” do cenário 2 para as várias zonas de origem e, assim, avaliar os níveis de resiliência associados a esta primeira dimensão do modelo proposto. Para além disso, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem a restituição do nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: nenhuma zona;
- abertura 2: Zona 10.
- abertura 3: Zona 3, 6, 7, 9, 15 e 25.
- abertura 4: nenhuma zona.
- abertura 5: Zona 24.
- aberturas 6 e 7: nenhuma zona.
- abertura 8 (rede base): Zona 19, 20, 32, 34, 35 e 38.

Tal como era esperado, esta estratégia afeta positivamente as zonas mais a norte comparativamente com as zonas mais a sul da área do caso de estudo. Por outro lado, importa realçar que quando uma abertura não melhora os tempos médios das viagens de uma determinada zona de origem é possível concluir que esse troço não apresenta grande relevância no funcionamento da rede.

b) Resultado do índice de resiliência modal

Para perceber como esta estratégia de restituição do corte da EN13 influencia globalmente o potencial de alteração modal do “Carro” das zonas de origem ao longo do tempo, através da abertura/ restituição definida para os troços no cenário 2 (Tabela 34), foi determinado o índice de resiliência modal. A Figura 55 apresenta os resultados da resiliência sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa mais detalhado no anexo G).

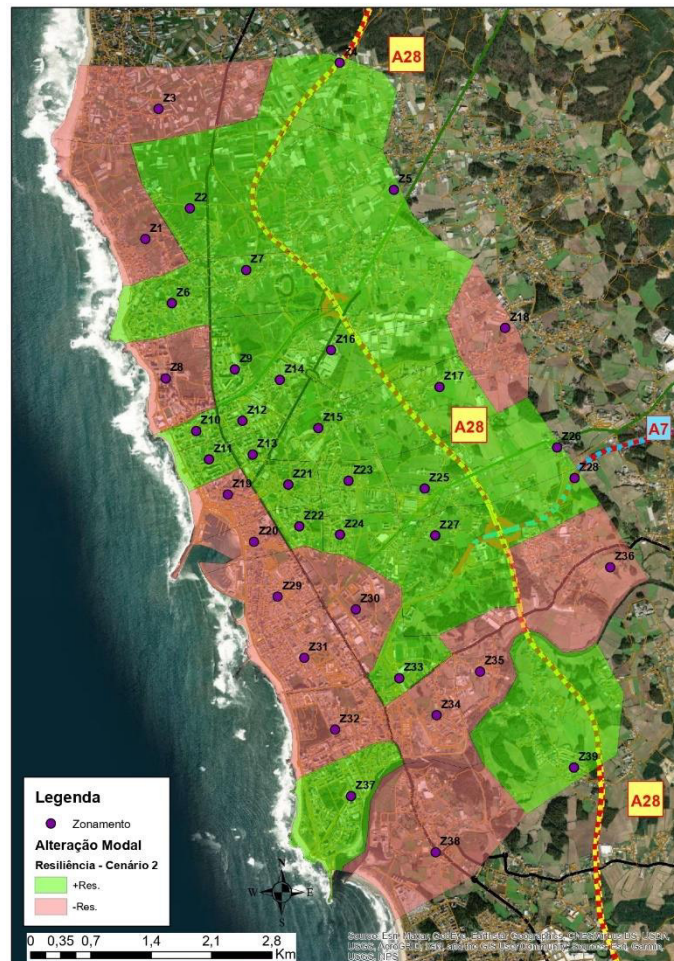


Figura 55 – Índice de resiliência modal – Cenário 2

Na Tabela 40 apresentam-se os valores dos índices de resiliência modal e a respetiva classificação. O gráfico da Figura 56 apresenta a variação de tempo das várias zonas de origem.

Tabela 40 – Classificação dos índices de resiliência modal – Cenário 2

Zona	Índice de Resiliência Modal	Classificação	Zona	Índice de Resiliência Modal	Classificação
1	28,0	-Res.	21	11,7	+Res.
2	5,6	+Res.	22	10,9	+Res.
3	17,5	-Res.	23	8,6	+Res.
4	7,2	+Res.	24	15,3	+Res.
5	12,0	+Res.	25	12,2	+Res.
6	16,3	+Res.	26	8,6	+Res.
7	13,2	+Res.	27	10,0	+Res.
8	22,5	-Res.	28	5,3	+Res.
9	9,8	+Res.	29	18,0	-Res.
10	11,1	+Res.	30	26,3	-Res.
11	10,9	+Res.	31	23,2	-Res.
12	8,0	+Res.	32	20,7	-Res.
13	6,3	+Res.	33	13,1	+Res.
14	7,4	+Res.	34	28,8	-Res.
15	14,7	+Res.	35	23,0	-Res.
16	8,0	+Res.	36	32,1	-Res.
17	9,7	+Res.	37	11,6	+Res.
18	28,4	-Res.	38	35,8	-Res.
19	17,6	-Res.	39	12,9	+Res.
20	18,7	-Res.			

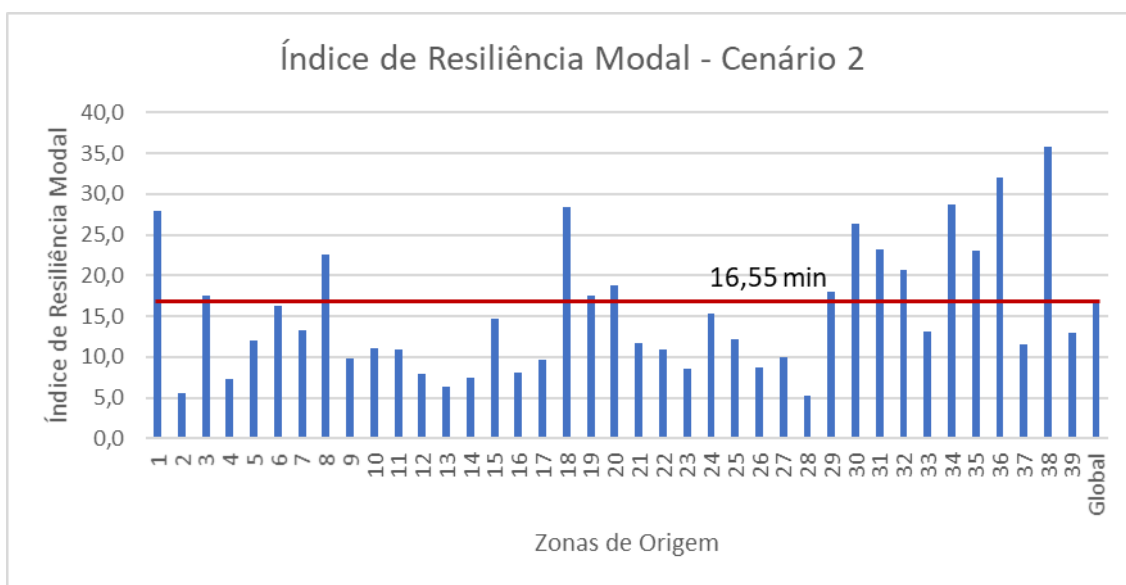


Figura 56 – Variação do índice de resiliência modal nas zonas de origem - Cenário 2

A partir dos mapas apresentados na Figura 55, da Tabela 40 e do gráfico da Figura 56, torna-se possível verificar, que a estratégia adotada no cenário 2 prejudica as zonas mais a sul, nomeadamente, as Zonas 19, 20, 29, 32, 34, 35 e 38, bem como uma zona localizada mais a norte, a Zona 3, da área do caso de estudo.

O facto do sentido de restituição dos troços da EN13 ser de Norte para Sul, potencia uma diminuição dos níveis de resiliência nas zonas localizadas mais a sul da área do caso de estudo. Posto isto, verifica-se que para este cenário as zonas a sul têm um impacto muito maior no funcionamento da rede do caso de estudo do que as zonas a norte.

Por outro lado, tal como para o cenário 1, existem zonas de origem onde já se observavam problemas de resiliência na mobilidade no cenário da rede base, ou seja, quando o sistema está no seu estado de equilíbrio. Para além disso, é possível verificar que as Zonas 3 e 19 apresentam um tempo de viagem muito próximo do índice de resiliência modal. Por fim, tendo em conta a Figura 56, as principais zonas afetadas (tempos mais elevados) são a Zona 1, 18, 34, 36 e 38, ou seja, as que apresentam maior potencial têm para que ocorra uma alteração modal do “Carro” para outro modo de transporte.

5. Cenário 3

A estratégia do cenário 3 passa pela restituição alternada de trechos da EN13, segundo a ordem preconizada no mapa da Figura 46.

a) Evolução do potencial de alteração de modo de transporte

À semelhança dos cenários 1 e 2, a Figura 57 apresenta a evolução do potencial de alteração do modo de transporte “Carro” no cenário 3 (mapas detalhados no Anexo G). A Tabela 42 apresenta os tempos médios de viagem e a classificação do potencial de alteração de modo de transporte e a Figura 58 a evolução do potencial de alteração de modo de transporte ao longo da sequência de aberturas definidas para a estratégia subjacente a este cenário.

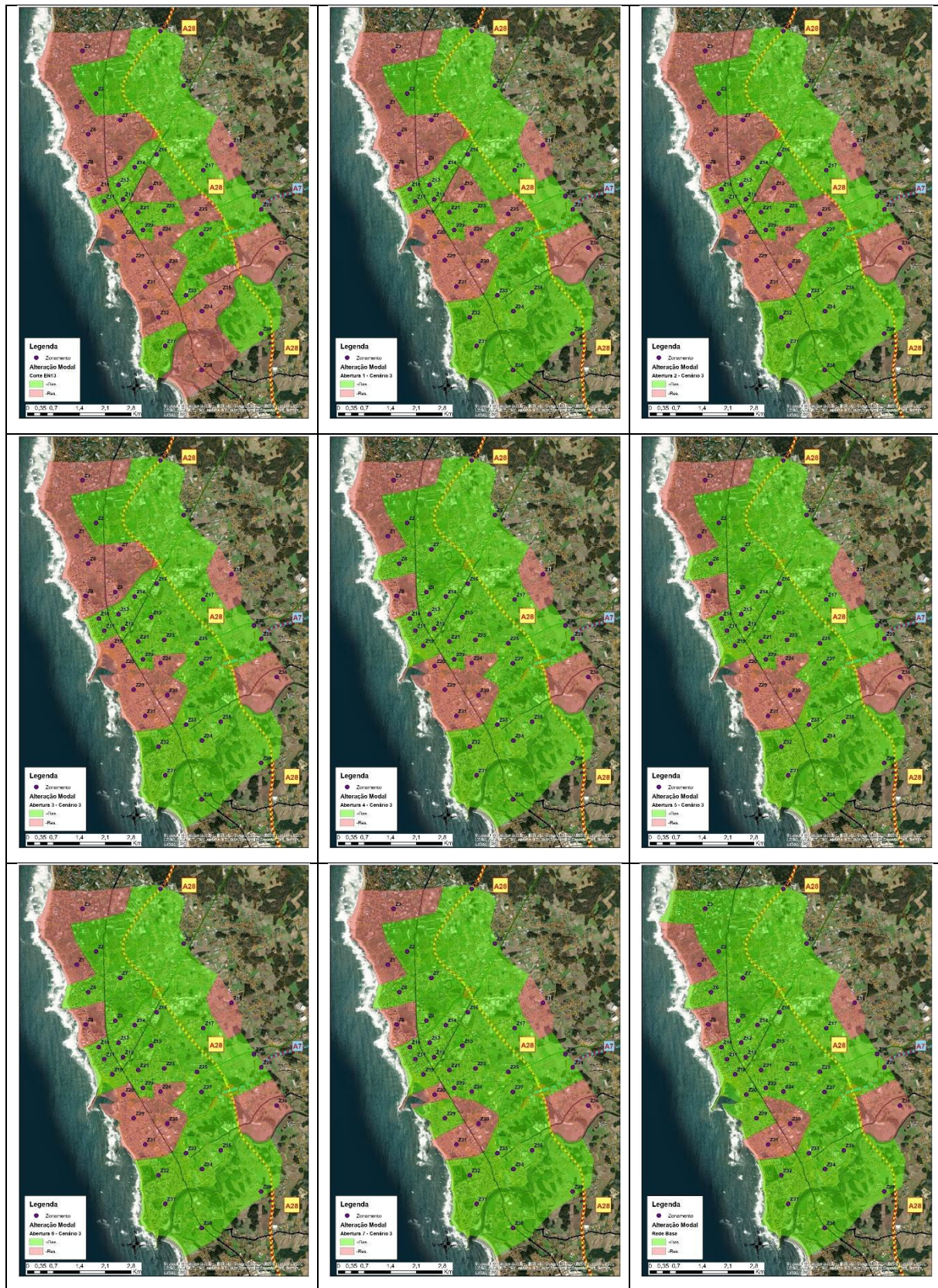


Figura 57 – Evolução do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 3

Tabela 41 – Evolução e classificação do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 3

Zona	Corte EN13		Abertura 1		Abertura 2		Abertura 3		Abertura 4		Abertura 5		Abertura 6		Abertura 7		Base	
	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação	Tempo (min)	Classificação
1	53,1	-Res.	49,7	-Res.	41,4	-Res.	39,7	-Res.	24,3	-Res.	24,3	-Res.	24,2	-Res.	24,1	-Res.	23,8	-Res.
2	10,5	+Res.	10,5	+Res.	7,1	+Res.	6,8	+Res.	5,6	+Res.	5,6	+Res.	5,6	+Res.	5,6	+Res.	5,4	+Res.
3	24,4	-Res.	24,5	-Res.	31,6	-Res.	30,0	-Res.	16,7	-Res.	16,7	-Res.	16,6	-Res.	16,6	-Res.	16,4	+Res.
4	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.	7,2	+Res.
5	14,5	+Res.	14,7	+Res.	14,8	+Res.	14,3	+Res.	12,0	+Res.	12,0	+Res.	12,0	+Res.	11,9	+Res.	11,8	+Res.
6	38,6	-Res.	38,2	-Res.	32,3	-Res.	31,2	-Res.	15,7	+Res.	15,5	+Res.	15,4	+Res.	15,2	+Res.	14,5	+Res.
7	27,8	-Res.	27,8	-Res.	22,1	-Res.	17,3	-Res.	12,9	+Res.	12,9	+Res.	12,7	+Res.	12,7	+Res.	12,7	+Res.
8	42,8	-Res.	39,2	-Res.	33,9	-Res.	33,0	-Res.	20,5	-Res.	20,3	-Res.	19,8	-Res.	19,4	-Res.	18,6	-Res.
9	21,0	-Res.	21,0	-Res.	19,8	-Res.	18,1	-Res.	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	9,1	+Res.	9,0	+Res.
10	17,0	-Res.	15,4	+Res.	15,1	+Res.	14,7	+Res.	12,9	+Res.	12,8	+Res.	10,1	+Res.	9,8	+Res.	9,4	+Res.
11	13,2	+Res.	12,8	+Res.	12,6	+Res.	12,5	+Res.	12,2	+Res.	12,1	+Res.	11,4	+Res.	10,8	+Res.	10,3	+Res.
12	10,2	+Res.	9,5	+Res.	9,5	+Res.	9,4	+Res.	9,4	+Res.	9,3	+Res.	8,7	+Res.	8,4	+Res.	7,2	+Res.
13	9,5	+Res.	9,1	+Res.	9,0	+Res.	8,8	+Res.	8,0	+Res.	7,9	+Res.	6,4	+Res.	6,1	+Res.	5,7	+Res.
14	8,5	+Res.	8,4	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,2	+Res.	8,2	+Res.	7,4	+Res.	7,3	+Res.	7,2	+Res.
15	19,4	-Res.	17,1	-Res.	16,8	-Res.	16,3	+Res.	13,5	+Res.	13,4	+Res.	13,0	+Res.	12,8	+Res.	12,6	+Res.
16	8,9	+Res.	8,6	+Res.	8,6	+Res.	8,6	+Res.	8,7	+Res.	8,6	+Res.	8,5	+Res.	8,3	+Res.	7,7	+Res.
17	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.	9,7	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,7	+Res.
18	36,0	-Res.	29,3	-Res.	28,7	-Res.	27,9	-Res.	24,0	-Res.	23,6	-Res.	23,6	-Res.	23,3	-Res.	23,0	-Res.
19	22,4	-Res.	17,0	-Res.	17,0	-Res.	16,9	-Res.	16,5	+Res.	16,0	+Res.	15,6	+Res.	14,3	+Res.	13,1	+Res.
20	22,2	-Res.	18,5	-Res.	18,4	-Res.	18,4	-Res.	18,2	-Res.	18,0	-Res.	18,1	-Res.	16,7	-Res.	15,5	+Res.
21	16,1	+Res.	14,2	+Res.	14,2	+Res.	14,1	+Res.	14,0	+Res.	13,8	+Res.	13,4	+Res.	11,4	+Res.	9,9	+Res.
22	11,4	+Res.	10,2	+Res.	10,2	+Res.	10,2	+Res.	10,2	+Res.	10,1	+Res.	10,0	+Res.	10,8	+Res.	10,1	+Res.
23	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	9,2	+Res.	8,9	+Res.	8,9	+Res.	9,0	+Res.	8,9	+Res.	8,5	+Res.
24	19,9	-Res.	19,2	-Res.	19,1	-Res.	19,1	-Res.	19,0	-Res.	18,8	-Res.	16,7	-Res.	15,9	+Res.	14,1	+Res.
25	17,2	-Res.	17,0	-Res.	16,8	-Res.	16,4	+Res.	12,0	+Res.	11,8	+Res.	12,0	+Res.	11,8	+Res.	11,4	+Res.
26	8,7	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.	8,3	+Res.
27	11,0	+Res.	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,3	+Res.	9,2	+Res.	8,9	+Res.	8,8	+Res.	8,6	+Res.
28	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,4	+Res.	5,3	+Res.	5,3	+Res.	5,3	+Res.	5,3	+Res.	5,2	+Res.
29	21,8	-Res.	18,9	-Res.	18,8	-Res.	18,8	-Res.	18,6	-Res.	18,4	-Res.	18,5	-Res.	15,7	+Res.	15,0	+Res.
30	30,2	-Res.	19,4	-Res.	19,4	-Res.	19,4	-Res.	19,3	-Res.	18,7	-Res.	18,7	-Res.	18,5	-Res.	18,4	-Res.
31	25,6	-Res.	20,6	-Res.	20,6	-Res.	20,5	-Res.	20,4	-Res.	19,9	-Res.	19,9	-Res.	19,2	-Res.	19,1	-Res.
32	24,6	-Res.	14,6	+Res.	14,5	+Res.	14,3	+Res.	13,5	+Res.	13,4	+Res.	13,4	+Res.	13,1	+Res.	13,0	+Res.
33	14,1	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,8	+Res.	9,6	+Res.	9,6	+Res.
34	35,2	-Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,3	+Res.	11,3	+Res.	11,2	+Res.	11,2	+Res.
35	27,6	-Res.	10,8	+Res.	10,8	+Res.	10,8	+Res.	10,8	+Res.	10,7	+Res.	10,7	+Res.	10,6	+Res.	10,6	+Res.
36	37,8	-Res.	17,1	-Res.	17,1	-Res.	17,1	-Res.	17,1	-Res.	17,0	-Res.	17,0	-Res.	16,9	-Res.	16,9	-Res.
37	12,8	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.	8,4	+Res.	8,5	+Res.	8,5	+Res.	8,5	+Res.	8,4	+Res.
38	43,9	-Res.	14,2	+Res.	14,2	+Res.	14,2	+Res.	14,1	+Res.	14,0	+Res.	14,0	+Res.	13,8	+Res.	13,8	+Res.
39	14,3	+Res.	12,1	+Res.	12,0	+Res.	12,0	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,4	+Res.	11,3	+Res.	11,2	+Res.
GB*	21,7	-Res.	16,6	-Res.	16,2	+Res.	16,0	+Res.	14,2	+Res.	14,0	+Res.	13,8	+Res.	13,3	+Res.	13,0	+Res.

*Tempo médio da rede

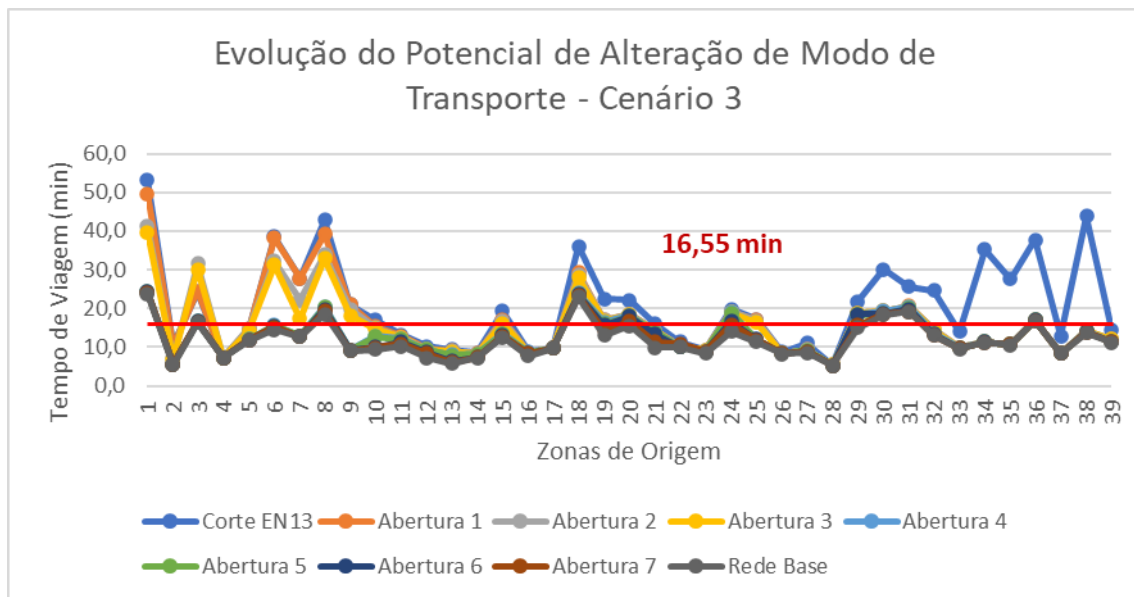


Figura 58 – Evolução do potencial de alteração de modo de transporte – Cenário 3

A partir dos mapas apresentados na Figura 57, da Tabela 41 e o gráfico da Figura 58 é possível observar a evolução do potencial de alteração do modo de transporte Carro no cenário 3 para as várias zonas de origem e, assim, avaliar os níveis de resiliência associados a esta primeira dimensão do modelo proposto. Para além disso, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem a restituição do nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 10, 32, 34, 35 e 38;
- abertura 2: nenhuma zona;
- abertura 3: Zona 15 e 25;
- abertura 4: Zona 6, 7 e 19;
- aberturas 5 e 6: nenhuma zona;
- abertura 7: Zona 24 e 29;
- abertura 8 (rede base): Zona 3 e 20.

Apesar desta alternância de aberturas a Sul e a Norte, foi possível verificar que as zonas que demoram mais a restituir são as zonas localizadas a norte da área do caso de estudo.

b) Resultado do índice de resiliência modal

Para perceber como esta estratégia de restituição do corte da EN13 do cenário 3 influencia globalmente o potencial de alteração modal das zonas de origem ao longo do tempo, através da abertura/ restituição dos troços definidos na Tabela 34, foi determinado o índice de resiliência modal. A Figura 59 apresenta os resultados da resiliência sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no Anexo G).

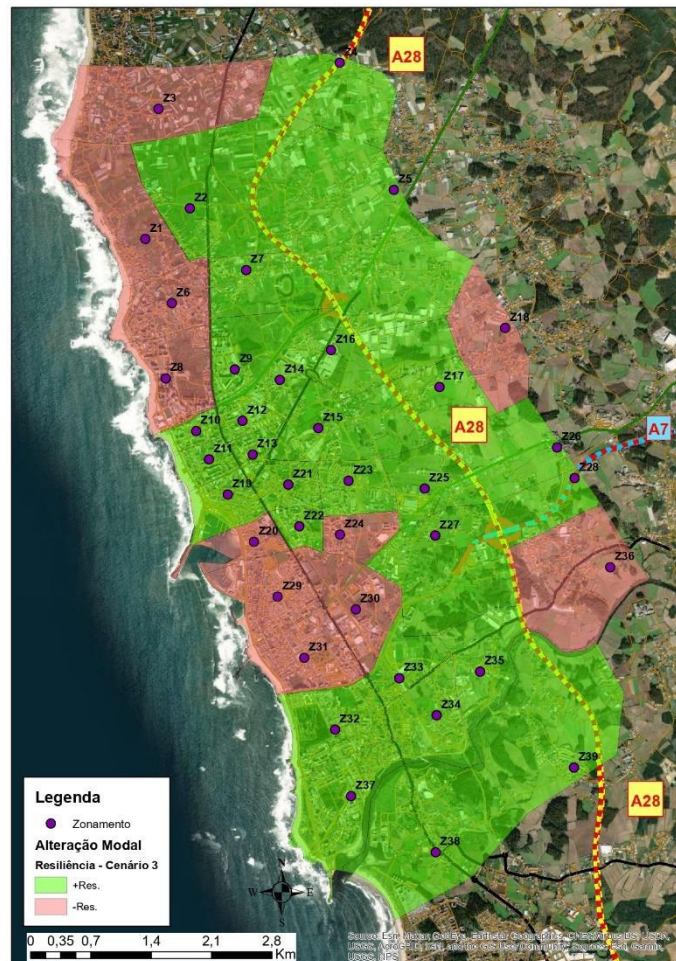


Figura 59 – Índice de resiliência modal – Cenário 3

A Tabela 42 apresenta os índices de resiliência modal e a respetiva classificação. O gráfico da Figura 60 apresenta a variação de tempo médio das viagens das várias zonas de origem.

Tabela 42 – Classificação dos índices de resiliência modal – Cenário 3

Zona	Índice de Resiliência Modal	Classificação	Zona	Índice de Resiliência Modal	Classificação
1	27,7	-Res.	21	12,5	+Res.
2	6,0	+Res.	22	10,3	+Res.
3	19,0	-Res.	23	8,9	+Res.
4	7,2	+Res.	24	17,0	-Res.
5	12,4	+Res.	25	12,7	+Res.
6	18,6	-Res.	26	8,3	+Res.
7	14,4	+Res.	27	9,0	+Res.
8	22,5	-Res.	28	5,3	+Res.
9	11,1	+Res.	29	17,3	-Res.
10	11,5	+Res.	30	18,8	-Res.
11	11,4	+Res.	31	19,8	-Res.
12	8,6	+Res.	32	13,5	+Res.
13	7,1	+Res.	33	9,7	+Res.
14	7,7	+Res.	34	11,4	+Res.
15	13,7	+Res.	35	10,8	+Res.
16	8,4	+Res.	36	17,0	-Res.
17	9,7	+Res.	37	8,5	+Res.
18	24,4	-Res.	38	14,1	+Res.
19	15,2	+Res.	39	11,5	+Res.
20	17,3	-Res.			

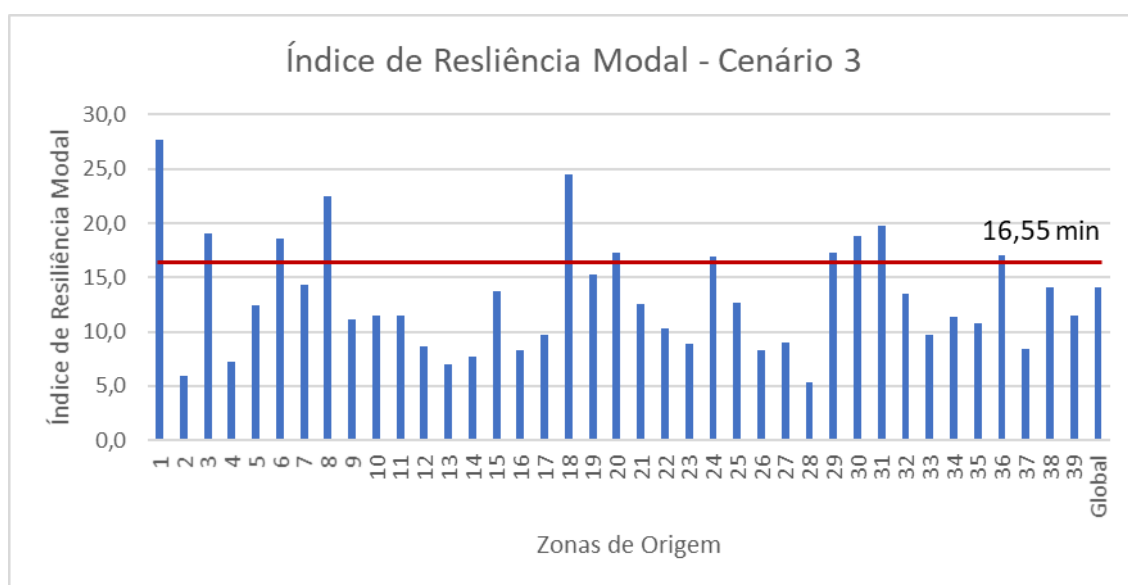


Figura 60 – Variação do índice de resiliência modal nas zonas de origem - Cenário 3

A partir dos mapas da Figura 59, a Tabela 42 e gráfico da Figura 60, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 3 prejudica as zonas mais centrais, nomeadamente, as Zonas 20, 24 e 29.

Os resultados do cenário 3 permitem verificar que a restituição dos troços da EN13 referentes à zona central da área de estudo, em último lugar, afeta também as zonas a norte (Zona 3 e 6), potenciando uma diminuição do nível de resiliência dessas zonas localizadas no centro e norte no caso de estudo.

Podemos ainda verificar que as Zonas 20, 24 e 36 apresentam um tempo médio de viagem muito próximo do índice médio de resiliência modal para a área de estudo. Por último, tendo em conta o gráfico da Figura 60, as principais zonas afetadas (tempos mais elevados) são as Zonas 1, 8, 18 e 31.

6. Discussão dos resultados dos índices de resiliência modal

Por último, a partir das análises efetuadas anteriormente, verifica-se que as várias estratégias de restituição afetam a resiliência das zonas do caso de estudo de diferentes formas. Na Tabela 43 apresenta-se uma comparação dos resultados referentes aos índices de resiliência modal obtidos para os diferentes cenários.

Tabela 43 – Comparação de resultados – índices de resiliência modal

Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
1	-Res.	-Res.	-Res.	21	+Res.	+Res.	+Res.
2	+Res.	+Res.	+Res.	22	+Res.	+Res.	+Res.
3	-Res.	-Res.	-Res.	23	+Res.	+Res.	+Res.
4	+Res.	+Res.	+Res.	24	+Res.	+Res.	-Res.
5	+Res.	+Res.	+Res.	25	+Res.	+Res.	+Res.
6	-Res.	+Res.	-Res.	26	+Res.	+Res.	+Res.
7	-Res.	+Res.	+Res.	27	+Res.	+Res.	+Res.
8	-Res.	-Res.	-Res.	28	+Res.	+Res.	+Res.
9	+Res.	+Res.	+Res.	29	+Res.	-Res.	-Res.
10	+Res.	+Res.	+Res.	30	-Res.	-Res.	-Res.
11	+Res.	+Res.	+Res.	31	-Res.	-Res.	-Res.
12	+Res.	+Res.	+Res.	32	+Res.	-Res.	+Res.
13	+Res.	+Res.	+Res.	33	+Res.	+Res.	+Res.
14	+Res.	+Res.	+Res.	34	+Res.	-Res.	+Res.
15	+Res.	+Res.	+Res.	35	+Res.	-Res.	+Res.
16	+Res.	+Res.	+Res.	36	-Res.	-Res.	-Res.
17	+Res.	+Res.	+Res.	37	+Res.	+Res.	+Res.
18	-Res.	-Res.	-Res.	38	+Res.	-Res.	+Res.
19	+Res.	-Res.	+Res.	39	+Res.	+Res.	+Res.
20	+Res.	-Res.	-Res.				

A estratégia adotada no cenário 1 afeta principalmente as zonas mais a norte (Zona 3, 6 e 7), mas também a Zona 18 a nascente, as Zonas 30 e 31 na área central e a Zona 36 a sul da área do caso de estudo. Já a estratégia adotada no cenário 2 afeta, sobretudo, as zonas mais a sul (Zona 32, 34, 35 e 38), mas também zonas mais centrais como, a Zona 19, 20 e 29, e uma zona a norte (Zona 3). A estratégia adotada no cenário 3 afeta, principalmente, as zonas que tem como principais ligações às zonas mais a norte e zonas centrais, como a Zona 3, 6, 20, 24 e 29.

Desta forma, podemos constatar que a Zona 3 apresenta sempre um baixo nível de resiliência durante os três cenários, o que é um mau indicador quanto à efetividade da resiliência do modo “Carro” como principal meio de transporte nesta zona. Isto pode trazer alguns problemas, dada a falta de infraestrutura para modos suaves e pela escassez e pouca fiabilidade dos modos alternativos, nomeadamente o Autocarro.

Por outro lado, verifica-se que a Zona 6 também apresenta alguns problemas em dois cenários (1 e 3). Contudo, visto que esta zona se insere numa área próxima do centro da cidade, onde o tráfego automóvel circula a velocidades muito baixas e a fiabilidade das alternativas ao “Carro” é boa, podemos concluir que existe a possibilidade da população adotar outro modo de transporte principal alternativo ao “Carro”.

Tendo em conta a globalidade dos resultados, as zonas que requerem maior atenção são as Zonas 1, 3, 6, 8, 18, 20, 29, 30, 31 e 36, uma vez que apresentam um baixo nível de resiliência em pelo menos dois cenários onde a circulação com o Carro foi interrompida, que poderá obrigar a uma possível alteração do modo de transporte, sendo para esse efeito necessário que existam níveis adequados de oferta alternativas ao Carro. Caso essa oferta não esteja disponível, os indivíduos que iniciam a sua viagem nestas zonas poderão ter de despende de mais tempo para realizarem as suas viagens habituais.

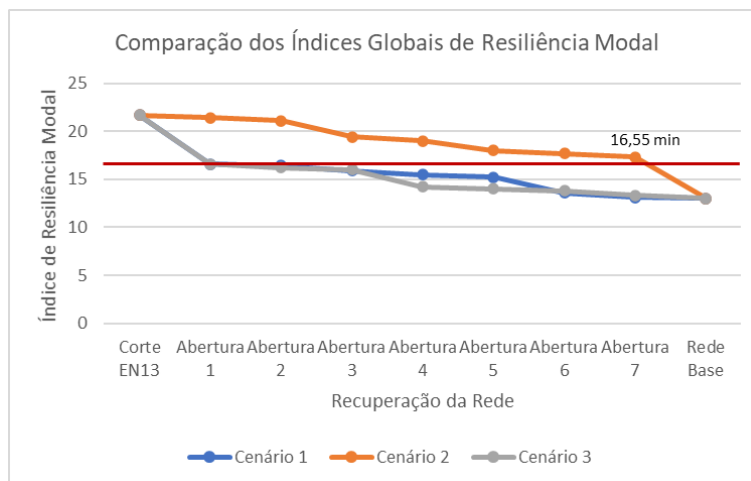


Figura 61 – Comparação de resultados globais – índices de resiliência modal

A partir da comparação dos resultados dos índices globais de resiliência modal (Figura 61), para os vários cenários, é possível verificar que o cenário mais gravoso é o cenário 2. Os cenários 1 e 3 apresentam um índice de resiliência final muito próximo. No entanto, também é possível constatar que durante a

restituição da rede, o cenário 3 apresenta na maioria do processo o melhor nível de resiliência, ou seja, o menor tempo de viagem global da rede, contribuindo para um melhor comportamento do sistema.

IV.3.2. Avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte

A segunda dimensão do modelo de avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana proposto nesta tese passa pela avaliação da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte alternativos ao modo em análise, o Carro.

Esta etapa permitirá identificar as zonas com maior potencial para poderem ser consideradas mais resilientes, ou seja, as que estão melhor preparadas para responder a um evento disruptivo no sistema de mobilidade e transportes, com base na oferta de modos de transporte. Importa referir que se considerou, neste exercício, uma oferta estática, *i.e.*, a oferta é a mesma durante todo este processo. Logo, será apenas estudada a situação do cenário base (situação atual), uma vez que as três estratégias de restituição definidas nos cenários não se alteram com os mesmos.

IV.3.2.1. Disponibilidade (Quantidade) da Oferta de Modos de Transporte

A oferta de vários modos de transporte permite à população a possibilidade de viajar de diferentes formas, mas também de criar alternativas ao seu principal modo de transporte. Porém, como descrito na metodologia, os modos de transporte apresentam diferentes características e papéis no sistema de mobilidade. Assim, neste contexto, foram definidas três tipologias de serviços essenciais, ou seja, tidos como indispensáveis para o bom funcionamento das cidades, nomeadamente, interfaces de transporte (centros de transportes, central de camionagem ou principal paragem de transportes públicos, estações e apeadeiros de metro e comboio), saúde (hospitais e centros de saúde) e serviços administrativos e financeiros (finanças, segurança social, tribunais, registos e notariado, câmara municipal, etc.).

Para avaliar a disponibilidade da oferta de modos de transporte, inicialmente, foram identificados os modos de transporte alternativos disponíveis em cada zona geradora de tráfego, tendo em conta os seguintes pressupostos:

- O modo ciclável apenas circula em ciclovias, tendo sido definida uma área de influência de 300m em torno destas infraestruturas;

- O modo pedonal apenas foi considerado para percursos inferiores a 1,5km, cerca de 22 minutos, tendo sido definida uma área de influência de 1,5km para cada componente essencial (interfaces modais, saúde e serviços);
- Para a modo autocarro foi definida uma área de influência de 300m em relação às linhas que compõem os vários serviços.

Por conseguinte, recorrendo a sistemas de informação geográfica, procedeu-se à identificação dos modos de transporte disponíveis em cada zona geradora de tráfego. Para, neste primeiro passo, as zonas serem consideradas resilientes, estas devem ter pelo menos 50% dos modos de transportes alternativos disponíveis, ou seja, pelo menos 2 de 3 modos alternativos ao Carro. A Tabela 44 apresenta o número de modos de transporte disponíveis em cada zona geradora de tráfego.

Tabela 44 – Identificação dos modos de transporte disponíveis em cada zona geradora de tráfego

Zona	Bike (Bk)	Pé (P)	Bus (B)	Total	Resultado	Zona	Bike (Bk)	Pé (P)	Bus (B)	Total	Resultado
1	Não	Não	Sim	1	-Res.	21	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
2	Não	Não	Sim	1	-Res.	22	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
3	Não	Não	Sim	1	-Res.	23	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
4	Não	Não	Não	0	-Res.	24	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
5	Sim	Não	Sim	2	+Res.	25	Não	Não	Sim	1	-Res.
6	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	26	Não	Não	Sim	1	-Res.
7	Não	Sim	Sim	2	+Res.	27	Não	Sim	Sim	2	+Res.
8	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	28	Não	Não	Não	0	-Res.
9	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	29	Sim	Não	Sim	2	+Res.
10	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	30	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
11	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	31	Não	Sim	Sim	2	+Res.
12	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	32	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
13	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	33	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
14	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	34	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
15	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	35	Não	Sim	Sim	2	+Res.
16	Sim	Sim	Sim	3	+Res.	36	Não	Não	Sim	1	-Res.
17	Não	Não	Sim	1	-Res.	37	Sim	Sim	Sim	3	+Res.
18	Não	Não	Sim	1	-Res.	38	Não	Sim	Sim	2	+Res.
19	Não	Sim	Sim	2	+Res.	39	Não	Não	Não	0	-Res.
20	Sim	Sim	Sim	3	+Res.						

A Figura 62 apresenta a classificação da disponibilidade (quantidade) de oferta de modos de transporte alternativos ao modo carro (mapa detalhado no anexo H).



Figura 62 – Classificação da disponibilidade (quantidade) da oferta de modos de transporte

De acordo com a Figura 62 podemos verificar, como era expectável, que a maioria das zonas mais afastadas do centro da cidade são as mais afetadas pela falta de modos de transporte alternativos, nomeadamente, as Zonas 1, 2, 3, 4, 17, 18, 25, 26, 28, 29 e 36. Dentro deste conjunto de zonas, as Zonas 4, 28 e 39 são pontos de acesso às autoestradas A28 e A7, logo, apenas teríamos no máximo a disponibilidade do modo autocarro, visto ser proibida a circulação em modo ciclável e pedonal. Porém, não se verifica a disponibilidade de qualquer modo alternativo ao Carro.

Por outro lado, como as Zonas 3, 18, 26 e 36 são pontos de entrada no caso de estudo para as viagens das áreas limitrofes, verifica-se um grande afastamento destas zonas em relação às principais tipologias de serviços essenciais, tornando a disponibilidade do modo pedonal inviável para essas deslocações. Como estas zonas não são servidas por ciclovias é possível constatar que a utilização do modo ciclável também é inviável.

Por fim, as Zonas 1, 2, 17 e 25 (internas do caso de estudo) são muito afetadas pela falta de alternativas não motorizadas em relação ao Carro, verificando-se que o uso do autocarro pode ser uma opção válida. É importante salientar que apesar destas zonas fazerem parte do perímetro urbano do caso de estudo, o uso do modo pedonal é pouco provável devido à distância aos serviços essenciais.

IV.3.2.2. Flexibilidade da Oferta de Modos de Transporte

Após a identificação dos modos de transporte que servem a diversas zonas geradoras de tráfego, é importante avaliar de que forma cada um desses modos pode colmatar/ atenuar os problemas causados pela impossibilidade de usar o carro. Assim, é importante que cada zona tenha ligação a todas as três tipologias de serviços essenciais em pelo menos 50% dos modos de transporte alternativos disponíveis.

Com recurso a uma análise geográfica da rede de transportes e tendo em conta os resultados da Tabela 44, são avaliadas as zonas com maior flexibilidade de oferta de modos de transporte. A Tabela 45 apresenta o número de modos de transporte alternativos (bicicleta – BK, a pé – P, autocarro - B) que apresentam ligações a todas as tipologias de serviços essenciais em cada zona geradora de tráfego.

Tabela 45 – Identificação das ligações a todas as tipologias de serviços essenciais em cada zona

Zona	Interfases Modais	Saúde	Serviços	Ligações	Resultado	Zona	Interfases Modais	Saúde	Serviços	Ligações	Resultado
1	B	B	B	1	-Res.	21	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
2	B	B	B	1	-Res.	22	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
3	B	B	B	1	-Res.	23	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
4				0	-Res.	24	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
5	BK, B	BK, B	BK, B	2	+Res.	25	B	B	B	1	-Res.
6	BK, P, B	BK, B	BK, B	2	+Res.	26	B	B	B	1	-Res.
7	P, B	B	B	1	-Res.	27	P, B	B	B	1	-Res.
8	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	28				0	-Res.
9	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	29	BK, B	BK, B	BK, B	2	+Res.
10	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	30	BK, P, B	BK, P, B	BK, B	2	+Res.
11	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	31	P, B	P, B	P, B	2	+Res.
12	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	32	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
13	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	33	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
14	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	34	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
15	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.	35	P, B	P, B	B	1	-Res.
16	BK, P, B	BK, P, B	BK, B	3	+Res.	36	B	B	B	1	-Res.
17	B	B	B	1	-Res.	37	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.
18	B	B	B	1	-Res.	38	P, B	B	B	1	-Res.
19	P, B	P, B	P, B	2	+Res.	39				0	-Res.
20	BK, P, B	BK, P, B	BK, P, B	3	+Res.						

A Figura 63 apresenta a classificação da flexibilidade de oferta de modos de transporte alternativos (mapa detalhado no Anexo H).



Figura 63 – Classificação da flexibilidade da oferta de modos de transporte

A partir da Figura 63 podemos verificar que houve uma descida do nível de resiliência em algumas zonas, nomeadamente, nas Zonas 1, 2, 3, 7, 17, 18, 25, 26, 27, 28, 35, 36, 38 e 39. Apesar destas zonas apresentarem ligações em dois modos alternativos (autocarro e pedonal), é possível constatar que apenas apresenta ligações por autocarro para as três componentes essenciais, uma vez que o modo pedonal não permite estabelecer a ligação a todas as componentes devido às elevadas distâncias de percurso.

IV.3.2.3. Avaliação da Transformação Modal

Após a avaliação da dimensão da disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte, é necessário integrar esta avaliação com o resultado da caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, de modo a identificar as zonas mais problemáticas da área de estudo. Assim, de acordo com a metodologia, a Tabela 46 apresenta a estrutura conceptual desta componente no modelo de avaliação da resiliência e qual a relação das duas partes na sua avaliação.

Tabela 46 – Classificação integradas da avaliação da 1ª e 2ª dimensão da resiliência – potencial transformação modal

1º dimensão	2º dimensão		Classificação de ligações
Avaliação da escolha modal	Números de modos de Transporte alternativos	Nº de ligações a serviços básicos	
$T_{viagem} \leq T_{50\%}$	-	-	+ Resiliente
$T_{viagem} > T_{50\%}$	<50%	-	- Resiliente
	≥50%	<50%	- Resiliente
		≥50%	+ Resiliente

Como descrito na metodologia, considera-se que a zona é mais resiliente quando o tempo de viagem é inferior ao valor crítico ($T_{50\%}$) definido na 1ª dimensão da metodologia. Esta consideração assenta no pressuposto de que a viagem tem uma grande probabilidade de terminar no mesmo modo de transporte, ou seja, assume-se a que o sistema absorve ou resiste ao impacto do evento disruptivo.

Porém, quando o tempo médio de viagem com origem na zona de análise é superior ao tempo crítico para o modo em estudo, então a probabilidade de a viagem terminar nesse modo diminui, evidenciando uma potencial transferência (transformação) modal. Assim, o sistema tem de se transformar e, ou restituir o seu funcionamento até à situação pré-evento disruptivo. Porém, essa restituição vai depender da redundância do sistema, que é avaliada na 2ª dimensão da metodologia, resultando que as zonas são menos resilientes quando não existem modos de transporte com ligações aos serviços essenciais (básicos) da cidade, ou seja, são resilientes quando existe disponibilidade e flexibilidade da oferta.

1. Rede Base

O primeiro passo é identificar as zonas que apresentam potenciais problemas de transformação modal das viagens no modo Carro no estado inicial, *i.e.*, antes da ocorrência de um evento disruptivo.

a) Resultados Rede Base

A partir dos resultados obtidos nas duas dimensões foi possível identificar quais as zonas com maiores problemas na transformação modal das viagens de Carro. A Figura 64 apresenta os resultados para o estado inicial sob a forma de mapa (mapa detalhado no Anexo I).

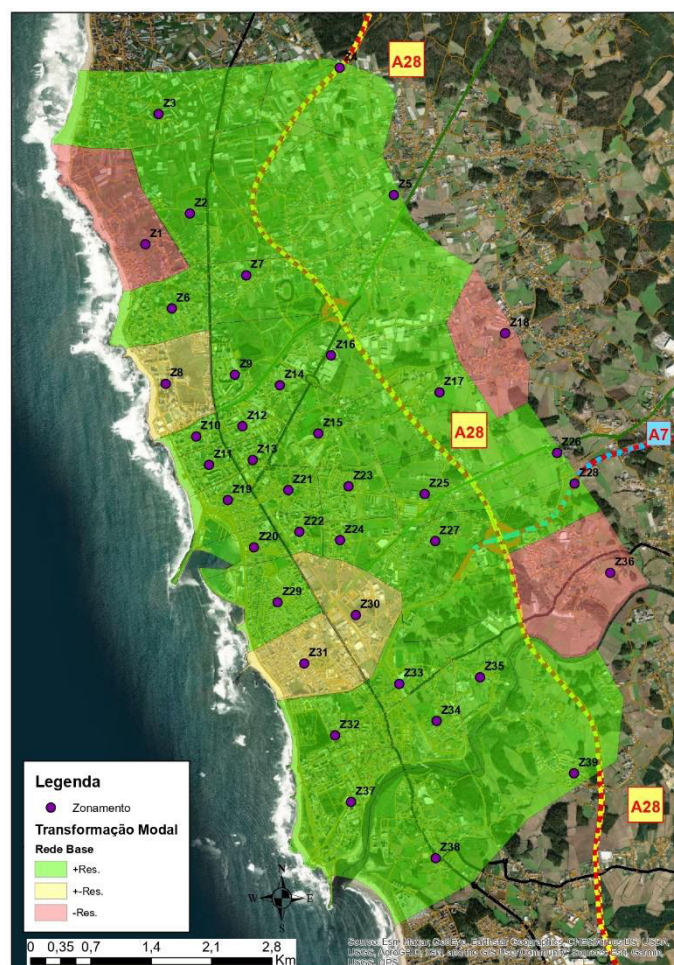


Figura 64 – Potencial de transformação modal – Rede Base

Da análise do mapa da Figura 64 podemos verificar que as Zonas 1, 18 e 36 apresentam problemas na transformação modal das viagens realizadas no modo Carro, que pode condicionar as deslocações da maioria dos indivíduos provenientes destas zonas. Em contrapartida, verifica-se que as Zonas 8, 30 e 31, apesar de apresentarem potencial para terem de alterar as viagens de Carro, estas viagens poderão

ser realizadas noutros modos de transporte, uma vez que existe uma boa oferta de modos alternativos nestas zonas, que permitem pelo menos estabelecer a ligação aos serviços essenciais da cidade.

2. Corte Estrada Nacional 13

Tal como na avaliação da 1.^a dimensão, neste ponto será analisado o corte da Estrada Nacional 13, que é comum aos três cenários estudados.

a) Resultados Corte EN13

Tendo em conta a classificação da Tabela 46, foi possível identificar quais as zonas com maiores problemas na sua transformação modal das viagens de carro com o corte da EN13. A Figura 65 apresenta os resultados do corte EN13 sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo I).

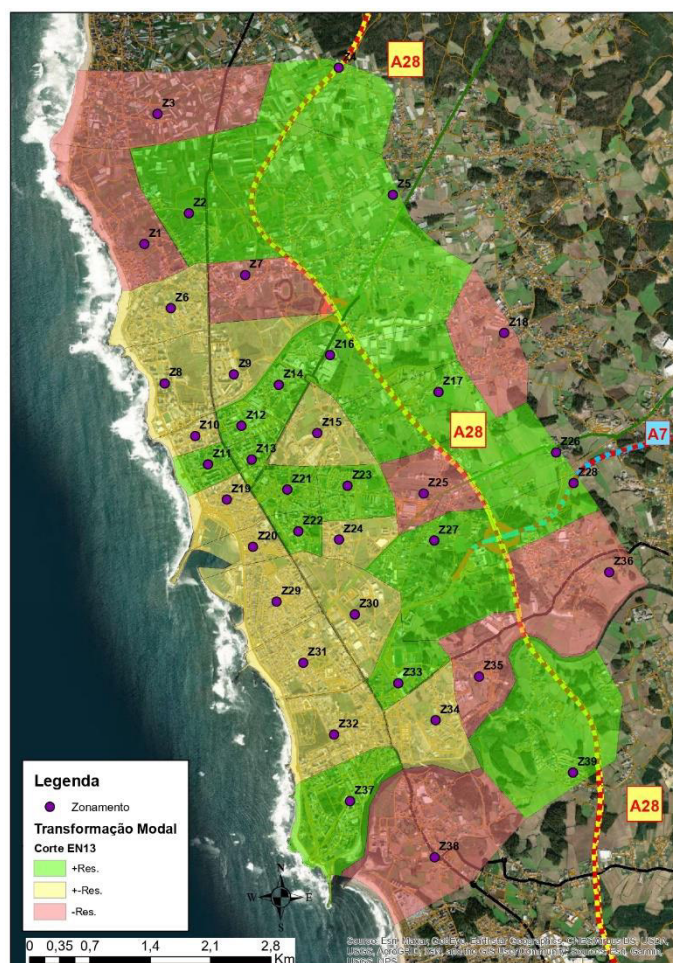


Figura 65 – Potencial de transformação modal – Corte EN13

Verifica-se então que o corte na EN13 tem um grande impacto no potencial de transformação modal do Carro, nomeadamente nas Zonas 3, 7, 25, 35 e 38. Estes problemas devem-se ao facto destas zonas de origem apresentarem um elevado tempo médio de viagem na fase de normal funcionamento do sistema de transportes e mobilidade da cidade. No entanto, o corte da EN13 veio clarificar os problemas existentes nestas zonas, uma vez que não apresentam uma boa oferta de modos de transporte alternativos ao carro, podendo causar transtornos às populações que aí residem.

Em contrapartida, apesar das Zonas 6, 8, 9, 10, 15, 19, 20, 24, 29, 30, 31, 32 e 34, apresentarem um elevado potencial para terem de alterar as viagens de carro, este problema pode ser mitigado pela boa oferta de modos alternativos. Estes resultados demonstram a grande importância que esta via tem nas deslocações da área do caso de estudo.

3. Cenário 1

Após a análise e apresentação dos dois estados principais da rede para avaliação das condições de resiliência do sistema de mobilidade da área de estudo, que correspondem ao cenário existente (Rede base) e ao relativo ao corte da EN13, foi avaliada a evolução do potencial de transformação modal para cada uma das estratégias de restituição do sistema apresentadas.

A estratégia do cenário 1 passa pela restituição de trechos da EN13 no sentido Sul - Norte (ver Figura 44).

a) Evolução do potencial de transformação modal

A Figura 66 apresenta os mapas das várias fases de abertura com a classificação das zonas, de acordo com a proposta definida na Tabela 46, em relação à evolução do potencial de transformação modal das viagens realizados no modo carro para o cenário 1 (mapas detalhados no anexo I).

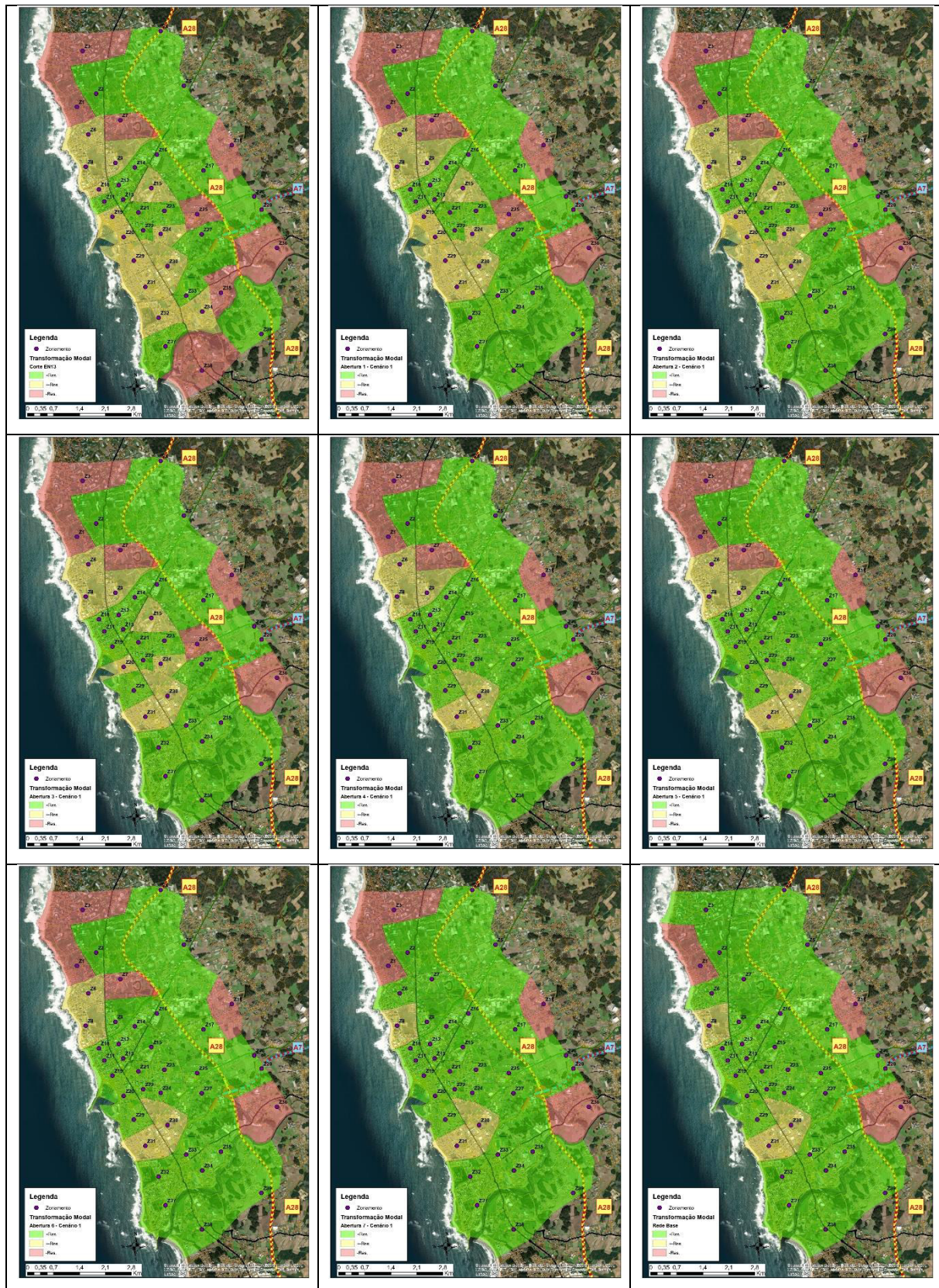


Figura 66 – Evolução do potencial de transformação modal – Cenário 1

A partir dos mapas apresentados, é possível verificar a evolução do potencial de transformação modal das viagens de carro com a abertura dos vários trechos, caracterizando assim os níveis de resiliência associados a esta avaliação. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 32, 34, 35 e 38;
- abertura 2: nenhuma zona;
- abertura 3: Zona 19 e 29;
- abertura 4: Zona 15, 20, 24 e 25;
- abertura 5: nenhuma zona;
- abertura 6: Zona 9;
- abertura 7: Zona 6 e 7;
- abertura 8: Zona 3.

Em todo este processo não se verificou um retrocesso dos níveis de resiliência associados ao potencial de transformação modal. Isto demonstra que nenhuma das aberturas tem um forte impacto negativo nas zonas, ao ponto de baixar o seu nível de resiliência, o que era expectável, uma vez que a oferta de modos de transporte tem por base atenuar/ colmatar potenciais problemas da realização de viagens no modo Carro. Para além disso, podemos verificar nesta análise que as aberturas 2 e 5 não apresentam nenhum benefício para esta estratégia de restituição.

b) Resultados do potencial global de transformação modal

De modo a perceber como a estratégia do cenário 1 para a restituição do corte da EN13 influencia as viagens da rede ao longo do tempo. Para esse efeito, foi avaliada para as todas zonas a resiliência em relação ao potencial global de transformação das viagens realizadas no modo carro para outros modos de transporte alternativos, de acordo com a classificação preconizada na Tabela 46.

A Figura 67 apresenta os resultados da resiliência final sob a forma de um mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo I).

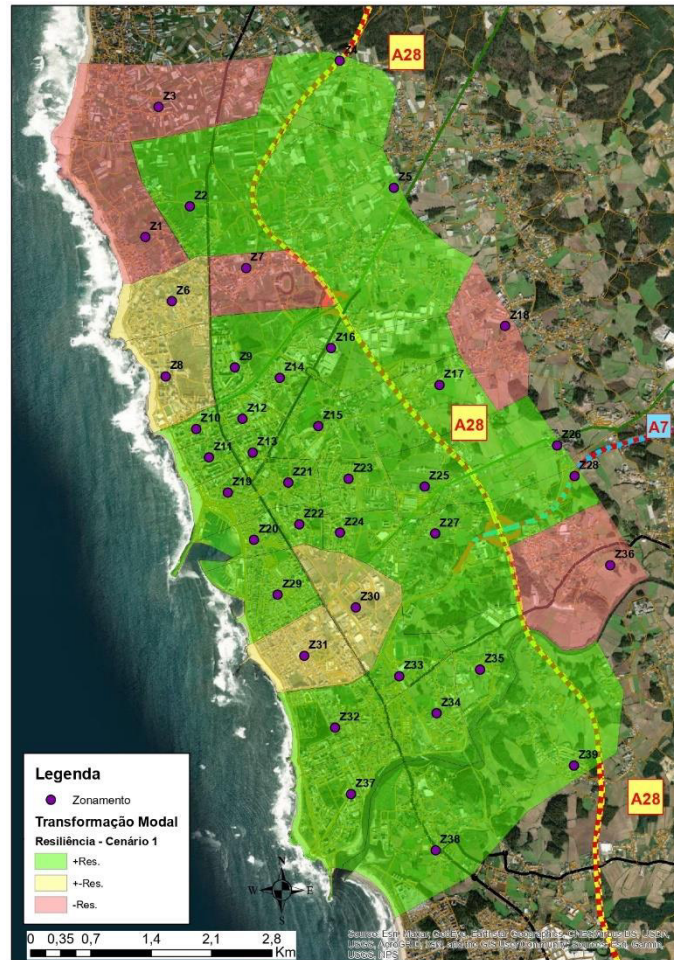


Figura 67 – Resiliência associada ao potencial global de transformação modal – Cenário 1

Da análise da Figura 67, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 1 não se traduz em melhorias na resiliência associada ao potencial global de transformação modal das viagens realizadas no modo carro, principalmente, nas zonas mais a norte (Zonas 1, 3 e 7) do caso de estudo.

Em contrapartida, apesar das Zonas 6 e 8 apresentarem um potencial elevado para que as viagens de carro possam ser alteradas para outros modos de transporte, este problema é atenuado pela existência de uma boa oferta de modos alternativos disponíveis.

A Zona 18 (a nascente do caso de estudo) não apresenta possibilidade de transformação modal, o que pode ser um problema para os indivíduos desta zona que utilizem o carro para se deslocar, uma vez que a oferta de modos alternativos é escassa.

Por fim, na área central do caso de estudo, as Zonas 30 e 31, a oferta de modos de transporte alternativos ao carro possibilita a sua transformação modal, mitigando assim potenciais problemas relacionados com os seus tempos médios de viagem. Desta forma, possibilita que os indivíduos provenientes destas zonas efetuem as suas viagens noutra modo de transporte, quando o uso do modo carro for inviável.

4. Cenário 2

À semelhança do cenário 1, nesta secção será avaliada a estratégia do cenário 2, que passa pela restituição de trechos da EN13 no sentido Norte - Sul (ver Figura 45).

a) Evolução do potencial de transformação modal

A Figura 68 apresenta os mapas das várias fases de abertura associados a esta estratégia e a respetiva avaliação da evolução do potencial de transformação modal, considerando a classificação apresentada na Tabela 46 (mapas detalhados no Anexo I).

A partir dos mapas apresentados, torna-se possível verificar a evolução do potencial de transformação modal do modo carro com a abertura dos vários trechos, caracterizando assim os níveis de resiliência associados ao cenário 2. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- aberturas 1 e 2: nenhuma zona;
- abertura 3: Zona 2, 3, 6, 7, 15 e 25.
- abertura 4: nenhuma zona;
- abertura 5: Zona 24;
- aberturas 6 e 7: nenhuma zona;
- abertura 8 (rede base): Zonas 19, 20, 29, 32, 34, 35 e 38.

Em todo este processo, verificou-se que nenhuma das aberturas teve um grande impacto negativo nas zonas ao ponto de baixar o seu nível de resiliência, tal como no cenário 1, uma vez que a oferta de modos de transporte alternativos só vem melhorar potenciais problemas nas deslocações de carro, tendo por base o tempo de viagem crítico. Por fim, podemos verificar nesta análise que a maior parte das aberturas não apresenta nenhum benefício para esta estratégia de restituição, nomeadamente, as aberturas 1, 2, 4, 6 e 7, representando um mau indicador para a sequência de aberturas adotado neste cenário.



Figura 68 – Evolução do potencial de transformação modal – Cenário 2

b) Resultados do potencial global de transformação modal

Assim como no cenário anterior, para perceber como esta estratégia de restituição do corte da EN13 influencia as viagens da rede ao longo do tempo, foi determinada a classificação da resiliência associada ao potencial global de transformação modal de acordo com a classificação da Tabela 46 para o cenário 2. A Figura 69 apresenta os resultados da resiliência final sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no Anexo I).

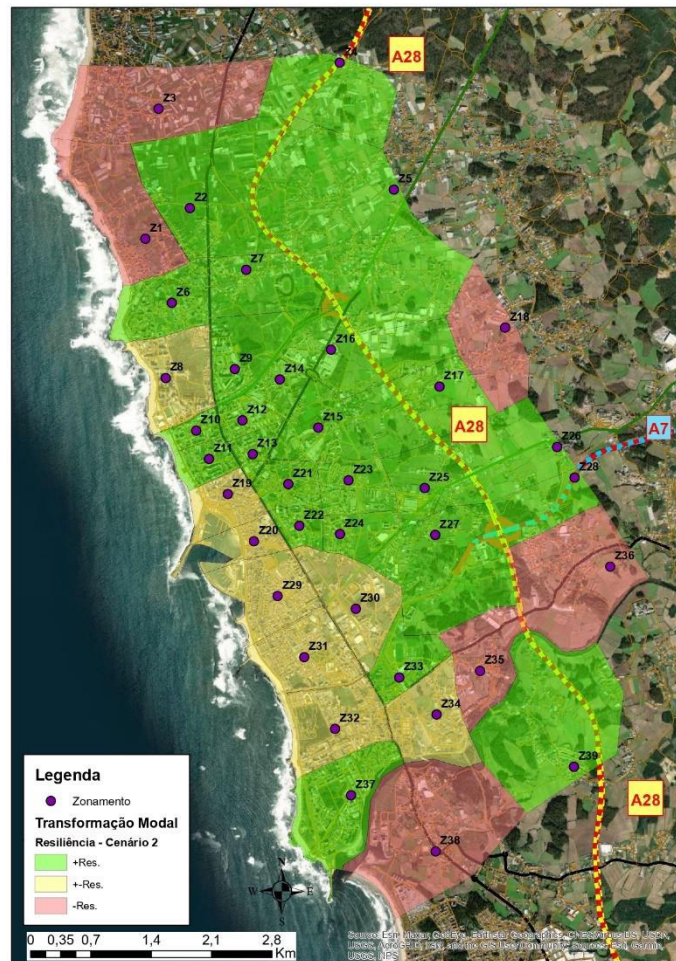


Figura 69 – Resiliência associada ao potencial global de transformação modal – Cenário 2

A partir do mapa apresentado, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 2, não possibilita melhorias na resiliência associada ao potencial global de transformação modal das viagens de carro, principalmente, nas zonas mais a sul do caso de estudo, nomeadamente, as Zonas 35, 36 e 38.

Em contrapartida, apesar das Zonas 32 e 34 apresentarem potenciais críticos de alteração modal, estes são atenuados pela boa oferta de modos alternativos disponível, traduzindo-se uma possibilidade de transformação modal, colmatando a limitação do modo carro.

Na área nascente do caso de estudo, verifica-se que a Zona 18 não apresenta possibilidade de transformação modal, o que pode ser um problema para os indivíduos que iniciem a sua viagem nesta zona, uma vez que a limitação do modo carro não pode ser colmatada por uma boa oferta de modos alternativos.

Na área central podemos verificar que não existe nenhuma zona com problemas na potencial transformação modal. No entanto, existem várias zonas com potenciais problemas para deslocações no modo carro, nomeadamente, as Zonas 19, 20, 29, 30 e 31, que podem ser mitigados por uma transformação modal, uma vez que existe uma boa oferta de modos de transporte alternativos nestas zonas.

Por fim, existem várias zonas a norte do caso de estudo com problemas em termos de uma potencial transformação modal das viagens de carro, sendo estas, a Zona 1 e 3. Em contrapartida, a Zona 8, apesar de ter problemas no modo carro, dispõe de uma boa oferta de modos de transporte alternativos para efetuar uma possível transformação modal no modo carro.

5. Cenário 3

A estratégia definida para o cenário 3 passa pela restituição alternada de trechos da EN13 (ver Figura 46).

a) Evolução do potencial de transformação modal

A Figura 70 apresenta os mapas com os resultados da avaliação da evolução do potencial de transformação modal das viagens realizadas de carro, para cada abertura do cenário 3, que foram classificadas segundo o estabelecido na Tabela 46 (mapas detalhados no anexo I).



Figura 70 – Evolução do potencial de transformação modal – Cenário 3

À semelhança das análises anteriores, a partir dos mapas apresentados, é possível verificar a evolução do potencial de transformação modal das viagens de carro com a abertura dos vários trechos, caracterizando assim os níveis de resiliência associados a esta avaliação para o cenário 3. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 32, 34, 35 e 38;
- abertura 2: nenhuma zona;
- abertura 3: Zona 15 e 25;
- abertura 4: Zona 6, 7, 9 e 19;
- aberturas 5 e 6:
- abertura 7: Zona 24 e 29.
- abertura 8 (rede base): Zona 3 e 20.

Tal como se observou nas análises anteriores, não se verificou um retrocesso dos níveis de resiliência associados ao potencial de transformação modal das viagens no modo carro, uma vez que a oferta de modos de transporte alternativos só vem mitigar os potenciais problemas nas deslocações de carro. Por fim, podemos verificar nesta análise, que parte das aberturas não apresenta nenhum benefício para esta estratégia de restituição, nomeadamente, as aberturas 2, 5 e 6.

b) Resultados do potencial global de transformação modal

Assim como nos cenários anteriores, para perceber como a estratégia de restituição do corte da EN13 definida no cenário 3 influencia as viagens da rede ao longo do tempo, foi classificada a resiliência associada ao potencial global de transformação modal das viagens em modo carro. A Figura 71 apresenta os resultados dessa avaliação sob a forma de um mapa para melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo I).

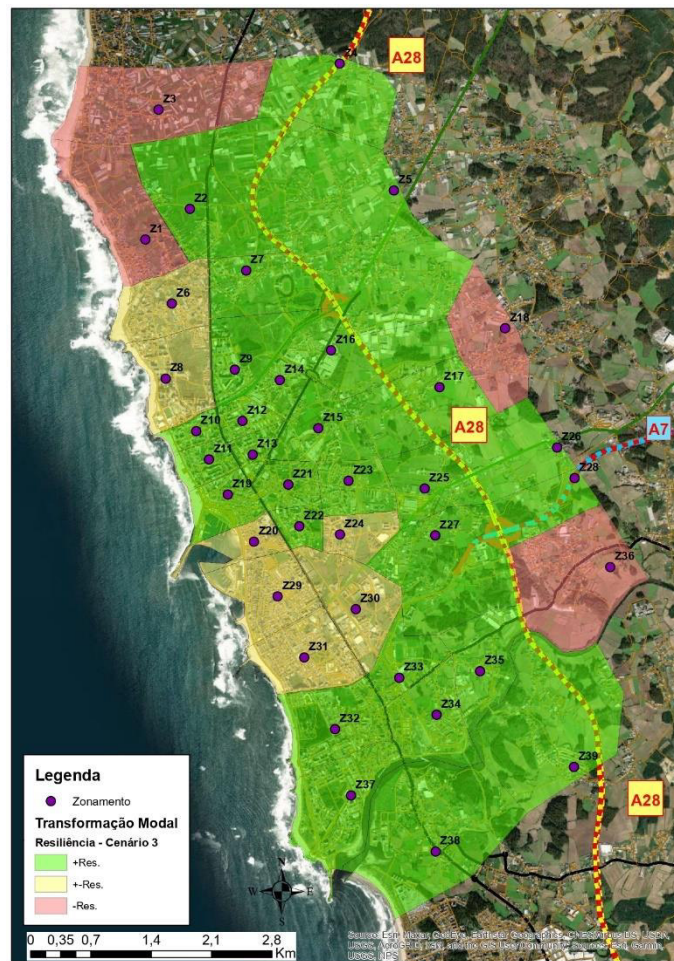


Figura 71 – Resiliência associada ao potencial global de transformação modal – Cenário 3

A partir do mapa apresentado é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 3 não possibilita melhorias na resiliência associada ao potencial de transformação modal das viagens de carro, principalmente nas zonas mais a norte no caso de estudo, nomeadamente, as Zonas 1 e 3.

Porém, verifica-se que para as Zonas 6 e 8, apesar de na sua generalidade terem potenciais problemas com o uso do modo carro perante cenários de corte da EN13, existe a possibilidade de transformação modal para pelo menos dois modos de transporte alternativos, que pode atenuar possíveis transtornos causados.

Na área nascente do caso de estudo, verifica-se que a Zona 18 não apresenta possibilidade de transformação modal, o que pode ser um problema para os indivíduos que iniciem a sua viagem nesta zona, uma vez que quando não se puder usar o carro verifica-se que não existe uma boa oferta de modos de transporte alternativos.

Na área central podemos verificar que não existe nenhuma zona com problemas na potencial transformação modal. No entanto, existem várias zonas com problemas nas deslocações no modo carro, nomeadamente, as Zonas 20, 24, 29, 30 e 31, podendo estes problemas ser mitigados pela existência de uma boa oferta de modos de transporte alternativos nestas zonas.

Por fim, na área sul do caso de estudo, verifica-se que a Zona 36 poderá apresentar potenciais problemas nas deslocações de carro, que poderão não ser atenuadas devido à falta de qualidade da oferta de modos de transporte alternativos.

6. Discussão dos resultados da transformação modal

A partir das análises efetuadas anteriormente, verifica-se que as várias estratégias de restituição afetam as zonas do caso de estudo de diferentes formas. Deste modo, a Tabela 47 apresenta a comparação dos resultados globais dos potenciais problemas associados à transformação modal das viagens de carro nos diferentes cenários.

Tabela 47 – Comparação de Resultados – potencial global de transformação modal

Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
1	-Res.	-Res.	-Res.	21	+Res.	+Res.	+Res.
2	+Res.	+Res.	+Res.	22	+Res.	+Res.	+Res.
3	-Res.	-Res.	-Res.	23	+Res.	+Res.	+Res.
4	+Res.	+Res.	+Res.	24	+Res.	+Res.	+Res.
5	+Res.	+Res.	+Res.	25	+Res.	+Res.	+Res.
6	+Res.	+Res.	+Res.	26	+Res.	+Res.	+Res.
7	-Res.	+Res.	+Res.	27	+Res.	+Res.	+Res.
8	+Res.	+Res.	+Res.	28	+Res.	+Res.	+Res.
9	+Res.	+Res.	+Res.	29	+Res.	+Res.	+Res.
10	+Res.	+Res.	+Res.	30	+Res.	+Res.	+Res.
11	+Res.	+Res.	+Res.	31	+Res.	+Res.	+Res.
12	+Res.	+Res.	+Res.	32	+Res.	+Res.	+Res.
13	+Res.	+Res.	+Res.	33	+Res.	+Res.	+Res.
14	+Res.	+Res.	+Res.	34	+Res.	+Res.	+Res.
15	+Res.	+Res.	+Res.	35	+Res.	-Res.	+Res.
16	+Res.	+Res.	+Res.	36	-Res.	-Res.	-Res.
17	+Res.	+Res.	+Res.	37	+Res.	+Res.	+Res.
18	-Res.	-Res.	-Res.	38	+Res.	-Res.	+Res.
19	+Res.	+Res.	+Res.	39	+Res.	+Res.	+Res.
20	+Res.	+Res.	+Res.				

A estratégia adotada no cenário 1 não consegue atenuar os problemas no modo Carro, principalmente nas zonas mais a norte, nomeadamente na Zona 1, 3 e 7, mas também a Zona 18 localizada a nascente e a Zona 36 localizada a sul no caso de estudo. Já a estratégia adotada no cenário 2 não permite a

transformação modal em algumas zonas com problemas no modo Carro, principalmente nas zonas mais a sul, a Zona 35, 36 e 38, mas também uma zona a nascente, a Zona 18 e duas zonas a norte no caso de estudo, a Zona 1 e 3. A estratégia adotada no cenário 3 não garante uma possibilidade de transformação modal quando existem problemas no modo carro em algumas zonas a norte, a Zona 1 e 3, na Zona 18 localizada a nascente e na Zona 36 localizada a sul no caso de estudo.

Podemos ainda verificar que existem várias zonas nos diversos cenários que apesar de apresentarem problemas com o uso do modo carro, podem ser na sua generalidade atenuados pela oferta de modos de transporte alternativos. Assim, o cenário 1 apresenta as seguintes quatro Zonas: 6, 8, 30 e 31; no cenário 2, o cenário com mais problemas nas viagens que usam o modo carro, apresenta-se as seguintes oito Zonas: 8, 19, 20, 29, 30, 31, 32 e 34; e, no cenário 3 apresenta-se as seguintes sete Zonas: 6, 8, 20, 24, 29, 30 e 31.

Por outro lado, é possível verificar que as Zonas 1, 3, 18 e 36 apresentam um baixo nível de resiliência de transformação modal nas viagens de carro para todos os cenários. Este é um problema inerente à rede do caso de estudo, uma vez que durante o seu normal funcionamento, estas zonas já apresentam vulnerabilidades no modo carro. Todavia, devido à escassez de oferta de modos alternativos, estas viagens têm que ser executadas no modo carro. Assim, é possível concluir que estas são as zonas que requerem maior atenção por parte das entidades gestoras

Em suma, tendo em conta os resultados obtidos em todos os cenários, podemos concluir que o cenário 3 apresenta os melhores resultados, uma vez que é o cenário que apresenta menos zonas onde a possibilidade de transformação modal das viagens de carro para colmatar os problemas relacionados com o modo carro é reduzida.

IV.3.3. Avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

A avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade reflete os esforços operacionais de recuperação de um sistema. Seguindo a metodologia proposta no Capítulo III, avaliamos a capacidade da infraestrutura através de um indicador de desempenho, que neste trabalho se assumiu como o tempo de viagem, que permitiu desenvolver um método para definir um índice de resiliência.

Os dados utilizados na avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade foram obtidos através do modelo de tráfego para o caso de estudo da cidade da Póvoa de Varzim, ou seja, o número de viagens (volume global constante durante a avaliação) e o tempo médio de viagem em cada zona de origem.

As subsecções seguintes descrevem a avaliação e evolução de cada um dos cenários desenvolvidos e o comportamento do sistema durante as várias etapas de restituição, assim como a avaliação do cenário base (rede base) e o cenário disruptivo (corte EN13), uma vez que estes dois cenários correspondem ao antes e ao após da interrupção da EN13 à circulação automóvel.

IV.3.3.1. Avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

1. Rede Base

Como este modelo considera que a rede base corresponde ao estado inicial do sistema, não é possível retirar conclusões acerca da avaliação inicial do sistema, uma vez que este estado é o ponto de partida (base de referência) para a avaliação do impacto das disrupções e consequentes restituições do sistema. Deste modo, a avaliação da resiliência para a rede base terá o valor de 1 em todas as zonas, ou seja, todas as zonas são classificadas como resilientes.

2. Corte da Estrada Nacional 13

Após a apresentação da rede base, de seguida iremos analisar o corte da Estrada Nacional 13, esta análise é comum a todos os cenários, visto tratar-se de um estudo sobre possíveis estratégias de restituição dos trechos de um eixo viário.

a) Resultados Corte EN13

A partir do número de viagem e dos tempos médios de viagem, foi possível identificar quais as zonas de origem com maiores problemas de fluidez de tráfego que podem levar a potenciais problemas no funcionamento da infraestrutura com o corte da EN13. Neste sentido, a Figura 72 apresenta os resultados da avaliação da resiliência relativos ao corte da EN13, sob a forma de um mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo J).

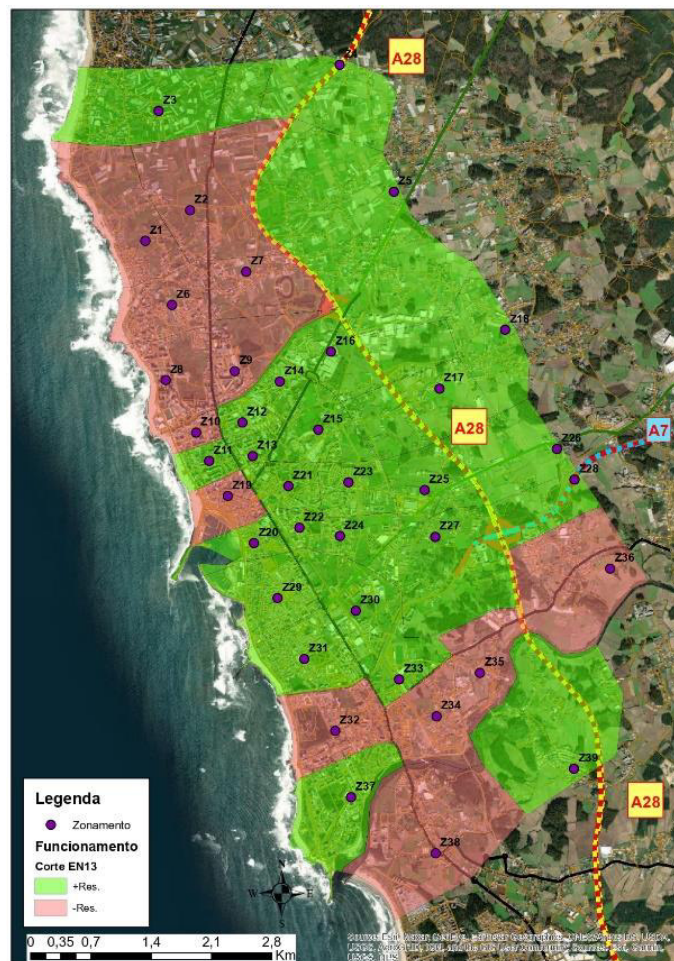


Figura 72 – Funcionalidade da infraestrutura de transportes e mobilidade – Corte EN13

A Tabela 48 apresenta os resultados do cálculo da resiliência, que nesta fase corresponderá à robustez, do funcionamento da infraestrutura, com a respetiva classificação das 39 zonas da área de estudo.

Tabela 48 – Classificação da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Corte EN13

Zona	Índice de Resiliência	Classificação	Zona	Índice de Resiliência	Classificação
1	0,45	-Res.	21	0,62	+Res.
2	0,52	-Res.	22	0,89	+Res.
3	0,67	+Res.	23	0,91	+Res.
4	0,99	+Res.	24	0,71	+Res.
5	0,81	+Res.	25	0,66	+Res.
6	0,38	-Res.	26	0,96	+Res.
7	0,46	-Res.	27	0,78	+Res.
8	0,43	-Res.	28	0,96	+Res.
9	0,43	-Res.	29	0,69	+Res.
10	0,55	-Res.	30	0,61	+Res.
11	0,78	+Res.	31	0,75	+Res.
12	0,70	+Res.	32	0,53	-Res.
13	0,61	+Res.	33	0,68	+Res.
14	0,85	+Res.	34	0,32	-Res.
15	0,65	+Res.	35	0,38	-Res.
16	0,87	+Res.	36	0,45	-Res.
17	0,99	+Res.	37	0,66	+Res.
18	0,64	+Res.	38	0,31	-Res.
19	0,58	-Res.	39	0,78	+Res.
20	0,70	+Res.	Global	0,60	

A partir do mapa da Figura 72 e da Tabela 48 verifica-se que o corte na EN13 tem um grande impacto no nível de resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura em algumas zonas, nomeadamente nas seguintes 13 Zonas: 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 32, 34, 35, 36 e 38. Assim, é possível constatar que as viagens com origem nas zonas mais a norte e a sul no caso de estudo são as mais impactadas. Isto só vem realçar a importância que esta via tem no normal funcionamento do sistema de transportes do caso de estudo, ou seja, diminui a sua capacidade, que se reflete em problemas de fluidez de tráfego.

3. Cenário 1

Após a análise e apresentação dos dois estados principais da rede, foram feitas as análises das três estratégias de restituição. A estratégia 1 consiste na restituição de trecho da EN13 no sentido Sul - Norte (ver Figura 44).

a) Evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

A Figura 73 apresenta os mapas com a classificação da evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para o cenário 1, com a identificação das várias zonas (mapas detalhados no Anexo J). A Tabela 49 apresenta os índices de resiliência e a classificação das zonas de origem em cada abertura e a Figura 74 apresenta a evolução da resiliência ao longo das várias aberturas.

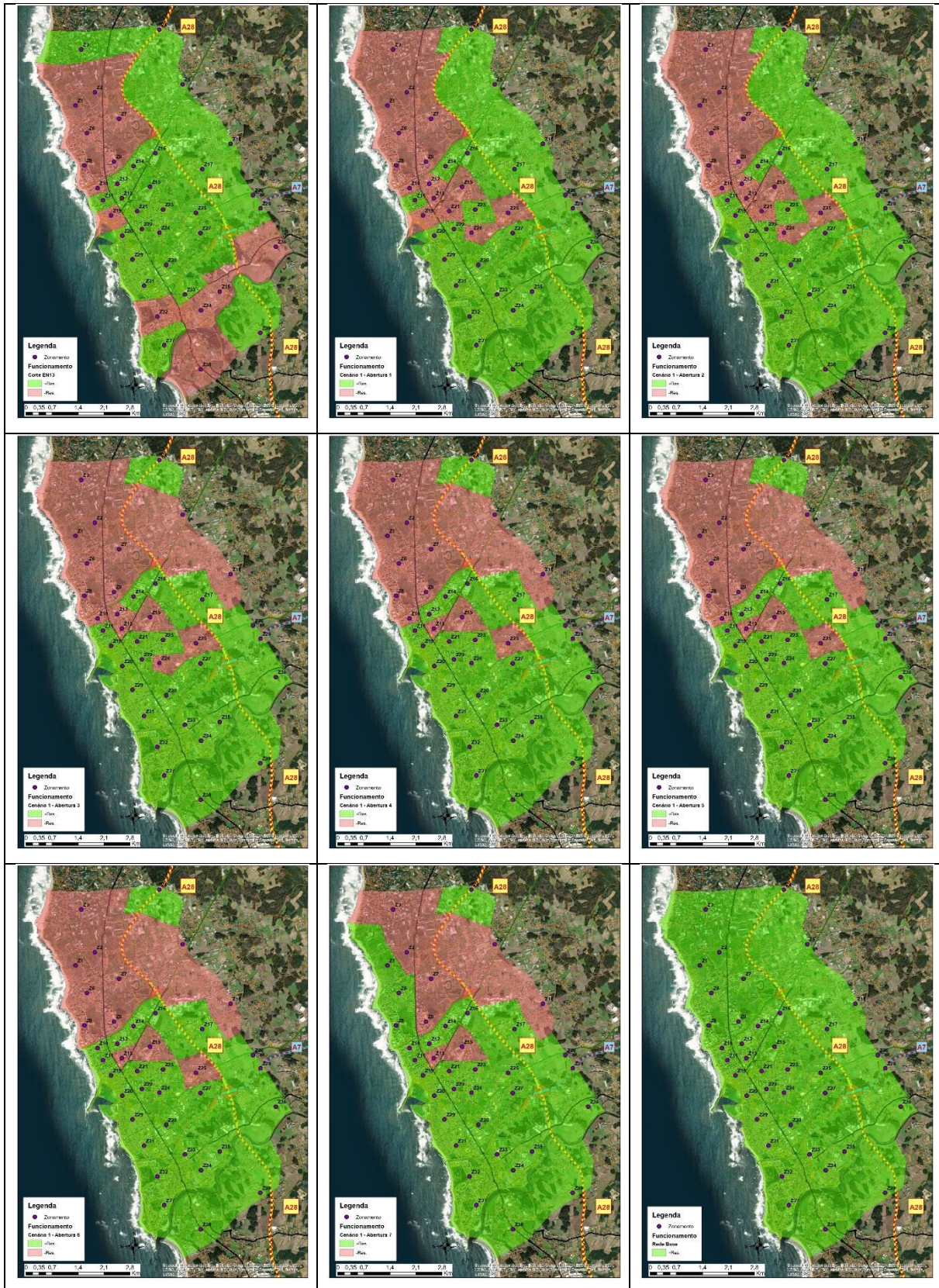


Figura 73 – Evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade– Cenário 1

Tabela 49 – Evolução e classificação da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 1

Zona	Corte EN13		Abertura 1		Abertura 2		Abertura 3		Abertura 4		Abertura 5		Abertura 6		Abertura 7		Base	
	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação
1	0,45	-Res.	0,48	-Res.	0,48	-Res.	0,48	-Res.	0,49	-Res.	0,49	-Res.	0,83	-Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
2	0,52	-Res.	0,52	-Res.	0,52	-Res.	0,52	-Res.	0,52	-Res.	0,53	-Res.	0,60	-Res.	0,67	-Res.	1,00	+Res.
3	0,67	+Res.	0,67	-Res.	0,67	-Res.	0,67	-Res.	0,68	-Res.	0,68	-Res.	0,70	-Res.	0,83	-Res.	1,00	+Res.
4	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
5	0,81	+Res.	0,80	+Res.	0,80	+Res.	0,80	-Res.	0,81	-Res.	0,81	-Res.	0,87	-Res.	0,94	-Res.	1,00	+Res.
6	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,39	-Res.	0,39	-Res.	0,81	-Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
7	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,47	-Res.	0,95	-Res.	1,00	+Res.
8	0,43	-Res.	0,47	-Res.	0,48	-Res.	0,48	-Res.	0,49	-Res.	0,50	-Res.	0,94	-Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
9	0,43	-Res.	0,43	-Res.	0,43	-Res.	0,43	-Res.	0,43	-Res.	0,43	-Res.	0,63	-Res.	0,80	-Res.	1,00	+Res.
10	0,55	-Res.	0,61	-Res.	0,61	-Res.	0,64	-Res.	0,66	-Res.	0,81	-Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
11	0,78	+Res.	0,80	+Res.	0,80	+Res.	0,86	+Res.	0,90	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
12	0,70	+Res.	0,76	-Res.	0,76	-Res.	0,79	-Res.	0,96	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
13	0,61	+Res.	0,63	-Res.	0,63	-Res.	0,67	-Res.	0,73	-Res.	0,84	-Res.	0,93	-Res.	0,97	-Res.	1,00	+Res.
14	0,85	+Res.	0,86	+Res.	0,87	+Res.	0,88	+Res.	0,90	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
15	0,65	+Res.	0,74	-Res.	0,74	-Res.	0,75	-Res.	0,77	-Res.	0,78	-Res.	0,91	-Res.	0,97	-Res.	1,00	+Res.
16	0,87	+Res.	0,90	+Res.	0,90	+Res.	0,91	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
17	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
18	0,64	+Res.	0,79	+Res.	0,80	+Res.	0,80	-Res.	0,81	-Res.	0,81	-Res.	0,90	-Res.	0,96	-Res.	1,00	+Res.
19	0,58	-Res.	0,77	-Res.	0,79	+Res.	0,86	+Res.	0,95	+Res.	0,96	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
20	0,70	+Res.	0,84	+Res.	0,85	+Res.	0,91	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
21	0,62	+Res.	0,70	-Res.	0,70	-Res.	0,83	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
22	0,89	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,92	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
23	0,91	+Res.	0,91	+Res.	0,91	+Res.	0,92	+Res.	0,96	+Res.	0,96	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
24	0,71	+Res.	0,74	-Res.	0,74	-Res.	0,79	-Res.	0,93	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
25	0,66	+Res.	0,67	-Res.	0,68	-Res.	0,68	-Res.	0,70	-Res.	0,69	-Res.	0,91	-Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
26	0,96	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
27	0,78	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,96	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
28	0,96	+Res.	0,96	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
29	0,69	+Res.	0,80	+Res.	0,81	+Res.	0,95	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
30	0,61	+Res.	0,95	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
31	0,75	+Res.	0,93	+Res.	0,95	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
32	0,53	-Res.	0,89	+Res.	0,90	+Res.	0,91	+Res.	0,92	+Res.	0,93	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
33	0,68	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
34	0,32	-Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
35	0,38	-Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
36	0,45	-Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
37	0,66	+Res.	1,00	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
38	0,31	-Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
39	0,78	+Res.	0,92	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,94	+Res.	0,94	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
GB	0,60		0,78		0,79		0,81		0,84		0,85		0,95		0,99		1,00	

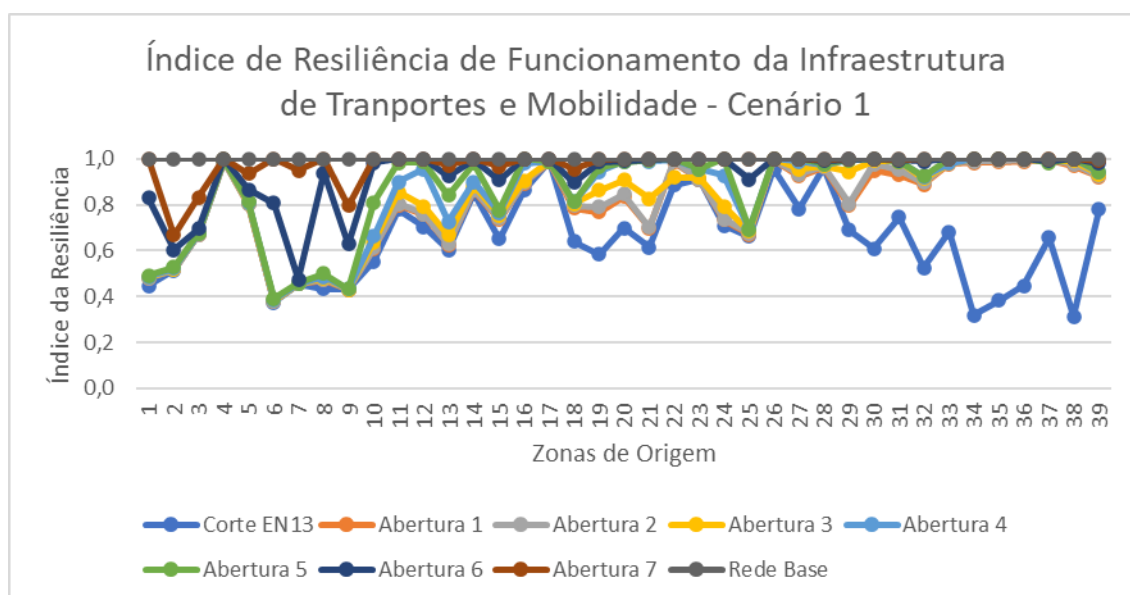


Figura 74 – Variação do índice de resiliência de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade - Cenário 1

A partir dos mapas apresentados na Figura 73, da Tabela 49 e do gráfico da Figura 74 é possível verificar a evolução da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para a estratégia de restituição do cenário 1. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar e piorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 32, 34, 35, 36 e 38 (melhorou);
- abertura 2: Zona 19 (melhorou); Zona 3, 12, 13, 21, 24 e 25 (pioraram).
- abertura 3: Zona 21 (melhorou); Zona 5 e 18 (pioraram);
- abertura 4: Zona 12 e 24 (melhoraram);
- abertura 5: nenhuma zona;
- abertura 6: Zona 10 (melhorou);
- abertura 7: Zona 1, 6, 8 e 25 (melhoraram);
- abertura 8: Zona 2, 3, 5, 7, 9, 13, 15 e 18 (melhoraram).

b) Resultados da resiliência global

Para perceber como esta estratégia de restituição do corte da EN13 influencia as viagens da rede ao longo do tempo e, conseqüentemente, o desempenho global da infraestrutura de transportes através da restituição/ abertura de trechos apresentados na Tabela 34, foram determinados os índices de resiliência global do sistema de mobilidade da cidade da Póvoa de Varzim.

A Figura 75 apresenta os resultados da resiliência final sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo J). A Tabela 50 apresenta os índices globais de resiliência e a sua classificação e o gráfico da Figura 76 apresenta a variação do índice de resiliência das várias zonas de origem.

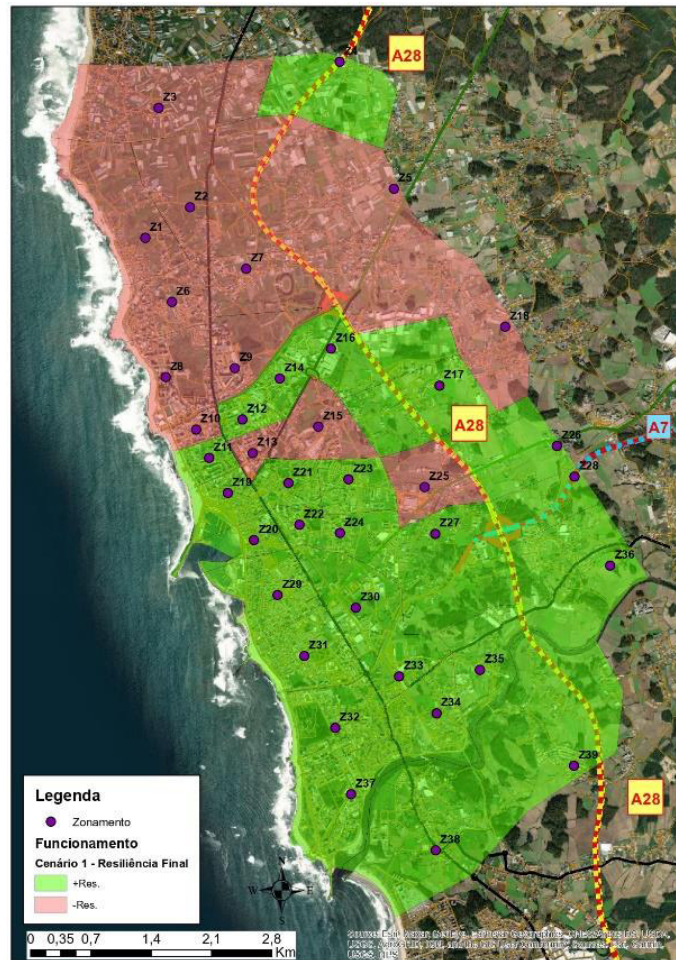


Figura 75 – Resiliência global de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade –
Cenário 1

Tabela 50 – Classificação dos índices globais de resiliência de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 1

Zona	Índice de Resiliência	Classificação	Zona	Índice de Resiliência	Classificação
1	0,75	-Res.	21	0,96	+Res.
2	0,66	-Res.	22	0,99	+Res.
3	0,78	-Res.	23	0,97	+Res.
4	1,00	+Res.	24	0,95	+Res.
5	0,88	-Res.	25	0,85	-Res.
6	0,70	-Res.	26	1,00	+Res.
7	0,67	-Res.	27	0,99	+Res.
8	0,77	-Res.	28	0,99	+Res.
9	0,65	-Res.	29	0,98	+Res.
10	0,87	-Res.	30	0,99	+Res.
11	0,96	+Res.	31	0,99	+Res.
12	0,95	+Res.	32	0,96	+Res.
13	0,87	-Res.	33	0,99	+Res.
14	0,96	+Res.	34	1,00	+Res.
15	0,87	-Res.	35	1,00	+Res.
16	0,98	+Res.	36	1,00	+Res.
17	1,00	+Res.	37	0,99	+Res.
18	0,89	-Res.	38	0,99	+Res.
19	0,95	+Res.	39	0,97	+Res.
20	0,97	+Res.	Global	0,91	

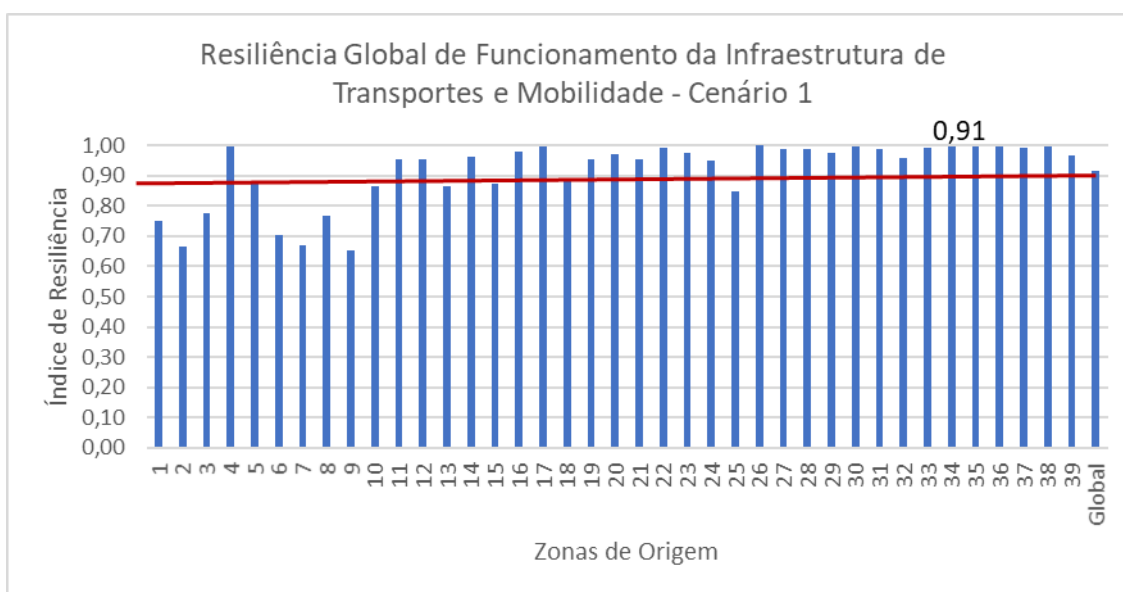


Figura 76 – Variação do índice de resiliência global da funcionalidade da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 1

A partir dos mapas da Figura 75, da Tabela 50 e do gráfico da Figura 76 apresentados é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 1 tem um impacto negativo nas zonas mais a norte do caso de estudo, nomeadamente as Zonas 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10. O facto desta área do caso de estudo ser a última a restituir, potencia uma diminuição da resiliência nas zonas mais a norte do caso de estudo.

Por outro lado, verifica-se também que uma zona na área nascente do caso de estudo (Zona 18) e três zonas na área central (Zona 13, 15 e 25) apresentam um nível de resiliência baixo. No entanto, importa realçar que o índice de resiliência global da rede é de 0,91, significando que esta estratégia de restituição apresenta bons resultados na recuperação da performance do sistema da infraestrutura de transportes.

4. Cenário 2

A estratégia 2 passa pela restituição de trechos da EN13 no sentido Norte - Sul (ver Figura 45).

a) Evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

A Figura 77 apresenta os mapas com a evolução e classificação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para o cenário 2, com a identificação das várias zonas (mapas detalhados no anexo J). A Figura 78 apresenta a evolução da resiliência ao longo das várias aberturas. A Tabela 51 apresenta os índices de resiliência e a classificação das zonas de origem em cada abertura.

A partir dos mapas apresentados na Figura 77, da Tabela 51 e do gráfico da Figura 78 é possível verificar a evolução da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para a estratégia de restituição do cenário 2. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar e piorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 2 (melhorou); Zona 3 (piorou);
- abertura 2: Zona 7 (melhorou); Zona 30 (piorou);
- abertura 3: Zona 1, 3, 6, 8 e 9 (melhoraram); Zona 21 e 37 (pioraram);
- abertura 4: Zona 10 (melhorou)
- abertura 5: Zona 21 (melhorou);
- abertura 6: Zona 19 (melhorou);
- abertura 7: nenhuma zona;
- abertura 8 (rede base): Zona 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38 (melhoraram).

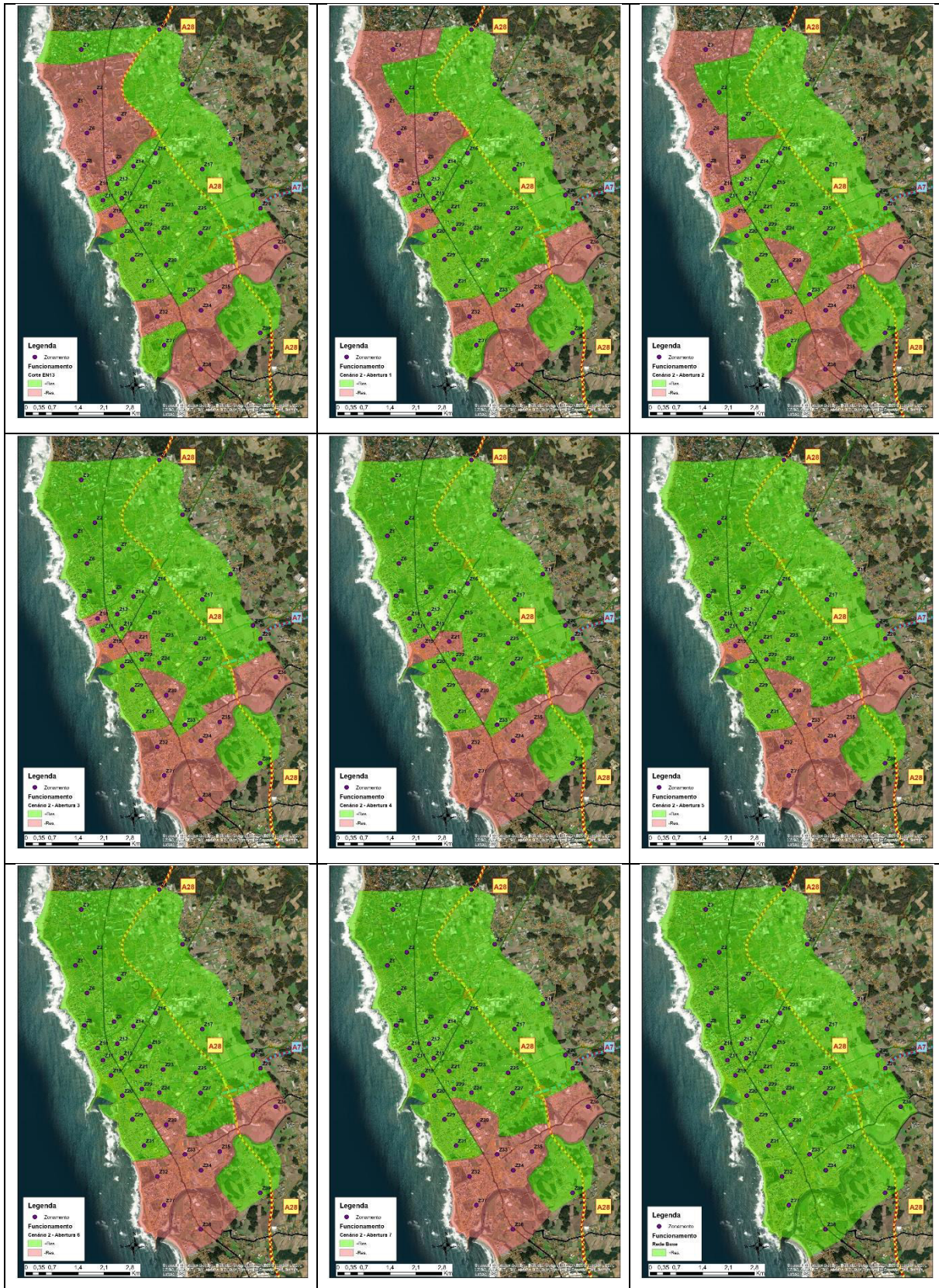


Figura 77 – Evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 2

Tabela 51 – Evolução e classificação da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 2

Zona	Corte EN13		Abertura 1		Abertura 2		Abertura 3		Abertura 4		Abertura 5		Abertura 6		Abertura 7		Base	
	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação
1	0,45	-Res.	0,53	-Res.	0,55	-Res.	0,84	+Res.	0,85	+Res.	0,87	+Res.	0,88	+Res.	0,88	+Res.	1,00	+Res.
2	0,52	-Res.	0,76	+Res.	0,79	+Res.	0,96	+Res.	0,96	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
3	0,67	+Res.	0,52	-Res.	0,55	+Res.	1,00	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
4	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
5	0,81	+Res.	0,80	+Res.	0,84	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
6	0,38	-Res.	0,44	-Res.	0,46	-Res.	0,91	+Res.	0,91	+Res.	0,96	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
7	0,46	-Res.	0,59	-Res.	0,75	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
8	0,43	-Res.	0,49	-Res.	0,51	-Res.	0,76	+Res.	0,78	+Res.	0,85	+Res.	0,86	+Res.	0,87	+Res.	1,00	+Res.
9	0,43	-Res.	0,46	-Res.	0,50	-Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
10	0,55	-Res.	0,56	-Res.	0,57	-Res.	0,64	-Res.	0,83	+Res.	0,90	+Res.	0,90	+Res.	0,90	+Res.	1,00	+Res.
11	0,78	+Res.	0,79	+Res.	0,79	+Res.	0,81	+Res.	0,87	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
12	0,70	+Res.	0,71	+Res.	0,71	+Res.	0,71	+Res.	0,77	+Res.	0,96	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	1,00	+Res.
13	0,61	+Res.	0,61	+Res.	0,63	+Res.	0,69	+Res.	0,87	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
14	0,85	+Res.	0,86	+Res.	0,86	+Res.	0,87	+Res.	0,96	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
15	0,65	+Res.	0,66	+Res.	0,68	+Res.	0,80	+Res.	0,82	+Res.	0,84	+Res.	0,84	+Res.	0,87	+Res.	1,00	+Res.
16	0,87	+Res.	0,86	+Res.	0,87	+Res.	0,86	+Res.	0,89	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
17	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
18	0,64	+Res.	0,65	+Res.	0,67	+Res.	0,75	+Res.	0,75	+Res.	0,78	+Res.	0,79	+Res.	0,81	+Res.	1,00	+Res.
19	0,58	-Res.	0,59	-Res.	0,59	-Res.	0,60	-Res.	0,65	-Res.	0,70	-Res.	0,75	+Res.	0,78	+Res.	1,00	+Res.
20	0,70	+Res.	0,70	+Res.	0,70	+Res.	0,70	+Res.	0,71	+Res.	0,80	+Res.	0,84	+Res.	0,85	+Res.	1,00	+Res.
21	0,62	+Res.	0,62	+Res.	0,62	+Res.	0,63	-Res.	0,65	-Res.	0,89	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
22	0,89	+Res.	0,89	+Res.	0,89	+Res.	0,89	+Res.	0,90	+Res.	0,93	+Res.	0,92	+Res.	0,92	+Res.	1,00	+Res.
23	0,91	+Res.	0,91	+Res.	0,91	+Res.	0,95	+Res.	0,94	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
24	0,71	+Res.	0,71	+Res.	0,71	+Res.	0,72	+Res.	0,83	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
25	0,66	+Res.	0,67	+Res.	0,68	+Res.	0,94	+Res.	0,93	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.
26	0,96	+Res.	0,96	+Res.	0,96	+Res.	0,96	+Res.	0,95	+Res.	0,94	+Res.	0,95	+Res.	0,96	+Res.	1,00	+Res.
27	0,78	+Res.	0,78	+Res.	0,78	+Res.	0,79	+Res.	0,81	+Res.	0,84	+Res.	0,85	+Res.	0,85	+Res.	1,00	+Res.
28	0,96	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,99	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
29	0,69	+Res.	0,69	+Res.	0,69	+Res.	0,69	+Res.	0,70	+Res.	0,82	+Res.	0,87	+Res.	0,89	+Res.	1,00	+Res.
30	0,61	+Res.	0,61	+Res.	0,61	+Res.	0,61	-Res.	0,61	-Res.	0,64	-Res.	0,65	-Res.	0,68	-Res.	1,00	+Res.
31	0,75	+Res.	0,75	+Res.	0,75	+Res.	0,75	+Res.	0,76	+Res.	0,78	+Res.	0,79	+Res.	0,82	+Res.	1,00	+Res.
32	0,53	-Res.	0,53	-Res.	0,53	-Res.	0,55	-Res.	0,55	-Res.	0,57	-Res.	0,57	-Res.	0,59	-Res.	1,00	+Res.
33	0,68	+Res.	0,68	+Res.	0,68	+Res.	0,68	+Res.	0,68	+Res.	0,69	-Res.	0,68	-Res.	0,67	-Res.	1,00	+Res.
34	0,32	-Res.	0,32	-Res.	0,32	-Res.	0,32	-Res.	0,32	-Res.	0,33	-Res.	0,33	-Res.	0,34	-Res.	1,00	+Res.
35	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,39	-Res.	0,40	-Res.	0,40	-Res.	0,42	-Res.	1,00	+Res.
36	0,45	-Res.	0,45	-Res.	0,45	-Res.	0,45	-Res.	0,45	-Res.	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,48	-Res.	1,00	+Res.
37	0,66	+Res.	0,66	+Res.	0,66	+Res.	0,66	-Res.	0,66	-Res.	0,67	-Res.	0,68	-Res.	0,69	-Res.	1,00	+Res.
38	0,31	-Res.	0,31	-Res.	0,31	-Res.	0,31	-Res.	0,31	-Res.	0,32	-Res.	0,33	-Res.	0,34	-Res.	1,00	+Res.
39	0,78	+Res.	0,78	+Res.	0,79	+Res.	0,82	+Res.	0,82	+Res.	0,84	+Res.	0,84	+Res.	0,85	+Res.	1,00	+Res.
GB	0,60		0,61		0,61		0,67		0,68		0,72		0,73		0,75		1,00	

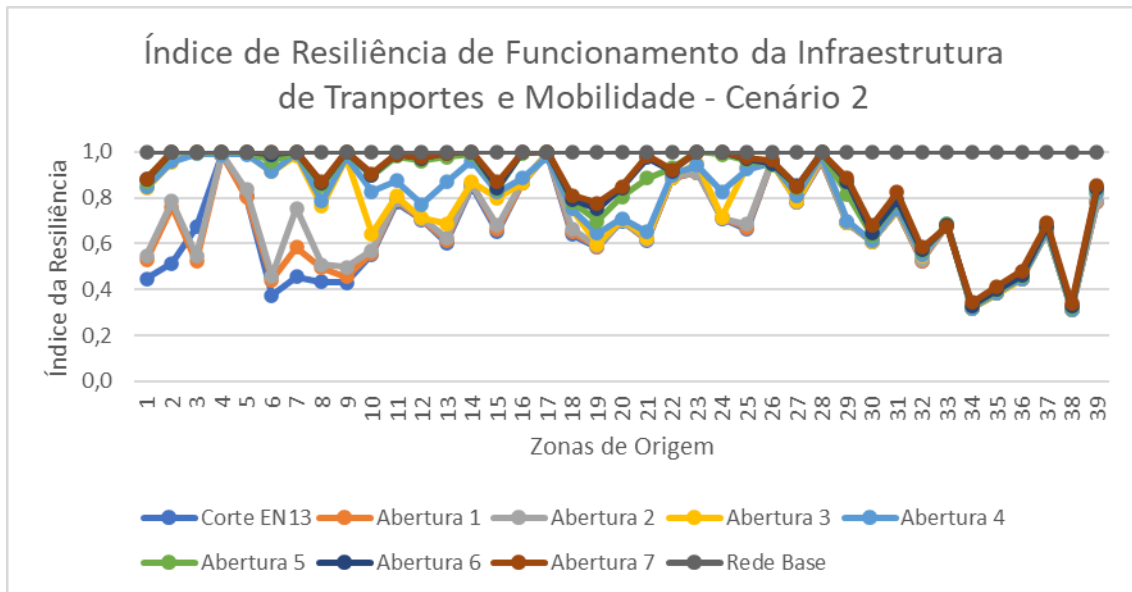


Figura 78 – Variação do índice de resiliência de funcionalidade da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 2

b) Resultados da resiliência global

Para perceber como a estratégia de restituição do cenário 2 influencia as viagens da rede ao longo do tempo e, conseqüentemente, o desempenho global da infraestrutura de transportes e mobilidade, através da restituição dos trechos apresentada na Tabela 34, foram determinados os índices e os níveis de resiliência global para as zonas de origem.

A Figura 79 apresenta os resultados da resiliência final sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo J). O gráfico da Figura 80 apresenta a variação do índice de resiliência das várias zonas de origem. A Tabela 52 apresenta os índices globais de resiliência e a sua classificação.

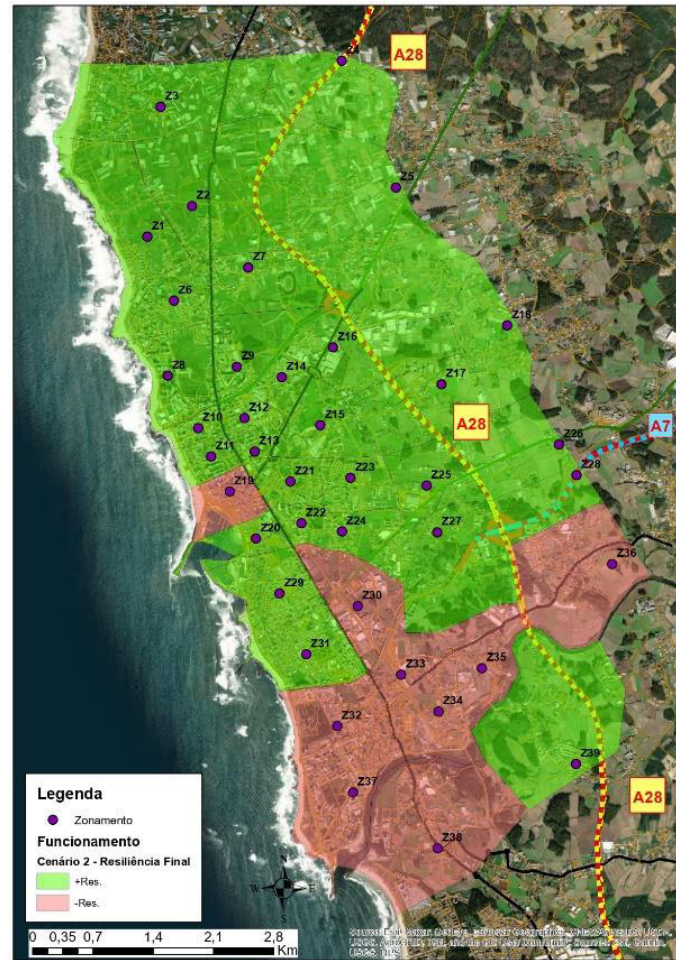


Figura 79 – Resiliência global de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade –
Cenário 2

Tabela 52 – Classificação dos índices globais de resiliência de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 2

Zona	Índice de Resiliência	Classificação	Zona	Índice de Resiliência	Classificação
1	0,87	+Res.	21	0,88	+Res.
2	0,97	+Res.	22	0,93	+Res.
3	0,96	+Res.	23	0,98	+Res.
4	1,00	+Res.	24	0,94	+Res.
5	0,98	+Res.	25	0,95	+Res.
6	0,93	+Res.	26	0,96	+Res.
7	0,97	+Res.	27	0,87	+Res.
8	0,85	+Res.	28	0,99	+Res.
9	0,95	+Res.	29	0,85	+Res.
10	0,87	+Res.	30	0,72	-Res.
11	0,95	+Res.	31	0,83	+Res.
12	0,92	+Res.	32	0,67	-Res.
13	0,93	+Res.	33	0,75	-Res.
14	0,97	+Res.	34	0,48	-Res.
15	0,86	+Res.	35	0,54	-Res.
16	0,97	+Res.	36	0,59	-Res.
17	1,00	+Res.	37	0,75	-Res.
18	0,82	+Res.	38	0,48	-Res.
19	0,77	-Res.	39	0,87	+Res.
20	0,84	+Res.	Global	0,78	

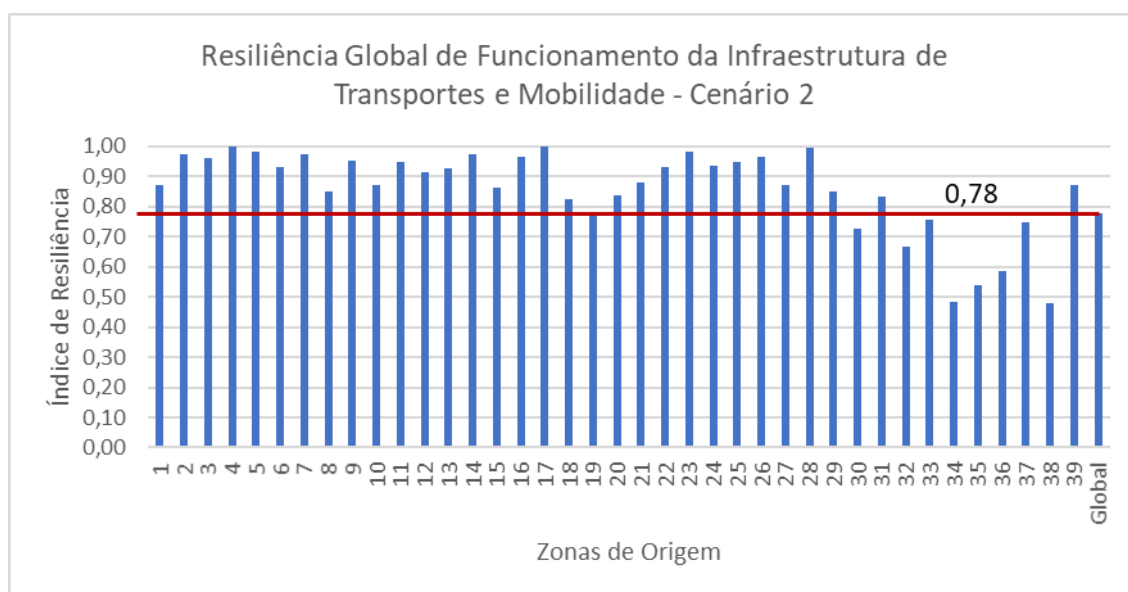


Figura 80 – Variação do índice de resiliência global da funcionalidade da infraestrutura de transportes – Cenário 2

A partir do mapa apresentado na Figura 79, da Tabela 52 e do gráfico da Figura 80, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 2 apresenta um impacto negativo sobretudo nas zonas localizadas mais a sul da área do caso de estudo, nomeadamente nas Zonas 19, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38.

Este facto prende-se com a ordem da abertura dos trechos da EN13, sendo os mais a sul os últimos a restituir.

O índice global da rede é cerca de 0,78, sendo possível concluir que esta estratégia de restituição não apresenta bons resultados na recuperação do desempenho da infraestrutura de transportes, não sendo por isso a estratégia mais indicada a adotar.

5. Cenário 3

A estratégia do cenário 3 passa pela restituição alternada de trechos da EN13 (ver Figura 46).

a) Evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

A Figura 81 apresenta os mapas com a evolução e classificação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para o cenário 3, com a identificação das várias zonas (mapas detalhados no Anexo J). A Figura 82 apresenta a evolução da resiliência ao longo das várias aberturas. A Tabela 53 apresenta os índices de resiliência e a classificação das zonas de origem em cada abertura.

A partir dos mapas apresentados na Figura 81, da Tabela 53 e do gráfico da Figura 82, é possível observar a evolução da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para a estratégia definida no cenário 3. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar e piorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 32, 34, 35, 36 e 38 (melhorou); Zona 3, 12, 13, 15, 19, 21, 24 e 25 (piorou);
- abertura 2: Zona 5 e 29 (piorou);
- abertura 3: Zona 5 (melhorou);
- abertura 4: Zona 1, 2, 3, 6, 7, 9 e 25 (melhorou); Zona 11, 14 e 16 (piorou);
- abertura 5: nenhuma zona;
- abertura 6: Zona 14 (melhorou); Zona 6 (piorou);
- abertura 7: Zona 22 e 25 (piorou);
- abertura 8: Zona 6, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 29 (melhorou).

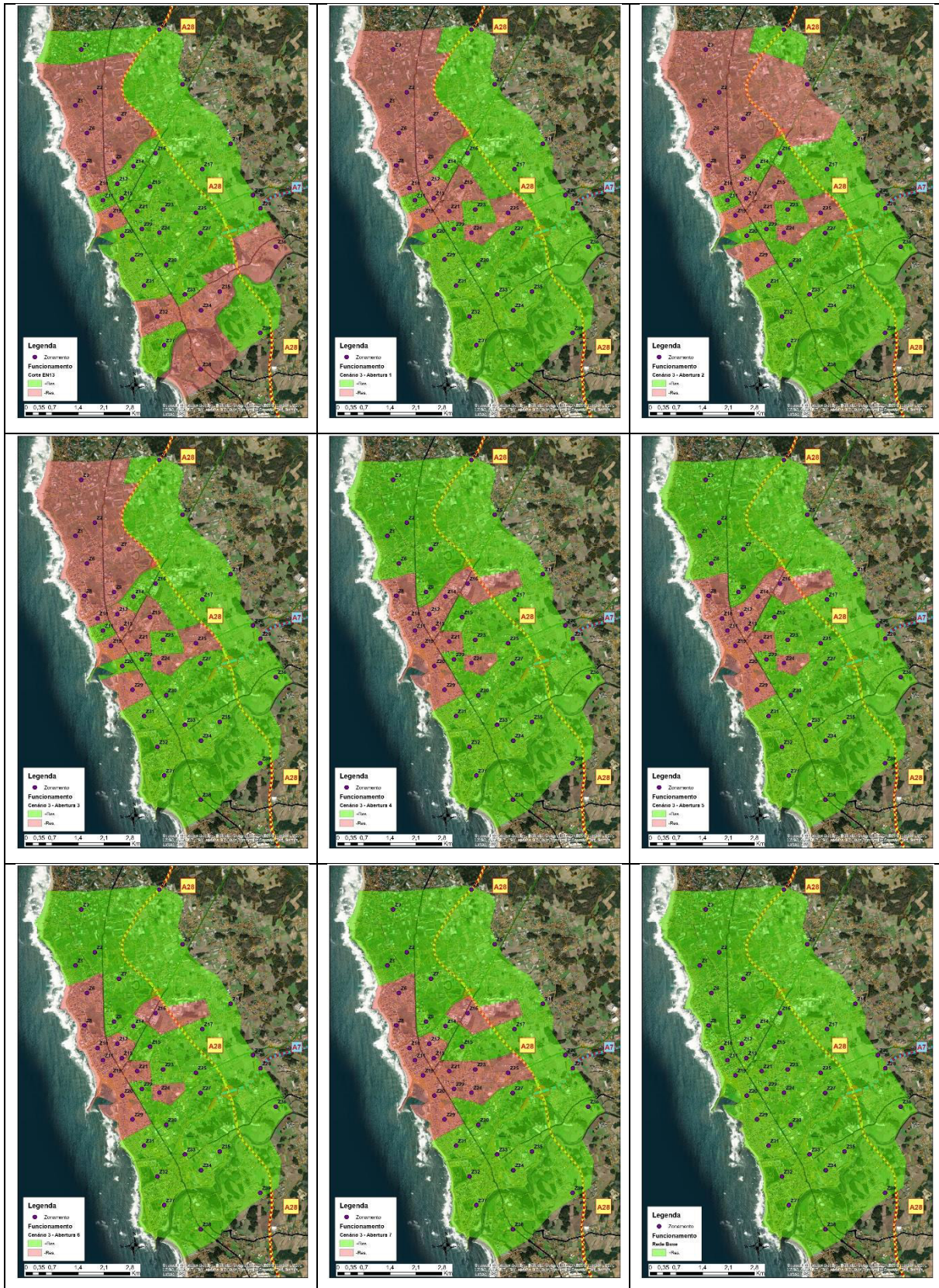


Figura 81 – Evolução do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 3

Tabela 53 – Evolução e classificação da resiliência associada ao funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 3

Zona	Corte EN13		Abertura 1		Abertura 2		Abertura 3		Abertura 4		Abertura 5		Abertura 6		Abertura 7		Base	
	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação	Índice	Classificação
1	0,45	-Res.	0,48	-Res.	0,58	-Res.	0,60	-Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
2	0,52	-Res.	0,52	-Res.	0,77	-Res.	0,79	-Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	1,00	+Res.
3	0,67	+Res.	0,67	-Res.	0,52	-Res.	0,55	-Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
4	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
5	0,81	+Res.	0,80	+Res.	0,79	-Res.	0,82	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
6	0,38	-Res.	0,38	-Res.	0,45	-Res.	0,47	-Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,93	-Res.	0,95	-Res.	1,00	+Res.
7	0,46	-Res.	0,46	-Res.	0,57	-Res.	0,73	-Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
8	0,43	-Res.	0,47	-Res.	0,55	-Res.	0,56	-Res.	0,90	-Res.	0,91	-Res.	0,93	-Res.	0,96	-Res.	1,00	+Res.
9	0,43	-Res.	0,43	-Res.	0,46	-Res.	0,50	-Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
10	0,55	-Res.	0,61	-Res.	0,62	-Res.	0,64	-Res.	0,73	-Res.	0,73	-Res.	0,93	-Res.	0,96	-Res.	1,00	+Res.
11	0,78	+Res.	0,80	+Res.	0,82	+Res.	0,82	+Res.	0,84	-Res.	0,85	-Res.	0,90	-Res.	0,95	-Res.	1,00	+Res.
12	0,70	+Res.	0,76	-Res.	0,76	-Res.	0,76	-Res.	0,77	-Res.	0,77	-Res.	0,83	-Res.	0,86	-Res.	1,00	+Res.
13	0,61	+Res.	0,63	-Res.	0,64	-Res.	0,65	-Res.	0,72	-Res.	0,72	-Res.	0,90	-Res.	0,95	-Res.	1,00	+Res.
14	0,85	+Res.	0,86	+Res.	0,87	+Res.	0,87	+Res.	0,88	-Res.	0,89	-Res.	0,97	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
15	0,65	+Res.	0,74	-Res.	0,75	-Res.	0,78	-Res.	0,93	+Res.	0,94	+Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.
16	0,87	+Res.	0,90	+Res.	0,89	+Res.	0,89	+Res.	0,89	-Res.	0,89	-Res.	0,91	-Res.	0,93	-Res.	1,00	+Res.
17	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
18	0,64	+Res.	0,79	+Res.	0,80	+Res.	0,83	+Res.	0,96	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
19	0,58	-Res.	0,77	-Res.	0,77	-Res.	0,77	-Res.	0,80	-Res.	0,82	-Res.	0,84	-Res.	0,92	-Res.	1,00	+Res.
20	0,70	+Res.	0,84	+Res.	0,84	+Res.	0,84	+Res.	0,85	-Res.	0,86	-Res.	0,86	-Res.	0,93	-Res.	1,00	+Res.
21	0,62	+Res.	0,70	-Res.	0,70	-Res.	0,70	-Res.	0,71	-Res.	0,72	-Res.	0,74	-Res.	0,87	-Res.	1,00	+Res.
22	0,89	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	0,93	-Res.	1,00	+Res.
23	0,91	+Res.	0,91	+Res.	0,92	+Res.	0,92	+Res.	0,95	+Res.	0,95	+Res.	0,95	+Res.	0,95	-Res.	1,00	+Res.
24	0,71	+Res.	0,74	-Res.	0,74	-Res.	0,74	-Res.	0,74	-Res.	0,75	-Res.	0,84	-Res.	0,89	-Res.	1,00	+Res.
25	0,66	+Res.	0,67	-Res.	0,68	-Res.	0,70	-Res.	0,95	+Res.	0,97	+Res.	0,95	+Res.	0,97	+Res.	1,00	+Res.
26	0,96	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
27	0,78	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,94	+Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.
28	0,96	+Res.	0,96	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
29	0,69	+Res.	0,79	+Res.	0,79	-Res.	0,80	-Res.	0,81	-Res.	0,82	-Res.	0,81	-Res.	0,96	-Res.	1,00	+Res.
30	0,61	+Res.	0,95	+Res.	0,95	+Res.	0,95	+Res.	0,95	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
31	0,75	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,94	+Res.	0,96	+Res.	0,96	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
32	0,53	-Res.	0,89	+Res.	0,89	+Res.	0,91	+Res.	0,96	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
33	0,68	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
34	0,32	-Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
35	0,38	-Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
36	0,45	-Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
37	0,66	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.	0,99	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
38	0,31	-Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,97	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	1,00	+Res.	1,00	+Res.
39	0,78	+Res.	0,92	+Res.	0,93	+Res.	0,93	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,98	+Res.	0,99	+Res.	1,00	+Res.
GB	0,60		0,78		0,80		0,81		0,91		0,92		0,94		0,97		1,00	

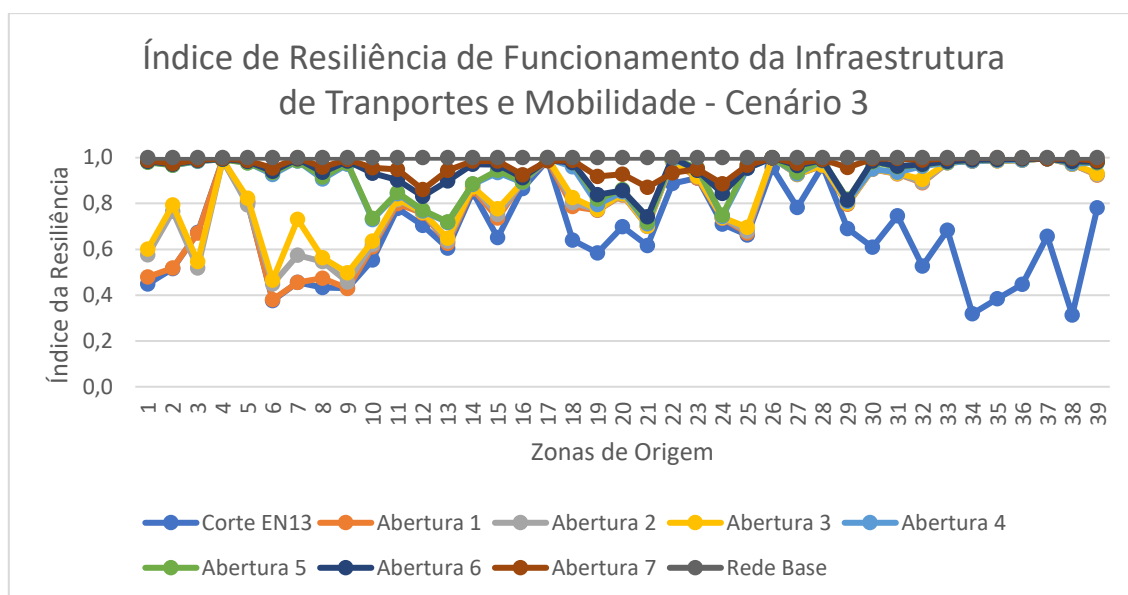


Figura 82 – Variação do índice de resiliência de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 3

b) Resultados da resiliência global

Para perceber como esta estratégia de restituição influencia as viagens da rede ao longo do tempo e, conseqüentemente, o desempenho global da infraestrutura de transportes e mobilidade, através dos tempos de restituição apresentados na Tabela 34, foram determinados os índices e níveis de resiliência global para as zonas de origem. A Figura 83 apresenta os resultados da resiliência final sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (para uma melhor leitura do mapa, ver anexo J). O gráfico da Figura 84 apresenta a variação do índice de resiliência das várias zonas de origem. A Tabela 54 apresenta os índices globais de resiliência e a sua classificação.

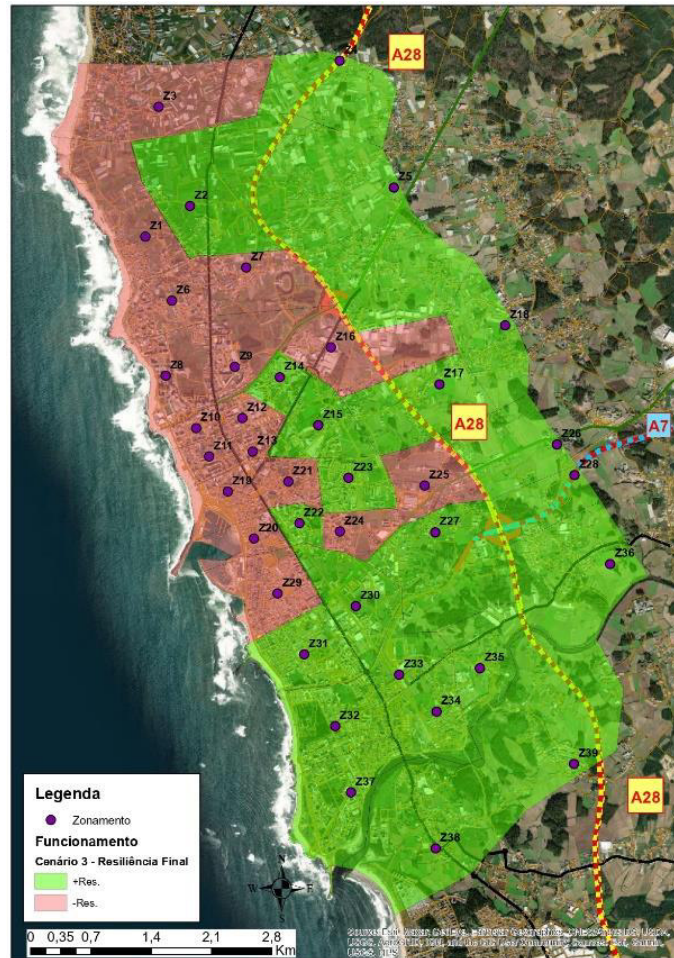


Figura 83 – Resiliência global de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade –
Cenário 3

Tabela 54 – Classificação dos índices globais de resiliência de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 3

Zona	Índice de Resiliência	Classificação	Zona	Índice de Resiliência	Classificação
1	0,91	-Res.	21	0,81	-Res.
2	0,93	+Res.	22	0,98	+Res.
3	0,91	-Res.	23	0,95	+Res.
4	0,99	+Res.	24	0,84	-Res.
5	0,95	+Res.	25	0,92	-Res.
6	0,86	+Res.	26	1,00	+Res.
7	0,92	-Res.	27	0,96	+Res.
8	0,87	-Res.	28	0,99	+Res.
9	0,89	-Res.	29	0,88	-Res.
10	0,84	-Res.	30	0,98	+Res.
11	0,90	-Res.	31	0,97	+Res.
12	0,85	-Res.	32	0,96	+Res.
13	0,84	-Res.	33	0,99	+Res.
14	0,94	+Res.	34	0,99	+Res.
15	0,93	+Res.	35	0,99	+Res.
16	0,92	-Res.	36	0,99	+Res.
17	0,99	+Res.	37	1,00	+Res.
18	0,95	+Res.	38	0,98	+Res.
19	0,87	-Res.	39	0,97	+Res.
20	0,90	-Res.	Global	0,93	

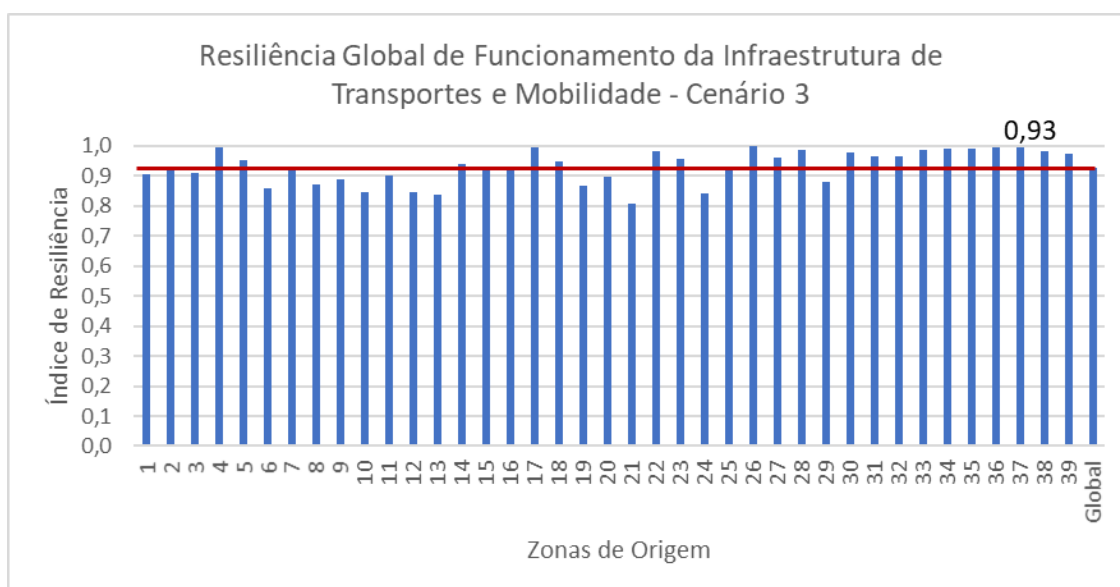


Figura 84 – Variação do índice de resiliência global de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade – Cenário 3

A partir do mapa apresentado na Figura 83, da Tabela 54 e do gráfico da Figura 84 é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 3 prejudica as zonas mais centrais e a norte da área do caso de estudo, nomeadamente as Zonas 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 21, 24, 25 e 29.

O índice global da rede é de 0,93. Isto quer dizer que esta estratégia de restituição apresenta os melhores resultados na recuperação do sistema de infraestrutura de transportes. Por conseguinte, a estratégia do cenário 3 apresenta-se como a mais indicada a adotar para efetuar a recuperação do sistema.

6. Discussão dos resultados da resiliência de funcionamento da infraestrutura de transporte e mobilidade

Na Tabela 55 apresenta-se uma comparação dos resultados da resiliência de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para os diferentes cenários em análise, que traduzem diferentes abordagens de restituição/ abertura dos trechos da EN13, no centro da cidade da Póvoa de Varzim.

Tabela 55 – Comparação de Resultados – Resiliência global de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
1	-Res.	+Res.	-Res.	21	+Res.	+Res.	-Res.
2	-Res.	+Res.	+Res.	22	+Res.	+Res.	+Res.
3	-Res.	+Res.	-Res.	23	+Res.	+Res.	+Res.
4	+Res.	+Res.	+Res.	24	+Res.	+Res.	-Res.
5	-Res.	+Res.	+Res.	25	-Res.	+Res.	-Res.
6	-Res.	+Res.	-Res.	26	+Res.	+Res.	+Res.
7	-Res.	+Res.	-Res.	27	+Res.	+Res.	+Res.
8	-Res.	+Res.	-Res.	28	+Res.	+Res.	+Res.
9	-Res.	+Res.	-Res.	29	+Res.	+Res.	-Res.
10	-Res.	+Res.	-Res.	30	+Res.	-Res.	+Res.
11	+Res.	+Res.	-Res.	31	+Res.	+Res.	+Res.
12	+Res.	+Res.	-Res.	32	+Res.	-Res.	+Res.
13	-Res.	+Res.	-Res.	33	+Res.	-Res.	+Res.
14	+Res.	+Res.	+Res.	34	+Res.	-Res.	+Res.
15	-Res.	+Res.	+Res.	35	+Res.	-Res.	+Res.
16	+Res.	+Res.	-Res.	36	+Res.	-Res.	+Res.
17	+Res.	+Res.	+Res.	37	+Res.	-Res.	+Res.
18	-Res.	+Res.	+Res.	38	+Res.	-Res.	+Res.
19	+Res.	-Res.	-Res.	39	+Res.	+Res.	+Res.
20	+Res.	+Res.	-Res.				

A estratégia adotada no cenário 1 afeta principalmente as zonas mais a norte (Zona 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10) e algumas zonas da área central do caso de estudo (Zona 13, 15, 18 e 25). Já a estratégia

adotada no cenário 2 afeta principalmente as zonas mais a sul (Zona 32, 33, 34, 35, 36, 37 e 38) e duas zonas mais centrais (Zona 19 e 30). Por último, a estratégia adotada no cenário 3 afeta sete zonas a norte (Zona 1, 3, 6, 7, 8, 9 e 10) e dez zonas mais centrais (Zona 11, 12, 13, 16, 19, 20, 21, 24, 25 e a 29).

Da análise dos cenários 1 e 3, é possível verificar que as zonas 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13 e 25 apresentam um baixo nível resiliência em termos do desempenho da rede nestas zonas para o modo automóvel. Isto pode trazer alguns problemas, dada a falta de infraestrutura para modos suaves e escassez de fiabilidade dos modos alternativos, nomeadamente o autocarro.

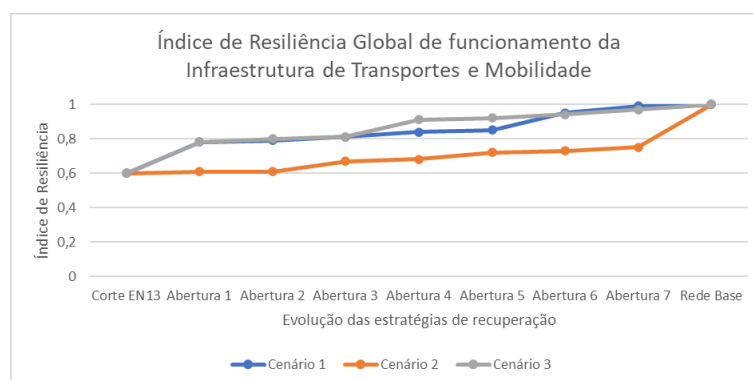


Figura 85 - Comparação de resultados – Resiliência global de funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade

A partir da comparação dos resultados globais da resiliência nos vários cenários (Figura 85), podemos verificar que o cenário mais gravoso é o cenário 2 (N-S) com um índice de resiliência global de 0,78. Apesar deste cenário apresentar menos zonas com níveis de resiliência baixos, estas têm mais população, logo mais viagens, influenciando assim negativamente o desempenho global do sistema, pois apresenta um índice muito inferior aos outros dois cenários.

Os cenários 1 e 3 apresentam um índice de resiliência global da rede muito próximo de 0,91 e 0,93, respetivamente. No entanto, é possível verificar que durante a restituição da rede (abertura de troços), o cenário 3 apresenta na maioria desse processo de restituição um índice de resiliência mais elevado (Figura 85), ou seja, recupera os níveis de desempenho mais rapidamente. Assim, conclui-se que o cenário 3 apresenta os melhores resultados para restituição da rede em termos do valor do índice de resiliência infraestrutural. Contudo, considera-se que cenário 1 deve ser o escolhido, uma vez que

apresenta um índice de resiliência muito semelhante, mas tem a vantagem de produzir menos 4 zonas menos resilientes.

IV.3.4. Avaliação da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

Uma vez concluída a caracterização e avaliação das três dimensões, que constituem o modelo de avaliação de resiliência proposto, nomeadamente a caracterização dos padrões de mobilidade e avaliação da escolha modal, a disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte (através da avaliação da transformação modal) e o funcionamento da infraestrutura (rede viária) de transportes nas várias zonas geradoras de tráfego, será então caracterizada e avaliada a resiliência global do sistema de transportes e mobilidade urbana, tendo por base a interligação entre estas três dimensões.

De acordo com a metodologia proposta no capítulo III, a Tabela 56 apresenta a estrutura conceptual desta avaliação e qual a relação entre as três dimensões.

Tabela 56 – Classificação integradas da avaliação das três dimensões da resiliência – Resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

		Transformação Modal		
		-Resiliente	+– Resiliente	+Resiliente
Funcionamento da Infraestrutura de	-Resiliente	-Resiliente	-Resiliente	+– Resiliente
	+Resiliente	+– Resiliente	+Resiliente	+Resiliente

A partir desta classificação será possível identificar quais as zonas que apresentam maiores problemas de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana. Assim, como nas avaliações anteriores também serão estudadas as estratégias de restituição definidas nos três cenários apresentados, para demonstrar a aplicabilidade desta classificação como ferramenta de planeamento estratégico para a definição de ações de melhoria ou mitigação desse sistema.

IV.3.4.1. Avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

1. Rede Base

A primeira etapa passou por identificar as zonas que apresentam baixos níveis de resiliência no estado inicial – Rede Base. Esta avaliação preliminar da rede permitiu identificar os problemas inerentes ao atual funcionamento do sistema de transportes urbanos e mobilidade do caso de estudo. Os dados utilizados resultaram das avaliações da transformação modal e do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade, que foram posteriormente classificados segundo a Tabela 56. Por outro lado, tal como foi apresentado anteriormente, assume-se que a avaliação do funcionamento da infraestrutura de transportes e mobilidade para a rede base é sempre a máxima e resulta de um estado de equilíbrio. Assim sendo, o nível mais baixo de resiliência apresentado para a rede base será **+– Resiliente**.

a) Resultados da Rede Base

A partir dos resultados das três dimensões foi possível identificar as zonas de origem com maiores potenciais problemas de resiliência. Neste contexto, a Figura 86 apresenta os resultados da rede base (mapa detalhado no anexo K).

Da análise do mapa da Figura 86 foram identificadas as zonas de origem menos resilientes. As zonas do caso de estudo que apresentam potenciais problemas da mobilidade urbana são: a Zona 1 (norte); a Zona 18 (oriental) e a Zona 36 (sul). Estes problemas têm por base a falta de alternativas de outros modos de transporte.



Figura 86 – Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana – Rede Base

2. Corte Estrada Nacional 13

Assim como para a avaliação da rede base, foi analisado também o corte da Estrada Nacional 13. Esta análise é comum a todos os três cenários definidos.

a) Resultados Corte EN13

A partir dos resultados das três dimensões da resiliência foi possível identificar as zonas com maiores problemas com o corte da EN13, que se apresentam no mapa da Figura 87 (mapa mais detalhados no anexo K).

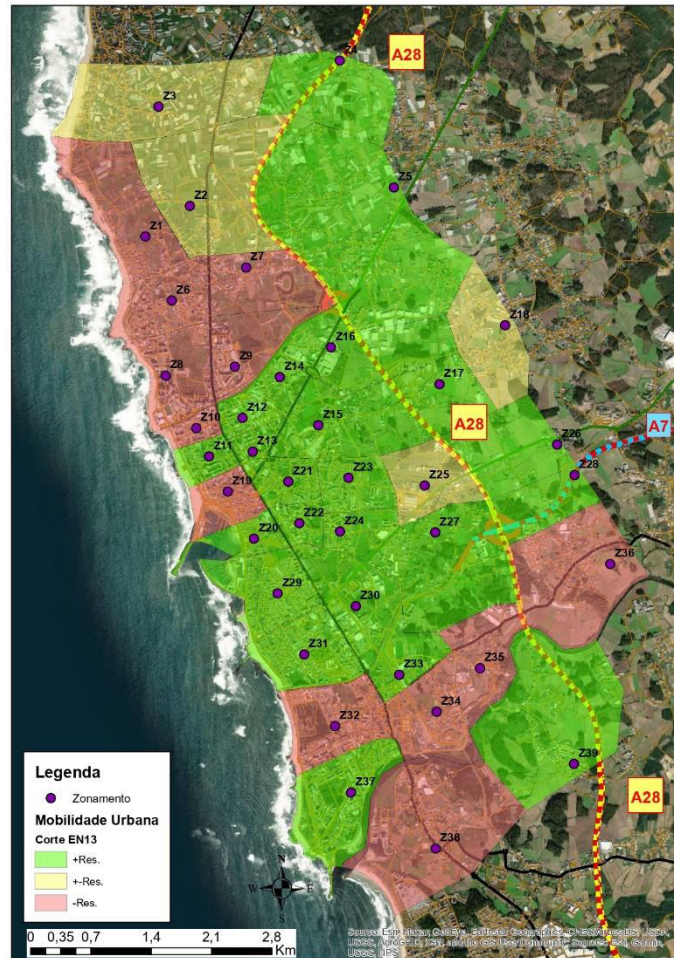


Figura 87 – Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana – Corte EN13

Da análise do mapa da Figura 87, é possível constatar que o corte na EN13 tem um forte impacto negativo em algumas zonas de origem, contribuindo para os seus baixos níveis de resiliência. As zonas mais afetadas são as Zonas 1, 6, 7, 8, 9, 10, 19, 32, 34, 35, 36 e 38.

Algumas zonas também reduziram os seus níveis de resiliência, podendo apresentar potenciais problemas na sua mobilidade urbana, nomeadamente a Zona 2, 3 e 25. Apesar deste nível intermédio de resiliência, estas zonas devem ser tidas sempre em atenção.

O facto de se verificar um impacto desta magnitude na rede do caso de estudo só vem realçar a importância que esta via (EN13) tem no normal funcionamento do sistema de transportes, ou seja, para a mobilidade da população da cidade da Póvoa de Varzim.

3. Cenário 1

Assim como na avaliação das três dimensões do modelo da resiliência, apresenta-se de seguida a análise global da resiliência para as três estratégias (cenários) de restituição da EN13 na área do caso de estudo.

a) Evolução da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

A Figura 88 apresenta os resultados do cenário 1 (restituição dos trechos da EN13 no sentido Sul - Norte) sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapas detalhados no anexo K).

A partir dos mapas apresentados na Figura 88, é possível observar a evolução da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana com a abertura dos vários trechos para o cenário 1. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar total ou parcialmente e piorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 32, 34, 35 e 38 (melhorou totalmente); Zona 10 e 36 (melhorou parcialmente); Zona 3, 12, 13, 15, 21, 24 e 25 (piorou);
- abertura 2: Zona 19 (melhorou parcialmente)
- abertura 3: Zona 21(melhorou totalmente); Zona 5 (piorou);
- abertura 4: Zona 12 e 24 (melhorou totalmente); Zona 15 e Zona 25 (melhorou parcialmente);
- abertura 5: nenhuma alteração no nível de resiliência nas zonas;
- abertura 6: Zona 10 (melhorou totalmente); Zona 9 (melhorou parcialmente);
- abertura 7: Zona 6 e 8 (melhorou totalmente); Zona 1 e 7 (melhorou parcialmente);
- abertura 8 (rede base): Zona 2, 3, 5, 9, 13 e 15 (melhorou totalmente); Zona 18 (melhorou parcialmente).

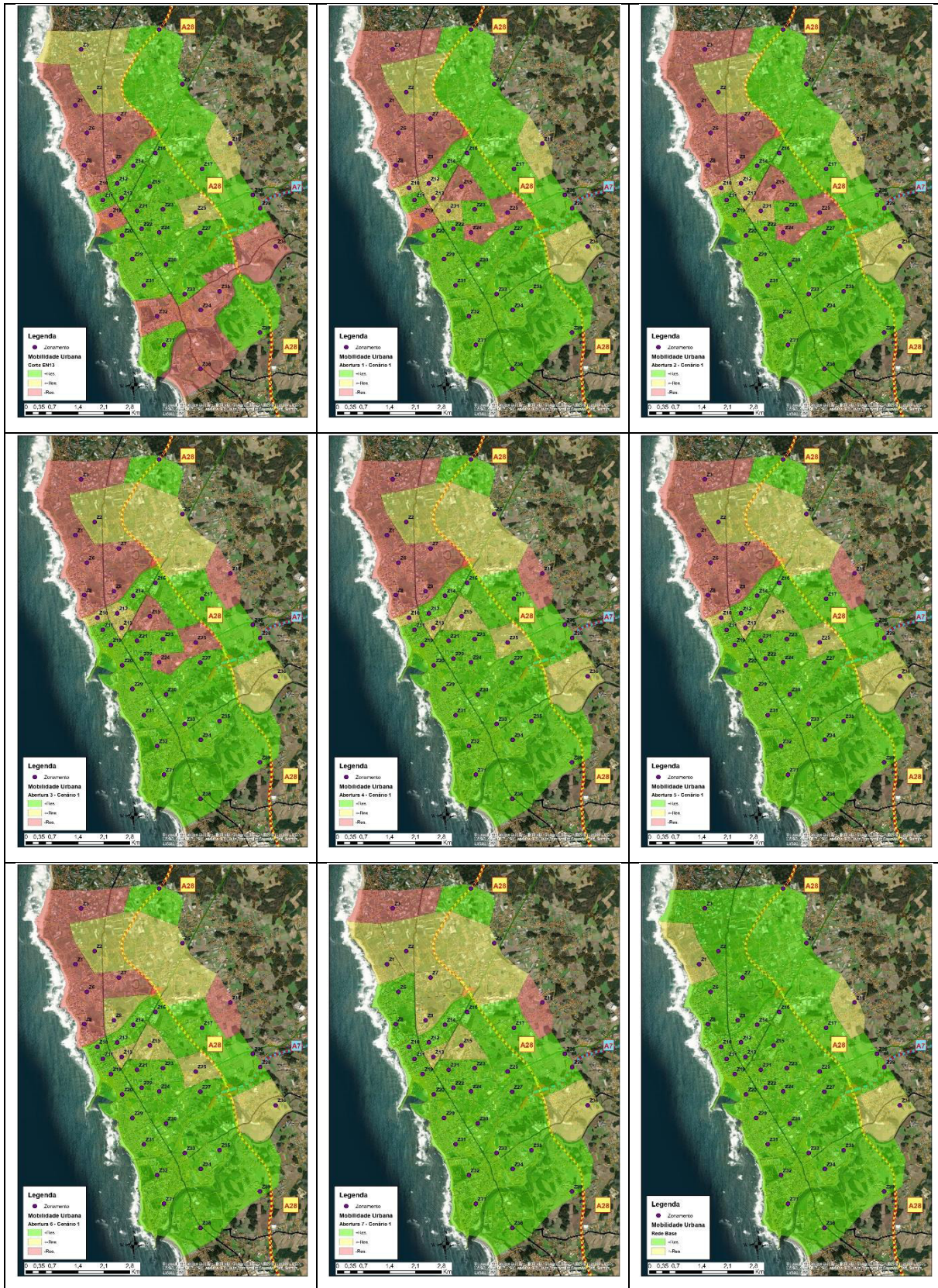


Figura 88 – Evolução da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana – Cenário 1

b) Resultados da Resiliência Global no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

De modo a perceber como esta estratégia de restituição do corte da EN13 influencia as viagens da rede ao longo do tempo e, conseqüentemente, a resiliência global na mobilidade urbana através dos resultados das três dimensões da resiliência, foi determinada a classificação da resiliência para as zonas de origem.

O número de ligações restituídas com a abertura dos trechos é apresentado na Tabela 34. No entanto, esta avaliação está inerente aos resultados obtidos nas 1ª e 3ª dimensões do modelo. Assim, visto tratar-se de uma avaliação qualitativa da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, as várias zonas foram classificadas segundo a Tabela 56. A Figura 89 apresenta os resultados da resiliência global sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (para uma melhor leitura do mapa, ver anexo K).

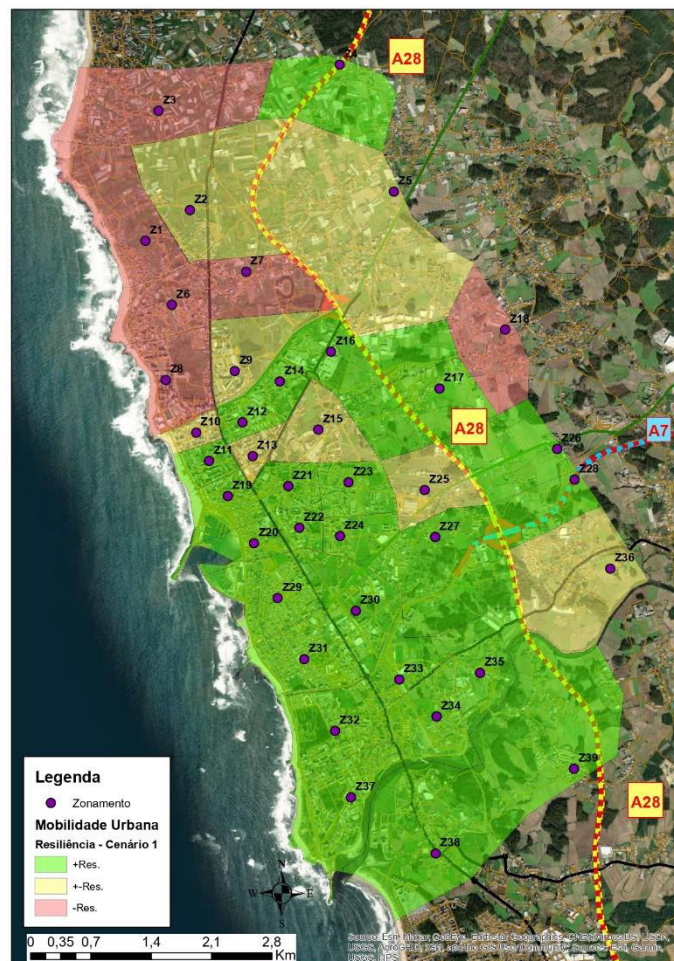


Figura 89 – Resiliência Global no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana– Cenário 1

A partir do mapa apresentado na Figura 89, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 1 prejudica principalmente as zonas mais a norte do caso de estudo, nomeadamente as Zonas 1, 3, 6, 7 e 8. A um nível intermédio é possível observar que também existem potenciais problemas de resiliência nesta zona da área do caso de estudo, nomeadamente nas Zonas 2, 5, 9 e 10. O facto de esta área do caso de estudo ser a última a restituir potencia uma diminuição da resiliência nas zonas mais a norte no caso de estudo.

Na área oriental do caso de estudo, a Zona 18 apresenta um nível de resiliência baixo. Para além disso, existem também algumas zonas na área central do caso de estudo com potenciais problemas de resiliência, nomeadamente a Zona 13, 15 e 25, e a Zona 36 a sul do caso de estudo.

4. Cenário 2

a) Evolução da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

À semelhança do cenário 1, a Figura 90 apresenta os resultados do cenário 2 (restituição de trechos da EN13 no sentido Norte - Sul) sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapas detalhados no anexo K).

A partir dos mapas apresentados na Figura 90 é possível verificar a evolução dos níveis de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana tendo em conta a estratégia de restituição adotada no cenário 2. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar total ou parcialmente e piorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 2 (melhorou totalmente); Zona 3 (piorou);
- abertura 2: Zona 7 e 10 (melhorou parcialmente); Zona 30 (piorou);
- abertura 3: Zona 3, 6, 7, 8, 9 e 25 (melhorou totalmente); Zona 1 (melhorou parcialmente);
- abertura 4: Zona 10 (melhorou totalmente);
- abertura 5: Zona 21 (melhorou totalmente);
- abertura 6: Zona 19 (melhorou totalmente)
- abertura 7: nenhuma alteração no nível de resiliência nas zonas;
- abertura 8 (rede base): Zona 30, 32, 33, 34, 37 e 38 (melhorou totalmente); Zona 36 (melhorou parcialmente).

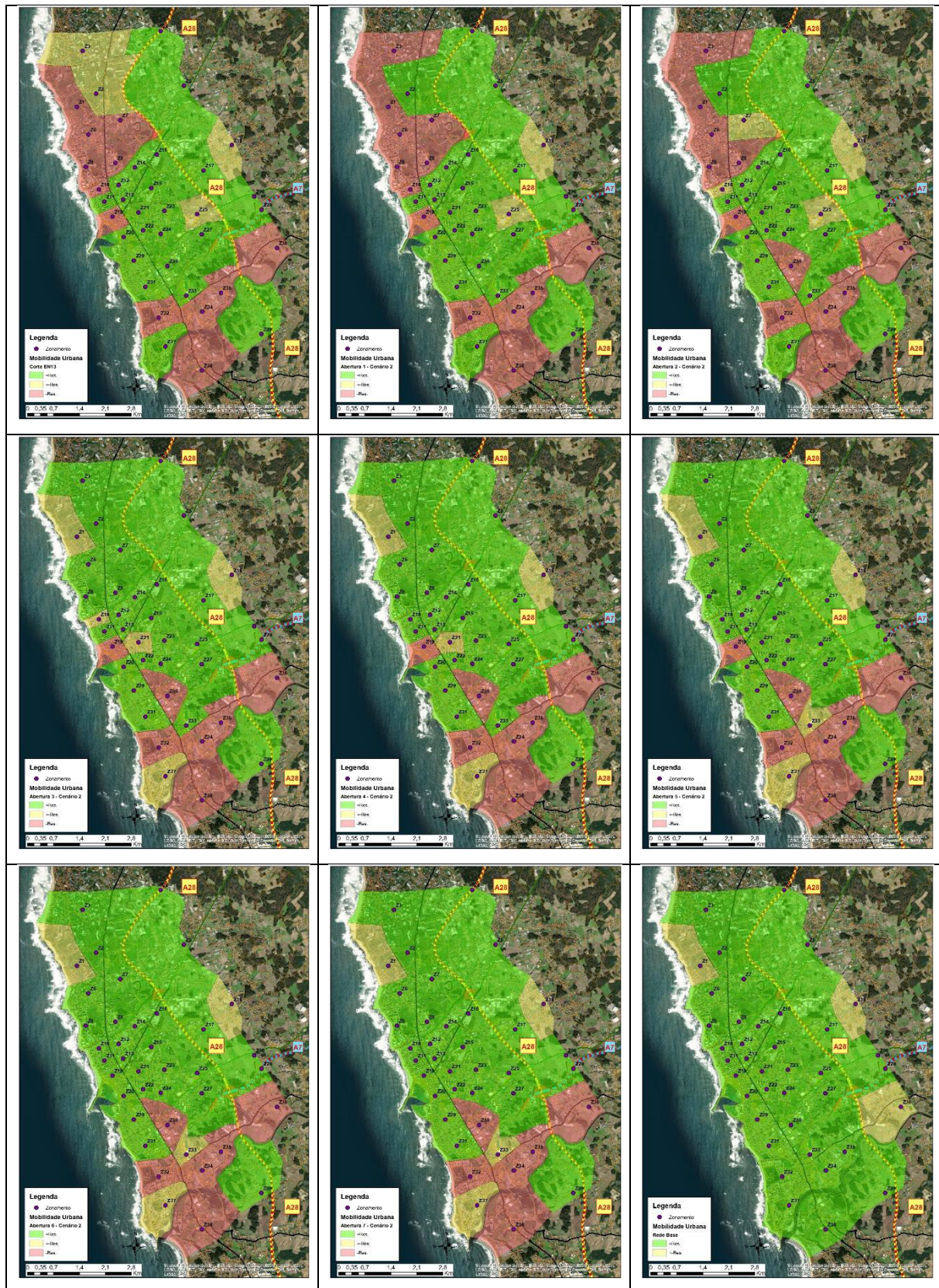


Figura 90 – Evolução da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana – Cenário 2

b) Resultados da Resiliência Global no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

Assim como no cenário anterior, para perceber como esta estratégia de restituição influencia as viagens da rede ao longo do tempo e, conseqüentemente, a resiliência global na mobilidade urbana, foi determinada a classificação para as zonas de origem.

Assim, visto tratar-se de uma avaliação qualitativa da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, as várias zonas foram classificadas segundo a Tabela 56. A Figura 91 apresenta os resultados da resiliência final sob a forma de mapa para uma melhor interpretação dos resultados (mapa detalhado no anexo K).

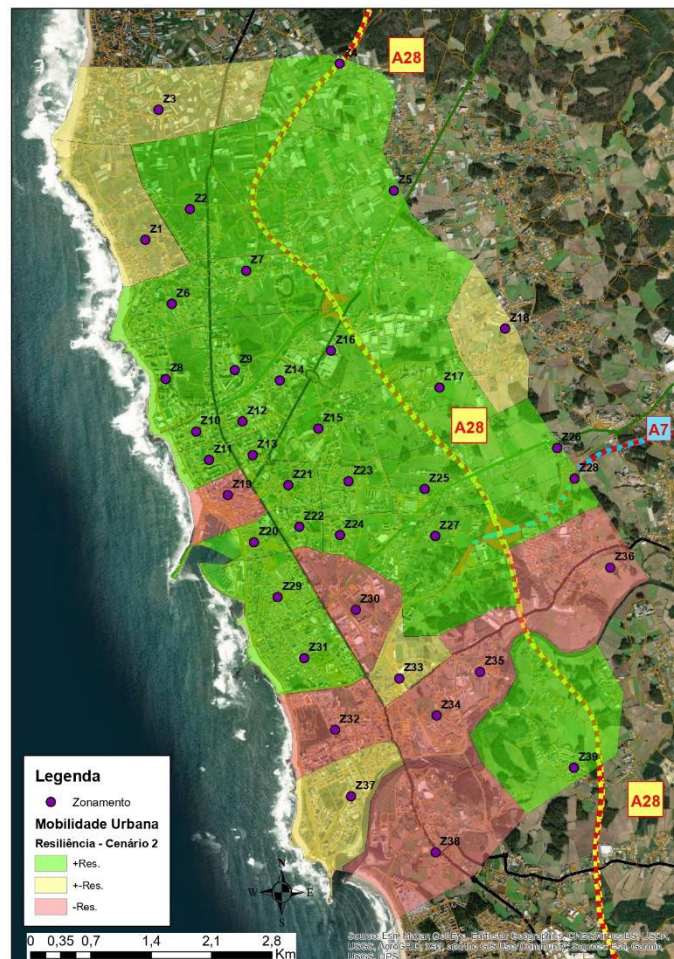


Figura 91 – Resiliência Global no Sistema de Transporte e Mobilidade Urbana– Cenário 2

A partir do mapa apresentado, é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 2 prejudica principalmente as zonas mais a sul no caso de estudo, nomeadamente as Zonas 30, 32, 34, 35, 36 e 38, mas também a Zona 19 localizada no centro da área do caso de estudo.

A um nível intermédio, é possível verificar também que existem potenciais problemas de resiliência nas Zonas 33 e 37 (sul), na Zona 1 e 3 (norte) e na Zona 18 (este) da área do caso de estudo.

5. Cenário 3

a) Evolução da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana

A Figura 92 apresenta os resultados do cenário 3 (restituição de trechos da EN13 alternadamente entre sul e norte) sob a forma de mapas para uma melhor interpretação dos resultados (mapas detalhados no anexo K).

À semelhança das análises anteriores, a partir dos mapas apresentados na Figura 92 é possível verificar a evolução dos níveis de resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, tendo em conta a estratégia de restituição adotada no cenário 3. Assim, é possível concluir que as seguintes aberturas permitem melhorar total ou parcialmente e piorar o nível de resiliência para as seguintes zonas:

- abertura 1: Zona 32, 34, 35 e 38 (melhorou totalmente); Zona 10 e 36 (melhorou parcialmente); Zona 12, 13, 15, 21, 24 e 25 (piorou);
- abertura 2: Zona 5 e 29 (piorou);
- abertura 3: Zona 5 (melhorou totalmente); Zona 15 e 25 (melhorou parcialmente).
- abertura 4: Zona 2, 6, 7, 9, 15 e 25 (melhorou totalmente); Zona 1 e 3 (melhorou parcialmente); Zona, 14, 16 e 20 (piorou);
- abertura 5: não houve alteração no nível de resiliência nas zonas de origem;
- abertura 6: Zona 14 (melhorou totalmente);
- abertura 7: Zonas 24 e 30 (melhorou parcialmente); Zona 22, 23 e 25 (piorou);
- abertura 8: Zonas 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 29 (melhorou totalmente).



Figura 92 – Evolução da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana – Cenário 3

b) Resultados da Resiliência Global no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

Assim como nos cenários anteriores, para perceber como esta estratégia de restituição influencia as viagens da rede ao longo do tempo e, conseqüentemente, a resiliência global na mobilidade urbana, foi determinada a classificação da resiliência para as zonas de origem. Neste contexto, apresenta-se na Figura 93 os resultados da resiliência final (mapa detalhado no anexo K).

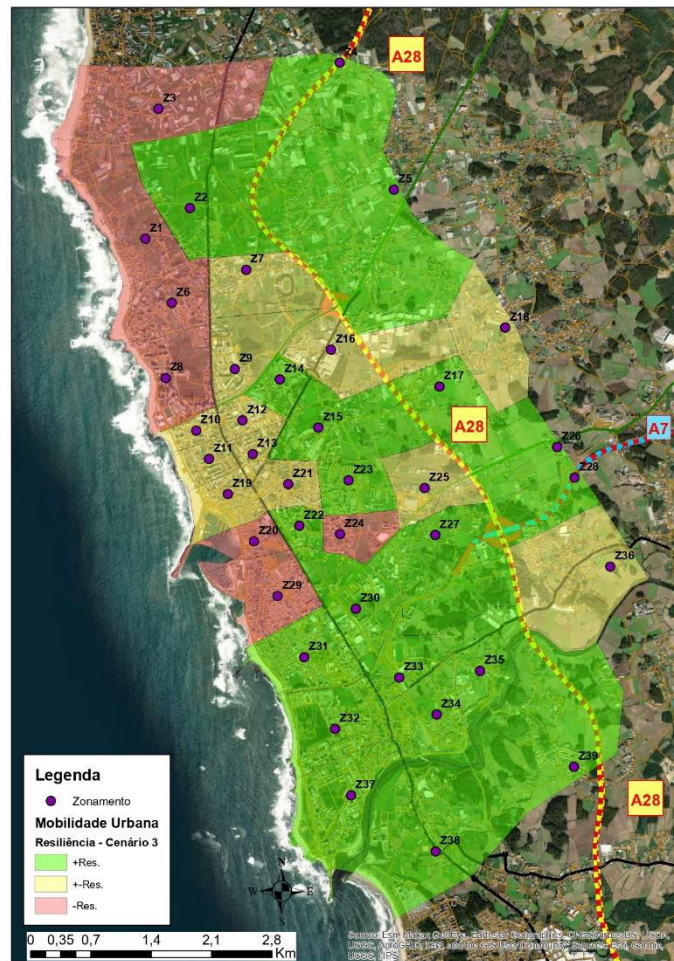


Figura 93 – Resiliência Global no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana– Cenário 3

Da análise do mapa da Figura 93 é possível verificar que a estratégia adotada no cenário 3 prejudica, principalmente, a Zona 1, 3, 6 e 8 (a norte) e a Zona 20, 24 e 25 (no centro) da área do caso de estudo. A um nível intermédio, é possível verificar que existem potenciais problemas de resiliência em diversas zonas do caso de estudo, nomeadamente nas zonas 7, 9 e 10 (a norte), nas Zonas 16 e 18 (a este), nas Zonas 11, 12, 13, 19, 21 e 25 (centro) e na Zona 36 (a sul).

6. Discussão dos resultados da Resiliência no Sistema de Transportes e Mobilidade Urbana

Na Tabela 57 apresenta-se uma comparação dos resultados da resiliência global no sistema de transportes e mobilidade urbanas para os três cenários analisados.

Tabela 57 – Comparação de resultados - resiliência global no sistema de transportes e mobilidade urbana

Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Zona	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
1	-Res.	+Res.	-Res.	21	+Res.	+Res.	+Res.
2	+Res.	+Res.	+Res.	22	+Res.	+Res.	+Res.
3	-Res.	+Res.	-Res.	23	+Res.	+Res.	+Res.
4	+Res.	+Res.	+Res.	24	+Res.	+Res.	-Res.
5	+Res.	+Res.	+Res.	25	+Res.	+Res.	+Res.
6	-Res.	+Res.	-Res.	26	+Res.	+Res.	+Res.
7	-Res.	+Res.	+Res.	27	+Res.	+Res.	+Res.
8	-Res.	+Res.	-Res.	28	+Res.	+Res.	+Res.
9	+Res.	+Res.	+Res.	29	+Res.	+Res.	-Res.
10	+Res.	+Res.	+Res.	30	+Res.	-Res.	+Res.
11	+Res.	+Res.	+Res.	31	+Res.	+Res.	+Res.
12	+Res.	+Res.	+Res.	32	+Res.	-Res.	+Res.
13	+Res.	+Res.	+Res.	33	+Res.	+Res.	+Res.
14	+Res.	+Res.	+Res.	34	+Res.	-Res.	+Res.
15	+Res.	+Res.	+Res.	35	+Res.	-Res.	+Res.
16	+Res.	+Res.	+Res.	36	+Res.	-Res.	+Res.
17	+Res.	+Res.	+Res.	37	+Res.	+Res.	+Res.
18	-Res.	+Res.	+Res.	38	+Res.	-Res.	+Res.
19	+Res.	-Res.	+Res.	39	+Res.	+Res.	+Res.
20	+Res.	+Res.	-Res.				

A estratégia adotada no cenário 1 afeta principalmente as zonas mais a norte, com especial relevância para a Zona 1, 3, 6, 7 e 8, e uma zona a nascente, a Zona 18. Já a estratégia adotada no cenário 2 afeta principalmente as zonas mais a sul, a Zona 32, 34, 35, 36 e 38, mas também duas zonas mais centrais, a Zona 19 e 30. Por último, a estratégia adotada no cenário 3 afeta algumas zonas a norte, a Zona 1, 3, 6 e 8 e três zonas mais centrais, a Zona 20, 24 e 29.

Podemos verificar ainda que existem diversas zonas com potenciais problemas de resiliência, que com um prolongamento das estratégias de restituição poderão evidenciar grandes problemas de mobilidade. Assim, para o cenário 1 verifica-se que zonas que apresentam maior probabilidade de desenvolver problemas de resiliência são: a Zona 2, 5, 9 (a norte), a Zona 13, 15 e 25 (no centro) e a Zona 36 (a sul) da área do caso de estudo. No cenário 2 as zonas são: Zona 1 e 3 (a norte), a Zona 18 (a este) e a

Zona 33 e 37 (a sul) da área do caso de estudo. Por fim, no cenário 3, as zonas são: a Zona 7, 9 e a 10 (a norte), a Zona 11, 12, 13, 19, 21 e 25 (no centro), a Zona 16 e 18 (a este) e a Zona 36 (a Sul).

Tendo em conta os resultados da Tabela 57, verificamos que existem algumas zonas que revelam ter um forte potencial para apresentarem problemas de resiliência, uma vez que são classificadas em vários cenários como “menos resilientes” (problemas) ou “mais ou menos resilientes” (potenciais problemas). Neste âmbito, a Zona 1 e 3 apresentam problemas de resiliência nos cenários 1 e 3 e potenciais problemas de resiliência no cenário 2. A Zona 6 e a Zona 8 apresentam problemas de resiliência nos cenários 1 e 3. A Zona 18 apresenta problemas no cenário 1 e potenciais problemas nos cenários 2 e 3. A Zona 36 apresenta problemas de resiliência no cenário 2 e potenciais problemas de resiliência nos cenários 1 e 3. A Zona 7 apresenta problemas de resiliência no cenário 1 e potenciais problemas de resiliência no cenário 3. A Zona 9, 10, 13 e 25 apresentam potenciais problemas de resiliência nos cenários 1 e 3. Por fim, a Zona 19 apresenta problemas de resiliência no cenário 2 e potenciais problemas de resiliência no cenário 3.

A estratégia que apresenta o menor número de zonas com problemas de resiliência é o cenário 1 e a estratégia que apresenta o maior número de zonas com potenciais problemas de resiliência é o cenário 3. Porém, importa realçar que o facto de uma zona poder apresentar algum potencial para ter problemas de resiliência não significa que os venha a desenvolver futuramente, mas pode funcionar como um alerta para permitir desenvolver planos de resiliência e definir ações de intervenção para evitar, ou mitigar, impactos no funcionamento do sistema de transportes e mobilidade de um determinado contexto urbano.

De acordo com os resultados obtidos em todos os cenários, é possível concluir que o cenário 1 apresenta os melhores resultados para restituição da EN13 e respetivo funcionamento da rede viária da cidade para o cenário de interrupção da circulação automóvel naquele eixo.

Capítulo V. Conclusões

Os sistemas de transportes e de mobilidade urbanos estão expostos a muitos riscos e ameaças, que têm vindo a aumentar de frequência e impacto devido às alterações climáticas. Neste sentido, tem-se verificado um aumento da preocupação da comunidade científica com os problemas de resiliência, com o objetivo de prever, antecipar e mitigar os impactos no funcionamento dos diversos sistemas perante eventos extremos, como é o caso do sistema de transportes e mobilidade urbana.

Assim, defende-se que as entidades de planeamento, gestão e proteção civil devem dispor de ferramentas de avaliação da resiliência do sistema de transportes e mobilidade urbana, que compreendam a identificação dos principais riscos relativos a ações de origem natural (e.g., destruições de redes de infraestruturas devido a problemas climatéricos) ou antropogénica (e.g., desajustes entre a oferta e a procura para os diversos modos de transporte) que possam bloquear a circulação e mobilidade da população de uma área urbana, assim como, as consequências que o impacto dessas perturbações possam ter ao nível do funcionamento global do sistema, em termos das principais redes de transporte e dos respetivos níveis de utilização (e.g., repartição modal), de modo a poderem definir planos de intervenção e promoção da resiliência, tendo em vista a manutenção dos padrões de mobilidade e desempenho do sistema de transportes.

Apesar de toda a relevância que o tema assume para a qualidade de vida das populações, a resiliência não é um conceito que seja fácil de definir e, sobretudo, avaliar e quantificar. Por conseguinte, existe um vasto número de investigações sobre este conceito, com o principal objetivo de encontrar o seu

significado, recursos e características. Assim, tendo por base a análise da revisão da literatura, propõe-se a seguinte definição: a resiliência dos sistemas urbanos de transporte assenta na capacidade de um sistema resistir, reduzir e absorver os impactos de uma perturbação, mantendo um nível de serviço aceitável (resiliência estática) e recuperar o seu funcionamento e operação regular e equilibrada dentro de um período de tempo e custo razoáveis (resiliência dinâmica).

De acordo com a literatura, são muitas as características relacionadas ao conceito de resiliência. No entanto, é possível perceber que o mesmo termo é utilizado de formas diferentes para atender a diferentes requisitos, de acordo com diferentes perspetivas e áreas do conhecimento. Assim, tendo em conta os principais trabalhos sobre resiliência, foi possível identificar as cinco principais características para avaliar a resiliência nos sistemas de transporte e mobilidade urbanos, que são a redundância, a adaptação, a robustez, a preparação e a rapidez.

Para a avaliação da resiliência de um sistema de transportes e mobilidade urbana existem vários métodos/técnicas, sendo mais utilizados os seguintes oito métodos: estruturas conceptuais, dinâmica de sistemas, processos estocásticos, métodos de simulação, processos de otimização, Método de Monte Carlo, teoria *fuzzy* e ciência de redes. Destes métodos, os mais utilizados em avaliações quantitativas são os modelos de dinâmica de sistemas, processos estocásticos e processos de otimização. Enquanto as avaliações qualitativas geralmente usam estruturas conceptuais.

Na revisão da literatura, a análise do conceito de resiliência nos sistemas de transporte e mobilidade urbanos permitiu identificar as seguintes tendências de investigação neste domínio: i) Integrar modelos de comportamento/mobilidade para identificar modos críticos e avaliar o potencial sucesso dos processos de introdução e transferência modal que podem ocorrer no processo de resiliência de um sistema de transportes; ii) Explorar e melhorar o conhecimento sobre as principais características da resiliência nos sistemas de transportes, nomeadamente na seleção de indicadores de resiliência; iii) Criar uma metodologia de avaliação estratificada pelas cinco principais características da resiliência e que inclua as diferentes ações que podem ocorrer nesse processo; iv) Avaliar o impacto da implementação de estratégias para aumentar a resiliência em novas metodologias de avaliação; e v) Desenvolver modelos que integrem ações de preparação (pré-interrupção) e recuperação (pós-interrupção), numa lógica de resiliência estática e dinâmica.

Para além disso, a análise da resiliência em sistemas de transporte e mobilidade urbanos deve utilizar uma combinação de métodos/ferramentas de modelação e análise, especialmente quando se pretende avaliar o desempenho de infraestruturas e da operação de uma rede no desenvolvimento de cenários associados a eventos disruptivos. Para esse efeito, a resiliência não pode ser interpretada e analisada como um conceito, mas como um processo complexo, estruturado e avaliado por etapas, para que seja possível construir ferramentas práticas e mais acessíveis.

No sentido de desenvolver uma ferramenta de avaliação da resiliência da mobilidade, neste trabalho foi proposto um modelo que contemplasse a questão infraestrutural (redes) e comportamental (escolha modal) dos indivíduos que usam um determinado sistema de transportes e mobilidade em meio urbano. A integração no processo de avaliação da resiliência da análise da escolha do modo de transporte antes, durante e após a ação de um evento disruptivo no sistema teve como objetivo avaliar a potencial estabilidade no processo de escolha modal, tendo em conta as características comportamentais (socioeconómicas) e das viagens de uma determinada população de um território.

Neste sentido, foram estudados modelos de repartição modal, mais concretamente o Modelo Logit Multinomial (MNL), uma vez que é um dos mais utilizados para avaliar a possibilidade de escolha de vários modos de transporte. Na produção de um modelo de avaliação da resiliência de um sistema de transporte e mobilidade, qualquer interrupção ou alteração no funcionamento do sistema será quase sempre refletida, ou expressa, nos tempos de viagem para os diferentes modos de transporte. Assim, com o Logit Multinomial é possível avaliar uma potencial transferência modal, especialmente quando se pretende analisar processos de transferência modal relativas aos modos mais afetados por um evento disruptivo para modos de transporte alternativos.

Para avaliar o tempo a partir do qual os modos apresentam uma forte probabilidade de deixarem de ser usados numa determinada viagem e, assim, ser possível avaliar uma potencial transferência modal, neste trabalho, recorreu-se a modelos de duração. Os modelos de duração baseados no risco (*Hazard-based Duration Models*) podem ser aplicados ao estudo dos sistemas de transporte e de mobilidade urbana, podendo ser modelos não paramétricos, semiparamétricos ou totalmente paramétricos. Porém, apesar da modelação da duração baseada no risco ser extensivamente aplicada em vários campos da ciência, incluindo bioestatística e economia, a aplicação destes modelos ainda é muito recente e, por isso, relativamente limitada no campo dos transportes. Dentro destes modelos, o modelo *Weibull* com

heterogeneidade gama (paramétrico) é o que apresenta um melhor ajuste aos dados quando se pretende estudar os fatores que influenciam o tempo de viagem, tendo sido usado neste trabalho para determinar o tempo a partir do qual o modo de transporte crítico tenderia a ser substituído por outro para a realização das viagens entre pares de zonas de uma matriz Origem-Destino.

Deste modo, a metodologia proposta para avaliar a resiliência do sistema de transporte e mobilidade urbana está assente em três dimensões de avaliação: 1) Padrões de mobilidade e escolha modal; 2) Disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte; e, 3) Funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade.

A avaliação da primeira dimensão do processo de resiliência, avaliação dos padrões de mobilidade e escolha modal, está dividida em duas fases: i) avaliação de uma potencial alteração da escolha modal, e ii) avaliação da alteração de modo de transporte para efetuar a viagem, tendo por base a existência de evento disruptivo.

A caracterização e avaliação dos padrões de mobilidade numa cidade e dos processos de escolha modal que aí se desenvolvem, irão determinar a primeira linha de análise, *i.e.*, permitirão identificar o modo mais penalizado – crítico. Para este efeito, foram desenvolvidos modelos Logit Multinomial (MNL) para estudar a escolha modal da população do caso de estudo, tendo em conta o aumento do tempo de viagem.

Numa segunda fase da avaliação da primeira dimensão do modelo, correspondente à avaliação do comportamento dos diferentes tipos de utilizadores dos diversos modos de transporte, a metodologia proposta neste trabalho pretende avaliar a potencial alteração de modo de transporte com o incremento de uma função custo que considera o tempo de viagem. Para esse efeito, nesta fase foi utilizado o modelo de *Weibull* com heterogeneidade gama para avaliar uma potencial alteração modal, de forma a modelar o comportamento dos utilizadores de um sistema ao longo do tempo perante o risco associado a perigos.

A segunda dimensão do modelo de resiliência avaliou a disponibilidade (quantidade) e flexibilidade da oferta existente de modos de transporte alternativos ao modo em análise (crítico), permitindo identificar as zonas que estão melhor preparadas para responder a um evento disruptivo no sistema de mobilidade e transportes em análise.

A avaliação da terceira dimensão do processo de resiliência, o funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade, assume um papel relevante na definição e avaliação e estratégias de intervenção nas redes de transporte, que se poderá traduzir no restabelecimento ou alteração do desempenho do seu sistema de transportes e mobilidade, uma vez que permite a contabilização do impacto devido a alterações das condições de operação da rede de um determinado modo de transporte, através da avaliação de um indicador de desempenho que, neste trabalho, se assumiu como sendo o tempo de viagem, que também foi usado para desenvolver um índice de resiliência infraestrutural.

Para demonstrar a aplicabilidade da metodologia proposta, foi desenvolvido um caso de estudo para a cidade de Póvoa de Varzim, Portugal, e sua envolvente. Posto isto, a área de estudo foi dividida em 39 zonas geradoras de tráfego, designadas de zonas de origem. Este zonamento permitiu desenvolver um modelo de tráfego para o modo carro de forma a estudar as variações dos tempos de viagem. Os dados da matriz OD inicial e das características socioeconómicas da população foram obtidos do Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa realizado pelo INE no ano de 2017. Por sua vez, foram feitas contagens horárias para a hora de ponta da manhã (9h00-10h00) e utilizados os dados de tráfego das Autoestradas A7 e A28.

A avaliação da resiliência consistiu na definição de uma estratégia/cenários que assentou no pressuposto de um determinado evento disruptivo cortar a circulação automóvel da Estrada Nacional 13 (EN13) na área da cidade da Póvoa de Varzim. Para este efeito foram definidas três estratégias de restituição da rede que assentou numa sequência de abertura de trechos e na respetiva avaliação do impacto no funcionamento das 39 zonas de tráfego da área do caso de estudo. O cenário 1 correspondeu à restituição gradual dos trechos da rede, com aberturas à circulação de troços no sentido sul-norte, o cenário 2 correspondeu à restituição gradual dos trechos da rede no sentido inverso (norte-sul) e para o cenário 3 preconizou-se uma recuperação gradual da rede, alternando de fora para dentro (centro da cidade) a restituição dos trechos.

A formulação dos cenários não ilustra apenas o encerramento e respetivo impacto no funcionamento de sistema de transporte e mobilidade, mas também foi pensado para definir e comparar várias estratégias de abertura dos troços, ou seja, avaliar a restituição desta via e como estas estratégias afetam os padrões de viagem e conseqüente avaliação da resiliência.

Posto isto, procedeu-se ao cálculo da primeira dimensão da resiliência. Para o cálculo da primeira etapa, foram desenvolvidos modelos Logit Multinomial, verificando-se que o modelo que melhor se ajustava aos dados (MNL4.6) apresentava as seguintes variáveis: a idade do indivíduo, o número de automóveis per capita, a licença de condução, o motivo da viagem, o nível de instrução/ escolaridade, a disponibilidade de bicicleta no agregado, o sexo do indivíduo e a duração da viagem.

Posteriormente, efetuou-se uma análise da variação das escolhas modais para o grupo da população ativa (15-64 anos) da cidade da Póvoa de Varzim, tendo em conta o aumento do tempo de viagem, visto que esta variável é a que sofre mais alterações com as disrupções da rede e/ou sistema de transportes. Assim, tendo em conta os resultados obtidos a partir do modelo Logit Multinomial (MNL) do caso de estudo, foi possível concluir que existe uma constância na escolha dos modos de transporte (exceto no modo pedonal, devido aos elevados tempos de viagem).

Para além disso, concluiu-se também que o carro é o modo predominante nas escolhas da população, verificando-se uma dependência muito grande deste modo de transporte, mesmo para deslocações com tempos de viagem muito curtos. Por conseguinte, uma interrupção devido a um potencial distúrbio no sistema de transportes, que restrinja a realização das viagens no modo carro terá um impacto muito maior nos padrões de mobilidade do que noutro modo de transporte.

Identificado o modo crítico, foi avaliada a segunda etapa desta dimensão, utilizando o modelo de duração *Weibull*. As informações socioeconómicas incluídas no modelo *Weibull* foram o sexo do indivíduo, a idade do indivíduo, o nível de instrução do indivíduo, licença de condução, motivo de viagem, modo de transporte e rendimento mensal per capita. Deste modo, para melhor entender o comportamento dos utilizadores, foram caracterizadas as viagens, tendo em conta as principais características da população ativa, visto que esta fração da população é a principal utilizadora do sistema de transporte e que apresenta normalmente os mesmos padrões de mobilidade nas deslocações do quotidiano.

Posto isto, determinou-se o tempo crítico para cada grupo de indivíduos em todos os modos de transporte, *i.e.*, o tempo correspondente à probabilidade da viagem ter terminado num modo de transporte é superior à probabilidade da viagem não ter terminado nesse modo, ou seja, o tempo crítico corresponde a uma probabilidade de 50% da viagem já ter terminado. Assim, obteve-se um tempo crítico

para o modo carro de 16,55 minutos. A partir deste tempo crítico foi possível avaliar a resiliência associada à potencial alteração modal. Esta avaliação incidiu nas zonas de origem, uma vez que é no início da viagem que um utilizador opta pelo modo de transporte ou por fazer a viagem.

A partir dos resultados dos índices globais de resiliência modal para os três cenários, podemos verificar que o cenário mais gravoso é o cenário 2 (N-S) com 14 zonas com menor resiliência e que os cenários 1 (S-N) e 3 (restituição alternada) apresentam um índice de resiliência final muito próximo, com 9 e 11 zonas menos resilientes, respetivamente. No entanto, durante a restituição da circulação na rede, foi possível constatar que o cenário 3 (restituição alternada) apresentou o melhor nível de resiliência, apresentando assim o menor tempo de viagem global da rede.

Na segunda dimensão, foi avaliada a disponibilidade e flexibilidade da oferta de modos de transporte. A partir desta avaliação da disponibilidade de modos foi possível concluir que, como era expectável, a maioria das zonas mais afastadas do centro urbano da Póvoa de Varzim são as mais afetadas pela falta de modos de transporte alternativos, nomeadamente nas zonas 1, 2, 3, 4, 17, 18, 25, 26, 28, 36 e 39. Em relação à avaliação da flexibilidade da oferta de modos, foi possível concluir que houve uma descida do nível de resiliência em algumas zonas, particularmente nas zonas mais periféricas da área do caso de estudo, nomeadamente nas zonas 7, 27, 35 e 38.

Posteriormente, foram integradas as duas primeiras dimensões do processo de resiliência, para avaliar a potencial transformação modal sobretudo nas zonas com baixo nível de resiliência resultantes da primeira dimensão do modelo de avaliação. Posto isto, verificou-se que houve uma melhoria global do potencial de resiliência com a integração dos resultados das duas dimensões do modelo, mantendo-se a hierarquia entre os cenários, mas com um menor número de zonas menos resilientes. Assim, a estratégia do cenário 1 (S-N) apresentou 5 zonas menos resilientes, principalmente nas zonas mais a norte; a estratégia do cenário 2 (N-S) apresenta 6 zonas menos resilientes, principalmente nas zonas mais a sul; e a estratégia do cenário 3 (restituição alternada) apresentou 3 zonas menos resilientes, estando duas localizadas na região norte do caso de estudo.

A avaliação da terceira dimensão do processo de resiliência, o funcionamento (desempenho) da infraestrutura de transportes e mobilidade, reflete os esforços operacionais de recuperação de um sistema através da avaliação de um indicador de desempenho, o tempo de viagem. Tal como se verificou

na segunda dimensão do modelo, manteve-se a hierarquia entre os cenários, mas o número de zonas menos resilientes aumentou. Assim, a estratégia do cenário 1 (S-N) apresentou 13 zonas menos resilientes, principalmente nas zonas mais a norte; a estratégia do cenário 2 (N-S) apresentou 9 zonas menos resilientes, principalmente nas zonas mais a sul; e a estratégia do cenário 3 (restituição alternada) apresentou 17 zonas menos resilientes.

Neste sentido, a partir dos resultados globais da resiliência nos vários cenários, podemos verificar que o cenário mais gravoso é o cenário 2 (N-S), com um índice global de 0,78. Os cenários 1 (S-N) e 3 (restituição alternada) apresentam um índice de resiliência global da rede muito próximo de 0,91 e 0,93, respetivamente. Porém, foi possível verificar que o cenário 3 apresentou, na maioria do processo de restituição, um índice de resiliência mais elevado. Apesar disso, considera-se que o melhor cenário é o cenário 1, uma vez que apresenta um índice semelhante mas tem menos 4 zonas menos resilientes.

Após a caracterização e avaliação das três dimensões, foi classificada a resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana para o caso de estudo, tendo por base a interligação entre todas as dimensões do modelo de avaliação proposto. Deste modo, foi possível concluir que a partir desta classificação é possível identificar quais as zonas que apresentam maiores problemas de resiliência e caracterizar a resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana relativamente a todas as suas características (robustez, preparação, adaptação, rapidez e redundância) e a todas as suas ações (resistir/absorver, recuperar e transformar).

À semelhança dos resultados das avaliações anteriores, foi possível constatar que a estratégia do cenário 1 e 3 afeta principalmente as zonas mais a norte e que a estratégia do cenário 2 afeta as zonas mais a sul da área do caso de estudo. No entanto, apesar do cenário 3 apresentar bons resultados nas análises das dimensões da resiliência, o seu resultado final não segue a mesma tendência, apresentando piores resultados, que se prende com o facto de nas análises anteriores as áreas mais impactadas divergirem nas diferentes dimensões.

Em suma, a estratégia que apresenta o menor número de zonas com problemas de resiliência corresponde ao cenário 1 e a que apresenta o maior número de zonas com potenciais problemas de resiliência é o cenário 3.

Em termos gerais, pode concluir-se que a metodologia de avaliação da resiliência desenvolvida neste trabalho funciona de acordo com a hipótese enunciada nesta tese e que os resultados se apresentam dentro do que seria expectável. De um modo geral, é possível afirmar que quanto maior é o tempo de viagem, maior é a probabilidade de existirem problemas de mobilidade e, conseqüentemente, um baixo nível de resiliência.

O trabalho desenvolvido nesta tese permite afirmar que a avaliação da resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana ao nível das zonas geradoras de tráfego possibilita a identificação das áreas de um determinado território com maiores problemas de resiliência, podendo servir para desenvolver políticas de mobilidade para mitigar esses mesmos problemas.

Por último, é possível concluir que este trabalho fornecerá um potencial guia metodológico avaliar o conceito de resiliência ao contexto específico do sistema de transporte e da mobilidade urbana de uma forma integrada, cuja metodologia desenvolvida pode ser replicada a outros casos de estudo, com as devidas adaptações, que irão naturalmente derivar das características do território, do sistema de transportes e mobilidade e da própria população em estudo.

V.1. Desenvolvimentos Futuros

Este trabalho de avaliação da resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana apresentou um nível elevado de complexidade para desenvolver uma ferramenta que integrasse a conceptualização, o desenvolvimento e a aplicação a um contexto urbano, levantando um conjunto de questões que foram sendo dirimidas ao longo da sua execução e outras que produziram um conjunto extenso de potenciais trabalhos futuros neste domínio do conhecimento. Deste modo é possível destacar os seguintes trabalhos:

- Explorar e melhorar o conhecimento sobre as características da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana, nomeadamente na seleção de indicadores de resiliência, como o objetivo de se realizarem análises específicas sobre cada característica e assim identificar soluções mais orientadas e eficientes de resiliência;
- Definir uma potencial metodologia de avaliação da resiliência na mobilidade urbana que contemple de uma forma direta e objetiva as principais características da resiliência, em vez dos atuais modelos que se baseiam no modelo clássico de transportes (4-passos);

- Se possível, tentar avaliar o impacto da implementação de estratégias de aumento da resiliência em novas metodologias de avaliação, tendo por base casos de estudo de resposta a alterações na função de mobilidade devido a eventos extremos, ou seja, desenvolver modelos em que seja possível perceber e explicar a resposta da população na escolha modal perante disrupções prolongados no tempo, *i.e.*, com impacto notável na opção modal dos transeuntes. Deste modo, devem-se desenvolver modelos que integrem ações de preparação pré-interrupção e recuperação pós-interrupção;
- Desenvolver modelos integrando todos os modos de transporte. Este trabalho poderá revelar-se moroso, mas será de extrema relevância sobretudo quando os próprios sistemas de mobilidade urbana são cada vez mais integrados e multimodais. Assim, a opção modo automóvel, apesar de poder ser a mais importante, como demonstrado nesta tese, o alargamento da avaliação do impacto, e.g., atrasos, aos restantes modos de transporte também pode condicionar a sua potencial utilização, ou seja, diminuir o campo de aplicabilidade do processo de transferência modal;
- Desenvolver uma análise hipotética metodológica multicritério, ou multiobjectivo, que integre um conjunto de atributos das diferentes características do processo de resiliência, sendo os pesos determinados com recursos a modelos genéticos ou os tradicionais métodos de preferência declarada, com o desenho de inquéritos orientado para a fase em que o evento disruptivo ocorra, na fase de restituição e na fase pós evento, ou seja, a criação de um modelo que reflita as diferentes condições de funcionamento das redes de transporte e a respetiva escolha modal, ao longo do tempo;
- Identificar os tipos de medidas mais eficazes para aumentar a resiliência dos diferentes sistemas urbanos (não só o transporte), como eles devem ser projetados, implementados e monitorizados.

Apesar de se elencar este conjunto de possíveis trabalhos que derivaram do trabalho desenvolvido nesta tese, importa destacar que poderiam ser apresentados outros trabalhos futuros, mais imediatos, que poderiam derivar de aperfeiçoamentos de cada uma das etapas do modelo proposto neste trabalho para avaliar a resiliência na mobilidade em contexto urbano.

Referências Bibliográficas

- Abdel-Hamid, T. K., & Madnick, S. E. (1991). *Software project dynamics: an integrated approach* (Vol. 1). Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ.
- Adjetey-Bahun, K., Birregah, B., Châtelet, E., Planchet, J.-L., & Laurens-Fonseca, E. (2014). A simulation-based approach to quantifying resilience indicators in a mass transportation system. *ISCRAM 2014 Conference Proceedings - 11th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management*, 75–79.
- Adjetey-Bahun, K., Planchet, J., Birregah, B., & Châtelet, E. (2016). Railway transportation system's resilience: Integration of operating conditions into topological indicators. *NOMS 2016 - 2016 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*, 1163–1168. <https://doi.org/10.1109/NOMS.2016.7502981>
- Adjetey-Bahun, Kpotissan, Birregah, B., Châtelet, E., & Planchet, J.-L. (2016a). A model to quantify the resilience of mass railway transportation systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 153, 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.res.2016.03.015>
- Adjetey-Bahun, Kpotissan, Birregah, B., Châtelet, E., & Planchet, J. L. (2016b). A model to quantify the resilience of mass railway transportation systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 153, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.res.2016.03.015>
- Ahlawat, N., Gautam, A., & Sharma, N. (2014). Use of logic gates to make edge avoider robot. *International Journal of Information & Computation Technology*, 4(6), 630.
- Alipour, A., & Shafei, B. (2016). Seismic Resilience of Transportation Networks with Deteriorating Components. *Journal of Structural Engineering*, 142(8), C4015015. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001399](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001399)
- Allen, L. J. S. (2010). *An introduction to stochastic processes with applications to biology*. CRC Press.
- Amoaning-Yankson, S., & Amekudzi-Kennedy, A. (2017). Transportation System Resilience. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2604, 28–36. <https://doi.org/10.3141/2604-04>
- Anastasopoulos, P. C., Fountas, G., Sarwar, M. T., Karlaftis, M. G., & Sadek, A. W. (2017). Transport habits of travelers using new energy type modes: A random parameters hazard-based approach of travel distance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 77, 516–528. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.017>
- Anastasopoulos, P. C., Haddock, J. E., Karlaftis, M. G., & Mannering, F. L. (2012). Analysis of Urban

Referências Bibliográficas

- Travel Times: Hazard-Based Approach to Random Parameters. *Transportation Research Record*, 2302(1), 121–129. <https://doi.org/10.3141/2302-13>
- Anastasopoulos, P. C., Islam, M. Bin, Perperidou, D., & Karlaftis, M. G. (2012). Hazard-Based Analysis of Travel Distance in Urban Environments: Longitudinal Data Approach. *Journal of Urban Planning and Development*, 138(1), 53–61. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000102](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000102)
- Ao, Y., Zhang, Y., Wang, Y., Chen, Y., & Yang, L. (2020). Influences of rural built environment on travel mode choice of rural residents: The case of rural Sichuan. *Journal of Transport Geography*, 85, 102708. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102708>
- Ashalatha, R., Manju, V. S., & Zacharia, A. B. (2013). Mode Choice Behavior of Commuters in Thiruvananthapuram City. *Journal of Transportation Engineering*, 139(5), 494–502. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000533](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000533)
- Aydin, N. Y., Duzgun, H. S., Heinimann, H. R., Wenzel, F., & Gnyawali, K. R. (2018). Framework for improving the resilience and recovery of transportation networks under geohazard risks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 832–843. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.07.022>
- Azadeh, A., Atrchin, N., Salehi, V., & Shojaei, H. (2014). Modelling and improvement of supply chain with imprecise transportation delays and resilience factors. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 17(4), 269–282. <https://doi.org/10.1080/13675567.2013.846308>
- Barabási, A.-L. (2013). Network science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 371(1987), 20120375.
- Barker, K., Ramirez-Marquez, J. E., & Rocco, C. M. (2013). Resilience-based network component importance measures. *Reliability Engineering & System Safety*, 117, 89–97. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.res.2013.03.012>
- Baroud, H., Barker, K., Ramirez-Marquez, J. E., & Rocco S., C. M. (2014). Importance measures for inland waterway network resilience. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 62, 55–67. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2013.11.010>
- Bastos, J., Marques, P., Batterman, S. A., & Freire, F. (2019). Environmental impacts of commuting modes in Lisbon: A life-cycle assessment addressing particulate matter impacts on health. *International Journal of Sustainable Transportation*, 13(9), 652–663. <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1501519>
- Bella, F., & Gulisano, F. (2020). A hazard-based model of the motorcyclists' overtaking duration. *Accident Analysis & Prevention*, 141, 105522.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105522>

- Ben-Akiva, M., & Morikawa, T. (1990). Estimation of travel demand models from multiple data sources. *11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*.
- Berche, B., von Ferber, C., Holovatch, T., & Holovatch, Y. (2009). Resilience of public transport networks against attacks. *The European Physical Journal B*, *71*(1), 125–137. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2009-00291-3>
- Bhavathrathan, B. K., & Patil, G. R. (2015). Capacity uncertainty on urban road networks: A critical state and its applicability in resilience quantification. *Computers, Environment and Urban Systems*, *54*, 108–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.07.005>
- Bigazzi, A. Y., Figliozzi, M. A., & Clifton, K. J. (2015). Traffic Congestion and Air Pollution Exposure for Motorists: Comparing Exposure Duration and Intensity. *International Journal of Sustainable Transportation*, *9*(7), 443–456. <https://doi.org/10.1080/15568318.2013.805345>
- Bioglio, L., Rho, V., & Pensa, R. G. (2019). Ranking by inspiration: a network science approach. *Machine Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10994-019-05828-9>
- Black, J. (1981). *Urban transport planning: Theory and practice* (1st Editio). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781351068604>
- Blockley, D., Agarwal, J., & Godfrey, P. (2012). Infrastructure resilience for high-impact low-chance risks. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering*, *165*(6), 13–19. <https://doi.org/10.1680/cien.11.00046>
- Bollinger, L. A., Bogmans, C. W. J., Chappin, E. J. L., Dijkema, G. P. J., Huibregtse, J. N., Maas, N., Schenk, T., Snelder, M., van Thienen, P., de Wit, S., Wols, B., & Tavasszy, L. A. (2014). Climate adaptation of interconnected infrastructures: a framework for supporting governance. *Regional Environmental Change*, *14*(3), 919–931. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0428-4>
- Borde, K. A., Schmidlein, M. C., Emrich, C. T., Piegorsch, W. W., & Cutter, S. L. (2007). Vulnerability of U.S. Cities to Environmental Hazards. In *Journal of Homeland Security and Emergency Management* (Vol. 4). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1279>
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., Reinhorn, A. M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. A., & Winterfeldt, D. von. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, *19*(4), 733–752. <https://doi.org/10.1193/1.1623497>
- Bruneau, M., & Reinhorn, A. (2007). Exploring the Concept of Seismic Resilience for Acute Care Facilities. *Earthquake Spectra*, *23*(1), 41–62. <https://doi.org/10.1193/1.2431396>

Referências Bibliográficas

- Buehler, R., & Hamre, A. (2015). The multimodal majority? Driving, walking, cycling, and public transportation use among American adults. *Transportation*, *42*(6), 1081–1101. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9556-z>
- Calvert, S. C., & Snelder, M. (2018). A methodology for road traffic resilience analysis and review of related concepts. *Transportmetrica A: Transport Science*, *14*(1–2), 130–154. <https://doi.org/10.1080/23249935.2017.1363315>
- Cao, M. (2015). Transportation Resilience: A summative review on Definition and Connotation. *International Conference on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering (AMCCE 2015)*, 1127–1132. [https://doi.org/doi:10.2991 / amcce-15.2015.199](https://doi.org/doi:10.2991/amcce-15.2015.199)
- Censos. (2021). *censos 2021*. https://www.ine.pt/scripts/db_censos_2021.html
- Chan, R., & Schofer, J. L. (2016). Measuring Transportation System Resilience: Response of Rail Transit to Weather Disruptions. *Natural Hazards Review*, *17*(1), 5015004. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000200](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000200)
- Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2015). *Regression analysis by example* (5th Edition). John Wiley & Sons.
- Chen, L., & Miller-Hooks, E. (2011). Resilience: An Indicator of Recovery Capability in Intermodal Freight Transport. *Transportation Science*, *46*(1), 109–123. <https://doi.org/10.1287/trsc.1110.0376>
- Chen, X., Liu, X., & Li, F. (2013). Comparative study on mode split discrete choice models. *Journal of Modern Transportation*, *21*(4), 266–272. <https://doi.org/10.1007/s40534-013-0028-5>
- Chen, Z., & Rose, A. (2018). Economic resilience to transportation failure: a computable general equilibrium analysis. *Transportation*, *45*(4), 1009–1027. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9819-6>
- Cochran, I. (2009). Climate change vulnerabilities and adaptation possibilities for transport infrastructures in France. *Climate Report Issue*, *18*.
- Colicchia, C., Dallari, F., & Melacini, M. (2010). Increasing supply chain resilience in a global sourcing context. *Production Planning & Control*, *21*(7), 680–694. <https://doi.org/10.1080/09537280903551969>
- Costa, P. B., Neto, G. C. M., & Bertolde, A. I. (2017). Urban Mobility Indexes: A Brief Review of the Literature. *Transportation Research Procedia*, *25*, 3645–3655. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.330>
- Cox, A., Prager, F., & Rose, A. (2011). Transportation security and the role of resilience: A foundation for operational metrics. *Transport Policy*, *18*(2), 307–317. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2010.09.004>

- Cox, D. R. (1972). Regression models and life-tables. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 34(2), 187–202.
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. In *Journal of Homeland Security and Emergency Management* (Vol. 7). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
- D’Lima, M., & Medda, F. (2015). A new measure of resilience: An application to the London Underground. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 81, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.017>
- da Silva, A. N. R., da Silva Costa, M., & Macedo, M. H. (2008). Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. *Transport Policy*, 15(6), 350–360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2008.12.003>
- Das, R. (2020). Approach for measuring transportation network resiliency: A case study on Dhaka, Bangladesh. *Case Studies on Transport Policy*, 8(2), 586–592. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.04.001>
- de Varzim, P. (2015). Póvoa de Varzim. *Portugal. Recuperado Em*, 11.
- Deloukas, A., & Apostolopoulou, E. (2017). Static and dynamic resilience of transport infrastructure and demand: the case of the Athens metro. *Transportation Research Procedia*, 24, 459–466. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.082>
- Desouza, K. C., & Flanery, T. H. (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89–99. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2013.06.003>
- Ding, C., Mishra, S., Lu, G., Yang, J., & Liu, C. (2017). Influences of built environment characteristics and individual factors on commuting distance: A multilevel mixture hazard modeling approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 314–325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.002>
- Dodla, V. B., & Yerramilli, S. (2014). A geographic information system model for hurricane track prediction. *American Journal of Geographic Information System*, 3(2), 75–87. <https://doi.org/10.5923 / j.ajgis.20140302.02>
- Duan, M., Wu, D., Dong, B., & Zhang, L. (2016). Quantitatively Measuring Transportation Network Resilience under Earthquake Uncertainty and Risks. *American Journal of Civil Engineering*, 4(4), 174–184. <https://doi.org/10.11648/j.ajce.20160404.17>
- Dunphy, R., & Fisher, K. (1996). Transportation, congestion, and density: new insights. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1552, 89–96.

Referências Bibliográficas

- ENGLER, E., GEWIES, S., BANYŚ, P., & GRUNEWALD, E. (2018). TRAJECTORY-BASED MULTIMODAL TRANSPORT MANAGEMENT FOR RESILIENT TRANSPORTATION. *Transport Problems: An International Scientific Journal*, 13(1), 81–96. <http://10.0.83.59/tp.2018.13.1.8>
- Farahani, R. Z., Miandoabchi, E., Szeto, W. Y., & Rashidi, H. (2013). A review of urban transportation network design problems. *European Journal of Operational Research*, 229(2), 281–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.001>
- Faturechi, R., & Miller-Hooks, E. (2014). Travel time resilience of roadway networks under disaster. *Transportation Research Part B: Methodological*, 70, 47–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.08.007>
- Feng, C.-M. (2014). New prospects of transportation mobility. *IATSS Research*, 38(1), 22–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2014.05.005>
- Fleming, T. R., & Harrington, D. P. (2011). *Counting processes and survival analysis* (Vol. 169). John Wiley & Sons.
- Freckleton, D., Heaslip, K., Louisell, W., & Collura, J. (2012). Evaluation of resiliency of transportation networks after disasters. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2284, 109–116.
- Ganin, A. A., Kitsak, M., Marchese, D., Keisler, J. M., Seager, T., & Linkov, I. (2017). Resilience and efficiency in transportation networks. *Science Advances*, 3(12), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/sciadv.1701079>
- Godschalk, D. R. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazards Review*, 4(3), 136–143. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2003\)4:3\(136\)](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)1527-6988(2003)4:3(136))
- Gonçalves, J. H. G. (2012). *Fatores relevantes para a escolha modal em áreas urbanas*. Faculdade de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Portugal.
- Gourieroux, C., Monfort, A., & Trognon, A. (1984). Pseudo Maximum Likelihood Methods: Theory. *Econometrica*, 52(3), 681–700. <https://doi.org/10.2307/1913471>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756–760.
- GROUP, P. T. V. (2017). *PTV Visum 16 Manual*. PTV AG.
- Guimarães, J. C. (2007). A estrutura conceptual da Contabilidade—do POC ao SNC. *Revista TOC N°*, 91, 42–56.
- Han, S. S. (2010). Managing motorization in sustainable transport planning: the Singapore experience. *Journal of Transport Geography*, 18(2), 314–321.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.06.010>
- Haque, M. M., Chin, H. C., & Debnath, A. K. (2013). Sustainable, safe, smart—three key elements of Singapore’s evolving transport policies. *Transport Policy*, 27, 20–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.11.017>
- Haque, Md. Mazharul, & Washington, S. (2015). The impact of mobile phone distraction on the braking behaviour of young drivers: A hazard-based duration model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 50, 13–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.07.011>
- Harrison, C. G., & Williams, P. R. (2016). A systems approach to natural disaster resilience. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 65, 11–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.simpat.2016.02.008>
- Hasan, S., Mesa-Arango, R., & Ukkusuri, S. (2013). A random-parameter hazard-based model to understand household evacuation timing behavior. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 27, 108–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2011.06.005>
- He, J., Yamamoto, T., Miwa, T., & Morikawa, T. (2020). Hazard Duration Model with Panel Data for Daily Car Travel Distance: A Toyota City Case Study. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/su12166331>
- Heckman, J., & Singer, B. (1984). A method for minimizing the impact of distributional assumptions in econometric models for duration data. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 271–320.
- Hensher, D. A., Rose, J. M., & Greene, W. H. (2005). *Applied choice analysis: a primer*. Cambridge university press.
- HMSO, H. M. S. O. (1999). Traffic modeling in NESAs, Design Manual for Roads and Bridges. In *THE NESAs MANUAL*, Vol. 15, Section 1, Part 5.
- Hobbie, S. E., & Grimm, N. B. (2020). Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794), 20190124. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0124>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Hromkovič, J. (2013). *Algorithmics for hard problems: introduction to combinatorial optimization, randomization, approximation, and heuristics*. Springer Science & Business Media.
- Hunter, L. M. (2005). Migration and Environmental Hazards. *Population and Environment*, 26(4), 273–302. <https://doi.org/10.1007/s11111-005-3343-x>

Referências Bibliográficas

- Ibrahim, M. F. (2003). Improvements and integration of a public transport system: the case of Singapore. *Cities*, 20(3), 205–216. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0264-2751\(03\)00014-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0264-2751(03)00014-3)
- Ilbeigi, M. (2019). Statistical process control for analyzing resilience of transportation networks. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 155–161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.10.002>
- INE, Instituto Nacional de Estatística (2017). *INQUÉRITO À MOBILIDADE NAS ÁREAS METROPOLITANAS DO PORTO E DE LISBOA (IMob)*.
- IP, I. de P. (2017). *Diretório da rede 2019*. Infraestruturas de Portugal. <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/>
- Ip, W. H., & Wang, D. (2011). Resilience and Friability of Transportation Networks: Evaluation, Analysis and Optimization. *IEEE Systems Journal*, 5(2), 189–198. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2010.2096670>
- Ishfaq, R. (2012). Resilience through flexibility in transportation operations. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 15(4), 215–229. <https://doi.org/10.1080/13675567.2012.709835>
- Ivory, V., & Trotter, M. (2017). Resilience, freight mobility and governance: mapping the actors in New Zealand's transport network. *Australasian Transport Research Forum (ATRF), 39th, 2017, Auckland, New Zealand*. https://atrf.info/papers/2017/files/ATRF2017_069.pdf
- Jedwab, R., Christiaensen, L., & Gindelsky, M. (2017). Demography, urbanization and development: Rural push, urban pull and...urban push? *Journal of Urban Economics*, 98, 6–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jue.2015.09.002>
- Jenelius, E., & Mattsson, L.-G. (2012). Road network vulnerability analysis of area-covering disruptions: A grid-based approach with case study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(5), 746–760. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.02.003>
- Jha, A. K., Miner, T. W., & Stanton-Geddes, Z. (2013). *Building urban resilience: principles, tools, and practice*. World Bank Publications.
- Jin, J. G., Tang, L. C., Sun, L., & Lee, D.-H. (2014). Enhancing metro network resilience via localized integration with bus services. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 63, 17–30. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2014.01.002>
- Joly, I., & Vincent-Geslin, S. (2016). Intensive travel time: an obligation or a choice? *European Transport Research Review*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s12544-016-0195-7>
- Jones, P. (2014). The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspectives.

- ATSS Research*, 38(1), 7–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2014.06.001>
- Jordan, G. A., Anastasopoulos, P. C., Peeta, S., Somenahalli, S., & Rogerson, P. A. (2019). Identifying elderly travel time disparities using a correlated grouped random parameters hazard-based duration approach. *Research in Transportation Business & Management*, 30, 100369. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2019.100369>
- Kalbfleisch, J. D., & Prentice, R. L. (2011). *The statistical analysis of failure time data* (Vol. 360). John Wiley & Sons.
- Kaplan, E. L., & Meier, P. (1958). Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*, 53(282), 457–481.
- Kerry, E. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686. <http://dx.doi.org/10.1038/nature03906>
- Khan, O. A. (2007). *Modelling passenger mode choice behaviour using computer aided stated preference data* [Queensland University of Technology]. <https://eprints.qut.edu.au/16500/>
- Kiefer, N. M. (1988). Economic duration data and hazard functions. *Journal of Economic Literature*, 26(2), 646–679.
- Kim, H., Kim, C., & Chun, Y. (2016). Network Reliability and Resilience of Rapid Transit Systems. *The Professional Geographer*, 68(1), 53–65. <https://doi.org/10.1080/00330124.2015.1028299>
- Kim, S., & Yeo, H. (2016). A Flow-based Vulnerability Measure for the Resilience of Urban Road Network. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 218, 13–23. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2016.04.006>
- Ko, Y., Jang, K., & Radke, J. D. (2017). Toward a solar city: Trade-offs between on-site solar energy potential and vehicle energy consumption in San Francisco, California. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(6), 460–470. <https://doi.org/10.1080/15568318.2016.1274807>
- Koetse, M. J., & Rietveld, P. (2009). The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(3), 205–221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.12.004>
- Köse, M. Ç., Steingrímsson, J. G., Schmid, J., van Veldhuizen, R., Kübler, D., & Seliger, G. (2016). Sustainable Urban Mobility through the Perspective of Overcompliance. *Procedia CIRP*, 40, 312–317. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.047>
- Kroes, E. P., & Sheldon, R. J. (1988). Stated Preference Methods: An Introduction. *Journal of Transport Economics and Policy*, 22(1), 11–25. <http://www.jstor.org/stable/20052832>
- Lee, E. T., & Wang, J. (2003). *Statistical methods for survival data analysis* (Vol. 476). John Wiley & Sons.

Referências Bibliográficas

- Lee, M.-K., & Yoo, S.-H. (2016). The role of transportation sectors in the Korean national economy: An input-output analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *93*, 13–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.08.016>
- Leobons, C. M., Gouvêa Campos, V. B., & Mello Bandeira, R. A. de. (2019). Assessing Urban Transportation Systems Resilience: A Proposal of Indicators. *Transportation Research Procedia*, *37*, 322–329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.199>
- Leu, G., Abbass, H., & Curtis, N. (2010). Resilience of ground transportation networks: a case study on Melbourne. *World Transit Research*. <https://www.worldtransitresearch.info/research/3825>
- Lhomme, S., Serre, D., Diab, Y., & Laganier, R. (2013). Analyzing resilience of urban networks: a preliminary step towards more flood resilient cities. *Natural Hazards and Earth System Science*, *13*(2), 221–230. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-221-2013>
- Li, M.-D., Doong, J.-L., Huang, W.-S., Lai, C.-H., & Jeng, M.-C. (2009). Survival hazards of road environment factors between motor-vehicles and motorcycles. *Accident Analysis & Prevention*, *41*(5), 938–947. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.05.009>
- Liao, K.-H. (2012). A Theory on Urban Resilience to Floods - A Basis for Alternative Planning Practices. *Ecology and Society*, *17*(4). <https://doi.org/10.5751/ES-05231-170448>
- Libnao, K., & Agbelie, B. (2020). Development of Hazard Based-Models for the Metrorail of the Washington Metropolitan Area Transit Authority. In *International Conference on Transportation and Development 2018* (pp. 247–256). <https://doi.org/doi:10.1061/9780784481547.024>
- Lin, L., Wang, Q., & Sadek, A. W. (2016). A combined M5P tree and hazard-based duration model for predicting urban freeway traffic accident durations. *Accident Analysis & Prevention*, *91*, 114–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.001>
- Lopez-Ruiz, H., & Crozet, Y. (2010). Sustainable Transport in France: Is a 75% Reduction in Carbon Dioxide Emissions Attainable? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2163*, 124–132. <https://doi.org/https://doi.org/10.3141/2163-14>
- Lu, Q.-C. (2018). Modeling network resilience of rail transit under operational incidents. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *117*, 227–237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.08.015>
- Madlener, R., & Sunak, Y. (2011). Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management? *Sustainable Cities and Society*, *1*(1), 45–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.08.006>
- Manual, H. C. (2010). HCM2010. *Transportation Research Board, National Research Council*,

Washington, DC, 1207.

- Markolf, S. A., Hoehne, C., Fraser, A., Chester, M. V., & Underwood, B. S. (2019). Transportation resilience to climate change and extreme weather events – Beyond risk and robustness. *Transport Policy*, *74*, 174–186. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.003>
- Maršanić, R., & Krpan, L. (2015). Contemporary Issues of Urban Mobility. *International Journal Vallis Aurea*, *1*(2), 5–14.
- Mattsson, L.-G., & Jenelius, E. (2015). Vulnerability and resilience of transport systems – A discussion of recent research. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *81*, 16–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.06.002>
- McDaniels, T., Chang, S., Cole, D., Mikawoz, J., & Longstaff, H. (2008). Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. *Global Environmental Change*, *18*(2), 310–318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.03.001>
- Mehmood, A. (2016). Of resilient places: planning for urban resilience. *European Planning Studies*, *24*(2), 407–419. <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1082980>
- Meyer, M. D. (2008). The Nation's Transportation System as a Security Challenge. In *Wiley Handbook of Science and Technology for Homeland Security*. <https://doi.org/doi:10.1002/9780470087923.hhs106>
- Miller-Hooks, E., Zhang, X., & Faturechi, R. (2012). Measuring and maximizing resilience of freight transportation networks. *Computers & Operations Research*, *39*(7), 1633–1643. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2011.09.017>
- Miller, E. J., Douglas Hunt, J., Abraham, J. E., & Salvini, P. A. (2004). Microsimulating urban systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, *28*(1), 9–44. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00044-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00044-3)
- Moriarty, P. (2016). Reducing levels of urban passenger travel. *International Journal of Sustainable Transportation*, *10*(8), 712–719. <https://doi.org/10.1080/15568318.2015.1136364>
- Moylan, E. K. M., & Rashidi, T. H. (2017). Latent-Segmentation, Hazard-Based Models of Travel Time. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *18*(8), 2174–2180. <https://doi.org/10.1109/TITS.2016.2636321>
- Aviso n.º 19268/2019, Pub. L. No. Diário da República n.º 230/2019, Série II de 2019-11-29 (2019). <https://dre.pt/home/-/dre/126730979/details/maximized>
- Munshi, T. (2016). Built environment and mode choice relationship for commute travel in the city of

Referências Bibliográficas

- Rajkot, India. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44, 239–253.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.005>
- Murray-Tuite, P. M. (2006). A comparison of transportation network resilience under simulated system optimum and user equilibrium conditions. In *Proceedings of the 38th conference on Winter simulation* (pp. 1398–1405). Winter Simulation Conference.
- Nakanishi, H., Black, J., & Matsuo, K. (2014). Disaster resilience in transportation: Japan earthquake and tsunami 2011. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 5(4), 341–361. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-12-2012-0039>
- Nam, D., & Mannering, F. (2000). An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 34(2), 85–102.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(98\)00065-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0965-8564(98)00065-2)
- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smarter Cities and Their Innovation Challenges. *Computer*, 44(6), 32–39. <https://doi.org/10.1109/MC.2011.187>
- Nemry, F., & Demirel, H. (2012). Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures. *European Commission, Joint Research Centre (JRC), Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)*.
- Nogal, M., O'Connor, A., Caulfield, B., & Martinez-Pastor, B. (2016). Resilience of traffic networks: From perturbation to recovery via a dynamic restricted equilibrium model. *Reliability Engineering & System Safety*, 156, 84–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ress.2016.07.020>
- Nogal, M., O'Connor, A., Martinez-Pastor, B., & Caulfield, B. (2017). Novel Probabilistic Resilience Assessment Framework of Transportation Networks against Extreme Weather Events. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering*, 3(3), 4017004. <https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0000908>
- Nowacki, G. (2014). Threat Assessment of Potential Terrorist Attacks to the Transport Infrastructure. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 8(2), 219–227. <https://doi.org/10.12716/1001.08.02.07>
- Omer, M., Mostashari, A., & Nilchiani, R. (2013). Assessing resilience in a regional road-based transportation network. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 13(4), 389–408. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2013.052605>
- Omer, M., Mostashari, A., Nilchiani, R., & Mansouri, M. (2012). A framework for assessing resiliency of maritime transportation systems. *Maritime Policy & Management*, 39(7), 685–703. <https://doi.org/10.1080/03088839.2012.689878>

- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport* (4th edition). John Wiley & Sons, Ltd.
- Ozogami, T., Imamichi, T., Mizuta, H., Suzumura, T., & Idé, T. (2013). Toward simulating entire cities with behavioral models of traffic. *IBM Journal of Research and Development*, 57(5), 6:1-6:10. <https://doi.org/10.1147/JRD.2013.2264906>
- Pant, R., Barker, K., & Zobel, C. W. (2014). Static and dynamic metrics of economic resilience for interdependent infrastructure and industry sectors. *Reliability Engineering & System Safety*, 125, 92–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.res.2013.09.007>
- Perera, S., Bell, M. G. H., & Bliemer, M. C. J. (2017). Network science approach to modelling the topology and robustness of supply chain networks: a review and perspective. *Applied Network Science*, 2(1), 33. <https://doi.org/10.1007/s41109-017-0053-0>
- Perra, V.-M., Sdoukopoulos, A., & Pitsiava-Latinopoulou, M. (2017). Evaluation of sustainable urban mobility in the city of Thessaloniki. *Transportation Research Procedia*, 24, 329–336. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.103>
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). Urban Ecological Systems: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 127–157. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012>
- Pinho, P., & Vilares, M. (2009). *A Avaliação da Grandes Obras Públicas-O Caso do Metro do Porto*. FEUP Edições.
- PORDATA - Base de dados Portugal Contemporâneo. (2020). *População residente: total e por grandes grupos etários*.
- PORDATA - Base de dados Portugal Contemporâneo. (2021). *Educação. Escolaridade da População*.
- Pregolato, M., Ford, A., Robson, C., Glenis, V., Barr, S., & Dawson, R. (2019). Assessing urban strategies for reducing the impacts of extreme weather on infrastructure networks. *Royal Society Open Science*, 3(5), 160023. <https://doi.org/10.1098/rsos.160023>
- Pregolato, M., Ford, A., Wilkinson, S. M., & Dawson, R. J. (2017). The impact of flooding on road transport: A depth-disruption function. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 55, 67–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.06.020>
- Rafael, S., Martins, H., Borrego, C., & Lopes, M. (2015). Urban vulnerability and resilience to climate change. In H. Martins, C. Borrego, & M. Lopes (Eds.), *WIT Transactions on Ecology and the Environment* (Vol. 198, pp. 379–390). WIT Press. <https://doi.org/10.2495/AIR150331>
- Rafael, S., Martins, H., Marta-Almeida, M., Sá, E., Coelho, S., Rocha, A., Borrego, C., & Lopes, M. (2017).

Referências Bibliográficas

- Quantification and mapping of urban fluxes under climate change: Application of WRF-SUEWS model to Greater Porto area (Portugal). *Environmental Research*, 155, 321–334. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.02.033>
- Rahimi, E., Shamshiripour, A., Shabanpour, R., Mohammadian, A., & Auld, J. (2019). Analysis of transit users' waiting tolerance in response to unplanned service disruptions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 77, 639–653. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.10.011>
- Rao, A. M., & Rao, K. R. (2012). Measuring Urban Traffic Congestion -A Review. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 2(4).
- Rashidy, R. A. H. El, & Grant-Muller, S. (2017). A composite resilience index for road transport networks. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport*, 0(0), 1–10. <https://doi.org/10.1680/jtran.16.00139>
- Reed, D. A., Kapur, K. C., & Christie, R. D. (2009). Methodology for Assessing the Resilience of Networked Infrastructure. *IEEE Systems Journal*, 3(2), 174–180. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2009.2017396>
- Reggiani, A. (2013). Network resilience for transport security: Some methodological considerations. *Transport Policy*, 28, 63–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.09.007>
- Roads and Maritime Services, N. S. W. (2013). *Traffic Modelling Guidelines* (1st editon). Trasport Roads & Maritime Service, NSW Government.
- Rodrigues, R. V. G. (2014). *Transport Modelling: Macro and Micro Simulation for the studied case of Funchal*.
- Roque, C., & Jalayer, M. (2018). Improving roadside design policies for safety enhancement using hazard-based duration modeling. *Accident Analysis & Prevention*, 120, 165–173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.08.008>
- Rose, A. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. *Environmental Hazards*, 7(4), 383–398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.10.001>
- Rus, K., Kilar, V., & Koren, D. (2018). Resilience assessment of complex urban systems to natural disasters: A new literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 311–330. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.05.015>
- Samimi, A., & Mohammadian, A. K. (2010). Health Impacts of Urban Development and Transportation Systems. *Journal of Urban Planning and Development*, 136(3), 208–213.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000020](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000020)

- Sarkar, P. K., Maitri, V., & Joshi, G. J. (2017). *Transportation planning: Principles, practices and policies* (Second edi). PHI Learning Pvt. Ltd.
- Schneider, R. O. (2002). Hazard mitigation and sustainable community development. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 11(2), 141–147. <https://doi.org/10.1108/09653560210426821>
- Schweikert, A., Espinet, X., Goldstein, S., & Chinowsky, P. (2015). Resilience versus Risk: Assessing Cost of Climate Change Adaptation to California's Transportation System and the City of Sacramento, California. *Transportation Research Record*, 2532(1), 13–20. <https://doi.org/10.3141/2532-02>
- Seco, A. J. da M., Antunes, A. J. P., Costa, A. H. P. da, & Silva, A. M. B. (2008). PRINCÍPIOS BÁSICOS DE ORGANIZAÇÃO DE REDES VIÁRIAS. In C. de C. e D. R. do N. (CCDR-N) & M. do A. e do O. do Território (Eds.), *MANUAL DE PLANEAMENTO DAS ACESSIBILIDADES E DA GESTÃO VIÁRIA* (Vol. 4th).
- Shafieezadeh, A., & Ivey Burden, L. (2014). Scenario-based resilience assessment framework for critical infrastructure systems: Case study for seismic resilience of seaports. *Reliability Engineering & System Safety*, 132, 207–219. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2014.07.021>
- Shang, D., Doulet, J.-F., & Keane, M. (2009). Urban Informatics in China. In *Handbook of Research on Urban Informatics* (pp. 379–389). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-152-0.ch026>
- Sharman, B. W., Roorda, M. J., & Habib, K. M. N. (2012). Comparison of Parametric and Nonparametric Hazard Models for Stop Durations on Urban Tours with Commercial Vehicles. *Transportation Research Record*, 2269(1), 117–126. <https://doi.org/10.3141/2269-14>
- Shi, Zhuangbin, Zhang, N., & Zhang, Y. (2016). Hazard-Based Model for Estimation of Congestion Duration in Urban Rail Transit Considering Loss Minimization. *Transportation Research Record*, 2595(1), 78–87. <https://doi.org/10.3141/2595-09>
- Shi, Zihai, Watanabe, S., Ogawa, K., & Kubo, H. (2018). *Structural resilience in sewer reconstruction: from theory to practice*. Butterworth-Heinemann. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2016-0-00980-4](https://doi.org/10.1016/C2016-0-00980-4)
- Shirgaokar, M., Deakin, E., & Zhang, X. (2010). Integrated Approach to Sustainable Transportation, Land Use, and Building Design: Case of Luokou District, Jinan, China. *Proceedings of the Eighty-Ninth Annual Meeting of Transportation Research Board*.
- Sim, L. L., Malone-Lee, L. C., & Chin, K. H. L. (2001). Integrating land use and transport planning to reduce work-related travel:: a case study of Tampines Regional Centre in Singapore. *Habitat*

Referências Bibliográficas

- International*, 25(3), 399–414. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(01\)00012-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0197-3975(01)00012-1)
- Singh, N., & Vasudevan, V. (2018). Understanding school trip mode choice – The case of Kanpur (India). *Journal of Transport Geography*, 66, 283–290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.12.007>
- Soltani-Sobh, A., Heaslip, K., & El Khoury, J. (2015). Estimation of road network reliability on resiliency: An uncertain based model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 536–544. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.10.005>
- Soltani-Sobh, A., Heaslip, K., Scarlatos, P., & Kaisar, E. (2016). Reliability based pre-positioning of recovery centers for resilient transportation infrastructure. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 324–333. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.09.004>
- Soltani-Sobh, A., Heaslip, K., Stevanovic, A., Khoury, J. El, & Song, Z. (2016). Evaluation of transportation network reliability during unexpected events with multiple uncertainties. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17, 128–136. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.04.011>
- Spiegler, V. L. M., Naim, M. M., & Wikner, J. (2012). A control engineering approach to the assessment of supply chain resilience. *International Journal of Production Research*, 50(21), 6162–6187. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.710764>
- Stamos, I., Mitsakis, E., Salanova, J. M., & Aifadopoulou, G. (2015). Impact assessment of extreme weather events on transport networks: A data-driven approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 34, 168–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.11.002>
- Stathopoulos, A., & Karlaftis, M. G. (2002). Modeling Duration of Urban Traffic Congestion. *Journal of Transportation Engineering*, 128(6), 587–590. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2002\)128:6\(587\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2002)128:6(587))
- Stopher, P. R., & Meyburg, A. H. (1975). *Urban transportation modeling and planning* (1st edition). Lexington Books.
- Suarez, P., Anderson, W., Mahal, V., & Lakshmanan, T. R. (2005). Impacts of flooding and climate change on urban transportation: A systemwide performance assessment of the Boston Metro Area. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10(3), 231–244. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.04.007>
- Sun, B., Ermagun, A., & Dan, B. (2017). Built environmental impacts on commuting mode choice and

- distance: Evidence from Shanghai. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 441–453. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.06.001>
- Sung, Hyungon, & Choo, S. (2010). Policy Implications of Compact-City Measures for Sustainable Development: A Case Study in Korea. In *Proceedings of the Eighty Ninth Annual Meeting of Transportation Research Board*.
- Sung, Hyungun, & Oh, J.-T. (2011). Transit-oriented development in a high-density city: Identifying its association with transit ridership in Seoul, Korea. *Cities*, 28(1), 70–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2010.09.004>
- Ta, C., Goodchild, A., & Pitera, K. (2009). Structuring a definition of resilience for the freight transportation system. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2097, 19–25.
- Tang, J., & Heinemann, H. R. (2018). A resilience-oriented approach for quantitatively assessing recurrent spatial-temporal congestion on urban roads. *PLOS ONE*, 13(1), e0190616. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190616>
- Tavares, J. P. (2003). Aplicabilidade e robustez de modelos de afetação de tráfego em redes urbanas. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, FEUP, Porto.
- Tavassoli Hojati, A., Ferreira, L., Washington, S., & Charles, P. (2013). Hazard based models for freeway traffic incident duration. *Accident Analysis & Prevention*, 52, 171–181. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.037>
- Thompson, R. G., & Rajabifard, A. (2017). Improving regional road network resilience by optimised traffic guidance AU - Kaviani, Arash. *Transportmetrica A: Transport Science*, 13(9), 794–828. <https://doi.org/10.1080/23249935.2017.1335807>
- Thrane, C. (2015). Examining tourists' long-distance transportation mode choices using a Multinomial Logit regression model. *Tourism Management Perspectives*, 15, 115–121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tmp.2014.10.004>
- Tierney, K., & Bruneau, M. (2007). Conceptualizing and measuring resilience: A key to disaster loss reduction. *TR News*, 250.
- Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.
- Transport Scotland. (2015). DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES. In *THE NESAS MANUAL* (Vol. 15). <http://www.transportscotland.gov.uk/about-scot-tag>
- Tuan Seik, F. (2000). An advanced demand management instrument in urban transport: Electronic road pricing in Singapore. *Cities*, 17(1), 33–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0264->

Referências Bibliográficas

2751(99)00050-5

- Tumini, I., Villagra-Islas, P., & Herrmann-Lunecke, G. (2017). Evaluating reconstruction effects on urban resilience: a comparison between two Chilean tsunami-prone cities. *Natural Hazards*, *85*(3), 1363–1392. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2630-4>
- Uday, P., & Marais, K. (2015). Designing Resilient Systems-of-Systems: A Survey of Metrics, Methods, and Challenges. *Systems Engineering*, *18*(5), 491–510. <https://doi.org/10.1002/sys.21325>
- Ukkusuri, S. V. (2015). Resilience as an Objective in the Optimal Reconstruction Sequence for Transportation Networks AU - Ye, Qing. *Journal of Transportation Safety & Security*, *7*(1), 91–105. <https://doi.org/10.1080/19439962.2014.907384>
- UN, United Nations (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*. <https://www.un.org/development/desa/publications/world-population-prospects-the-2017-revision.html>
- UN, United Nations (2018). *2018 Revision of World Urbanization Prospects*. <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- Van den Berg, P., Arentze, T., & Timmermans, H. (2012). A latent class accelerated hazard model of social activity duration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *46*(1), 12–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.09.015>
- Verma, A., & Ramanayya, T. V. (2014). *Public transport planning and management in developing countries* (1st Editio). CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b17891>
- Vugrin, E. D., Turnquist, M. A., & Brown, N. J. K. (2014). Optimal recovery sequencing for enhanced resilience and service restoration in transportation networks. *International Journal of Critical Infrastructures*, *10*(3–4), 218–246. <https://doi.org/10.1504/IJCIS.2014.066356>
- Wamsler, C., Brink, E., & Rivera, C. (2013a). Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, *50*, 68–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.008>
- Wamsler, C., Brink, E., & Rivera, C. (2013b). Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, *50*, 68–81. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2012.12.008>
- Wan, C., Yang, Z., Zhang, D., Yan, X., & Fan, S. (2017). Resilience in transportation systems: a systematic review and future directions. *Transport Reviews*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1383532>

- Wang, J. W., Wang, H. F., Zhou, Y. M., Wang, Y., & Zhang, W. J. (2017). On an integrated approach to resilient transportation systems in emergency situations. *Natural Computing*. <https://doi.org/10.1007/s11047-016-9605-y>
- Washington, S., Karlaftis, M. G., Mannering, F., & Anastasopoulos, P. (2020). *Statistical and econometric methods for transportation data analysis*. CRC press.
- Whalen, K. E., Páez, A., & Carrasco, J. A. (2013). Mode choice of university students commuting to school and the role of active travel. *Journal of Transport Geography*, *31*, 132–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.008>
- Wilson, A. G. (1969). The Use of Entropy Maximising Models, in the Theory of Trip Distribution, Mode Split and Route Split. *Journal of Transport Economics and Policy*, *3*(1), 108–126. <http://www.jstor.org/stable/20052128>
- World Bank, W. B. (2010). Cities and Climate Change : An Urgent Agenda. In *knowledge papers*. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17381>
- Xu, X., Chen, A., Jansuwan, S., Yang, C., & Ryu, S. (2018). Transportation network redundancy: Complementary measures and computational methods. *Transportation Research Part B: Methodological*, *114*, 68–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.05.014>
- Yang, X., Huan, M., Abdel-Aty, M., Peng, Y., & Gao, Z. (2015). A hazard-based duration model for analyzing crossing behavior of cyclists and electric bike riders at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, *74*, 33–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.10.014>
- Yazicioğlu, A. Y., Roozbehani, M., & Dahleh, M. A. (2018). Resilient Control of Transportation Networks by Using Variable Speed Limits. *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, *5*(4), 2011–2022. <https://doi.org/10.1109/TCNS.2017.2782364>
- Zhang, R., Yao, E., & Liu, Z. (2017). School travel mode choice in Beijing, China. *Journal of Transport Geography*, *62*, 98–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.06.001>
- Zhang, W., & Wang, N. (2016). Resilience-based risk mitigation for road networks. *Structural Safety*, *62*, 57–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2016.06.003>
- Zhang, X., Miller-Hooks, E., & Denny, K. (2015). Assessing the role of network topology in transportation network resilience. *Journal of Transport Geography*, *46*, 35–45. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2015.05.006>
- Zhang, X. Q. (2016). The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat International*, *54*, 241–252. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.11.018>
- Zhang, Xiaodong, & Miller-Hooks, E. (2015). Scheduling Short-Term Recovery Activities to Maximize

Referências Bibliográficas

- Transportation Network Resilience. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(6), 4014087. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000417](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000417)
- Zhang, Z., Zeng, Y., Zheng, N., Luo, L., Xiao, H., & Xiao, H. (2020). Fossil fuel-related emissions were the major source of NH₃ pollution in urban cities of northern China in the autumn of 2017. *Environmental Pollution*, 256, 113428. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113428>
- Zheng, Y., Ran, B., He, S., & Zhang, J. (2019). Survival Analysis of Bus Running Time near Bus-Stop Areas. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 145(4), 4019010. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000219>
- Zhou, J. (2012). Sustainable commute in a car-dominant city: Factors affecting alternative mode choices among university students. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(7), 1013–1029. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.04.001>
- Zobel, C. W., & Khansa, L. (2014). Characterizing multi-event disaster resilience. *Computers & Operations Research*, 42, 83–94. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2011.09.024>

Anexos

Índice de Anexos

Anexo A.	Lista de variáveis presentes na base de dados do Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa (IMob) 2017	A-1
Anexo B.	Seleção e caracterização das variáveis utilizadas na análise.....	B-1
Anexo C.	Modelos <i>logit</i> multinomial.....	C-1
Anexo C-1	Modelos <i>logit</i> multinomial – modelações preliminares.....	C-43
Anexo C-2	Modelos <i>logit</i> multinomial – modelações combinadas.....	C-45
Anexo D.	Modelos <i>logit</i> multinomiais – tempos de viagem e probabilidades de escolha de modo de transporte	D-1
Anexo E.	Matrizes Origem – Destino (OD)	E-1
Anexo F.	Mapas volumes de tráfego – cenários.....	F-1
Anexo G.	Mapas dos resultados da resiliência da alteração modal	G-1
Anexo H.	Mapas da resiliência da quantidade/ flexibilidade da oferta de modos de transportes.	H-1
Anexo I.	Mapas da resiliência da transformação modal	I-1
Anexo J.	Mapas da Resiliência de Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes.....	J-1
Anexo K.	Mapas da Resiliência na Mobilidade Urbana	K-1

Anexo A.

Lista de variáveis presentes na base de dados do Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa (IMob) 2017

Na Tabela 1, na Tabela 2 e na Tabela 3 é apresentada a informação original recolhida nesses três grupos de informação.

Tabela 1 – Variáveis recolhidas para caracterizar o Alojamento/Agregado Familiar (INE, 2017)

Variáveis recolhidas para caracterizar o Alojamento/Agregado Familiar	
Campo	Descrição das Variáveis
Id_aloj_1	ID do alojamento
DTCC_aloj	DTCC do alojamento CAOP2013
Zona_aloj	Zona do alojamento CAOP2013
PESOFIN	Ponderador
N_Ind	Número de Individuos no Alojamento
Desp_Comb_Esc	Despesa Combustível
Desp_Esta_Esc	Despesa Estacionamento
Desp_Port_Esc	Despesa Portagens
Desp_Tp_Esc_Cod	Despesa Transportes Públicos
V0100 1	Nº de veículos ligeiro de passageiros (automóvel)
V0100 2	Nº de veículos ligeiros de mercadorias
V0100 3	Nº de motociclos ou ciclomotores
V0100 4	Nº de outro tipo de veículos motorizados
V0100 5	Nº de bicicletas (velocípede)
V0100 N	Não dispõe de veículos
Rendimento	Rendimento Líquido Mensal do Agregado
N_Veic	Nº de veículo
Ano_Matric	Ano de matrícula
Tipo_Combust	Tipo de combustível
N_Lugares	Nº de lugares
Estacion_Resid	Tipo de estacionamento na residência
Tipo_Propried	Tipo de propriedade

Tabela 2 – Variáveis recolhidas para caracterizar cada indivíduo (INE, 2017)

Variáveis recolhidas para caracterizar cada indivíduo	
Campo	Descrição das Variáveis
Id_aloj_1	ID do alojamento
N_Individuo	Nº indivíduo
Sexo	Sexo do indivíduo
Idade	Idade do indivíduo
Parentesco	Parentesco do indivíduo
Nivel_Instr	Nível de instrução do indivíduo

Variáveis recolhidas para caracterizar cada indivíduo	
Campo	Descrição das Variáveis
Cond_Trab	Situação perante o emprego do indivíduo
Mob_Reduz1	Tem mobilidade reduzida
Mob_Reduz2	tipo de mobilidade reduzida
Carta_C1	Licença de condução - ligeiros
Carta_C2	Licença de condução - motociclos/ciclomotores
Carta_C3	Licença de condução - Outra
Carta_C4	Não dispões de qualquer licença de condução
Carta_CNs	Não sabe se possui licença de condução
Conduz	Frequência de condução
Exist_Passe	Existência de passe social
Ltrab_Tipo	Tipo de local de trabalho
Estaci_Trab1	Estacionamento local trabalho - gratuito espaço público
Estaci_Trab2	Estacionamento local trabalho - gratuito local trabalho
Estaci_Trab3	Estacionamento local trabalho - pago em parquímetro
Estaci_Trab4	Estacionamento local trabalho - pago preço reduzido
Estaci_Trab5	Estacionamento local trabalho - outras situações
Estaci_Trab9	Estacionamento local trabalho - não se desloca de automóvel
Estaci_Escol1	Estacionamento local estudo - gratuito espaço público
Estaci_Escol2	Estacionamento local estudo - gratuito local estudo
Estaci_Escol3	Estacionamento local estudo - pago em parquímetro
Estaci_Escol4	Estacionamento local estudo - pago preço reduzido
Estaci_Escol5	Estacionamento local estudo - outras situações
Estaci_Escol9	Estacionamento local estudo - não se desloca de automóvel
D0100	Tem deslocações?
D0110_1	Motivo para a não realização de deslocações - não precisou
D0110_2	Motivo para a não realização de deslocações - por doença
D0110_3	Motivo para a não realização de deslocações - só conseguia com ajuda e não a teve
D0110_4	Motivo para a não realização de deslocações - sem condições para pagar despesas de transporte
D0110_5	Motivo para a não realização de deslocações - outro motivo
D0110_9	Motivo para a não realização de deslocações - Não sabe
Dia_da_semana	Dia da semana
Dia_util	Se é dia útil
PESOFIN	Ponderador
N_Pass	Nº passe
Tipo_Passe	Tipo de Passe
Passe_Tarifa	Tarifa do Passe
Passe_Intermodal	Tipo de intermodalidade
Passe_Operador_1	Operador 1 do Passe
Passe_Operador_2	Operador 2 do Passe

Tabela 3 – Variáveis recolhidas para caracterizar as viagens (INE, 2017)

Variáveis recolhidas para caracterizar as viagens	
Campo	Descrição das Variáveis
Id_aloj_1	ID do alojamento
N_Individuo	Nº do individuo
N_Desloc	Nº da viagem
D0500	Motivo da viagem
Duracao	Duração da viagem
Distancia	Distância da viagem
Dia_da_semana	Dia da semana
Dia_util	Se é dia útil
Hora_partida	Hora de início da viagem
Hora_chegada	Hora de fim da viagem
TI	Utilização de transporte individual
TP	Utilização de transporte público
Esc_hor	Escalão horário
TM_S	Utilização de transporte motorizado
TM_N	Utilização de transporte não motorizado
TM_NS	Motorização do transporte desconhecida
Tipo_comb_eurostat	Tipo de combustível Eurostat
Tipo_veiculo_2	Tipo de veículo
Et1_transp	Etapa 1 - transporte
Et1_Duracao	Etapa 1 - duração
Et1_Distancia	Etapa 1 - distância
ET1_Operador	Etapa 1 - operador
ET1_Titulo_transp	Etapa 1 - título de transporte
ET_1_passageiros	Passageiros incluindo o condutor
Et2_transp	Etapa 2 - transporte
Et2_Duracao	Etapa 2 - duração
Et2_Distancia	Etapa 2 - distância
ET2_Operador	Etapa 2 - operador
ET2_Titulo_transp	Etapa 2 - título de transporte
ET_2_passageiros	Passageiros incluindo o condutor
Et3_transp	Etapa 3 - transporte
Et3_Duracao	Etapa 3 - duração
Et3_Distancia	Etapa 3 - distância
ET3_Operador	Etapa 3 - operador
ET3_Titulo_transp	Etapa 3 - título de transporte
ET_3_passageiros	Passageiros incluindo o condutor
Et4_transp	Etapa 4 - transporte
Et4_Duracao	Etapa 4 - duração
Et4_Distancia	Etapa 4 - distância
ET4_Operador	Etapa 4 - operador
ET4_Titulo_transp	Etapa 4 - título de transporte
ET_4_passageiros	Passageiros incluindo o condutor
Et5_transp	Etapa 5 - transporte

Variáveis recolhidas para caracterizar as viagens	
Campo	Descrição das Variáveis
Et5_Duracao	Etapa 5 - duração
Et5_Distancia	Etapa 5 - distância
ET5_Operador	Etapa 5 - operador
ET5_Titulo_transp	Etapa 5 - título de transporte
ET_5_passageiros	Passageiros incluindo o condutor
Tipo	Tipo de viagem
DTCC_or	DTCC da origem CAOP2016
Zona_or	Zona da origem CAOP2016
DTCC_de	DTCC do destino CAOP2016
Zona_de	Zona do destino CAOP2016

Anexo B.

Seleção e caracterização das variáveis utilizadas na análise

B.1. Variáveis socioeconómicas

Este tipo de variável pretende introduzir no modelo de escolha modal eventuais influências de fatores sociais, próprias de cada indivíduo e do agregado familiar em que este se encontra inserido, e das condições económicas que vivencia do mesmo. Este tipo de variáveis costumam ser incluídas na parte sistemática da função de utilidade, quer linearmente mais comum, quer associadas a variáveis caracterizadoras da qualidade dos serviços de transporte.

Na modelação das escolhas modais a utilização de combinação de variáveis binárias leva a que, por redundância de informação, uma das categorias seja normalizada a zero. A definição de valores pertencentes à categoria normalizada será caracterizada pela combinação de zeros nas restantes categorias. Assim, para definição de uma metodologia geral e permitir uma interpretação mais fácil dos resultados optou-se por normalizar sempre a variável binária representativa da categoria mais favorável à utilização do automóvel particular. A verificação de qual a categoria mais favorável ao automóvel deve basear-se na ponderação da lógica comportamental subjacente bem como os resultados da base de dados.

B.1.1. Rendimento líquido mensal do agregado

Esta variável apesar de ter características para ser definida como contínua foi codificada na base de dados original como discreta ordinal (Rendimento), tendo a seguinte codificação:

- Rendimento 1 (R1) - Menos de 430 euros;
- Rendimento 2 (R2) - De 430 até menos de 600 euros;
- Rendimento 3 (R3) - De 600 até menos de 1000 euros;
- Rendimento 4 (R4) - De 1000 até menos de 1500 euros;
- Rendimento 5 (R5) - De 1500 até menos de 2600 euros;
- Rendimento 6 (R6) - De 2600 até menos de 3600 euros;
- Rendimento 7 (R7) - De 3600 até menos de 5700 euros;
- Rendimento 8 (R8) - De 5700 até menos de 7000 euros;
- Rendimento 9 (R9) -7000 ou mais euros.

Esta variável caracteriza o potencial nível económico do agregado familiar que pode influenciar as opções modais dos seus elementos para a realização das viagens. Condições económicas elevadas permitem, teoricamente, um maior leque de alternativas e tornam medidas restritivas baseadas em custos para o utilizador menos eficazes. Um aumento do rendimento líquido mensal do agregado poderá ser um incentivo ao uso do automóvel como principal modo de transporte em detrimento dos restantes modos, não só pela probabilidade de adquirir e utilizar o mesmo, como pela diluição das diferenças na apreensão dos custos da sua utilização em relação às alternativas. É uma variável discreta sem uma distribuição definida (ver Figura 1).

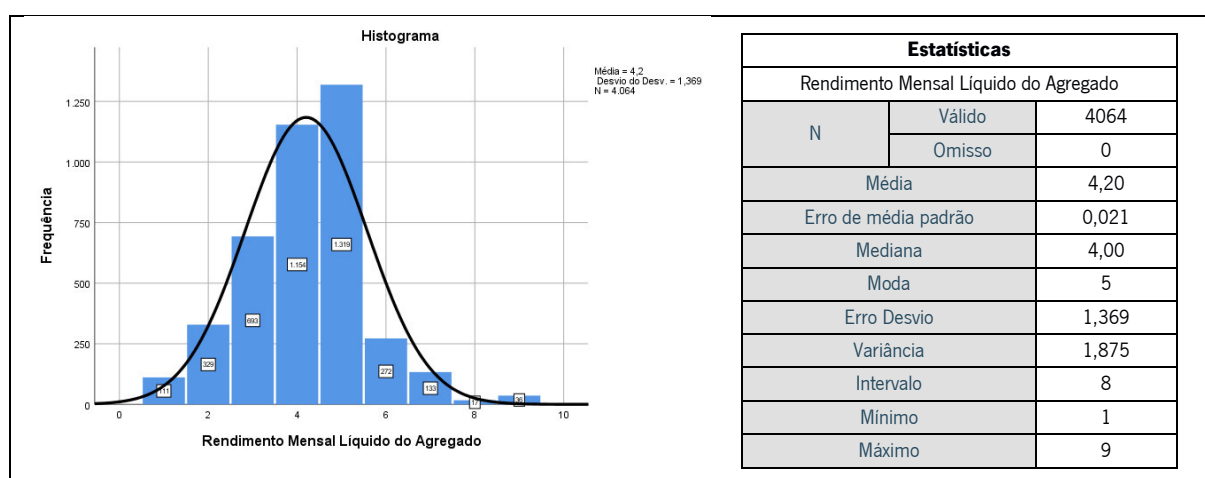


Figura 1 - Dados estatísticos e distribuição da variável **rendimento mensal líquido do agregado**

(R) através do software SPSS©

Na Tabela 4 é possível constatar que, o nível de rendimento de 1500 até menos de 2600 euros é o que apresenta maior repartição modal para o automóvel. Atendendo a este resultado, a categoria normalizada para o rendimento do agregado familiar foi a Rendimento 5 (R5) - De 1500 até menos de 2600 euros.

Tabela 4 - Repartição modal verificada para cada categoria binária do rendimento mensal líquido do agregado (R)

Modo de Transporte		Rendimento mensal líquido do agregado									Total
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
Carro	Contagem	39	192	487	875	1045	220	109	17	34	3018
	%	1,3%	6,4%	16,1%	29%	34,6%	7,3%	3,6%	0,6%	1,1%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	9	17	28	80	66	9	3	0	2	214
	%	4,2%	7,9%	13,1%	37,4%	30,8%	4,2%	1,4%	0,0%	0,9%	100,0%
A Pé	Contagem	59	111	171	193	194	39	21	0	0	788
	%	7,5%	14,1%	21,7%	24,5%	24,6%	4,9%	2,7%	0,0%	0,0%	100,0%
Bicicleta	Contagem	4	9	7	6	14	4	0	0	0	44
	%	9,1%	20,5%	15,9%	13,6%	31,8%	8,9%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Total	Contagem	117	329	693	1154	1319	272	133	17	36	4064
	%	2,7%	8,1%	17,1%	28,4%	32,5%	6,7%	3,3%	0,4%	0,9%	100,0%

B.1.2. Rendimento líquido mensal *per capita*

Além do tipo de variável anterior ponderou-se a definição de outro tipo que permitisse incorporar o impacto da dimensão do agregado familiar no nível económico do mesmo (*RpC*). Rendimentos similares para estruturas familiares muito diferentes tendem a influenciar de forma diferente devido à parte económica disponível para cada um. Para a sua definição utilizou-se a última especificação referida para o rendimento líquido do agregado (*R*) e o número de indivíduos no Alojamento (*N_Ind*), resultando em $RcP = R/N_Ind$.

No sentido de avaliar a sua eventual não-linearidade foram definidas variáveis binárias para diferentes categorias de rendimentos per capita, atendendo aos valores que limitavam amostras relativamente semelhantes:

- RpCa 1: Rendimentos mensais per capita $\leq 250\text{€}/\text{mês}/\text{residente}$;
- RpCa 2: Rendimentos mensais per capita $>250 \ \& \ <500\text{€}/\text{mês}/\text{residente}$;
- RpCa 3: Rendimentos mensais per capita $>500\text{€}/\text{mês}/\text{residente}$.

É uma variável discreta sem uma distribuição definida.

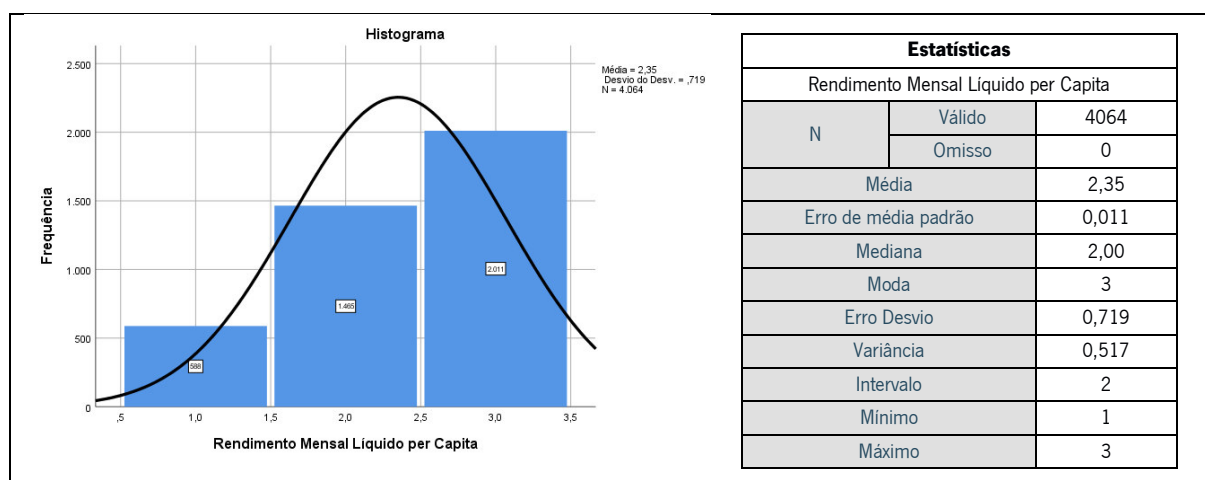


Figura 2 – Dados estatísticos e distribuição da variável **rendimento mensal líquido per capita (RpCa)** através do *software SPSS®*

Tabela 5 – Repartição modal verificada para cada categoria binária do rendimento mensal líquido per capita (RpCa)

Modo de Transporte		Rendimento mensal líquido per capita			Total
		RcP1	RcP2	RcP3	
Carro	Contagem	383	1060	1575	30918
	%	12,7%	35,1%	52,2%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	45	80	89	214
	%	21,0%	37,4%	41,6%	100,0%
A Pé	Contagem	151	309	328	788
	%	19,2%	39,2%	41,6%	100,0%
Bicicleta	Contagem	9	16	19	44
	%	20,5%	36,4%	43,2%	100,0%
Total	Contagem	588	1465	2011	4064
	%	14,5%	36,0%	49,5%	100,0%

A análise das repartições modais para cada uma das categorias binárias definidas (Tabela 5), permite verificar que, a categoria de rendimentos mais elevados, aparentemente, potencia uma maior utilização do carro. Assim, também para esta variável, a categoria selecionada para a normalização foi a mais elevada (RpC3).

B.1.3. Sexo do indivíduo

Esta variável (Sx) binária foi definida segundo os dados do inquérito, correspondendo ao valor zero quando o indivíduo é feminino e ao valor um quando é masculino (F=0 ou M=1). Esta variável permite avaliar diferenças de comportamento entre homens e mulheres, nomeadamente, distinguir diferenças de mentalidades, hábitos ou comportamentos diferenciados geralmente associados ao género.

É possível constatar que, a amostra apresenta um equilíbrio entre os indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino (Tabela 6). O senso comum sugere que o sexo feminino tem maior propensão para a utilização das alternativas ao automóvel particular. Porém, na Tabela 7 verifica-se que, a mulher utiliza mais a o modo andar a pé como alternativa ao automóvel em comparação com os homens que são mais propensos a utilizar outras alternativas.

Tabela 6 – Repartição da variável sexo do indivíduo (Sx)

Sexo do indivíduo		
Sx	Frequência	Percentagem
1 – Masculino	1979	48,7 %
0 – Feminino	2085	51,3 %
Total	4064	100,0 %

Tabela 7 – Repartição modal da variável sexo do indivíduo (Sx)

Modo de Transporte		Sexo do indivíduo		Total
		Masculino	Feminino	
Carro	Contagem	1555	1463	3018
	%	51,5%	48,5%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	105	109	214
	%	49,1%	50,9%	100,0%
A Pé	Contagem	293	495	788
	%	37,2%	62,8%	100,0%
Bicicleta	Contagem	26	18	44
	%	59,1%	40,9%	100,0%
Total	Contagem	1979	2085	4064
	%	48,7%	51,3%	100,0%

Esta propensão pode dever-se a motivos sociais, tanto por habitualmente as mulheres não gostarem tanto de conduzir, como por tradicionalmente ser o cônjuge masculino a conduzir e a levar o carro consigo. Este facto deve ser levado em conta na interpretação dos resultados, uma vez que, os mesmos podem traduzir uma realidade algo imposta em vez de uma escolha real das mulheres.

B.1.4. Idade do indivíduo

A variável idade do Indivíduo (IDD), apesar de ter características para ser especificada como contínua, foi codificada na base de dados original como discreta ordinal. Esta variável deverá permitir inferir em que medida o estágio da vida do inquirido pode influenciar as suas opções modais. A codificação original é a seguinte:

- Idade 1 - <= 14 anos;

- Idade 2 - De 15 a 24 anos;
- Idade 3 - De 25 a 44 anos;
- Idade 4 - De 45 a 64 anos;
- Idade 5 - De 65 a 84 anos;
- Idade 6 - 85 ou mais anos.

No entanto, a codificação original não correspondia bem aos escalões que em termos de mobilidade, optando-se por se fazer uma nova codificação. Assim sendo, a codificação utilizada é a seguinte, atendendo a pressupostos que poderiam influenciar as escolhas modais: Idade 1 (ID1) - <= 14 anos;

- Idade 2 (ID2) - De 15 a 24 anos;
- Idade 3 (ID3) - De 25 a 44 anos;
- Idade 4 (ID4) - De 45 a 64 anos;
- Idade 5 (ID5) - 65 ou mais anos.

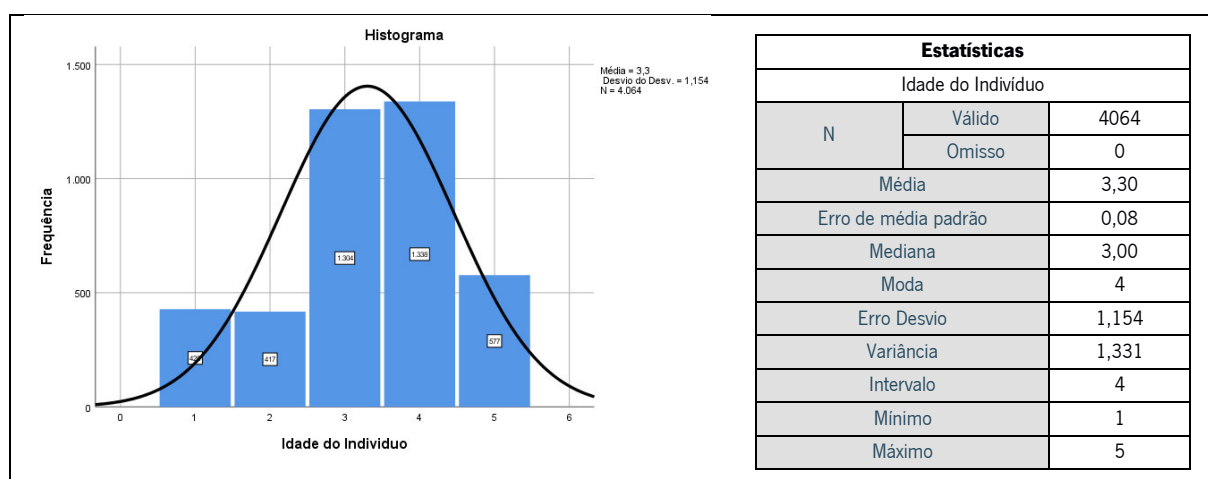


Figura 3 - Dados estatísticos e distribuição da variável **idade do indivíduo (IDD)** através do software

SPSS©

Salienta-se que, não é possível segregar os menores de 18 anos dos restantes inquiridos que, atendendo à idade mínima para obtenção da licença de condução automóvel, seria um limite relevante a analisar. De igual forma não foi possível diferenciar as idades pré-escolares das escolares, que também poderão influenciar os padrões de mobilidade familiar. Atendendo ainda assim à segmentação assumida, a Figura 3 apresenta a distribuição e os dados estatísticos da mesma na base de dados utilizada.

Tabela 8 - Repartição das idades dos indivíduos (IDD)

Idade do indivíduo		
Idade (IDD)	Frequência	Percentagem
1 - <= 14 anos	428	10,5 %
2 - De 15 a 24 anos	417	10,3 %
3 - De 25 a 44 anos	1304	32,1 %
4 - De 45 a 64 anos	1338	32,9 %
5 - 65 ou mais anos	577	14,2 %
Total	4064	100,0 %

O senso comum sugere que atendendo aos escalões etários definidos, os escalões 1 (0-14 anos) e 5 (+65 anos) serão os que terão menores propensões para o uso do automóvel. Esta tendência pode dever-se, quer à falta de habilitações para conduzir (por ser novo ou já menos propenso a conduzir), quer ao facto de existirem alternativas com condições mais favoráveis para estes escalões. Estas condições tornam expectável que, os mesmos escalões tenham maior propensão para o uso dos autocarros e do modo pedonal. É de salientar que, o escalão etário mais baixo (0-14 anos) poderá apresentar resultados inesperados pelo facto de não possuírem opção de escolha, estando assim diretamente dependentes das escolhas dos pais. A repartição modal de cada escalão na base de dados é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Repartição modal segundo os escalões etários

Modo de Transporte		Idade do indivíduo					Total
		ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	
Carro	Contagem	300	253	1145	982	338	3018
	%	9,9%	8,4%	37,9%	32,5%	11,2%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	53	67	35	42	17	214
	%	24,8%	31,3%	16,4%	19,6%	7,9%	100,0%
A Pé	Contagem	75	93	112	289	219	788
	%	9,5%	11,8%	14,2%	36,7%	27,8%	100,0%
Bicicleta	Contagem	0	4	12	25	3	44
	%	0,0%	9,1%	27,3%	56,8%	6,8%	100,0%
Total	Contagem	428	417	1304	1338	577	4064
	%	10,5%	10,3%	32,1%	32,9%	14,2%	100,0%

Atendendo aos resultados das repartições modais verifica-se que o escalão com maior uso do carro particular é o escalão dos 45 aos 64 anos de idade, optando-se por normalizar as variáveis binárias do escalão etário através desta categoria (ID4).

B.1.5. Nível de instrução do indivíduo

O nível de instrução do indivíduo (Nin) foi codificado na base de dados original como discreta com 5 níveis:

- Nível de Instrução 1 - Nenhum ou 1º ou 2º ou 3º ano completos;
- Nível de Instrução 2 - Ensino Básico (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completo);
- Nível de Instrução 3 - Ensino Secundário (12º ano de escolaridade completo) ou Pós-secundário (curso de especialização tecnológica não superior);
- Nível de Instrução 4 - Ensino Superior (Bacharelato, Licenciatura, Mestrado, Doutoramento, Curso técnico superior profissional);
- Nível de Instrução 5 - Não se aplica.

Para o estudo, foi realizada uma agregação considerada mais adequada às características do estudo, em 4 escalões (Nin) com os níveis de ensino existentes em Portugal:

- Nível de Instrução 1 (NI1)- Nenhum ou 1º ou 2º ou 3º ano completos (códigos 1 e 5);
- Nível de Instrução 2 (NI2)- Ensino Básico (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completo);
- Nível de Instrução 3 (NI3) - Ensino Secundário (12º ano de escolaridade completo) ou Pós-secundário (curso de especialização tecnológica não superior);
- Nível de Instrução 4 (NI4) - Ensino Superior (Bacharelato, Licenciatura, Mestrado, Doutoramento, Curso técnico superior profissional).

Com esta variável, pretende-se caracterizar a potencial influência do nível de instrução nas escolhas modais. O senso comum sugere que níveis de instrução superiores tenderão a exigir maiores níveis de conforto, mas que também podem desenvolver consciências mais ambientalistas. Atendendo aos dados da Figura 4 e da Tabela 10, é possível constatar que 48,8% da amostra tem o nível básico de instrução.

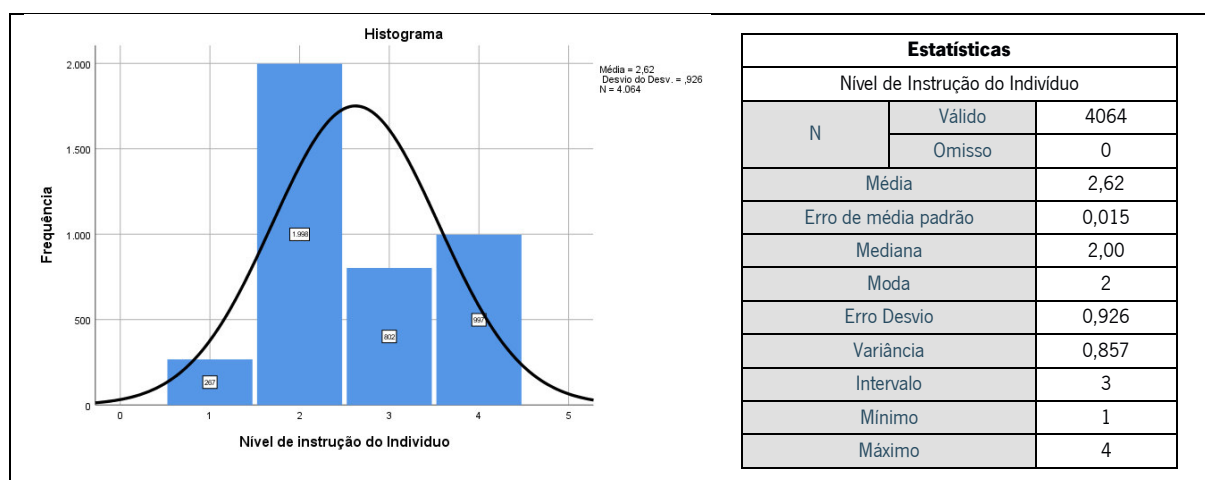


Figura 4 - Dados estatísticos e distribuição da variável **nível de instrução do indivíduo (NI)** através do software SPSS©

Tabela 10 - Repartição do nível de instrução dos indivíduos (Nin)

Nível de instrução do indivíduo		
Nin	Frequência	Percentagem
1 - Nenhum ou 1º ou 2º ou 3º ano completos	267	6,6 %
2 - Ensino Básico (1º ciclo, 2º ciclo ou 3º ciclo completo)	1988	49,2 %
3 - Ensino Secundário (12º ano de escolaridade completo)	802	19,7 %
4 - Ensino Superior (Bacharelato, Licenciatura, Mestrado, Doutoramento, Curso técnico superior profissional)	997	24,5 %
Total	4064	100,0 %

Atendendo ao pressuposto de que maior instrução é equivalente a maiores oportunidades e melhor nível de vida, será expectável que o aumento do nível de instrução conduza a uma maior utilização do automóvel particular em contraste com as alternativas. A análise à repartição modal de cada nível é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Repartição modal segundo os níveis de instrução (Nin)

Modo de Transporte		Nível de instrução do indivíduo				Total
		NI1	NI2	NI3	NI4	
Carro	Contagem	172	1347	657	842	3018
	%	5,7%	44,6%	21,8%	27,9%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	14	146	35	19	214
	%	6,5%	68,2%	16,4%	8,9%	100,0%
A Pé	Contagem	77	478	105	128	788
	%	9,8%	60,7%	13,3%	16,2%	100,0%
Bicicleta	Contagem	4	27	5	8	44
	%	9,1%	61,4%	11,4%	18,2%	100,0%
Total	Contagem	267	1998	802	997	4064
	%	6,6%	49,2%	19,7%	24,5%	100,0%

É possível constatar que, aparentemente, o nível de instrução superior potencia uma maior utilização do carro.

B.1.6. Número de automóveis *per capita* no agregado familiar

Esta variável contínua (N_{ApC}), também designada Número de Automóveis *per Capita*, foi definida através da combinação de três variáveis contínuas da base de dados original, $N_{ApC} = (V01001 + V01002)/N_{Ind}$.

Caracteriza o potencial grau de acesso ao automóvel particular diariamente por cada elemento do agregado familiar e pretende-se que permita dar uma estimativa do potencial de mobilidade em automóvel particular dos elementos do agregado familiar. Em simultâneo, apresenta-se como uma forma de integrar indiretamente no modelo o potencial nível económico da família (número de automóveis) e a dimensão do agregado familiar (número de elementos do agregado) (Figura 5). Um aumento do número de automóveis ligeiros no agregado tenderá a incentivar o seu uso em detrimento dos restantes modos.

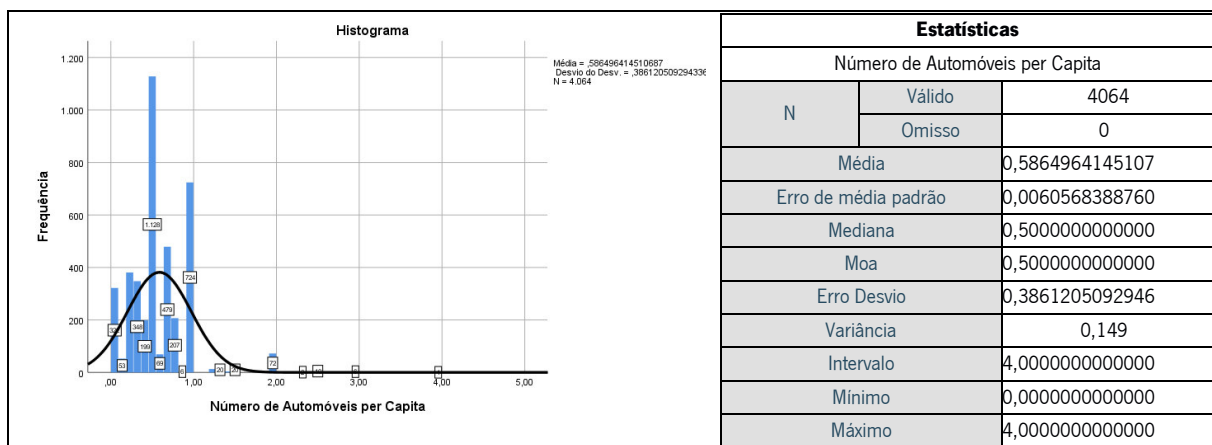


Figura 5 - Dados estatísticos e distribuição da variável **número de automóveis per capita no agregado (N_{ApC})** através do software SPSS©

B.1.7. Disponibilidade de bicicletas no agregado familiar

A variável sobre a Disponibilidade de Bicicletas no agregado familiar (DBike), assim como a variável DMot, foi especificada como binária. Apesar de a base de dados original permitir a sua definição como contínua, assumiu-se como relevante apenas a sua disponibilidade ou não para justificar o eventual uso do modo Bicicleta. A sua disponibilidade poderá potenciar o seu uso relativamente ao automóvel para distâncias

mais curtas, quando não há necessidade de levar outros passageiros ou quando as condições climatéricas não forem muito adversas.

Tabela 12 – Repartição da variável disponibilidade de bicicletas no agregado familiar (DBike)

Disponibilidade de Bicicletas no agregado		
DBike	Frequência	Percentagem
Sim (N=1)	1950	48,0 %
Não (N=0)	2114	52,0 %
Total	4064	100,0 %

É possível constatar que, a percentagem de indivíduos que tem bicicleta disponível é semelhante à percentagem de indivíduos que não têm (Tabela 12). Uma análise à repartição modal para esta variável confirma um maior uso deste modo por parte dos indivíduos que o têm disponível (Tabela 13). Porém, este modo poderá ser futuramente uma alternativa ao carro para viagens mais curtas.

Tabela 13 – Repartição modal verificada para a disponibilidade de bicicleta no agregado familiar (DBike)

Modo de Transporte		Disponibilidade de bicicleta no agregado		Total
		Sim	Não	
Carro	Contagem	1465	1553	3018
	%	48,5%	51,5%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	103	111	14
	%	48,1%	51,9%	100,0%
A Pé	Contagem	340	448	788
	%	43,1%	56,9%	100,0%
Bicicleta	Contagem	42	2	44
	%	95,5%	4,5%	100,0%
Total	Contagem	1950	2114	4064
	%	48,0%	52,0%	100,0%

B.1.8. Licença de condução de automóvel

A variável sobre a disponibilidade de licença de condução de automóvel do indivíduo foi definida a variável binária (LC) sobre a possibilidade de utilização do transporte individual através da disponibilidade de licença de condução (S=1; N=0). Esta variável deverá permitir definir se o indivíduo é passageiro cativo de transporte público (autocarro e metro) ou voluntário, permitindo avaliar o seu impacto em diferentes segmentos da população.

Tabela 14 – Repartição da variável licença de condução de Automóvel (LC)

Licença de Condução de Automóvel		
LC	Frequência	Percentagem
Sim (N=1)	2907	71,5 %
Não (N=0)	1157	28,5 %
Total	4064	100,0 %

É possível constatar que a maior parte dos indivíduos tem licença de condução. O senso comum sugere que a existência da mesma será um fator potenciador do uso do automóvel.

B.1.9. Situação Perante Emprego

A situação perante emprego (SpEm) do indivíduo foi codificada na base de dados original como discreta com 4 níveis, sendo esta codificação adotada para este estudo:

- Situação Perante Emprego 1 (SpE1) - Empregado(a);
- Situação Perante Emprego 2 (SpE2) - Desempregado(a);
- Situação Perante Emprego 3 (SpE3) - Estudante, Reformado(a), Ocupa-se principalmente de tarefas domésticas, Incapacitado(a) permanente ou outra situação de inatividade;
- Situação Perante Emprego 4 (SpE4) - Não se aplica;

Com esta variável, pretende-se caracterizar a potencial influência da situação perante emprego nas escolhas modais. O senso comum sugere que, os indivíduos que estão empregados tenderão a utilizar mais o modo de transporte automóvel para suas viagens, por uma questão de conforto e menores tempos de viagem até ao local de trabalho. Atendendo aos dados da Figura 6 e da Tabela 15, é possível constatar que 58,6% dos indivíduos estão empregados.

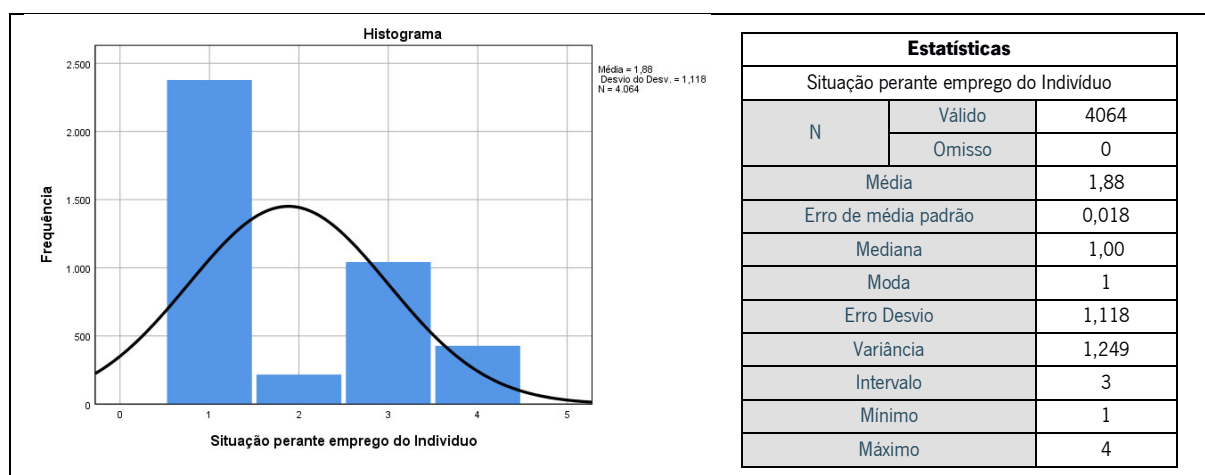


Figura 6 – Dados estatísticos e distribuição da variável **situação perante Emprego (SpE)** através do software SPSS©

Tabela 15 – Repartição da situação perante emprego do indivíduo (SpEm)

Situação perante emprego do indivíduo		
SpEm	Frequência	Percentagem
1 - Empregado(a)	2377	58,5 %
2 - Desempregado(a)	217	5,3 %
3 - Estudante, Reformado(a), Ocupa-se principalmente de tarefas domésticas, Incapacitado(a) permanente ou Outra situação de inatividade	1042	25,6 %
4 - Não se aplica	428	10,5 %
Total	4064	100,0 %

Atendendo ao pressuposto de que, ter um emprego é equivalente a um melhor nível de vida, será expectável que, o facto de estar nesta situação leve a uma maior utilização do automóvel particular em contraste com as alternativas. A análise à repartição modal de cada nível é apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Repartição modal segundo a situação perante emprego (SpEm)

Modo de Transporte		Situação Perante Emprego do Indivíduo				Total
		SpE1	SpE2	SpE3	SpE4	
Carro	Contagem	2009	124	585	300	3018
	%	66,6%	4,1%	19,4%	9,9%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	71	4	86	53	214
	%	33,2%	1,9%	40,2%	24,8%	100,0%
A Pé	Contagem	272	84	357	75	788
	%	34,5%	10,7%	45,3%	9,5%	100,0%
Bicicleta	Contagem	25	5	14	0	44
	%	56,8%	11,4%	31,8%	0,0%	100,0%
Total	Contagem	2377	217	1042	428	4064
	%	58,5%	5,3%	25,6%	10,5%	100,0%

É possível constatar que, aparentemente que o facto deter um emprego potencia uma maior utilização do carro.

B.2. Variáveis caracterizadoras da viagem

Este tipo de variável pretende introduzir no modelo de escolha modal os factos relacionados com as características das viagens. Serão estes fatores os que permitirão associar as características socioeconómicas de cada viajante com as características de cada viagem.

B.2.1. Modo de transporte utilizado

O modo de transporte utilizado na viagem em análise é uma variável discreta nominal. Na modelação das escolhas modais será a variável dependente a modelar. A base de dados original discriminou o modo de transporte em 14 tipos distintos:

- 1 – Automóvel particular como condutor;
- 2 – Automóvel particular como passageiro;
- 3 – Autocarro/camioneta de transporte público;
- 4 – Bus – Transporte escolar/ da empresa;
- 5 – Motociclo/ ciclomotor;
- 6 – Outro modo de transporte;
- 7 – A Pé;
- 8 – Bicicleta;
- 9 – Táxi;
- 10 – Comboio;
- 11 – Metro;
- 12 – Barco ou Ferry;
- 13 – Avião;
- 14 – Veículo de mercadorias, ligeiro ou pesado.

Porém, alguns destes modos de transporte não são utilizados na área de estudo como é o caso do Comboio, do Barco ou Ferry e do Avião, bem como de outros modos que não foram referidos, tendo em conta as condicionantes da secção 4.1.3.2. Assim sendo, verificou-se que, a maioria das viagens foi realizada apenas por seis modos de transportes, levando assim à purga da amostra utilizada de todas as

viagens realizadas pelos restantes modos. Assim definiu-se uma variável discreta nominal (MTransp) com os seguintes valores:

- MTransp1 – Carro;
- MTransp2 – Autocarro – Bus;
- MTransp3 – A pé;
- MTransp4 – Bicicleta.

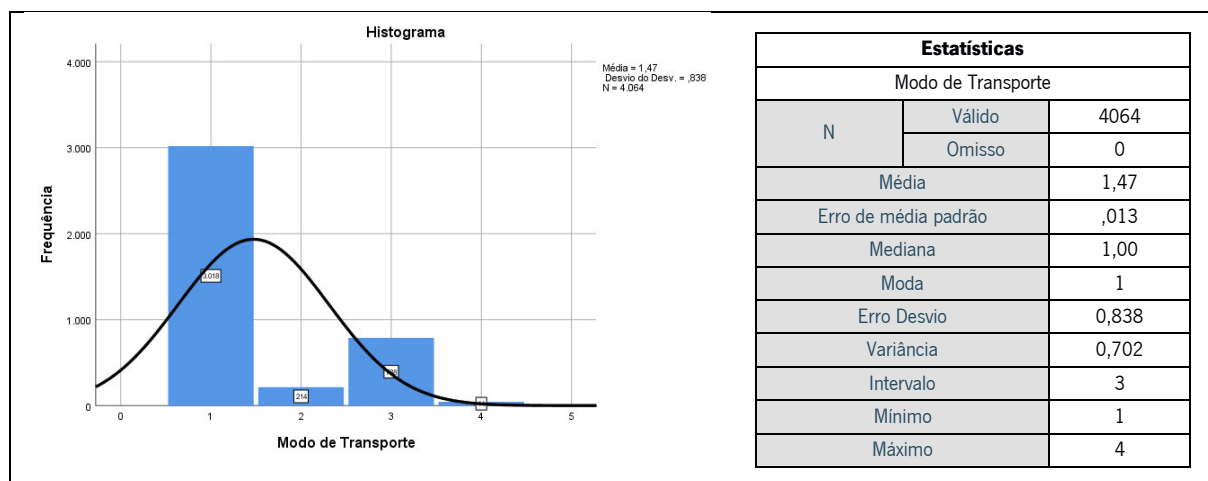


Figura 7 - Dados estatísticos e distribuição da variável **modo de transporte (MTransp)** através do software SPSS©

Na codificação utilizada, a escolha do modo Automóvel com código mais elevado deveu-se à forma como o programa *NLogit 5.0* faz a modelação considerando o modo a normalizar e, portanto, como referência para as diferenças de utilidade.

Tabela 17 - Repartição do modo de transporte (MTransp)

Modo de transporte		
MTransp	Frequência	Percentagem
1 – Carro	3018	74,3 %
2 – Autocarro - Bus	214	5,3 %
3 – A Pé	788	19,4 %
4 – Bicicleta	44	1,1 %
Total	4064	100,0 %

B.2.2. Distância de viagem

A distância de viagem (DistV), em km, permite avaliar a influência do percurso no uso de modos estudados. É de salientar que, esta variável não corresponde à distância total de viagem real, mas sim ao apreendido pelo indivíduo. Apesar de poder apresentar valores enviesados em relação à real distância da viagem, a sua utilização foi considerada mais apropriada pelo facto de traduzir a sua percepção parte dos seus utilizadores, cuja motivação se pretende modelar.

Uma vez que, não é a distância real da viagem em análise, e, portanto, a distância percorrida especificamente por cada modo, mas um valor estimado pelo utilizador, será uma variável comum para todos as alternativas (Figura 8). O senso comum sugere que o aumento da distância diminui a atratividade do uso das alternativas relativamente ao automóvel.

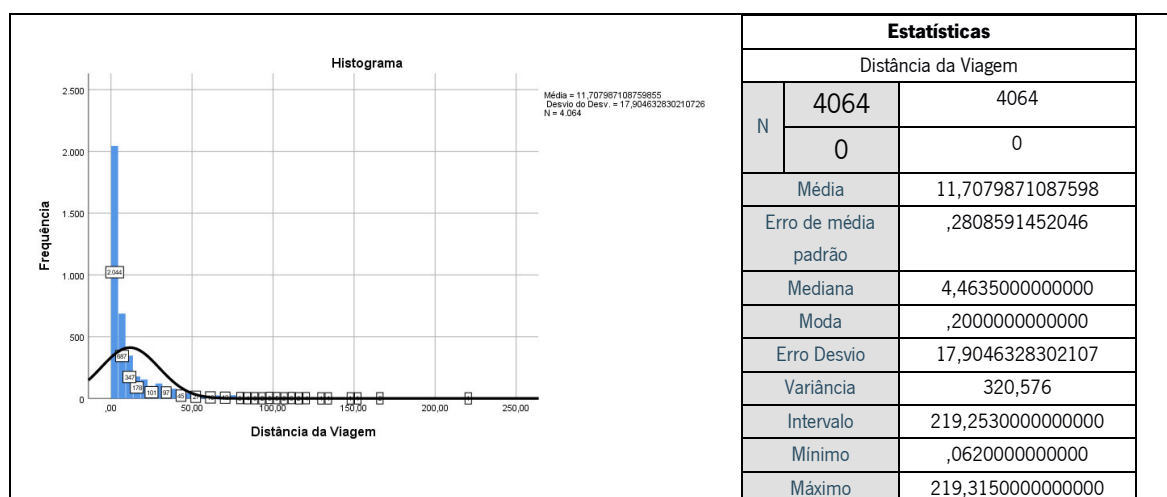


Figura 8 – Dados estatísticos e distribuição da variável **distância de viagem (DistV)** através do software SPSS©

B.2.3. Duração da viagem

A variável duração da viagem, ou tempo de viagem, foi aferida no inquérito à mobilidade de várias formas. Para a integração desta informação na modelação das escolhas modais, optou-se por considerar a duração total da viagem, incluindo paragens por intrinsecamente incluir a percepção do tempo de viagem em andamento, dos congestionamentos e de eventuais atrasos/problemas operacionais. Esta variável tem características contínuas e a unidade é o minuto. É de salientar que, esta variável não corresponde ao tempo total de viagem real, mas sim ao apreendido pelo utilizador. Apesar de poder apresentar valores

enviesados em relação à real duração da viagem, a sua utilização foi considerada mais apropriada por traduzir a sua percepção parte dos seus utilizadores, cuja motivação pretende-se modelar.

A variável Duração da viagem (DurV) é uma variável que na modelação será genérica, isto é, que para a mesma viagem e para o mesmo indivíduo terá diferentes valores para diferentes modos (Figura 9). A forma tradicional de realizar os inquéritos à mobilidade apenas recolhe informação sobre os aspetos operacionais do modo utilizado, não permitindo a comparação com os modos não utilizados. O senso comum sugere que aumentos do tempo de viagem geralmente diminuem a utilidade do modo.

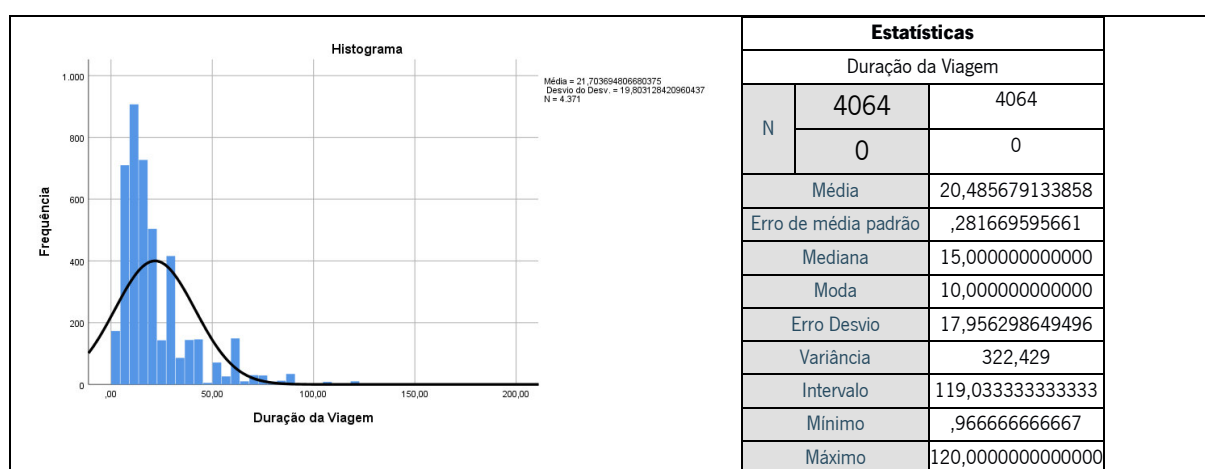


Figura 9 – Dados estatísticos e distribuição da variável **duração da viagem (DurV)** através do software SPSS©

B.2.4. Motivo da viagem

O motivo da viagem foi codificado na base de dados original como uma variável discreta com 16 escalões:

- 1 - Ir para o trabalho;
- 2 - Tratar de assuntos profissionais;
- 3 - Ir para a escola ou atividades escolares;
- 4 - Levar/buscar/acompanhar familiares ou amigos (crianças à escola, etc);
- 5 - Visitar familiares ou amigos;
- 6 - Fazer compras (supermercado, mercearia, utilidades, etc);
- 7 - Ir a consulta, tratamentos, exames médicos e similares;
- 8 - Tratar de assuntos pessoais (ir ao banco, lavandaria, cabeleireiro, levar ou buscar coisas pessoais, etc.);

- 9 - Ir a restaurante, café, bar, discoteca, etc.;
- 10 - Praticar atividades ao ar livre (desporto ou lazer) ou em ginásio ou pavilhão;
- 11 - Assistir a eventos desportivos ou culturais (cinema, teatro, concerto, futebol, etc.);
- 12 - Realizar atividade em grupo ou em contexto coletivo (em associações, comércios, igrejas, voluntariado, ...);
- 13 - Fazer percurso pedonal (início e fim no mesmo local), jogging, passear o cão, etc. (com pelo menos 200 metros);
- 14 - Outras atividades de lazer, entretenimento ou turismo;
- 15 - Regressar a casa;
- 16 - Outra atividade.

Atendendo às amostras de cada motivo e à sua potencial influência para as escolhas modais diárias, tal como já foi referido, agruparam-se alguns motivos. Assim, no estudo, foi realizada a seguinte agregação considerada mais adequada, em seis motivos (MotiV) atendendo aos originais da base de dados:

- MotV 1 - Ir/Voltar do trabalho (motivo original 1 e 15 (depende da viagem de ida));
- MotV 2 - Ir/volta da escola ou atividades escolares (motivo original 3 e 15 (depende da viagem de ida));
- MotV 3 - Levar/buscar/acompanhar familiares ou amigos (crianças á escola, etc) (motivo Original 4 e 15 (depende da viagem de ida));
- MotV 4 - Atividades de Lazer e Desporto (motivo original 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e15 (depende da viagem de ida));
- MotV 5 - Compra de Bens e Serviços (motivo original 6, 7, 8 e 15 (depende da viagem de ida)).

Com esta variável pretende-se caracterizar a potencial influência do motivo da viagem nas escolhas modais. O senso comum sugere que, motivos mais regulares e ou com estadias tendencialmente mais longas, como a ida para o emprego ou para a escola, possam ter maior propensão para ser realizadas por modos alternativos ao automóvel, atendendo à menor necessidade de flexibilidade/disponibilidade/rapidez do modo de transporte (Figura 10). O motivo escola terá ainda o catalisador de serem jovens geralmente sem carta de condução, com alguma autonomia e com condições de aquisição de título de transporte público mais baratos que podem potenciar o seu uso. Este último fator é comum também aos cidadãos mais idosos.

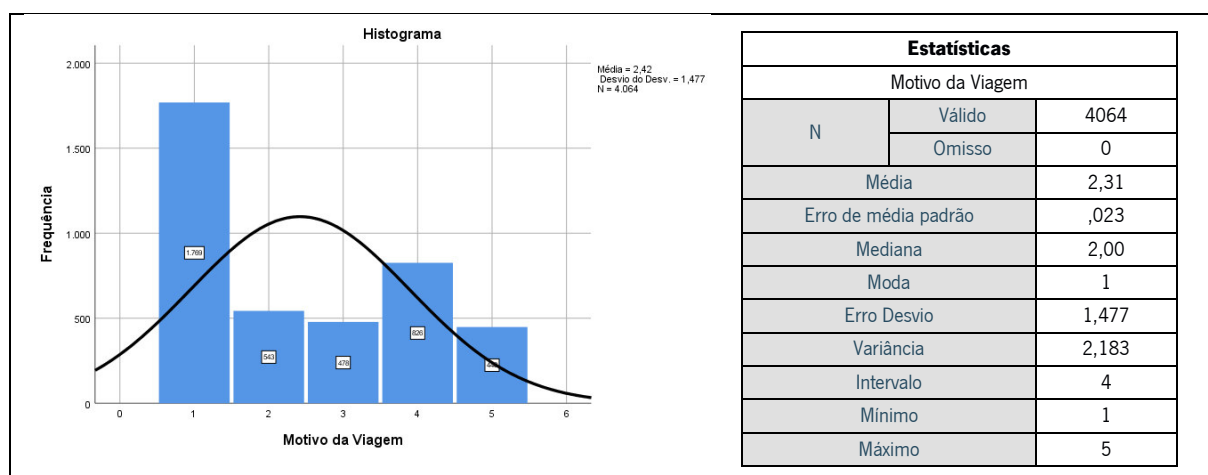


Figura 10 - Dados estatísticos e distribuição da variável **motivo da viagem (MotiV)** através do software SPSS©

Para analisar a sua linearidade foram definidas variáveis binárias para os diferentes motivos de viagem (Tabela 18).

Tabela 18 - Repartição do motivo da viagem (MotV)

Motivo da viagem		
MotiV	Frequência	Percentagem
1 – Ir/Voltar do trabalho	1769	43,5 %
2 – Ir/volta da escola ou atividades escolares	543	13,4 %
3 – Levar /buscar /acompanhar familiares ou amigos	478	11,8 %
4 – Atividade de Lazer e desporto	826	20,3 %
5 - Compra de Bens e Serviços	448	11,0 %
Total	4064	100,0 %

A análise à repartição modal de cada motivo é apresentada na Tabela 19:

Tabela 19 - Repartição modal segundo o motivo da viagem (MotV)

Modo de Transporte		Motivo da viagem					Total
		MotV1	MotV2	MotV3	MotV4	MotV5	
Carro	Contagem	1449	314	451	501	303	30918
	%	48,0%	10,4%	14,9%	16,6%	10,0%	100,0%
Autocarro - Bus	Contagem	62	122	5	21	4	214
	%	29,0%	57,0%	2,3%	9,8%	1,9%	100,0%
A Pé	Contagem	228	107	22	295	136	788
	%	28,9%	13,6%	2,8%	37,4%	17,3%	100,0%
Bicicleta	Contagem	30	0	0	9	5	44
	%	68,2%	0,0%	0,0%	20,5%	11,4%	100,0%
Total	Contagem	1769	543	478	826	488	4064
	%	43,5%	13,4%	11,8%	20,3%	11,0%	100,0%

É possível constatar que o motivo que maior utilização faz do carro é o Ir/Voltar do trabalho..

Anexo C.

Modelos *logit* multinomial

1. Modelações preliminares

A avaliação do modelo que melhor se adequa para determinada situação não se apresenta como uma tarefa direta e simples. Assim sendo, segundo Koppelman & Bhat (2006) e Gonçalves (2012) as tomadas de decisão devidamente fundamentadas e o processo deve combinar as seguintes tarefas:

- O uso da intuição, ponderada eventualmente por referência a problemas similares tratados na bibliografia de referência;
- Uma análise qualitativa;
- E testes estatísticos.

De forma a avaliar se as diferentes especificações e modelos são adequados, são sugeridos vários testes estatísticos como avaliações informais de sinais, magnitudes, ou magnitudes relativas entre parâmetros, baseadas no conhecimento das relações comportamentais subjacentes que influenciam as escolhas modais. Assim sendo, vários modelos de diferentes especificações podem, na prática, ajustar-se igualmente aos dados existentes, mas implicar relações e previsões muito diferentes. O uso da intuição e da experiência na tomada de decisões relacionadas com a modelação são essenciais, uma vez que, é quase impossível determinar a “melhor” especificação para um modelo com apenas testes estatísticos.

A abordagem mais comum para o processo de desenvolvimento do modelo começa por iniciar o mesmo com uma especificação mínima, incluindo as variáveis consideradas essenciais a qualquer modelo razoável. A partir desta especificação mínima, devem incrementar-se alterações e testar os seus resultados, de forma a melhorar o seu realismo comportamental e o seu ajustamento empírico aos dados. Estes incrementos devem, ainda assim, evitar tornar o modelo demasiado complexo, mas permitindo sempre que a sua estimação clarifique e elucide sobre a adequação das variáveis na melhoria do modelo final (Gonçalves, 2012).

Na análise dos resultados estatísticos, nomeadamente, dos testes de significância estatística dos parâmetros, deve-se ter em conta que, um valor elevado indiciando que determinado parâmetro não pode ser considerado significativamente diferente de zero, e, portanto, sem impacto, não implica a remoção da variável do modelo (Gonçalves, 2012). Segundo Koppelman & Bhat (2006), se o analista tiver fortes motivos para considerar que, uma variável é importante, e se o seu parâmetro tiver um sinal

correto, é razoável a sua manutenção no modelo. Para o caso de uma especificação com codificação através de várias variáveis binárias, Hensher et al.(2005), referem que, a não significância estatística de apenas uma ou algumas destas variáveis, não justifica em teoria a exclusão do conjunto da especificação. Já no caso de modelos mais complexos, em que a parcimónia é essencial, se se verificar que a eliminação da variável não significativa não apresenta grande impacto na constante específica da utilidade e no ajustamento global do modelo, é sugerida a sua eliminação.

Neste caso em específico, é avaliada a eventual não linearidade da especificação contínua através do uso de variáveis binárias; e para as variáveis com resultados menos coerentes ou nas que se suspeitou de serem passíveis de correlação, são testadas eventuais relações de simbiose/complementaridade ou de correlação através do coeficiente de *Pearson* e de modelos com combinação das mesmas.

a) Tipologias de especificações mais comuns

As variáveis a introduzir nos modelos podem ser especificadas de diferentes formas atendendo às suas particularidades e ao tipo de relação que as mesmas apresentam com a variável dependente. Com exceção da tipologia de combinação de binárias, os modelos MNL necessitam de determinar um único parâmetro que, representa a influência média que os diferentes valores da variável apresentam na variável dependente.

Quando a variável independente apresenta valores numéricos cuja grandeza apresenta conjuntos de valores dispersos entre si, a tipologia discreta apresenta-se como sendo a forma mais correta de introduzir a informação no modelo. No entanto, estas tipologias podem apresentar problemas de representatividade quando a relação variável dependente *versus* variável independente não é linear (crescente ou decrescente), para cada modo de transporte. No caso da utilização de variáveis discretas pode suceder que, apesar de apresentarem um efeito linear parcial, o mesmo tenha “declives” diferentes entre diferentes categorias. No caso de se verificar que, a relação não apresenta características lineares ou exiba diferenças significativas de declividade entre categorias, a opção deverá ser a utilização de variáveis binárias combinadas para os diferentes escalões. A seleção dos diferentes escalões deverá, no entanto, ser alvo de uma análise cuidada, uma vez que, as mesmas devem representar um número restrito de conjuntos com uma lógica teórica fundamentada. Por outro lado, a definição de um grande número de combinações pode dificultar a modelação, quer devido ao aumento da complexidade do

modelo, quer pela especificação excessiva das categorias com aplicação apenas a um determinado problema (Gonçalves, 2012).

Segundo Hensher et al. (2005), para a avaliação da melhor tipologia a utilizar, deve-se ter em conta a semelhança de resultados obtidos entre as especificações lineares e não lineares, mas também a melhoria de ajustamento global do modelo e a correção dos sinais dos parâmetros. A melhoria do ajustamento global do modelo, através de especificação não linear, pode não justificar a sua utilização se o impacto não for bastante significativo. Esta melhoria do ajustamento global pode ser aferida através do teste estatístico da razão das MVL (-2LL) entre modelos, desde que tenham a amostra e o número de alternativas disponíveis iguais. Os mesmos autores sugerem um teste de *Wald* com restrições lineares para avaliar a hipótese de diferença entre declives de dois parâmetros ser significativamente diferente de zero. Porém, o teste envolve restrições lineares entre cada par de parâmetros a avaliar. Assim sendo, para o caso de se ter muitas variáveis a analisar, para vários modos de transporte, este teste torna-se demasiado moroso. Por outro lado, visto que o número de variáveis não é muito elevado, optou-se por realizar o teste para todas.

Os resultados apresentados resumem-se aos das alternativas mais relevantes, podendo os resultados das restantes ser consultados nos ficheiros com os outputs do programa NLogit© anexados em formato digital no anexo C-1.

b) Análise isolada de variáveis socioeconómicas

i. Rendimento líquido mensal per capita

Atendendo à potencial influência que o rendimento apresenta na teoria comportamental, considerou-se apenas avaliar o rendimento disponível para cada elemento do agregado.

- Análise comportamental de diferentes especificações

A variável rendimento líquido mensal do agregado familiar apresentava na base de dados original uma tipologia de variável discreta ordinal. Porém, de forma a estudar a influência que o rendimento tem em cada elemento do agregado familiar, foi criada a variável discreta para o rendimento líquido mensal *per capita* (RpC) com 3 categorias. A análise realizada visou avaliar a possibilidade de a utilizar como variável discreta ou como variável binária. A variável original está dividida em 3 categorias com valores de 1 a 3 para cada gama de rendimentos (RpC). Para a análise da possível influência do rendimento líquido

mensal *per capita* na escolha modal de um indivíduo, realizaram-se modelos MNL utilizando isoladamente cada uma das especificações referidas. Os resultados desses modelos para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos modelos preliminares da influência do rendimento líquido mensal *per capita*

Modelo	MNL1.1		MNL2.1	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
RpC	-0,35523***	-0,32155***		
RpCa1			0,73200***	0,63824***
RpCa2			0,28938*	0,33631***
RpCa3			-	-
Amostra	4064		4064	
p-R ²	0,0074194		0,0074935	
MVL(LL)	-2997,46235		-2997,23871	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

Todos os parâmetros têm o sinal esperado. Nos modelos com especificação linear discreta, o sinal negativo traduz o comportamento expectável da perda de utilidade das alternativas em relação ao Carro com o aumento do nível de rendimento. Na especificação com combinação de binárias normalizou-se o nível de rendimento mais elevado normalmente associado a uma maior utilização do Carro. Esta normalização torna o sinal positivo e valor decrescente dos parâmetros com o aumento do nível de rendimento coerente, uma vez que, comparativamente ao nível de rendimento mais elevado, as alternativas são tanto mais atrativas quanto menor for o rendimento.

Dos resultados é ainda possível constatar que, a especificação com combinação de binárias apresenta um ajustamento global do modelo um pouco melhor (p-R²=0,0075 relativamente a 0,0074 da especificação discreta linear). Para comparação estatística dos resultados entre modelos assumiu-se que, o modelo de base seria a especificação com menos restrições, neste caso a especificação discreta (MNL1.1). Utilizando o teste estatístico da razão das MVL (-2LL), com graus de liberdade iguais à diferença de parâmetros estimados entre os modelos a comparar, obtemos:

$$\begin{aligned}
 & -2 \times (LL_{MNL1.1} - LL_{MNL2.1}) \sim \chi^2_{(GL)} \Rightarrow \\
 \Rightarrow & -2 \times (-2997,46235 - (-2997,23871)) \sim \chi^2_{(GL-6 \ 3)} \Rightarrow \\
 \Rightarrow & 0,45 \sim \chi^2_{(3)} < \chi^2_{(3)}(\alpha = 0,05) = 7,81
 \end{aligned}$$

O valor crítico de Chi-quadrado para 3 graus de liberdade e um intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$), é de 7,81, cerca de 18 vezes superior ao teste -2LL, pelo que não se pode recusar a hipótese

nula de que, o “novo” modelo (com especificação de combinação de binárias) não melhora estatisticamente a MVL em relação ao modelo de comparação (com especificação discreta linear). Assim, pode-se concluir que, o modelo com especificação discreta linear é estatisticamente mais próximo de zero do que os modelos com especificação de combinação de binárias, e, portanto, melhor.

- Avaliação de comportamentos não-lineares

Apesar da especificação discreta linear apresentar resultados globais ligeiramente melhores que as especificações de combinação de binárias, estas apresentam melhor ajustamento do modelo. Neste sentido, realizaram-se análises de comportamento das utilidades parciais de cada modo para as especificações de combinação de binárias. Assim sendo, realizou-se uma análise das utilidades parciais com recurso a variáveis binárias para cada escalão, de forma a avaliar a linearidade dos parâmetros.

Ora, para avaliar então a linearidade dos parâmetros, Hensher et al. (2005) recomendam o teste de *Wald* com restrições lineares. Considerando a Figura 1, se os parâmetros para diferentes variáveis binárias da mesma variável discreta apresentarem uma relação linear, a diferença entre parâmetros mantém-se (equações 1 e 2) (Gonçalves, 2012).

$$b(2) - b(1) = b(3) - b(2) = b(4) - b(3) \quad (1)$$

Para que esta restrição se verifique há a necessidade de a decompor em duas equações:

$$\begin{cases} b(2) - b(1) = b(3) - b(2) \Rightarrow b(2) - b(1) - b(3) + b(2) = 0 \\ b(3) - b(2) = b(4) - b(3) \Rightarrow b(3) - b(2) - b(4) + b(3) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2 * b(2) - b(1) - b(3) = 0 \\ 2 * b(3) - b(2) - b(4) = 0 \end{cases}$$

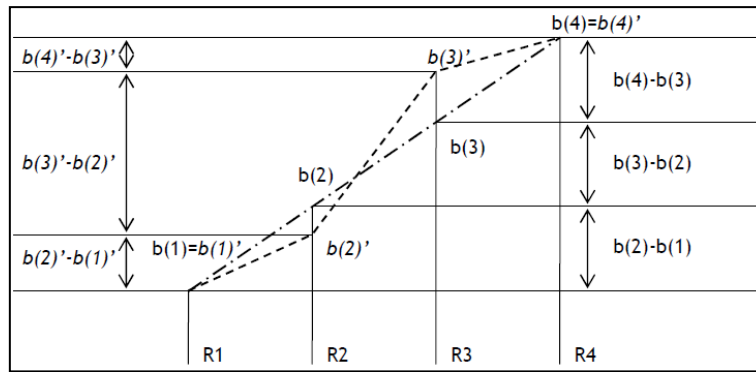


Figura 1 – Esquema representativo de relações lineares entre parâmetros de variáveis com combinação de discretas (Gonçalves, 2012)

Para testar esta hipótese realizou-se o teste de *Wald* ao modelo com especificação não linear para as diferentes alternativas (MNL2.1wald_Bus, MNL2.1wald_Walk, e MNL2.11wald_Bike) com duas restrições lineares (2 graus de liberdade) para que as diferenças entre parâmetros fossem iguais entre sim (e, portanto, lineares).

Na Tabela 2 é possível verificar que, a análise qualitativa, aparentemente, é razoável, com uma clara rejeição da linearidade dos parâmetros para os modos Autocarro, A Pé e Bicicleta.

Tabela 2 – Resultados do teste de *Wald* para o modelo MNL2.1 para avaliar a linearidade dos parâmetros da combinação de binárias para o rendimento mensal per capita

Modo	Teste <i>Wald</i> Chi-quadrado	Valor crítico para $\alpha=0,05$ e 2GL	Comentário
Autocarro	69,48	5,99	Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
A Pé	160,13		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
Bicicleta	56,85		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada

Comparando o comportamento das variáveis para cada um dos modos de transporte, este apresenta-se coerente com uma diminuição da utilidade de todas as alternativas relativamente a um aumento dos rendimentos do agregado, comparativamente ao modo de referência – o Carro.

Na análise com combinação de variáveis binárias verifica-se que, a declividade para as diferentes categorias tem pequenas diferenças. A diferença mais acentuada está associada à categoria de

rendimentos mais baixa e deve-se aos resultados dos modos Autocarro e A Pé, cujas utilidades são mais afetadas (favoravelmente) nesta categoria do que para os restantes modos.

De uma forma geral, o modelo com combinação de binárias é melhor para estudar a influência do rendimento líquido mensal *per capita*, sendo considerado uma opção viável para análise.

ii. Sexo do indivíduo

Para a análise da possível influência do sexo na escolha modal de um indivíduo utilizou-se um modelo MNL com especificação binária. Atendendo à natureza da mesma, não foi testada nenhuma outra especificação. Os resultados desse modelo para as alternativas são apresentados na Tabela 3.

Dos resultados é possível verificar que, o modelo apresenta um ajustamento global reduzido, mas que tem parâmetros com sinais coerentes, mostrando, como se esperava, uma valorização média positiva das alternativas ao Carro por parte das mulheres, exceto do modo Bicicleta. É de salientar que, esta valorização pode não significar que as mulheres têm preferência pelas alternativas ao Carro em relação aos homens, mas sim que, efetivamente as utilizam mais, quer por não gostarem, quer por não poderem conduzir o Carro, nomeadamente, por tradicionalmente ser o homem quem conduz e leva o Carro consigo, sobretudo quando só existe apenas um veículo no agregado familiar.

Tabela 3 – Resultados dos modelos preliminares da influência do Sexo do inquirido

Modelo	MNL 1.2			
	Carro	Autocarro	A Pé	Bicicleta
Sx (0=F, 1=M)	-	-0,09837	-0,58537***	0,30674
Amostra	4064			
p-R ²	0,0089311			
MVL (LL)	-2992,89731			
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

iii. Idade do indivíduo

- Análise comportamental de diferentes especificações

A variável idade do indivíduo, apesar de ter características para uma especificação contínua, foi codificada como discreta ordinal na base de dados original. Na recodificação realizada para a sua utilização na modelação foram definidas cinco classes. Também esta variável não apresentava à partida características que indicassem um comportamento linear, principalmente para alguns modos

alternativos, cuja utilização costuma ser mais acentuada em escalões etários intermédios (por exemplo, o Autocarro costuma ser mais utilizado pelos adolescentes do que por jovens adultos ativos). Para a análise da possível influência da idade na escolha modal de um indivíduo realizaram-se modelos MNL utilizando as especificações discreta e combinação de variáveis binárias. Os resultados desses modelos para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé) são apresentados na Tabela 4.

Nos modelos com especificação linear discreta o sinal negativo indicia uma perda de utilidade da alternativa Autocarro com o aumento da idade. Na especificação com combinação de binárias normalizou-se a idade dos 25 aos 44 anos, escalão que na base de dados estava associado a uma maior utilização do Carro. Esta constatação poderá dever-se ao facto de que, este grupo etário apresenta mais qualificações, o que leva a trabalharem mais longe do local de residência e, conseqüentemente, a uma maior utilização do Carro. No modelo com combinação de variáveis binárias não verifica um comportamento linear crescente, o que pode justificar o pior ajustamento do modelo linear face ao não linear. Atendendo à normalização realizada na especificação com combinação de binárias os resultados apresentam sinais coerentes com o senso comum, mostrando que, as alternativas terão maior utilidade para os jovens adolescentes e jovens adultos que, execravelmente têm menos acesso ao Carro, do que para a restante população ativa.

Tabela 4 – Resultados dos modelos preliminares da influência da idade do indivíduo

Modelo	MNL1.3		MNL2.3	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
ID	-0,50505***	0,28642***		
IDD1			1,75432***	0,93837***
IDD2			2,15911***	1,32387***
IDD3			-	-
IDD4			0,33589	1,10150***
IDD5			0,49798*	1,89069***
Amostra	4064		4064	
p-R ²	0,0255446		0,0655733	
MVL(LL)	-2942,72692		-2821,84528	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

É, ainda, possível verificar que, o modelo com combinação de variáveis binárias apresenta um ajustamento bem superior ao modelo com especificação discreta. O teste estatístico da razão das MVL (-2LL) é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados do teste estatístico da razão das MVL com modelo com especificação

Modelo	MNL1.3	MNL2.3
Amostra	4064	4064
ID	6 Parâmetros	
IDD		15 Parâmetros
LL _{Base}	-2942,72692	-2942,72692
LL	-2942,72692	-2821,84528
-2LL	241,176328	
Graus de Liberdade	9	
Chi ² ($\alpha=0,05$)	16,92	

O valor crítico de Chi-quadrado para 9 graus de liberdade e um intervalo de confiança de 95% ($\alpha=0,05$), é de 16,92, cerca de 27 vezes inferior ao teste estatístico -2LL, pelo que se pode recusar a hipótese nula de que o “novo” modelo (com especificação de combinação de binárias) não melhora estatisticamente a MVL em relação ao modelo base (com especificação discreta).

- Avaliação de comportamentos não lineares

Atendendo aos resultados anteriores, realizou-se a análise da linearidade dos parâmetros das variáveis binárias para cada escalão da idade recorrendo-se ao teste de *Wald* para as diferentes alternativas (MNL2.3wald_Bus, MNL2.3wald_Walk, e MNL2.3wald_Bike) com duas restrições lineares (2 graus de liberdade). Na Tabela 6 é possível verificar que a análise qualitativa aparentemente é razoável, com uma clara rejeição da linearidade dos parâmetros para os modos Autocarro e A Pé. Em relação aos ao modo Bicicleta, apesar de, estatisticamente, a hipótese nula ser rejeitada, o valor do teste revela-se muito próximo do valor crítico sugerindo que a sua relação é aproximadamente linear.

Tabela 6 – Resultados do teste de *Wald* para o modelo MNL2.3 para avaliar a linearidade dos parâmetros da combinação de binárias para idade do individuo

Modo	Teste <i>Wald</i> Chi-quadrado	Valor crítico para $\alpha=0,05$ e 2GL	Comentário
Autocarro	41,88	5,99	Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
A Pé	114,09		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
Bicicleta	10,46		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada, mas por pouco

Na análise com combinação de variáveis binárias verifica-se que, a declividade para as diferentes categorias tem pequenas diferenças. A diferença mais acentuada está associada à categoria de idades dos 15 aos 24 anos e deve-se aos resultados dos modos Autocarro e A Pé, cujas utilidades são mais afetadas (favoravelmente) nesta categoria do que para os restantes modos.

De uma forma geral, o modelo com combinação de binárias é melhor para estudar a influência da idade do indivíduo, sendo considerado uma opção viável para análise.

iv. Nível de instrução

- *Análise comportamental de diferentes especificações*

A variável nível de instrução apresentava na base de dados original uma tipologia de variável discreta nominal. Na sua especificação para a modelação, foram definidas quatro categorias de instrução de ordem crescente. Apesar da sua definição como discreta, considerou-se que, a sua influência nas escolhas modais não apresentava características para ser especificada com comportamento linear, definindo-se para o efeito uma variável binária para cada nível. Para a análise da possível influência do nível de instrução na escolha modal de um indivíduo, realizaram-se modelos MNL, utilizando as especificações discreta e a combinação de variáveis binárias. Os resultados desses modelos para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados dos modelos preliminares da influência do nível de instrução

Modelo	MNL1.4		MNL2.4	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
Nin	-0,56393***	-0,44363***		
NI1			1,28290***	1,08006***
NI2			1,56931***	0,84773***
NI3			0,85901***	0,05003
NI4			-	-
Amostra	4064		4064	
p-R ²	0,0221389		0,0261895	
MVL(LL)	-2953,01150		-2940,77928	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

No modelo com especificação linear discreta o espectável sinal negativo indicia uma perda de utilidade das alternativas ao Carro particularmente com o aumento do nível de instrução. No modelo com especificação de combinação de binárias normalizou-se o nível de instrução mais elevado normalmente

associado a uma maior utilização do Carro, devido às prováveis melhores condições de vida. Esta normalização torna o sinal positivo coerente, uma vez que, comparativamente ao nível de instrução mais elevado, as alternativas são mais atrativas quando o nível de instrução é menor.

No entanto, não se verifica um comportamento linear crescente. Se seria expectável um comportamento decrescente dos parâmetros, revelando menor atratividade das alternativas com o aumento do nível de instrução, nível nenhum ou ensino básico incompleto apresenta uma atratividade inferior à categoria ensino básico completo. Este resultado aparentemente contraria a teoria comportamental de uma maior probabilidade de uso das alternativas por não disporem das mesmas condições de acesso ao Carro. Esta aparente contradição pode dever-se aos analfabetos não serem condutores, mas passageiros de Carro, nomeadamente, crianças que, apesar de não conduzirem, pertencem a agregados que o utilizam, ou de, apesar de analfabetos, poderem ter condições económicas para ter acesso ao Carro.

Tabela 8 – Resultados do teste estatístico da razão das MVL com modelo com especificação discreta como base

Modelo	MNL1.4	MNL2.4
Amostra	4064	4064
Nin	6 Parâmetros	
NI		12 Parâmetros
LL _{Base}	-2953,01150	-2953,01150
LL	-2953,01150	-2940,77928
-2LL	241,176328	
Graus de Liberdade	6	
Chi ² ($\alpha=0,05$)	12,59	

Dos resultados é ainda possível verificar que, o modelo com combinação de variáveis binárias apresenta um melhor ajustamento que o modelo com especificação discreta. O teste estatístico a esse ajustamento através da razão das MVL (-2LL) é apresentado na Tabela 8.

O valor crítico de Chi-quadrado para 6 graus de liberdade e um intervalo de confiança de 95% ($\alpha=0,05$), é de 12,59, cerca de 2 vezes inferior ao teste estatístico -2LL, pelo que se pode recusar a hipótese nula de que, o “novo” modelo (com especificação de combinação de binárias), não melhora estatisticamente a MVL em relação ao modelo base (com especificação discreta).

Estes resultados sugerem que, a especificação com combinação de variáveis binárias é melhor que a especificação discreta, mas justificam outras análises com combinação com outras variáveis de forma a tentar perceber este comportamento menos expectável do nível de instrução analfabeto devido provavelmente a correlações.

- *Avaliação de comportamentos não lineares*

Após a análise dos resultados anteriores, realizou-se a análise da linearidade dos parâmetros das variáveis binárias para cada categoria do nível de instrução, recorrendo-se ao teste de *Wald* para as diferentes alternativas (MNL2.4wald_Bus, MNL2.4wald_Walk, e MNL2.4wald_Bike), com duas restrições lineares (2 graus de liberdade). Na Tabela 9, é possível verificar que a análise qualitativa aparentemente é razoável, com uma clara rejeição da linearidade dos parâmetros para os modos Autocarro, A Pé e Bicicleta.

Tabela 9 – Resultados do teste de *Wald* para o modelo MNL2.4 para avaliar a linearidade dos parâmetros da combinação de binárias para nível de instrução

Modo	Teste <i>Wald</i> Chi-quadrado	Valor crítico para $\alpha=0,05$ e 2GL	Comentário
Autocarro	56,08	5,99	Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
A Pé	60,24		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
Bicicleta	138,57		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada

Na análise com combinação de variáveis binárias verifica-se que, a declividade para as diferentes categorias tem pequenas diferenças. A diferença mais acentuada está associada à categoria de nível de instrução ensino básico, cujas utilidades são mais afetadas (favoravelmente) nesta categoria para os modos alternativos ao Carro. Estas características, aliadas ao resultado do teste estatístico da razão das MVL, sugerem claramente que, a especificação com combinação de binárias será a mais apropriada.

v. Número de automóveis *per capita* no agregado familiar

Outra variável socioeconómica cuja especificação necessita de avaliação, é o número de automóveis ligeiros *per capita* no agregado familiar. Para a análise da possível influência da taxa de motorização familiar realizou-se um modelo MNL utilizando a especificação discreta. Os resultados desse modelo para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé) são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados dos modelos preliminares da influência do número de automóveis ligeiros *per capita* no agregado familiar

Modelo	MNL1.5	
Modo	Autocarro	A Pé
NApC	-1,82511***	-2,80495***
Amostra	4064	
p-R ²	0,0716575	
MVL (LL)	-2803,47191	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.		

Dos resultados é possível verificar que o modelo tem um valor de ajustamento global significativo $p\text{-}R^2 = 0,072$ relativamente às variáveis anteriores. Nos modelos com especificação linear discreta, o sinal negativo indicia uma perda de utilidade das alternativas ao automóvel particular com o número de automóveis ligeiros *per capita* no agregado familiar. Este resultado era expectável atendendo a que um maior número de veículos disponível, geralmente, está associado a uma maior utilização dos mesmos.

Este resultado revela ainda que a não existência de automóvel disponível no agregado tem um impacto significativo na utilização das alternativas e que, portanto, qualquer política de mobilidade sustentável tenderá a beneficiar da existência de instrumentos que potenciem a existência de agregados familiares onde haja uma opção pela dispensa total de carro próprio.

vi. Disponibilidade de bicicletas no agregado familiar

Para a análise da possível influência da disponibilidade de bicicleta no agregado familiar na escolha modal de um indivíduo, utilizou-se um modelo MNL com especificação binária. Atendendo à natureza da mesma, não foi testada nenhuma outra especificação. Os resultados desse modelo para as alternativas são apresentados na Tabela 11.

Dos resultados é possível verificar que, o modelo apresenta um ajustamento global reduzido, mas que, tem parâmetros com sinais coerentes, mostrando, como era expectável, uma valorização positiva do modo Bicicleta em alternativa ao Carro. É de salientar que, esta valorização pode não significar que, as os indivíduos que possuem bicicleta têm preferência pelo modo Bicicleta, mas que, efetivamente, a utilizam mais, quer por não gostarem ou não poderem conduzir o Carro. Apesar do ajustamento reduzido, esta variável deverá ser avaliada em modelos com combinação com outras variáveis de forma a avaliar eventuais correlações não perceptíveis.

Tabela 11 – Resultados dos modelos preliminares da influência da disponibilidade de Bicicleta no agregado familiar

Modelo	MNL 1.6			
Modo	Carro	Bus	A Pé	Bicicleta
DBike (0=Não, 1=Sim)	-	-0,01647	-0,21751***	3,10286***
Amostra	4064			
p-R ²	0,0092420			
MVL (LL)	-2991,95843			
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

vii.Licença de condução

Para a análise da possível influência da existência de licença de condução na escolha modal de um indivíduo, independentemente de haver carro(s) no agregado familiar, utilizou-se um modelo MNL apenas com especificação binária, dada a natureza da mesma. Os resultados desse modelo para as alternativas são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados dos modelos preliminares da influência da licença de condução

Modelo	MNL 1.7			
Modo	Carro	Autocarro	A Pé	Bicicleta
LC (0=Não, 1=Sim)	-	-2,22839***	-1,71004***	-1.02313***
Amostra	4064			
p-R ²	0,0924128			
MVL (LL)	-2740,79352			
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

Dos resultados é possível verificar que, o modelo tem um valor de ajustamento global significativo $p-R^2 = 0,092$ relativamente às variáveis anteriores (ligeiramente superior ao número de automóveis *per capita*), sugerindo que a mesma tem uma influência importante nas escolhas modais. Os seus parâmetros têm sinais negativos coerentes, evidenciando uma desvalorização significativa das alternativas quando há possibilidade de utilização do Carro. A grandeza dos parâmetros sugere uma influência maior no Autocarro, diminuindo gradualmente até ao modo Bicicleta, onde se verifica um impacto significativamente menor.

viii. Situação perante emprego

- Análise comportamental de diferentes especificações

Assim, como são o caso da idade, rendimento e nível de instrução, a variável situação perante emprego do indivíduo, apresentava na base de dados original uma tipologia de variável discreta nominal. Na sua especificação para a modelação foram utilizadas as quatro classes da base de dados original. Apesar da sua definição como discreta, considerou-se que, a sua influência nas escolhas modais não apresentava características para ser especificada com comportamento linear, definindo-se para o efeito uma variável binária para cada situação. Para a análise da possível influência da situação perante emprego na escolha modal de um indivíduo, realizaram-se modelos MNL utilizando as especificações discreta e a combinação de variáveis binárias. Os resultados desses modelos para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé) são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados dos modelos preliminares da influência da situação perante emprego

Modelo	MNL1.8		MNL2.8	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
SpEm	0,63420***	0,44304***		
SpE1			-	-
SpE2			-0,09127	1,61013***
SpE3			1,42545***	1,50571***
SpE4			1,60922 ***	1,61330***
Amostra	4064		4064	
p-R ²	0,0395076		0,0669921	
MVL(LL)	-2900,56043		-2817,56083	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

No modelo com especificação linear discreta, o espectável sinal positivo indicia um aumento de utilidade das alternativas ao Carro com o declínio da situação perante emprego. No modelo com especificação de combinação de binárias, normalizou-se a situação perante emprego, o indivíduo encontra-se empregado(a), normalmente associado a uma maior utilização do Carro, devido às prováveis melhores condições de vida. Esta normalização torna o sinal positivo coerente, uma vez que, comparativamente à situação perante emprego, quando o indivíduo se encontra empregado(a), as alternativas são mais atrativas quando o nível de instrução é menor.

Contudo, não se verifica um comportamento linear crescente. Seria expectável um comportamento crescente dos parâmetros, revelando menor atratividade das alternativas com a melhoria da situação perante emprego. No entanto, na situação desempregado, o modo Autocarro apresenta menor

atratividade que as demais situações perante emprego, inclusive a situação de estar empregado(a). Este resultado aparentemente contraria a teoria comportamental de uma maior probabilidade de uso das alternativas por não disporem das mesmas condições de acesso ao automóvel. Isto deve-se ao facto de que, alguns indivíduos, apesar de se encontrarem numa situação desfavorável, têm Carro próprio, o que lhes permite optar por este modo de transporte, já que é mais rápido e mais cómodo e, dependendo da distância e do tempo de viagem, tem um menor custo.

Tabela 14 – Resultados do teste estatístico da razão das MVL com modelo com especificação discreta como base

Modelo	MNL1.8	MNL2.8
Amostra	4064	4064
SpEm	6 Parâmetros	
SpE		12 Parâmetros
LL _{Base}	-2900,56043	-2900,56043
LL	-2900,56043	-2817,56083
-2LL	165,9992	
Graus de Liberdade	6	
Chi ² ($\alpha=0,05$)	12,59	

Dos resultados é ainda possível verificar que, o modelo com combinação de variáveis binárias apresenta um melhor ajustamento do que o modelo com especificação discreta. O teste estatístico a esse ajustamento através da razão das MVL (-2LL) é apresentado na Tabela 14.

O valor crítico de Chi-quadrado para 6 graus de liberdade e um intervalo de confiança de 95% ($\alpha=0,05$), é de 12,59, cerca de 13 vezes inferior ao teste estatístico -2LL, pelo que se pode recusar a hipótese nula de que o “novo” modelo (com especificação de combinação de binárias) não melhora estatisticamente a MVL em relação ao modelo base (com especificação discreta).

Estes resultados sugerem que a especificação com combinação de variáveis binárias é melhor que a especificação discreta, mas justificam outras análises com combinação com outras variáveis de forma a tentar perceber este comportamento menos expectável do nível desempregado(a) devido provavelmente a correlações.

- *Avaliação de comportamentos não lineares*

Após a análise dos resultados anteriores, realizou-se a análise da linearidade dos parâmetros das variáveis binárias para cada nível da situação perante emprego, recorrendo-se ao teste de *Wald* para as

diferentes alternativas (MNL2.8wald_Bus, MNL2.8wald_Walk, e MNL2.8wald_Bike) com duas restrições lineares (2 graus de liberdade). Na Tabela 15 é possível verificar que, a análise qualitativa aparentemente é razoável com uma clara rejeição da linearidade dos parâmetros para os modos Autocarro, A Pé e Bicicleta.

Tabela 15 – Resultados do teste de *Wald* para o modelo MNL2.8 para avaliar a linearidade dos parâmetros da combinação de binárias para situação perante emprego

Modo	Teste <i>Wald</i> Chi-quadrado	Valor crítico para $\alpha=0,05$ e 2GL	Comentário
Autocarro	12.81	5,99	Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
A Pé	19,71		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
Bicicleta	76,09		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada

Na análise com combinação de variáveis binárias verifica-se que, a declividade para as diferentes categorias tem pequenas diferenças. A diferença mais acentuada está associada à categoria de situação estar desempregado(a), cuja utilidade do modo Autocarro é mais afetada (desfavoravelmente) em relação ao modo Carro. Estas características, aliadas ao resultado do teste estatístico da razão das MVL, sugerem claramente que a especificação com combinação de binárias será a mais apropriada.

c) Análise isolada de variáveis caracterizadoras de viagem

i. Distância de viagem

Para a análise da possível influência da distância de viagem entre a origem e o destino da viagem considerou-se a variável distância declarada pelos inquiridos em quilómetro (km). Esta variável apresenta características para uma especificação contínua. No sentido de avaliar este pressuposto, realizou-se um modelo MNL com esta variável utilizando esta especificação. Os resultados desse modelo para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé), são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados dos modelos preliminares da influência da distância de viagem

Modelo	MNL1.9	
Modo	Autocarro	A Pé
DistV	-0,00065	-0,72744***
Amostra	4064	
p-R ²	0,2365296	
MVL (LL)	-2305,57987	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.		

Dos resultados é possível verificar que o modelo tem um valor de ajustamento global significativo $p-R^2 = 0,24$ muito superior às variáveis anteriores. Nos modelos com especificação linear discreta, o sinal negativo indicia uma perda de utilidade das alternativas ao Carro particular com a distância de viagem. Este resultado era expectável, atendendo a que uma maior distância de viagem, geralmente, está associada a uma maior utilização do Carro.

Este resultado revela ainda que, as distâncias mais curtas têm um grande impacto na utilização da alternativa a pé e que este é, portanto, o modo de transporte mais cómodo e mais prático para curtas distâncias.

ii. Duração da viagem

Desta forma, a análise da possível influência da duração da viagem entre a origem e o destino da viagem, considerou-se a variável tempo declarada pelos inquiridos em minutos (min). Esta variável apresenta características para uma especificação contínua. No sentido de avaliar este pressuposto, realizou-se um modelo MNL com esta variável, utilizando a especificação. Os resultados desse modelo para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e A Pé), são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados dos modelos preliminares da influência da duração da viagem

Modelo	MNL1.10	
Modo	Autocarro	A Pé
DurV	0,01822***	-0,01401***
Amostra	4064	
p-R ²	0,0119428	
MVL (LL)	-2983,80242	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.		

Dos resultados é possível verificar que o modelo tem um valor de ajustamento global baixo $p-R^2 = 0,01$. O sinal negativo do parâmetro para o modo a Pé é coerente com o senso comum, uma vez que, tempos de viagem maiores são geralmente avaliados negativamente pela maioria dos indivíduos, ou seja, quanto maior o tempo de viagem menor a sua atratividade. Em relação ao modo Autocarro, um aumento na duração da viagem aumenta ligeiramente a sua atratividade. Isto deve-se ao facto de que, o Autocarro é associado a viagens com uma maior duração, por este modo de transporte praticar velocidades mais baixas e por ser utilizado sensivelmente por pessoas que não têm possibilidade de utilizarem o Carro.

iii. Motivo da viagem

- *Análise comportamental de diferentes especificações*

A variável motivo de viagem é de natureza discreta nominal, não apresentando à partida características para poder ser especificada de forma linear. Para a análise da possível influência do motivo da viagem nas escolhas modais, realizaram-se modelos MNL, utilizando as especificações discreta e combinação de binárias. Os resultados desses modelos para as duas alternativas mais importantes (Autocarro e a Pé) são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultados dos modelos preliminares da influência do motivo de viagem

Modelo	MNL1.11		MNL2.11	
	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
MotiV	-0,16570***	0,31356***		
MotV1			-	-
MotV2			2,20612***	0,77272***
MotV3			-1,35053***	-1,17114***
MotV4			-0,02059	1,31965***
MotV5			-1,17594**	1,04821***
Amostra	4064		4064	
p-R ²	0,0266989		0,0976353	
MVL(LL)	-2939,24098		-2725,02234	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.				

Dos resultados é possível verificar que o modelo com combinação de variáveis binárias apresenta um ajustamento relativamente baixo, em linha com os valores de outras variáveis menos relevantes, mais superior que a especificação discreta linear. Na análise com especificação de combinação de binárias a categoria normalizada representa as viagens com o motivo ir/voltar do trabalho. Tal como esperado, a influência destas variáveis nos diferentes modos é bastante diferente e não apresenta tendências lineares. Apesar destas diferenças é possível constatar algumas tendências coerentes. Todas as

alternativas, exceto A Pé, são avaliadas negativamente para viagens lazer e desporto e compra de bens e serviços relativamente ao automóvel para ir/voltar do trabalho. Todos os modos alternativos, exceto a Bicicleta, apresentam uma influência positiva no caso de viagens para ir/voltar da escola relativamente ao automóvel para ir/voltar do trabalho. O teste estatístico da razão das MVL (-2LL) é apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Resultados do teste estatístico da razão das MVL com modelo com especificação discreta como base

Modelo	MNL1.11	MNL2.11
Amostra	4064	4064
MotiV	6 Parâmetros	
MotV		15 Parâmetros
LL _{Base}	-2939,24098	-2939,24098
LL	-2939,24098	-2725,02234
-2LL	428,43728	
Graus de Liberdade	9	
Chi ² ($\alpha=0,05$)	16,92	

O valor crítico de Chi-quadrado para 9 graus de liberdade e um intervalo de confiança de 95% ($\alpha=0,05$), é de 16,92, cerca de 25 vezes inferior ao teste estatístico -2LL concluindo-se que, o modelo com especificação como combinação de variáveis binárias é estatisticamente mais próximo de zero que o modelo com especificação discreta, e, portanto, melhor.

- Avaliação de comportamentos não lineares

Após a análise dos resultados anteriores, realizou-se a análise da linearidade dos parâmetros das variáveis binárias para cada motivo de viagem recorrendo-se ao teste de *Wald* para as diferentes alternativas (MNL2.11wald_Bus, MNL2.11wald_Walk, e MNL2.11wald_Bike) com duas restrições lineares (2 graus de liberdade). Na Tabela é possível verificar que a análise qualitativa aparentemente é razoável, com uma clara rejeição da linearidade dos parâmetros para os modos Autocarro, A Pé e Bicicleta.

Tabela 20 – Resultados do teste de *Wald* para o modelo MNL2.11 para avaliar a linearidade dos parâmetros da combinação de binárias para o motivo da viagem

Modo	Teste <i>Wald</i> Chi-quadrado	Valor crítico para $\alpha=0,05$ e 2GL	Comentário
Autocarro	27,78	5,99	Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
A Pé	18,05		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada
Bicicleta	121,16		Hipótese nula dos parâmetros serem lineares rejeitada, mas por pouco

Constata-se que, de facto, a variável não apresenta características lineares nem declives similares entre modos. O comportamento, apesar de não linear, apresenta-se ainda assim coerente com o esperado, com uma maior valorização das alternativas ao Carro (com exceção do modo Bicicleta) para viagens de ida/volta da escola. O modo pedonal também se revela o mais atrativo para viagens de lazer e desporto e compras de bens e serviços. Atendendo aos resultados, esta variável não apresenta efetivamente características que possam ser apresentadas por uma variável discreta linear, apresentando-se a especificação não linear com a única forma de captar as espectáveis diferentes influências do motivo da viagem nos diferentes modos de transporte.

d) Síntese das análises Isoladas

Na Tabela 20 apresenta-se um resumo dos resultados das análises anteriores onde é possível avaliar quais as variáveis mais relevantes, justificando a sua inclusão no modelo de base. É também possível comparar os ajustamentos obtidos com diferentes especificações e entre diferentes variáveis. Dessa comparação é possível verificar que as variáveis com grande potencial explicativo serão a existência de licença de condução (Lc), o número de automóveis per capita (NApC), situação perante emprego (SpE), idade do indivíduo (IDD), motivo da viagem (MotV) e a distância de Viagem (DistV). A variável rendimentos per capita Binária (RpCa) apesar de apresentar um ajustamento semelhante à sua especificação discreta (RpC), não se rejeitou a hipótese nula de que, a variável com especificações binárias não melhora o modelo. Este resultado indicia algum problema que justifica ser alvo de mais análises antes de ser considerada como variável base. Sugere-se uma verificação se a sua formulação (combinação de outras variáveis relevantes) não estará a replicar informação já introduzida pelas suas variáveis primárias.

Tabela 21 – Síntese dos resultados dos modelos preliminares com as diferentes

Modelo	Esp. Discreta	Esp. Contínua	Comb. Binárias	Amostra	p-R²	LL
1.1	RpC			4064	0,0074194	-2997,46235
2.1			RpCa	4064	0,0074935	-2997,23871
1.2			Sx	4064	0,0089311	-2992,89731
1.3	ID			4064	0,0255446	-2942,72692
2.3			IDD	4064	0,0655733	-2821,84528
1.4	Nin			4064	0,0221389	-2953,01150
2.4			NI	4064	0,0261895	-2940,77928
1.5		NAPC		4064	0,0716575	-2803,47191
1.6			DBike	4064	0,0092420	-2991,95843
1.7			LC	4064	0,0924128	-2740,79352
1.8	SpEm			4064	0,0395076	-2900,56043
2.8			SpE	4064	0,0669921	-2817,56083
1.9		DistV		4064	0,2365296	-2305,57987
1.10		DurV		4064	0,0119428	-2983,80242
1.11	MotIV			4064	0,0266989	-2939,24098
2.11			MotV	4064	0,0976353	-2725,02234

e) Avaliação de correlação entre variáveis

Atendendo aos resultados anteriores e às variáveis mais relevantes de cada vetor de intervenção, procurou-se avaliar se essa relevância se mantinha com a sua combinação, potenciando a sua utilização num modelo base a ser incluído nos modelos mais complexos, ou se pelo contrário a sua utilização simultânea perdia relevância ou coerência.

Atendendo ainda aos resultados verificados com os modelos com apenas uma variável, independentemente da sua especificação, estudou-se também a possibilidade de algumas aparentes incoerências com o senso comum poderem ser explicadas e ultrapassadas através da conjugação dessa variável em simultâneo com outra cujo modelo coordenado/cruzado resultasse em valores mais coerentes.

i. Correlação entre o número de automóveis per capita e a existência de licença de condução

As duas variáveis socioeconómicas com aparente impacto nas escolhas modais foram o número de automóveis per capita (NAPC) e a existência de licença de condução (LC). No entanto, a sua utilização em separado não permite o teste de eventuais efeitos de potenciação ou atenuação, resultantes da sua utilização combinada. Para avaliar esta hipótese realizou-se uma análise de correlações entre a

especificação binária da licença de condução e a especificação contínua do número de automóveis per capita através do coeficiente de *Pearson*, e combinaram-se estas duas variáveis, comparando os resultados à luz do senso comum. Esses resultados são apresentados na Tabela 22 e Tabela 23, respetivamente.

Tabela 22 – Resultados da análise de correlação entre as variáveis, número de automóveis per capita e Licença de condução através do software SPSS®

Correlações			
		NApC	LC
NApC	Correlação de Pearson	1	0,385**
	Sig. (2 extremidades)		0,000
	N	4064	4064
LC	Correlação de Pearson	0,385**	1
	Sig. (2 extremidades)	0,000	
	N	4064	4064
** . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).			

Tabela 23 – Resultados do modelo MNL exploratório combinando o número de automóveis per capita e Licença de condução

Modelo	MNL1.5		MNL1.7		MNL3.1	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
NApC	-1,82511***	-2,80495***			-0,50588**	-1,99814***
LC			-2,22839***	-1,71004***	-2,08375***	-1,20435***
Amostra	4064		4064		4064	
p-R ²	0,0716575		0,0924128		0,1195748	
MVL (LL)	-2803,47191		-2740,79352		-2658,76794	
Restrições	6		6		9	
GL	Base		-		3	
			Base		3	
-2LL	Base		-		289,40794	
			Base		164,05116	
Chi ² (α=0,05)	Base		-		7,81	
			Base		7,81	
AIC	5618.9		5493,6		5335,5	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.						

É possível constatar que, os resultados sugerem pouca correlação, entre as variáveis, número de automóveis *per capita* e licença de condução. Apesar de baixa, o coeficiente tem sinal e comportamento coerente.

Dos resultados da Tabela 23, é possível constatar que, apesar da diminuição em grandeza, os sinais e comportamento dos parâmetros do modelo combinado se mantiveram coerentes. O modelo combinado melhora o ajustamento em relação a qualquer um dos modelos isolados, e o teste estatístico -2LL permite concluir que, estatisticamente o modelo combinado é melhor que cada um dos modelos isolados. O ajustamento global do modelo melhorou consideravelmente, mas verifica-se que, não corresponde à soma dos ajustamentos dos modelos isolados (0,1640703). Este resultado sugere que, os ajustamentos não são aditivos, ou seja, que deve haver alguma informação sobreposta em cada uma das variáveis incluídas. Ainda assim, as variáveis em conjunto têm uma capacidade explicativa muito significativa e coerente, considerando-se fazer sentido a sua inclusão combinada no modelo base a usar como referência para avaliação de outros modelos mais complexos.

ii. Correlação entre a idade do indivíduo e o nível de instrução

Das análises anteriores foi possível constatar que, existiam algumas discrepâncias nos resultados do modelo com incorporação isolada do nível de instrução, nomeadamente, para o nível analfabeto. Postulou-se a hipótese de que, essas discrepâncias podiam resultar por haver uma grande parte de crianças em idade pré-escolar (e, portanto, analfabeta ainda) que utilizava o automóvel por serem levadas pelos pais, ficando assim com as suas escolhas modais inteiramente dependentes das escolhas dos mesmos e, portanto, associadas ao correspondente nível de instrução dos mesmos. Esta hipótese, se for confirmada, leva a uma distorção dos resultados num modelo que incorpore apenas a variável nível de instrução. Para avaliar esta hipótese, realizou-se uma análise de correlações entre as especificações binárias e combinaram-se as variáveis idade do indivíduo e nível de instrução comparando os resultados à luz do senso comum. Esses resultados são apresentados na Tabela 24 e na Tabela 25, respetivamente.

Tabela 24 – Resultados da análise de correlação entre as variáveis, idade do indivíduo e nível de instrução através do software SPSS©

Correlações					
		NI1	NI2	NI3	NI4
Idd1	Correlação de Pearson	0.407**	0.102**	-0.170**	-0.196**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
Idd2	Correlação de Pearson	-0.090**	-0.019	0.173**	-0.085**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.214	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
Idd3	Correlação de Pearson	-0.174**	-0.256**	0.127**	0.281**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
Idd4	Correlação de Pearson	-0.148**	0.156**	-0.067**	-0.034*
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.028
	N	4064	4064	4064	4064
Idd5	Correlação de Pearson	0.151**	0.060**	-0.079**	-0.083**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
**. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).					
*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).					

Tabela 25 – Resultados do modelo MNL exploratório combinando a idade do indivíduo com o nível de instrução

Modelo	MNL2.4		MNL2.3		MNL3.2	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
NI1	1,28290***	1,08006***	-	-	0,50580	0,74419***
NI2	1,56931***	0,84773***	-	-	1,20891***	0,57828***
NI3	0,85901***	0,05003	-	-	0,38628	-0,09386
NI4	-	-	-	-	-	-
IDD1	-	-	1,75432***	0,93837***	1,34217***	0,47854***
IDD2	-	-	2,15911***	1,32387***	1,99349***	1,27285***
IDD3	-	-	-	-	-	-
IDD4	-	-	0,33589	1,10150***	0,04263	0,92121***
IDD5	-	-	0,49798*	1,89069***	0,20978	1,63247***
Amostra	4064		4064		4064	
p-R ²	0,0261895		0,0655733		0,0805710	
MVL (LL)	-2940,77928		-2821,84528		-2776,55438	
Restrições	12		15		24	
GL	Base		3		12	
			Base		9	
-2LL	Base		237,868		328,4498	
			Base		90,5818	
Chi ² (α=0,05)	Base		7,81		21,03	
			Base		16,92	
AIC	5905,6		5673,7		5601,1	

Modelo	MNL2.4	MNL2.3	MNL3.2
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.			

É possível constatar na Tabela 24 que não existe uma forte correlação entre as crianças dos 0 e aos 14 anos e o nível de instrução analfabeto, sendo as restantes correlações fracas ou inexistentes, embora coerentes. O escalão de idades entre 15 e 24 anos não apresenta correlação com o nível de instrução ensino básico completo. Para o escalão de idades entre 45 e os 64 anos, existe correlações muito fracas com os níveis de instrução ensino secundário completo e ensino superior. O Escalão de idades igual ou superior a 65 anos, apresenta fracas correlações com os níveis de instrução ensino básico completo, ensino secundário completo e ensino superior completo.

Os resultados da Tabela 25 demonstram que o modelo combinado melhorou o ajustamento global, sendo o $p-R^2$ combinado muito próximo do somatório dos $p-R^2$ dos modelos parcelares ($0,0805710 < 0,0917628$). Este resultado sugere que a capacidade explicativa que ambas as variáveis introduzem no modelo é essencialmente aditiva. Além disso, os sinais dos parâmetros passaram a ser todos coerentes, com a discrepância para o nível de instrução analfabeto atenuada, passando os parâmetros a ter um comportamento decrescente com o aumento do nível de instrução. Por fim, o teste estatístico -2LL rejeita a hipótese nula de que o modelo combinado não seja melhor que ambos os modelos isolados.

iii. Correlação entre a distância de viagem e a duração da viagem

A variável distância de viagem apresenta, aparentemente, um forte impacto nas escolhas modais. Por outro lado, a duração apesar de, aparentemente, não apresentar um forte impacto, está muitas vezes relacionada com a distância de viagem. Tendo em conta os objetivos do trabalho e uma vez que, estas viagens são usualmente efetuadas para uma variação ligeira da distância de viagem, considera-se que a duração é uma variável muito importante para a escolha modal. Assim sendo, para avaliar esta hipótese, realizou-se uma análise de correlações entre as especificações contínuas das variáveis, distância de viagem e duração da viagem através do coeficiente de *Pearson* e combinaram-se estas duas variáveis, comparando os resultados à luz do senso comum. Esses resultados são apresentados na Tabela 26 e Tabela 27, respetivamente.

Tabela 26 – Resultados da análise de correlação entre as variáveis, distância de viagem e duração da viagem através do software SPSS®

Correlações			
		DistV	DurV
DistV	Correlação de Pearson	1	0,726**
	Sig. (2 extremidades)		0,000
	N	4064	4064
DurV	Correlação de Pearson	0,726**	1
	Sig. (2 extremidades)	0,000	
	N	4064	4064
**. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).			

Tabela 27 – Resultados do modelo MNL exploratório combinando a distância de viagem e a duração da viagem

Modelo	MNL1.9		MNL1.10		MNL3.3	
Modo	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé	Autocarro	A Pé
DistV	-0,00065	-0,72744***			-0,04072***	-1,66193***
DurV			0,01822***	-0,01401***	0,04546***	0,18368***
Amostra	4064		4064		4064	
p-R ²	0,2365296		0,0119428		0,3714186	
MVL (LL)	-2305,57987		-2983,80242		-1898,23294	
Restrições	6		6		9	
GL	Base		-		3	
			Base		3	
-2LL	Base		-		814,69386	
			Base		2171,13896	
Chi ² ($\alpha=0,05$)	Base		-		7,81	
			Base		7,81	
AIC	4623,2		5979,6		3814,5	
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.						

É possível constatar que os resultados sugerem uma correlação muito forte entre a distância de viagem e duração da viagem, sugerindo uma forte influência da distância de viagem na duração da mesma. Assim sendo, num modelo que incorpore estas duas variáveis a influência da variável duração da viagem irá ser fortemente enviesada pela presença da variável distância de viagem. Por conseguinte, apesar da aparente forte influência da distância de viagem nas escolhas modais, tendo em conta os objetivos do trabalho, considera-se a duração da viagem uma variável essencial para a avaliação da resiliência no sistema de transporte e mobilidade urbana. Neste sentido, opta-se pela escolha da variável duração da viagem para futuros modelos com combinação de variáveis.

Dos resultados da Tabela 27 é possível constatar que existe um aumento em grandeza dos coeficientes, os sinais e comportamento dos parâmetros do modelo combinado se mantiveram coerentes. O modelo combinado melhora o ajustamento em relação a qualquer um dos modelos isolados, e o teste estatístico -2LL permite concluir que, estatisticamente, o modelo combinado é melhor do que cada um dos modelos isolados. O ajustamento global do modelo melhorou consideravelmente, sendo muito superior à soma dos ajustamentos dos modelos isolados (0,2484724). Este resultado sugere que os ajustamentos não são aditivos, ou seja, que parece haver alguma informação dispersa em cada uma das variáveis incluídas. Por fim, apesar do resultado do ajustamento do modelo combinado, tendo em conta as correlações entre estas duas variáveis não é sugerida a incorporação destas duas variáveis juntas em modelos com combinação de variáveis.

iv. Correlação entre a situação perante emprego e a idade do indivíduo

Por fim, existe a possibilidade de a idade do indivíduo influenciar fortemente a situação perante emprego, principalmente os indivíduos da classe 4, i.e., os indivíduos em que a situação de emprego não é aplicada, poderão estar fortemente correlacionados com a classe de idades 0 aos 14 anos. Esta hipótese, se for confirmada, leva a uma distorção dos resultados num modelo que incorpore apenas a variável situação perante emprego. Para avaliar esta hipótese, realizou-se uma análise de correlações entre as especificações binárias, esses resultados são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Resultados da análise de correlação entre as variáveis, idade do indivíduo e situação perante emprego através do software SPSS©

		Correlações			
		SpE1	SpE2	SpE3	SpE4
ldd1	Correlação de Pearson	-0.407**	-0.081**	-0.201**	1.000**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
ldd2	Correlação de Pearson	-0.194**	0.024	0.288**	-0.116**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.122	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
ldd3	Correlação de Pearson	0.437**	0.010	-0.332**	-0.236**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.514	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
ldd4	Correlação de Pearson	0.266**	0.097**	-0.181**	-0.240**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.000
	N	4064	4064	4064	4064
ldd5	Correlação de Pearson	-0.416**	-0.093**	0.615**	-0.140**
	Sig. (2 extremidades)	0.000	0.000	0.000	0.000

Correlações					
		SpE1	SpE2	SpE3	SpE4
	N	4064	4064	4064	4064
**. A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).					

É possível constatar na Tabela 28 que, efetivamente existe uma correlação muito forte entre as crianças dos 0 aos 14 anos e a não aplicação da situação perante emprego. O escalão etário +65 anos, apresenta correlação forte com a situação perante emprego reformado, estudante, incapacitado. Para o escalão de idades dos 25 aos 44 anos, aparentemente, a amostra inclui mais pessoas empregadas. Os inquiridos da amostra com idades entre 15 e 24 anos apresentam correlações positivas para as situações perante emprego, desempregado (a) e reformado, estudante, incapacitado, etc. É de salientar que, devido ao facto de existir uma forte correlação entre a classe de idades entre 0 e 14 anos e a situação perante emprego não aplicável tornou impossível a execução do modelo Logit Multinomial com estas duas variáveis. Assim sendo, visto que a idade influencia mais as escolhas modais e, segundo a literatura, a variável idade tem maior importância em modelos de escolha modal. Desta forma, a variável situação perante emprego é excluída de futuras modelações com combinação de várias variáveis.

f) Síntese

Nesta secção, foram utilizados modelos MNL para realizar análises preliminares sobre as variáveis, e as suas diferentes especificações que apresentavam maior potencial para simular o processo de decisão nas escolhas modais. Atendendo às tipologias de especificações mais comuns, compararam-se a coerência de sinais, os ajustamentos globais e a eventual relação linear entre as grandezas dos seus parâmetros.

A suspeita de eventuais correlações ou complementaridade entre algumas variáveis, justificou um estudo mais pormenorizado das mesmas. Estas análises foram realizadas através de coeficientes de *Pearson*, e também da comparação dos resultados de modelos MNL exploratórios com a sua combinação.

De forma resumida, pode verificar-se que, as variáveis que se identificaram como mais relevantes nas escolhas modais foram a existência de licença de condução (Lc), o número de automóveis *per capita* (NApC), situação perante emprego (SpE), idade do indivíduo (IDD), motivo da viagem (MotV) e a distância de viagem (DistV). A variável rendimentos per capita Binária (RpCa) apesar de apresentar um ajustamento semelhante à sua especificação discreta (RpC), não se rejeitou a hipótese nula de que, a variável com

especificações binárias não melhora o modelo. Este resultado indicia algum problema que justifica ser alvo de mais análises antes de ser considerada como variável base.

Por outro lado, e tendo em conta a literatura e os objetivos do trabalho, optou-se pela exclusão da variável situação perante emprego (SpE) pela forte correlação com a variável idade do indivíduo que impossibilita a execução de modelos MNL, incorporando ambas. Mas também da variável distância de viagem (DistV), devido à forte correlação com a variável duração da viagem. Ora, esta exclusão deve-se ao facto da duração da viagem, tendo em conta os objetivos do trabalho, ser considerada mais importante para a avaliação da resiliência no sistema de transportes e mobilidade urbana.

Por conseguinte, a partir dos resultados das análises preliminares, foi possível identificar quais as variáveis e especificações que, potencialmente, poderão fornecer melhores resultados. A Tabela 29 apresenta o resumo das variáveis que se revelaram mais significativas, bem como a sua classificação relativamente ao modelo base combinado.

Tabela 29 – Síntese das variáveis e especificações sugeridas para os modelos combinados

Designação	Variável	Base	Adicional	Especificação
Rendimento Líquido Mensal <i>perCapita</i> (€/mês/hab.)	RpCa		X	Binária
Sexo do Indivíduo (0=F, 1=M)	Sx		X	Binária
Idade do Indivíduo	IDD	X		Binária
Nível de instrução	NI		X	Binária
Número de Automóveis <i>per Capita</i> (Veic./ hab.)	NAPC	X		Contínua
Disponibilidade de Bicicleta no Agregado Familiar (0=N, 1=S)	DBike		X	Binária
Licença de Condução (0=N, 1=S)	LC	X		Binária
Duração da Viagem (minutos)	DurV		X	Contínua
Motivo da Viagem	MotV	X		Binária

1. Modelações combinadas

A partir da avaliação isolada das diferentes especificações de cada variável, foi possível aferir o seu potencial explicativo nas escolhas modais da população em estudo e qual a especificação com melhores resultados. Assim sendo, nesta secção será avaliada a possibilidade da sua combinação integrada em modelações mais completas. Este estudo foi feito de forma progressiva, com a formulação de um modelo exploratório de base, ao qual foram acrescentadas sucessivamente mais variáveis. Em cada iteração, avaliou-se a estabilidade dos parâmetros, a coerência dos sinais e dos seus comportamentos e a melhoria

do ajustamento global, comparativamente ao modelo até aí identificado como melhor. Este procedimento permitiu explorar quais as variáveis a integrar no modelo final. Assim sendo, nesta secção é apresentada a evolução do ajustamento com a introdução de diferentes variáveis seleccionadas.

Os resultados dos outputs do programa NLogit© anexados em formato digital no anexo C-2.

a) Modelos Logit Multinomiais com combinação de variáveis

i. Modelo base

Os resultados obtidos na secção anterior, ou seja, das variáveis que maior capacidade explicativa demonstram, levou à consideração do modelo MNL4.1 como modelo de base, que inclui as variáveis:

- IDD: Combinação de variáveis binárias sobre Idade do Indivíduo;
- NApC: Variável discreta sobre o número de automóveis per capita (veíc./hab);
- LC: Variável binária Licença de condução (0-Não; 1-Sim);
- MotV: Combinação de variáveis binárias sobre o motivo da viagem.

Dos resultados apresentados na Tabela 30, destaca-se o ajustamento global do modelo de base (p - $R^2=0,2136048$), significativo, sugerindo que estas variáveis têm efetivamente grande capacidade explicativa nas escolhas modais.

Tabela 30 – Resultados do modelo exploratório de base MNL4.1

Variáveis	MNL4.1			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
Constante	-1,16298***	-0,05717	-2,08133***	
IDD1	-1,71368***	-0,99388***	-99,7025	Parâmetros sem sinal e comportamento coerentes
IDD2	-0,26881	0,06438	-0,32081	
IDD3	-	-	-	
IDD4	0,36299	0,94681***	0,64659*	
IDD5	0,31367	0,85899***	-0,96329	
NApC	-1,02977***	-1,86653***	-0,45437	Parâmetros com sinal e grandeza coerentes
LC	-1,80278***	-1,48645***	-2,09464***	Parâmetros com sinal e grandeza coerentes
MotV1	-	-	-	Parâmetros sem sinal e comportamento coerentes (exceto a Bicicleta)
MotV2	2,01419***	0,58803***	-100,768	
MotV3	-1,45917***	-1,30075***	-100,372	
MotV4	-0,41576	0,83850***	-0,19033	
MotV5	-1,62470***	0,46445***	-0,27970	
Amostra	4064			
p-R ²	0,2136048			Bom Ajustamento
LL	-2374,80975			

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Em relação aos parâmetros das variáveis para os diferentes modos, é possível constatar:

- **IDD:** Parâmetros não apresentam sinal coerente na maioria das categorias, mostrando um aumento da utilidade dos modos alternativos com o aumento da idade. Isto deve-se ao facto de os grupos etários utilizarem muito o Carro pelo facto de serem os pais a levá-los à escola ou atividades de lazer. Verifica-se então um valor incomum no modo Bicicleta, devido ao facto de não existir nenhuma observação com a característica IDD1.
- **NACp:** Parâmetros com comportamento e sinal coerentes. No modelo, o sinal negativo indicia uma perda de utilidade das alternativas ao Carro com o aumento do número de automóveis ligeiros per capita no agregado familiar, indicando que, a não existência de automóvel disponível no agregado tem um impacto significativo na utilização das alternativas;
- **LC:** Parâmetros apresentam sinal coerente, diminuindo a utilidade de todas as alternativas com a existência de licença de condução. Os modos mais penalizados são os modos Autocarro e Bicicleta, seguido do modo A Pé;
- **MotV:** Parâmetros apresentam sinal coerente e, tal como esperado, a influência desta variável nos diferentes modos é bastante diferente e não apresenta tendências lineares. Porém, apesar destas diferenças, é possível constatar algumas tendências coerentes. Todas as alternativas, exceto o modo A Pé, são avaliadas negativamente para viagens de lazer e desporto e de compra de bens e serviços, relativamente ao automóvel para ir/voltar do trabalho. Apesar de todos os modos alternativos, exceto a Bicicleta, apresentam uma influência negativa no caso de viagens para ir/voltar da escola relativamente ao automóvel para ir/voltar do trabalho. Porém, a falta de observações nesta categoria no modo Bicicleta não permite retirar nenhuma conclusão válida.

ii. Modelo base com inclusão de mais variáveis socioeconómicas

Após a definição do modelo base começou a avaliar-se a possibilidade de melhorar o modelo através da inclusão de variáveis que, nas análises exploratórias isoladas, apresentaram resultados coerentes e significativos, embora com menor capacidade explicativa que as de base.

- Nível de instrução (NI)

Tendo em conta que, o nível de instrução apresenta o maior poder explicativo das restantes variáveis socioeconómicas, esta foi a primeira variável adicionada ao modelo base.

A comparação dos resultados do modelo de referência com o modelo adicionando o nível de instrução, é apresentada na Tabela 31.

Tabela 31 – Comparação do modelo de referência MNL4.1 com o modelo MNL4.2

Variáveis	MNL4.1			MNL4.2			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
Constante	-1,16298***	-0,05717	-2,08133***	-1,64404***	0,09367	-2,47917***	Sinais e grandezas alteraram
IDD1	-1,71368***	-0,99388***	-99,7025	-1,69642***	-0,88870***	-100,036	Sinais e grandezas estáveis
IDD2	-0,26881	0,06438	-0,32081	-0,44817	0,06521	-0,15007	
IDD3	-	-	-	-	-	-	
IDD4	0,36299	0,94681***	0,64659*	0,25256	0,97808***	0,48585	
IDD5	0,31367	0,85899***	-0,96329	0,30813	0,92063***	-1,36579*	
NAPc	-1,02977***	-1,86653***	-0,45437	-0,97437***	-1,88486***	-0,40522	Sinais e grandezas estáveis
LC	-1,80278***	-1,48645***	-2,09464***	-1,71631***	-1,54876***	-1,81690***	Sinais estáveis, grandezas da Bicicleta alteraram
MotV1	-	-	-	-	-	-	Sinais e grandezas estáveis
MotV2	2,01419***	0,58803***	-100,768	2,07305***	0,60393***	-100,690	
MotV3	-1,45917***	-1,30075***	-100,372	-1,46823***	-1,28130***	-100,342	
MotV4	-0,41576	0,83850***	-0,19033	-0,39851	0,85395***	-0,31451	
MotV5	-1,62470***	0,46445***	-0,27970	-1,63464***	0,47356***	-0,32658	
NI1	-	-	-	-0,19336	-0,44111*	1,56475**	Comportamento dos parâmetros inverte sentido e passa a ser crescente com o aumento da instrução.
NI2	-	-	-	0,61614**	-0,16882	0,48000	
NI3	-	-	-	0,58059*	-0,12436	-0,28069	
NI4	-	-	-	-	-	-	
Amostra	4064			4064			
p-R ²	0,2136048			0,2173043			Ajustamento global melhora ligeiramente
LL	-2374,80975			-2363,63773			
Param.	33			42			
GL	9						
-2LL	22,34404						Hipótese nula dos modelos serem iguais pode ser recusada
Chi ² (α=0,05)	16,92						

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

É possível constatar que o modelo combinado com a inclusão da variável nível de instrução, apresenta um ajustamento ligeiramente melhor e que essa melhoria tem significância estatística (-2LL é cerca de 1,5 vezes superior ao valor crítico da estatística de chiquadrado). No que toca aos parâmetros das diferentes variáveis, verificou-se o seguinte:

- Variáveis base:

- IDD: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
- NAp: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
- LC: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
- MotV: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
- Nível de Instrução (NI): Considerando os parâmetros do nível de instrução, esta variável apresentou uma redução na grandeza de alguns parâmetros, havendo alteração de comportamento e de sinal dos mesmos. O modo Bicicleta mantém o comportamento decrescente, porém, a grandeza dos parâmetros foi reduzida, indicando assim que, o Carro terá menor atratividade para o nível de instrução 1 (sem nível de instrução ou o 1º ciclo do ensino básico incompleto), do que para os indivíduos dos outros níveis de instrução. Já para o modo Autocarro, verificou-se uma alteração de comportamento, passando de uma tendência decrescente para uma tendência crescente, com sinal negativo para a primeira categoria. Este resultado, analisado isoladamente, não é totalmente coerente com o senso comum, uma vez que sugere que o Autocarro é uma alternativa menos útil para analfabetos, do que o Carro para indivíduos com ensino superior. O modo pedonal, além da redução da grandeza, mudou também para sinal negativo ou para parâmetros sem significância estatística, sugerindo que o nível de instrução não tem impacto na utilidade deste modo relativamente ao uso do Carro por indivíduos com formação superior, mas também que, para os restantes níveis de instrução, o modo pedonal é menos atrativo que o Carro. Lembra-se, no entanto, que a avaliação destes resultados tem de ser enquadrada pelo facto de que, a maior parte dos indivíduos analfabetos são crianças até aos 5 anos sem opção de escolha por viajarem com os pais.

- Disponibilidade de Bicicleta no agregado (DBike)

Tendo em conta a lógica seguida na análise anterior, a disponibilidade de Bicicleta no agregado apresenta o segundo maior poder explicativo das restantes variáveis socioeconómicas, esta variável foi adicionada ao modelo anterior visto que o mesmo apresenta um melhor ajuste dos dados e essa melhoria tem significância estatística. A comparação dos resultados do modelo MNL4.2 com o modelo adicionando a disponibilidade de Bicicleta no agregado é apresentada na Tabela 32.

Tabela 32 – Comparação do modelo de referência MNL4.2 com o modelo MNL4.3

Variáveis	MNL4.2			MNL4.3			Observações				
	Modo	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé		Bicicleta			
Constante	-	1,64404***	0,09367	-	2,47917***	1,64075***	-0,05789	-	5,19407***	Sinais e grandezas alteraram	
IDD1	-	1,69642***	-	-100,036	-	1,68366***	-	-	-100,430	Sinais e grandeza estáveis	
IDD2	-0,44817	0,06521	-0,15007	-0,43180	0,04330	-0,32686					
IDD3	-	-	-	-	-	-					
IDD4	0,25256	0,97808***	0,48585	0,25029	1,00388***	0,67446*					
IDD5	0,30813	0,92063***	-1,36579*	0,31418	1,00373***	-0,77203					
NAPc	-	0,97437***	-	-0,40522	-	0,93002***	-	-	-0,70613	Sinais e grandeza estáveis	
LC	-	1,71631***	-	-	-	1,71271***	-	-	1,55988***	1,97914***	Sinais e grandeza estáveis
MotV1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sinais e grandeza estáveis (exceto Bicicleta)	
MotV2	2,07305***	0,60393***	-100,690	2,07006***	0,60103***	-100,276					
MotV3	-	1,46823***	-	-100,342	-	1,45922***	-	-	-100,078		
MotV4	-0,39851	0,85395***	-0,31451	-0,41015	0,87067***	-0,06622					
MotV5	-	1,63464***	0,47356***	-0,32658	-	1,63366***	0,48161***	-	-0,35409		
NI1	-0,19336	-0,44111*	1,56475**	-0,19548	-0,44213*	1,92015**				Sinais e grandeza estáveis	
NI2	0,61614**	-0,16882	0,48000	0,61142**	-0,15255	0,57408					
NI3	0,58059*	-0,12436	-0,28069	0,56669*	-0,10543	-0,12520					
NI4	-	-	-	-	-	-					
DBike	-	-	-	-	-0,05452	0,30327***	-	-	3,55642***	Grandezas estáveis, alteração do sinal no modo A Pé	
Amostra	4064			4064							
p-R ²	0,2173043			0,2283888						Ajustamento global melhora ligeiramente	
LL	-2363,63773			-2330,16410							
Param.	42			45							
GL	3			3							
-2LL	66,9472			66,9472						Hipótese nula dos modelos serem iguais pode ser recusada	
Chi ² ($\alpha=0,05$)	7,81			7,81							

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

É possível verificar que, o modelo combinado com a inclusão da variável disponibilidade de Bicicleta no agregado, apresenta um ajustamento muito melhor e que, essa melhoria tem significância estatística (-2LL é cerca de 8,5 vezes superior ao valor crítico da estatística de chiquadrado). Em relação aos parâmetros das diferentes variáveis, verificou-se o seguinte:

- Variáveis base:
 - IDD: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - NAp: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - LC: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - MotV: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares, exceto para o motivo 4 (lazer e desporto) para o modo Bicicleta em que, a atratividade apesar de ser negativa, aumentou moderadamente em relação ao modo Carro;
 - NI: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
- Disponibilidade de Bicicleta no agregado (DBike): Relativamente à variável disponibilidade de Bicicleta no agregado, esta passa a melhorar a atratividade do modo A Pé (o sinal inverte-se e a grandeza mantém-se estável), sendo esta ligeiramente maior do que a do Carro. Para os restantes modos alternativos, Autocarro e Bicicleta, não se verificou alterações de comportamento e grandeza, sendo o modo Bicicleta o que apresenta maior atratividade como era expectável.
- Sexo do indivíduo (Sx)

A variável socioeconómica sexo do indivíduo apresenta o segundo menor poder explicativo das restantes variáveis socioeconómicas. Ora, esta variável foi adicionada ao modelo anterior, visto que o mesmo apresenta um melhor ajuste dos dados e essa melhoria tem significância estatística. A comparação dos resultados do modelo MNL4.3 com o modelo adicionando o sexo do indivíduo é apresentada na Tabela 33.

Tabela 33 – Comparação do modelo de referência MNL4.3 com o modelo MNL4.4

Variáveis	MNL4.3			MNL4.4			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
Constante	- 1,64075***	-0.05789	- 5,19407***	- 1,66238***	-0,02870	- 5,33637***	Sinais e grandeza estáveis
IDD1	- 1,68366***	- 0,91523***	-100,430	- 1,69450***	- 0,85732***	-100,513	Sinais e grandeza estáveis
IDD2	-0,43180	0,04330	-0,32686	-0,44336	0,06101	-0,41681	
IDD3	-	-	-	-	-	-	
IDD4	0,25029	1,00388***	0,67446*	0,25672	0,99555***	0,70590*	
IDD5	0,31418	1,00373***	-0,77203	0,31378	1,02568***	-0,78146	
NApC	- 0,93002***	- 1,92794***	-0,70613	-,92835***	- 1,92273***	- -0,72745	Sinais e grandeza estáveis

Variáveis	MNL4.3			MNL4.4			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
LC	- 1,71271***	- 1,55988***	- 1,97914***	- 1,73006***	- 1,49618***	- 2,13085***	Sinais e grandeza estáveis
MotV1	-	-	-	-	-	-	Sinais e grandeza estáveis
MotV2	2,07006***	0,60103***	-100,276	2,07040***	0,59878***	-100,286	
MotV3	- 1,45922***	- 1,30008***	-100,078	- 1,45036***	- 1,32514***	-99,9234	
MotV4	-0,41015	0,87067***	-0,06622	-0,40594	0,87029***	-0,06013	
MotV5	- 1,63366***	0,48161***	-0,35409	- 1,61904***	0,44514***	-0,17099	
NI1	-0,19548	-0,44213*	1,92015**	-0,19991	-0,42072*	1,78098**	Sinais e grandeza estáveis
NI2	0,61142**	-0,15255	0,57408	0,60782**	-0,13214	0,51372	
NI3	0,56669*	-0,10543	-0,12520	0,56575*	-0,09338	-0,15536	
NI4	-	-	-	-	-	-	
DBike	-0,05452	0,30327***	3,55642***	-0,06202	0,31613***	3,54530***	Sinais e grandeza estáveis
Sx	-	-	-	0,07418	-0,20975**	0,52048	Comportamento estável, melhoria das utilidades
Amostra	4064			4064			
p-R ²	0,2283888			0,2297728			Ajustamento global melhora ligeiramente
LL	-2330,16410			-2325,98463			
Param.	45			48			
GL	3						
-2LL	8,35894						Hipótese nula dos modelos serem iguais pode ser recusada
Chi ² ($\alpha=0,05$)	7,81						
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.							

É possível constatar que, o modelo combinado com a inclusão da variável sexo do indivíduo apresenta um ajustamento ligeiramente melhor e que essa melhoria tem significância estatística (-2LL é cerca de 1,1 vezes superior ao valor crítico da estatística de chiquadrado). Em relação aos parâmetros das diferentes variáveis, verificou-se o seguinte:

- Variáveis base:
 - IDD: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - NAp: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - LC: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - MotV: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - NI: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;

- DBike: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
- Sexo do Indivíduo (Sx): Relativamente à variável sexo do indivíduo, esta passa a melhorar a utilidade de todos os modos em relação aos homens, verificando-se uma maior utilidade dos modos Autocarro e Bicicleta em relação ao Carro. Já o modo Pedonal continua a ter mais utilidade para as mulheres em alternativa ao Carro, porém, o impacto da mesma sofreu uma redução.
- Rendimento líquido mensal per capita

A variável socioeconómica rendimento líquido mensal *per capita* apresenta o menor poder explicativo das restantes variáveis socioeconómicas. Esta variável foi adicionada ao modelo anterior visto que, o mesmo apresenta um melhor ajuste dos dados e essa melhoria tem significância estatística. A comparação dos resultados do modelo MNL4.4 com o modelo adicionando rendimento líquido mensal *per capita* é apresentada na Tabela 34.

Tabela 34 – Comparação do modelo de referência MNL4.4 com o modelo MNL4.5

Variáveis	MNL4.4			MNL4.5			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
Constante	- 1,66238***	-0,02870	- 5,33637***	- 1,64663***	-0,04277	- 5,77960***	Sinais e grandeza estáveis
IDD1	- 1,69450***	- 0,85732***	-100,513	- 1,69430***	- 0,86021***	-100,811	Sinais e grandeza estáveis
IDD2	-0,44336	0,06101	-0,41681	-0,43890	0,05765	-0,47044	
IDD3	-	-	-	-	-	-	
IDD4	0,25672	0,99555***	0,70590*	0,25570	0,99893***	0,77529**	
IDD5	0,31378	1,02568***	-0,78146	0,31201	1,03562***	-0,63716	
NAPC	- 0,92835***	- 1,92273***	-0,72745	- 0,93697***	- 1,90667***	-0,45409	Sinais e grandeza estáveis
LC	- 1,73006***	- 1,49618***	- 2,13085***	- 1,72141***	- 1,49684***	- 2,19869***	Sinais e grandeza estáveis
MotV1	-	-	-	-	-	-	Sinais e grandeza estáveis
MotV2	2,07040***	0,59878***	-100,286	2,06945***	0,59817***	-100,360	
MotV3	- 1,45036***	- 1,32514***	-99,9234	- 1,44578***	- 1,33283***	-100,105	
MotV4	-0,40594	0,87029***	-0,06013	-0,40471	0,86794***	-0,19164	
MotV5	- 1,61904***	0,44514***	-0,17099	- 1,61373***	0,44538***	-0,23129	
NI1	-0,19991	-0,42072*	1,78098**	-0,17550	-0,42427*	1,71279**	Sinais e grandeza estáveis
NI2	0,60782**	-0,13214	0,51372	0,62565**	-0,13602	0,29845	
NI3	0,56575*	-0,09338	-0,15536	0,57813*	-0,09400	-0,29026	
NI4	-	-	-	-	-	-	
DBike	-0,06202	0,31613***	3,54530***	-0,07257	0,31644***	3,69393***	Sinais e grandeza estáveis

Variáveis	MNL4.4			MNL4.5			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
Sx	0,07418	-0,20975**	0,52048	0,07190	-0,20954**	0,57713*	Sinais e grandeza estáveis
RpCa1	-	-	-	0,01317	0,07319	0,98718**	Comportamento estável, alteração das utilidades
RpCa2	-	-	-	-0,07063	-0,00937	0,42092	
RpCa3	-	-	-	-	-	-	
Amostra	4064			4064			
p-R ²	0,2297728			.2305221			Ajustamento global melhora ligeiramente
LL	-2325,98463			-2323.72167			
Param.	48			54			
GL	6						
-2LL	4,52592						Hipótese nula dos modelos serem iguais não pode ser recusada
Chi ² ($\alpha=0,05$)	12,59						
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.							

É possível constatar que o modelo combinado com a inclusão da variável rendimento líquido mensal *per capita* apresenta um ajustamento ligeiramente melhor. Porém, essa melhoria não apresenta significância estatística (-2LL é cerca de 2,5 vezes inferior ao valor crítico da estatística de qui-quadrado). As constantes específicas apresentam algumas alterações nas suas grandezas e em relação aos parâmetros das diferentes variáveis, verificando-se que:

- Variáveis base:
 - IDD: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - NAp: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - LC: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - MotV: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - NI: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - DBike: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - Sx: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
- Rendimento líquido mensal *per capita* (RpCa): Os sinais dos parâmetros são coerentes com a normalização utilizada, mas apresentam uma redução significativa relativamente ao modelo isolado. Esta redução na grandeza pode dever-se ao facto de parte da sua capacidade explicativa, demonstrada quando usadas individualmente, poder ser representada através das variáveis de base. Os parâmetros deixam de ter um comportamento claramente decrescente e, para os

modos Autocarro e A Pé, a similaridade de grandezas sugere que aparentemente não há distinção da influência das diferentes categorias. Por outro lado, esta variável não apresenta significância estatística para estes modos. Para o modo Bicicleta, as utilidades foram reduzidas e apenas a categoria RpCa1 apresenta significância estatística. Assim sendo, tendo em conta os resultados obtidos, esta variável não apresenta significância estatística, sugerindo que a mesma, ou não têm influência para a escolha destes modos, ou que relativamente à categoria normalizada não se verificam diferenças significativas.

Assim sendo, este modelo não é o melhor para avaliar as escolhas modais da população do caso de estudo.

iii. Modelo de Referência com a inclusão de mais Variáveis Caracterizadoras da Viagem

O modelo base com as variáveis socioeconómicas mais importantes (exceto RpCa), MNL4.4, mostrou apresentar um bom ajustamento, sendo o melhor modelo para prever as escolhas modais. Posto isto, por fim, falta adicionar a variável duração da viagem e verificar se este modelo apresenta o melhor ajustamento aos dados. A comparação dos resultados do modelo MNL4.4 com o modelo adicionando a duração da viagem é apresentada na Tabela 35.

Tabela 35 – Comparação do modelo de referência MNL4.4 com o modelo MNL4.6

Variáveis Modo	MNL4.4			MNL4.6			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
Constante	- 1,66238***	-0,02870	- 5,33637***	- 2,55052***	0,27193	- 5,62135***	Sinais estáveis para os modos bus e Bicicleta e grandeza estável para o modo Bicicleta
IDD1	- 1,69450***	- 0,85732***	-100,513	- 1,46251***	- 0,91952***	-100,427	Sinais e grandeza estáveis
IDD2	-0,44336	0,06101	-0,41681	-0,50201	0,05794	-0,42894	
IDD3	-	-	-	-	-	-	
IDD4	0,25672	0,99555***	0,70590*	0,16752	1,00066***	0,72107*	
IDD5	0,31378	1,02568***	-0,78146	0,09693	1,08002***	0,85675	
NAPC	- 0,92835***	- 1,92273***	-0,72745	- 0,99153***	- 1,89404***	-0,78923	Sinais e grandeza estáveis
LC	- 1,73006***	- 1,49618***	- 2,13085***	- 1,76032***	- 1,50920***	- 2,13093***	Sinais e grandeza estáveis
MotV1	-	-	-	-	-	-	Sinais e grandeza estáveis
MotV2	2,07040***	0,59878***	-100,286	1,94483***	0,60841***	-100,300	
MotV3	- 1,45036***	- 1,32514***	-99,9234	- 1,41961***	- 1,36003***	-99,9129	
MotV4	-0,40594	0,87029***	-0,06013	-0,37963	0,84541***	0,00042	

Variáveis	MNL4.4			MNL4.6			Observações
	Autocarro	A Pé	Bicicleta	Autocarro	A Pé	Bicicleta	
MotV5	- 1,61904***	0,44514***	-0,17099	- 1,59406***	0,42332***	-0,25731	
NI1	-0,19991	-0,42072*	1,78098**	0,24309	-0,54260**	1,79360**	Sinais e grandeza estáveis (exceto Bus)
NI2	0,60782**	-0,13214	0,51372	0,99209***	-0,21494	0,62338	
NI3	0,56575*	-0,09338	-0,15536	0,82762***	-0,15677	-0,08070	
NI4	-	-	-	-	-	-	
DBike	-0,06202	0,31613***	3,54530***	0,02251	0,29572***	3,56250***	Sinais e grandeza estáveis (exceto Bus)
Sx	0,07418	-0,20975**	0,52048	0,07768	-0,19020*	0,50210	Sinais e grandeza estáveis
DurV	-	-	-	0,02578***	- 0,01251***	0,01115	Sinais e grandeza estáveis
Amostra	4064			4064			
p-R ²	0,2297728			0,2425689			Ajustamento global melhora ligeiramente
LL	-2325,98463			-2287,34199			
Param.	48			51			
GL	3						
-2LL	77,28528						Hipótese nula dos modelos serem iguais pode ser recusada
Chi-Sq. ($\alpha=0,05$)	7,81						

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

É possível constatar então que, o modelo combinado com a inclusão da duração da viagem apresenta um ajustamento melhor e que essa melhoria tem significância estatística (-2LL é cerca de 10 vezes superior ao valor crítico da estatística de chiquadrado). Em relação aos parâmetros das diferentes variáveis, verificou-se o seguinte:

- Variáveis base:
 - IDD: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - NAp: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - LC: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
 - MotV: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente;
 - NI: Manteve os sinais e a ordem de grandeza não modificou significativamente, porém, para a categoria NI1, sem nível de instrução ou com o primeiro ciclo do ensino básico incompleto, para o modo Autocarro o sinal inverteu-se. Isto deve-se ao facto de a inclusão da variável duração da viagem aumentou as utilidades desta variável para o modo Autocarro;

- DBike: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares. Porém, para o modo Autocarro, o sinal inverteu-se, o que quer dizer que, a disponibilidade de Bicicleta no agregado aumenta a utilidade deste modo;
- Sx: Os sinais dos parâmetros para estas variáveis mantiveram-se estáveis, e as suas grandezas mantiveram-se similares;
- Duração da viagem (DurV): Relativamente à variável duração da viagem, esta apresenta o mesmo comportamento, sinais e grandezas dos parâmetros do modelo isolado. Assim sendo, seguindo a análise do modelo MNL1.10, sinal negativo do parâmetro para o modo a Pé é coerente com o senso comum, uma vez que, tempos de viagem maiores são geralmente avaliados negativamente pela maioria dos indivíduos, ou seja, quanto maior o tempo de viagem, menor a sua atratividade. Em relação aos modos Autocarro e Bicicleta, um aumento na duração da viagem aumenta ligeiramente a sua atratividade, devido ao facto de estes modos estarem associados a viagens com uma maior duração por praticarem velocidades mais baixas e por serem utilizados sensivelmente por pessoas que não têm possibilidade de utilizar o Carro.

Anexo C-1

Modelos *logit* multinomial – modelações preliminares

Modelos:

- MNL1.1
- MNL1.2
- MNL1.3
- MNL1.4
- MNL1.5
- MNL1.6
- MNL1.7
- MNL1.8
- MNL1.9
- MNL1.10
- MNL1.11
- MNL2.1
- MNL2.1Wald_Bike
- MNL2.1Wald_BUS
- MNL2.1Wald_Walk
- MNL2.3Wald_Bike
- MNL2.3Wald_BUS
- MNL2.3Wald_Walk
- MNL2.4Wald_Bike
- MNL2.4Wald_BUS
- MNL2.4Wald_Walk
- MNL2.8Wald_Bike
- MNL2.8Wald_BUS
- MNL2.8Wald_Walk
- MNL2.11Wald_Bike
- MNL2.11Wald_BUS
- MNL2.11Wald_Walk
- MNL3.1
- MNL3.2
- MN3.3

MNL1.1

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Sep 30, 2020, 03:35:41PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\modela es preliminares.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,RPC;Marginal Effects;PrintVC;Table=MML1.1$
Normal exit: 4 iterations. Status=0, F= 2997.462
```

```
-----
Multinomial Logit Model
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2997.46235
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.] 44.81151
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0074194
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 6006.9 AIC/N = 1.478
Model estimated: Sep 30, 2020, 15:36:34
```

```
-----
+-----+
MTRASNP | Coefficient Standard Error z Prob. |z|>Z* 95% Confidence Interval
-----+-----+
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -2.18370*** .13538 -16.13 .0000 -2.44905 -1.91835
RPC | -.35523*** .09453 -3.76 .0002 -.54050 -.16995
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -.92110*** .07956 -11.58 .0000 -1.07703 -.76517
RPC | -.32155*** .05432 -5.92 .0000 -.42801 -.21508
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -3.81220*** .29227 -13.04 .0000 -4.38504 -3.23936
RPC | -.31682 .20299 -1.56 .1186 -.71467 .08104
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Matrix COV.[B^] is displayed in project window.

```
-----
Partial derivatives of probabilities with
respect to the vector of characteristics.
They are computed at the means of the Xs.
```

Observations used for means are All Obs.
 A full set is given for the entire set of
 outcomes, MTRASNP = 0 to MTRASNP = 3
 Probabilities at the mean values of X are
 0= .745 1= .052 2= .192 3= .011

MTRASNP	Partial Effect	Elasticity	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
-----+-----						
	Marginal effects on Prob[MTRASN=0]					
RPC	.06233***	.11293	6.75	.0000	.04423	.08042
	Marginal effects on Prob[MTRASN=1]					
RPC	-.01411***	-.36667	-3.11	.0019	-.02300	-.00521
	Marginal effects on Prob[MTRASN=2]					
RPC	-.04572***	-.32120	-5.52	.0000	-.06194	-.02949
	Marginal effects on Prob[MTRASN=3]					
RPC	-.00250	-.31482	-1.18	.2384	-.00667	.00166
-----+-----						

z, prob values and confidence intervals are given for the partial effect
 Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Marginal Effects Averaged Over Individuals

Variable	MTRASN=0	MTRASN=1	MTRASN=2	MTRASN=3
ONE	.2458	-.0967	-.1116	-.0375
RPC	.0620	-.0141	-.0454	-.0025

Averages of Individual Elasticities of Probabilities

Variable	MTRASN=0	MTRASN=1	MTRASN=2	MTRASN=3
ONE	.3349	-1.8488	-.5862	-3.4773
RPC	.1031	-.3765	-.3310	-.3246

| -> SAVE;file="C:\Users\gonca\Desktop\modela es preliminares.lpj"\$

MNL 1.2

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 01, 2020, 05:52:14PM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012   |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves           |
|                               FEU                     |
| Registration Number          1014-0016663-5NS         |
0-----0
```

-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,SX$
Normal exit: 4 iterations. Status=0, F= 2992.897
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable      MTRASNP
Log likelihood function  -2992.89731
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]   53.94160
Significance level      .00000
McFadden Pseudo R-squared .0089311
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5997.8 AIC/N = 1.476
Model estimated: Oct 01, 2020, 17:52:37
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard      Prob.      95% Confidence
          | Coefficient      Error         z         |z|>Z*      Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -2.59690***      .09929      -26.16    .0000      -2.79149  -2.40230
SX       | -.09837          .14151      -.70     .4869      -.37573   .17898
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -1.08369***      .05200      -20.84    .0000      -1.18560  -.98177
SX       | -.58537***       .08222      -7.12     .0000      -.74652   -.42423
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -4.39787***      .23715      -18.54    .0000      -4.86267  -3.93307
SX       | .30674           .30878       .99     .3205      -.29845   .91193
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.3

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 01, 2020, 06:06:46PM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
```

-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD$
Normal exit: 5 iterations. Status=0, F= 2942.727
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable      MTRASNP
Log likelihood function -2942.72692
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]   154.28238
Significance level      .00000
McFadden Pseudo R-squared .0255446
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5897.5 AIC/N = 1.451
Model estimated: Oct 01, 2020, 18:10:52
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
-----+-----						
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-1.17507***	.17049	-6.89	.0000	-1.50922	-.84093
IDD	-.50505***	.05936	-8.51	.0000	-.62139	-.38870
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-2.32970***	.14006	-16.63	.0000	-2.60422	-2.05518
IDD	.28642***	.03779	7.58	.0000	.21235	.36049
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-5.21313***	.54222	-9.61	.0000	-6.27585	-4.15040
IDD	.28590**	.14421	1.98	.0474	.00325	.56855

-----+-----
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.4

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 02, 2020, 06:57:06PM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
```

-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,NI$
Normal exit: 5 iterations. Status=0, F= 2953.012
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable      MTRASNP
Log likelihood function -2953.01150
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]   133.71322
Significance level      .00000
McFadden Pseudo R-squared .0221389
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5918.0 AIC/N = 1.456
Model estimated: Oct 02, 2020, 18:58:03
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard      Prob.      95% Confidence
          | Error           z           |z|>Z*      Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -1.24328***     .20979      -5.93      .0000      -1.65447   -.83210
NI       | -.56393***      .08575      -6.58      .0000      -.73200    -.39586
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -.21856*        .12019      -1.82      .0690      -.45412    .01700
NI       | -.44363***      .04662      -9.52      .0000      -.53501    -.35226
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -3.18758***     .44758      -7.12      .0000      -4.06482   -2.31033
NI       | -.40836**       .17610      -2.32      .0204      -.75350    -.06322
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.5

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 02, 2020, 07:47:33PM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012   |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves          |
|                               FEU                    |
| Registration Number          1014-0016663-5NS        |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,NAPC$
Normal exit: 6 iterations. Status=0, F= 2803.472
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable          MTRASNP
Log likelihood function      -2803.47191
Restricted log likelihood    -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]       432.79241
Significance level          .00000
McFadden Pseudo R-squared   .0716575
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5618.9 AIC/N = 1.383
Model estimated: Oct 02, 2020, 19:48:10
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard      Prob.      95% Confidence
          | Coefficient      Error          z          |z|>Z*      Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -1.65733***     .13698        -12.10     .0000      -1.92580   -1.38885
NAPC     | -1.82511***     .25071         -7.28     .0000      -2.31651   -1.33372
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | .05586          .08065         .69      .4886      -.10222    .21393
NAPC     | -2.80495***     .15972        -17.56     .0000      -3.11799   -2.49191
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -3.67574***     .29912        -12.29     .0000      -4.26200   -3.08947
NAPC     | -.94037*        .48125         -1.95     .0507      -1.88361    .00287
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.6

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 02, 2020, 07:58:11PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,DBIKE$
Normal exit: 7 iterations. Status=0, F= 2991.958
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2991.95843
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.] 55.81935
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0092420
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5995.9 AIC/N = 1.475
Model estimated: Oct 02, 2020, 19:58:32
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-2.63841***	.09825	-26.85	.0000	-2.83098	-2.44585
DBIKE	-.01647	.14158	-.12	.9074	-.29396	.26102
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-1.24315***	.05363	-23.18	.0000	-1.34826	-1.13804
DBIKE	-.21751***	.08062	-2.70	.0070	-.37553	-.05950
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-6.65480***	.70756	-9.41	.0000	-8.04159	-5.26800
DBIKE	3.10286***	.72466	4.28	.0000	1.68254	4.52317

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.7

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 09:47:52AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,LC$
Normal exit: 5 iterations. Status=0, F= 2740.794
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2740.79352
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.] 558.14918
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0924128
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5493.6 AIC/N = 1.352
Model estimated: Oct 03, 2020, 09:49:25
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient Standard Error z Prob. |z|>Z* 95% Confidence Interval
-----+-----
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -1.34583*** .09323 -14.44 .0000 -1.52856 -1.16310
LC | -2.22839*** .15359 -14.51 .0000 -2.52942 -1.92735
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -.24035*** .06386 -3.76 .0002 -.36551 -.11518
LC | -1.71004*** .08568 -19.96 .0000 -1.87798 -1.54210
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -3.48935*** .24621 -14.17 .0000 -3.97191 -3.00679
LC | -1.02313*** .31315 -3.27 .0011 -1.63689 -.40937
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.8

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 03, 2020, 10:13:40AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,SPE$
Normal exit: 5 iterations. Status=0, F= 2900.560
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable          MTRASNP
Log likelihood function      -2900.56043
Restricted log likelihood    -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]       238.61536
Significance level           .00000
McFadden Pseudo R-squared   .0395076
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5813.1 AIC/N = 1.430
Model estimated: Oct 03, 2020, 10:14:16
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard      Prob.      95% Confidence
          |                 Error         z         |z|>Z*      Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -3.99783***     .16903      -23.65    .0000      -4.32912  -3.66655
SPE      | .63420***       .06132      10.34    .0000      .51401   .75438
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -2.22935***     .08575      -26.00    .0000      -2.39742  -2.06127
SPE      | .44304***       .03501      12.66    .0000      .37443   .51165
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -4.26424***     .29337      -14.54    .0000      -4.83923  -3.68926
SPE      | .02076          .14346       .14     .8850      -.26042   .30193
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.9

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 03, 2020, 10:52:29AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
```

-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,DISTV$
Normal exit: 9 iterations. Status=0, F= 2305.580
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable      MTRASNP
Log likelihood function -2305.57987
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]   1428.57648
Significance level      .00000
McFadden Pseudo R-squared .2365296
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 4623.2 AIC/N = 1.138
Model estimated: Oct 03, 2020, 10:53:06
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard      Prob.      95% Confidence
          | Coefficient      Error         z         |z|>Z*      Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -2.63716***      .08812      -29.93    .0000      -2.80988  -2.46444
DISTV    | -.00065           .00374      -.17     .8618      -.00798   .00668
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | .91606***        .08272      11.07    .0000      .75393   1.07819
DISTV    | -.72744***       .03591     -20.26   .0000     -.79783  -.65705
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -3.81015***      .19746     -19.30   .0000     -4.19716 -3.42314
DISTV    | -.04267**        .01748     -2.44    .0147     -.07694  -.00840
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 1.10

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 03, 2020, 11:01:36AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,DURV$
Normal exit: 5 iterations. Status=0, F= 2983.802
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable          MTRASNP
Log likelihood function     -2983.80242
Restricted log likelihood   -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]      72.13138
Significance level         .00000
McFadden Pseudo R-squared .0119428
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5979.6 AIC/N = 1.471
Model estimated: Oct 03, 2020, 11:01:58
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient          Standard          Prob.          95% Confidence
          |                   Error              z             |z|>Z*         Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -3.09200***         .10822         -28.57        .0000         -3.30411     -2.87989
DURV     | .01822***           .00291          6.26         .0000         .01252       .02393
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -1.07967***         .06294         -17.15        .0000         -1.20303     -.95630
DURV     | -.01401***          .00274          -5.11         .0000         -.01939      -.00863
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -4.35113***         .23025         -18.90        .0000         -4.80241     -3.89985
DURV     | .00567              .00762          .74           .4570         -.00927      .02062
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL1.11

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 11:16:45AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,MOTV$
Normal exit: 4 iterations. Status=0, F= 2939.241
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2939.24098
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.] 161.25426
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0266989
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5890.5 AIC/N = 1.449
Model estimated: Oct 03, 2020, 11:17:10
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-2.29185***	.12847	-17.84	.0000	-2.54364	-2.04007
MOTV	-.16570***	.05348	-3.10	.0019	-.27052	-.06088
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-2.17320***	.08690	-25.01	.0000	-2.34352	-2.00289
MOTV	.31356***	.02698	11.62	.0000	.26069	.36643
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-3.96701***	.27727	-14.31	.0000	-4.51046	-3.42356
MOTV	-.11963	.11200	-1.07	.2855	-.33915	.09989

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL 2.1

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 03, 2020, 11:16:45AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,MOTV$
Normal exit: 4 iterations. Status=0, F= 2939.241
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable          MTRASNP
Log likelihood function     -2939.24098
Restricted log likelihood   -3019.86811
Chi squared [ 3 d.f.]      161.25426
Significance level          .00000
McFadden Pseudo R-squared  .0266989
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 5890.5 AIC/N = 1.449
Model estimated: Oct 03, 2020, 11:17:10
```

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
-----+-----						
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-2.29185***	.12847	-17.84	.0000	-2.54364	-2.04007
MOTV	-.16570***	.05348	-3.10	.0019	-.27052	-.06088
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-2.17320***	.08690	-25.01	.0000	-2.34352	-2.00289
MOTV	.31356***	.02698	11.62	.0000	.26069	.36643
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-3.96701***	.27727	-14.31	.0000	-4.51046	-3.42356
MOTV	-.11963	.11200	-1.07	.2855	-.33915	.09989

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.1Wald_Bike

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Sep 30, 2020, 07:04:37PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luis Goncalves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = ed$
|-> ENDPROC$
|->
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(4)-b(3)-b(5)=0,2*b(5)-b
(4)-b(6)=0;Rhs=RPC1,RPC2$
Normal exit: 6 iterations. Status=0, F= 4439.340
```

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4439.33969
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 8890.7 AIC/N = 2.188
Model estimated: Sep 30, 2020, 19:05:09
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 56.85, P value = .0000

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
RPC1	-2.14137***	.15759	-13.59	.0000	-2.45023	-1.83251
RPC2	-2.58400***	.11595	-22.29	.0000	-2.81125	-2.35675
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
RPC1	-.93076***	.09609	-9.69	.0000	-1.11909	-.74242
RPC2	-1.23268***	.06465	-19.07	.0000	-1.35939	-1.10597
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
RPC1	-3.75081***	.33723	-11.12	.0000	-4.41176	-3.08986
RPC2	-4.19343***	.25188	-16.65	.0000	-4.68711	-3.69976

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.1Wald_Bus

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Sep 30, 2020, 06:58:51PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = wald$
|-> ENDPROC$
|->
MLogit;Lhs=MTRANSP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b
(2)-b(1)=0;Rhs=RCP1,RCP"$
Error 71: Variable list contains a name not in the expected table.
Error 539: Variable list: The unidentifiable string is MTRANSP
Error 82: ;LHS - variable in list is not in the variable names table.
|->
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b
(2)-b(1)=0;Rhs=RCP1,RCP"$
Error 71: Variable list contains a name not in the expected table.
Error 539: Variable list: The unidentifiable string is RCP1
Error 83: RHS/RH1 variable in list not in the variable names table.
|->
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b
(2)-b(1)=0;Rhs=RCP1,RCP2$
Error 71: Variable list contains a name not in the expected table.
Error 539: Variable list: The unidentifiable string is RCP1
Error 83: RHS/RH1 variable in list not in the variable names table.
|->
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b
(2)-b(4)=0;Rhs=RCP1,RCP2$
Error 71: Variable list contains a name not in the expected table.
Error 539: Variable list: The unidentifiable string is RCP1
Error 83: RHS/RH1 variable in list not in the variable names table.
|->
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b
(2)-b(4)=0;Rhs=RPC1,RPC2$
Normal exit: 6 iterations. Status=0, F= 4439.340
```

```
-----
Multinomial Logit Model
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4439.33969
Estimation based on N = 4064, K = 6
Inf.Cr.AIC = 8890.7 AIC/N = 2.188
```

Model estimated: Sep 30, 2020, 19:02:20
 Corrected for Choice Based Sampling
 Wald test of 2 linear restrictions
 Chi-squared = 69.48, P value = .0000

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
RPC1	-2.14137***	.15759	-13.59	.0000	-2.45023	-1.83251
RPC2	-2.58400***	.11595	-22.29	.0000	-2.81125	-2.35675
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
RPC1	-.93076***	.09609	-9.69	.0000	-1.11909	-.74242
RPC2	-1.23268***	.06465	-19.07	.0000	-1.35939	-1.10597
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
RPC1	-3.75081***	.33723	-11.12	.0000	-4.41176	-3.08986
RPC2	-4.19343***	.25188	-16.65	.0000	-4.68711	-3.69976

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.1Wald_Walk

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Sep 30, 2020, 07:03:36PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"\$

Project file contained 4064 observations.

|-> PROC = f\$

|-> ENDPROC\$

|->

MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(3)-b(2)-b(4)=0,2*b(4)-b(3)-b(5)=0;Rhs=RPC1,RPC2\$

Normal exit: 6 iterations. Status=0, F= 4439.340

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP

Log likelihood function -4439.33969

Estimation based on N = 4064, K = 6

Inf.Cr.AIC = 8890.7 AIC/N = 2.188

Model estimated: Sep 30, 2020, 19:04:07

Corrected for Choice Based Sampling

Wald test of 2 linear restrictions

Chi-squared = 160.13, P value = .0000

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
RPC1	-2.14137***	.15759	-13.59	.0000	-2.45023	-1.83251
RPC2	-2.58400***	.11595	-22.29	.0000	-2.81125	-2.35675
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
RPC1	-.93076***	.09609	-9.69	.0000	-1.11909	-.74242
RPC2	-1.23268***	.06465	-19.07	.0000	-1.35939	-1.10597
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
RPC1	-3.75081***	.33723	-11.12	.0000	-4.41176	-3.08986
RPC2	-4.19343***	.25188	-16.65	.0000	-4.68711	-3.69976

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.3

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 01, 2020, 06:20:49PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2821.84528
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 12 d.f.] 396.04566
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0655733
Estimation based on N = 4064, K = 15
Inf.Cr.AIC = 5673.7 AIC/N = 1.396
Model estimated: Oct 01, 2020, 18:22:01
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-3.48781***	.17159	-20.33	.0000	-3.82413	-3.15149
IDD1	1.75432***	.22726	7.72	.0000	1.30890	2.19974
IDD2	2.15911***	.21982	9.82	.0000	1.72827	2.58996
IDD4	.33589	.23296	1.44	.1494	-.12071	.79249
IDD5	.49798*	.30204	1.65	.0992	-.09400	1.08996
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-2.32466***	.09900	-23.48	.0000	-2.51871	-2.13062
IDD1	.93837***	.16269	5.77	.0000	.61950	1.25724
IDD2	1.32387***	.15655	8.46	.0000	1.01704	1.63070
IDD4	1.10150***	.11950	9.22	.0000	.86728	1.33571
IDD5	1.89069***	.13163	14.36	.0000	1.63269	2.14868
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-4.55825***	.29018	-15.71	.0000	-5.12700	-3.98950
IDD1	-99.7091	.2528D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	.41116	.58151	.71	.4795	-.72859	1.55091
IDD4	.88754**	.35387	2.51	.0121	.19396	1.58111
IDD5	-.16618	.64846	-.26	.7977	-1.43714	1.10478

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.3Wald_Bike

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 01, 2020, 06:53:54PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"\$
Project file contained 4064 observations.

|-> PROC = teste\$

|-> ENDPROC\$

|->

MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(4)-b(3)-b(5)=0,2*b(5)-b(4)-b(6)=0;Rhs=IDD1,IDD2,IDD4,IDD5\$

Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4022.87714
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 8069.8 AIC/N = 1.986
Model estimated: Oct 01, 2020, 18:54:40
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 10.46, P value = .0054

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
IDD1	-1.73349***	.14900	-11.63	.0000	-2.02553	-1.44145
IDD2	-1.32870***	.13740	-9.67	.0000	-1.59799	-1.05940
IDD4	-3.15192***	.15757	-20.00	.0000	-3.46075	-2.84309
IDD5	-2.98983***	.24856	-12.03	.0000	-3.47700	-2.50266
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
IDD1	-1.38629***	.12910	-10.74	.0000	-1.63932	-1.13326
IDD2	-1.00079***	.12127	-8.25	.0000	-1.23847	-.76311
IDD4	-1.22316***	.06692	-18.28	.0000	-1.35433	-1.09200
IDD5	-.43397***	.08675	-5.00	.0000	-.60399	-.26396
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
IDD1	-102.014***	.05774	-1766.93	.0000	-102.127	-101.901
IDD2	-4.14710***	.50394	-8.23	.0000	-5.13479	-3.15940
IDD4	-3.67072***	.20253	-18.12	.0000	-4.06767	-3.27376
IDD5	-4.72443***	.57991	-8.15	.0000	-5.86103	-3.58784

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.3Wald_Bus

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 01, 2020, 06:49:50PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = teste$
|-> ENDPROC$
|->
```

```
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b
(2)-b(4)=0;Rhs=IDD1,IDD2,IDD4,IDD5$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4022.87714
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 8069.8 AIC/N = 1.986
Model estimated: Oct 01, 2020, 18:51:35
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 41.84, P value = .0000
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
IDD1	-1.73349***	.14900	-11.63	.0000	-2.02553	-1.44145
IDD2	-1.32870***	.13740	-9.67	.0000	-1.59799	-1.05940
IDD4	-3.15192***	.15757	-20.00	.0000	-3.46075	-2.84309
IDD5	-2.98983***	.24856	-12.03	.0000	-3.47700	-2.50266
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
IDD1	-1.38629***	.12910	-10.74	.0000	-1.63932	-1.13326
IDD2	-1.00079***	.12127	-8.25	.0000	-1.23847	-.76311
IDD4	-1.22316***	.06692	-18.28	.0000	-1.35433	-1.09200
IDD5	-.43397***	.08675	-5.00	.0000	-.60399	-.26396
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
IDD1	-102.014***	.05774	-1766.93	.0000	-102.127	-101.901
IDD2	-4.14710***	.50394	-8.23	.0000	-5.13479	-3.15940
IDD4	-3.67072***	.20253	-18.12	.0000	-4.06767	-3.27376
IDD5	-4.72443***	.57991	-8.15	.0000	-5.86103	-3.58784

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.3Wald_Walk

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 01, 2020, 06:53:00PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"\$
Project file contained 4064 observations.

|-> PROC = teste\$

|-> ENDPROC\$

|->

MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(3)-b(2)-b(4)=0,2*b(4)-b(3)-b(5)=0;Rhs=IDD1,IDD2,IDD4,IDD5\$

Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4022.87714
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 8069.8 AIC/N = 1.986
Model estimated: Oct 01, 2020, 18:53:31
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 114.09, P value = .0000

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
IDD1	-1.73349***	.14900	-11.63	.0000	-2.02553	-1.44145
IDD2	-1.32870***	.13740	-9.67	.0000	-1.59799	-1.05940
IDD4	-3.15192***	.15757	-20.00	.0000	-3.46075	-2.84309
IDD5	-2.98983***	.24856	-12.03	.0000	-3.47700	-2.50266
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
IDD1	-1.38629***	.12910	-10.74	.0000	-1.63932	-1.13326
IDD2	-1.00079***	.12127	-8.25	.0000	-1.23847	-.76311
IDD4	-1.22316***	.06692	-18.28	.0000	-1.35433	-1.09200
IDD5	-.43397***	.08675	-5.00	.0000	-.60399	-.26396
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
IDD1	-102.014***	.05774	-1766.93	.0000	-102.127	-101.901
IDD2	-4.14710***	.50394	-8.23	.0000	-5.13479	-3.15940
IDD4	-3.67072***	.20253	-18.12	.0000	-4.06767	-3.27376
IDD5	-4.72443***	.57991	-8.15	.0000	-5.86103	-3.58784

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.4

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 02, 2020, 07:07:06PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,NI1,NI2,NI3$
Normal exit: 6 iterations. Status=0, F= 2940.779
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2940.77928
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 9 d.f.] 158.17767
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0261895
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 5905.6 AIC/N = 1.453
Model estimated: Oct 02, 2020, 19:07:41
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-3.79134***	.23199	-16.34	.0000	-4.24603	-3.33665
NI1	1.28290***	.36202	3.54	.0004	.57335	1.99246
NI2	1.56931***	.24781	6.33	.0000	1.08361	2.05502
NI3	.85901***	.28968	2.97	.0030	.29125	1.42676
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-1.88375***	.09487	-19.86	.0000	-2.06969	-1.69781
NI1	1.08006***	.16674	6.48	.0000	.75326	1.40686
NI2	.84773***	.10879	7.79	.0000	.63451	1.06094
NI3	.05003	.14158	.35	.7238	-.22747	.32753
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-4.65634***	.35523	-13.11	.0000	-5.35257	-3.96010
NI1	.89514	.61806	1.45	.1475	-.31624	2.10652
NI2	.74654*	.40493	1.84	.0652	-.04711	1.54019
NI3	-.22191	.57246	-.39	.6983	-1.34391	.90009

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.4Wald_Bike

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 02, 2020, 07:23:20PM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012   |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves          |
|                               FEU                      |
| Registration Number          1014-0016663-5NS          |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = teste$
|-> ENDPROC$
|->
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(4)-b(3)-b(5)=0,2*b(5)-b(
4)-b(6)=0;Rhs=NI1,NI2,NI3$
Normal exit: 7 iterations. Status=0, F= 3804.045
```

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -3804.04476
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 7626.1 AIC/N = 1.876
Model estimated: Oct 02, 2020, 19:24:01
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 138.57, P value = .0000

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
NI1	-2.50844***	.27793	-9.03	.0000	-3.05316	-1.96371
NI2	-2.22203***	.08713	-25.50	.0000	-2.39280	-2.05126
NI3	-2.93234***	.17347	-16.90	.0000	-3.27234	-2.59233
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
NI1	-.80369***	.13712	-5.86	.0000	-1.07243	-.53495
NI2	-1.03602***	.05324	-19.46	.0000	-1.14037	-.93168
NI3	-1.83372***	.10510	-17.45	.0000	-2.03971	-1.62773
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
NI1	-3.76120***	.50578	-7.44	.0000	-4.75251	-2.76989
NI2	-3.90980***	.19437	-20.12	.0000	-4.29076	-3.52884
NI3	-4.87825***	.44891	-10.87	.0000	-5.75810	-3.99839

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.4Wald_Bus

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 02, 2020, 07:26:07PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = teste$
|-> ENDPROC$
|->
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b(
2)-b(4)=0;Rhs=NI1,NI2,NI3$
Normal exit: 7 iterations. Status=0, F= 3804.045
```

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -3804.04476
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 7626.1 AIC/N = 1.876
Model estimated: Oct 02, 2020, 19:26:54
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 56.08, P value = .0000

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
-----+-----						
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
NI1	-2.50844***	.27793	-9.03	.0000	-3.05316	-1.96371
NI2	-2.22203***	.08713	-25.50	.0000	-2.39280	-2.05126
NI3	-2.93234***	.17347	-16.90	.0000	-3.27234	-2.59233
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
NI1	-.80369***	.13712	-5.86	.0000	-1.07243	-.53495
NI2	-1.03602***	.05324	-19.46	.0000	-1.14037	-.93168
NI3	-1.83372***	.10510	-17.45	.0000	-2.03971	-1.62773
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
NI1	-3.76120***	.50578	-7.44	.0000	-4.75251	-2.76989
NI2	-3.90980***	.19437	-20.12	.0000	-4.29076	-3.52884
NI3	-4.87825***	.44891	-10.87	.0000	-5.75810	-3.99839

-----+-----

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.4Wald_Walk

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 02, 2020, 07:27:34PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = teste$
|-> ENDPROC$
|->
MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(3)-b(2)-b(4)=0,2*b(4)-b
(3)-b(5)=0;Rhs=NI1,NI2,NI3$
Normal exit: 7 iterations. Status=0, F= 3804.045
```

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -3804.04476
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 7626.1 AIC/N = 1.876
Model estimated: Oct 02, 2020, 19:29:02
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 60.24, P value = .0000

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
NI1	-2.50844***	.27793	-9.03	.0000	-3.05316	-1.96371
NI2	-2.22203***	.08713	-25.50	.0000	-2.39280	-2.05126
NI3	-2.93234***	.17347	-16.90	.0000	-3.27234	-2.59233
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
NI1	-.80369***	.13712	-5.86	.0000	-1.07243	-.53495
NI2	-1.03602***	.05324	-19.46	.0000	-1.14037	-.93168
NI3	-1.83372***	.10510	-17.45	.0000	-2.03971	-1.62773
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
NI1	-3.76120***	.50578	-7.44	.0000	-4.75251	-2.76989
NI2	-3.90980***	.19437	-20.12	.0000	-4.29076	-3.52884
NI3	-4.87825***	.44891	-10.87	.0000	-5.75810	-3.99839

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.8

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 10:16:06AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
```

-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,SPE2,SPE3,SPE4$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2817.56083
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 9 d.f.] 404.61456
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0669921
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 5659.1 AIC/N = 1.393
Model estimated: Oct 03, 2020, 10:17:05
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
-----+-----						
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-3.34271***	.12076	-27.68	.0000	-3.57939	-3.10603
SPE2	-.09127	.52216	-.17	.8612	-1.11468	.93213
SPE3	1.42545***	.16709	8.53	.0000	1.09795	1.75294
SPE4	1.60922***	.19179	8.39	.0000	1.23332	1.98512
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-1.99959***	.06461	-30.95	.0000	-2.12622	-1.87296
SPE2	1.61013***	.15538	10.36	.0000	1.30558	1.91467
SPE3	1.50571***	.09319	16.16	.0000	1.32306	1.68837
SPE4	.61330***	.14436	4.25	.0000	.33035	.89624
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-4.38652***	.20124	-21.80	.0000	-4.78094	-3.99209
SPE2	1.17567**	.49856	2.36	.0184	.19851	2.15283
SPE3	.65396*	.33710	1.94	.0524	-.00674	1.31466
SPE4	-99.8809	.2528D+22	.00	1.0000	*****	*****
-----+-----						

Note: nnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.8Wald_Bike

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 10:42:37AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luis Goncalves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = tezx$
|-> ENDPROC$
|->
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(4)-b(3)-b(5)=0,2*b(5)-b(
4)-b(6)=0;Rhs=SPE2,SPE3,SPE4$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4822.08207
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 9662.2 AIC/N = 2.378
Model estimated: Oct 03, 2020, 10:43:13
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 76.09, P value = .0000

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
-----+-----						
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
SPE2	-3.43399***	.50800	-6.76	.0000	-4.42965	-2.43832
SPE3	-1.91726***	.11549	-16.60	.0000	-2.14362	-1.69091
SPE4	-1.73349***	.14900	-11.63	.0000	-2.02553	-1.44145
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
SPE2	-.38946***	.14131	-2.76	.0059	-.66643	-.11250
SPE3	-.49388***	.06716	-7.35	.0000	-.62551	-.36224
SPE4	-1.38629***	.12910	-10.74	.0000	-1.63932	-1.13326
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
SPE2	-3.21084***	.45614	-7.04	.0000	-4.10486	-2.31682
SPE3	-3.73255***	.27044	-13.80	.0000	-4.26261	-3.20250
SPE4	-102.014***	.05774	-1766.93	.0000	-102.127	-101.901

-----+-----

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.8Wald_Bus

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 03, 2020, 10:40:13AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012   |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves          |
|                               FEU                      |
| Registration Number          1014-0016663-5NS          |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = teste$
|-> ENDPROC$
|->
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b(
2)-b(4)=0;Rhs=SPE2,SPE3,SPE4$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

```
-----
Multinomial Logit Model
Dependent variable          MTRASNP
Log likelihood function     -4822.08207
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 9662.2 AIC/N = 2.378
Model estimated: Oct 03, 2020, 10:40:52
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 12.81, P value = .0016
-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
SPE2	-3.43399***	.50800	-6.76	.0000	-4.42965	-2.43832
SPE3	-1.91726***	.11549	-16.60	.0000	-2.14362	-1.69091
SPE4	-1.73349***	.14900	-11.63	.0000	-2.02553	-1.44145
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
SPE2	-.38946***	.14131	-2.76	.0059	-.66643	-.11250
SPE3	-.49388***	.06716	-7.35	.0000	-.62551	-.36224
SPE4	-1.38629***	.12910	-10.74	.0000	-1.63932	-1.13326
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
SPE2	-3.21084***	.45614	-7.04	.0000	-4.10486	-2.31682
SPE3	-3.73255***	.27044	-13.80	.0000	-4.26261	-3.20250
SPE4	-102.014***	.05774	-1766.93	.0000	-102.127	-101.901

```
-----
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----
```

```
|-> PROC = teste$  
|->  
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b(  
2)-b(4)=0;Rhs=SPE2,SPE3,SPE4$  
|-> ENDPROC
```

MNL2.8Wald_Walk

```
|-> RESET
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 10:41:35AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luis Goncalves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

```
|-> RESET
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> PROC = TESTE$
|-> ENDPROC$
|->
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(3)-b(2)-b(4)=0,2*b(4)-b(
3)-b(5)=0;Rhs=SPE2,SPE3,SPE4$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

```
-----
Multinomial Logit Model
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4822.08207
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 9662.2 AIC/N = 2.378
Model estimated: Oct 03, 2020, 10:42:03
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 19.71, P value = .0001
-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
SPE2	-3.43399***	.50800	-6.76	.0000	-4.42965	-2.43832
SPE3	-1.91726***	.11549	-16.60	.0000	-2.14362	-1.69091
SPE4	-1.73349***	.14900	-11.63	.0000	-2.02553	-1.44145
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
SPE2	-.38946***	.14131	-2.76	.0059	-.66643	-.11250
SPE3	-.49388***	.06716	-7.35	.0000	-.62551	-.36224
SPE4	-1.38629***	.12910	-10.74	.0000	-1.63932	-1.13326
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
SPE2	-3.21084***	.45614	-7.04	.0000	-4.10486	-2.31682
SPE3	-3.73255***	.27044	-13.80	.0000	-4.26261	-3.20250
SPE4	-102.014***	.05774	-1766.93	.0000	-102.127	-101.901

```
-----
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----
```

```
|-> PROC = TESTE$  
|->  
Logit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(3)-b(2)-b(4)=0,2*b(4)-b(  
3)-b(5)=0;Rhs=SPE2,SPE3,SPE4$  
|-> ENDPROC
```

MNL2.11

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 11:18:30AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,MOTV2,MOTV3,MOTV4,MOTV5$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2725.02234
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 12 d.f.] 589.69154
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0976353
Estimation based on N = 4064, K = 15
Inf.Cr.AIC = 5480.0 AIC/N = 1.348
Model estimated: Oct 03, 2020, 11:19:07
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-3.15149***	.12969	-24.30	.0000	-3.40568	-2.89731
MOTV2	2.20612***	.16793	13.14	.0000	1.87699	2.53526
MOTV3	-1.35053***	.46801	-2.89	.0039	-2.26782	-.43325
MOTV4	-.02059	.25775	-.08	.9363	-.52577	.48459
MOTV5	-1.17594**	.51973	-2.26	.0237	-2.19460	-.15729
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-1.84928***	.07125	-25.96	.0000	-1.98892	-1.70964
MOTV2	.77272***	.13269	5.82	.0000	.51265	1.03279
MOTV3	-1.17114***	.22967	-5.10	.0000	-1.62128	-.72100
MOTV4	1.31965***	.10228	12.90	.0000	1.11918	1.52012
MOTV5	1.04821***	.12542	8.36	.0000	.80239	1.29402
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-3.87743***	.18445	-21.02	.0000	-4.23896	-3.51591
MOTV2	-101.258	.3814D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-100.691	.2397D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	-.14195	.38358	-.37	.7113	-.89375	.60985
MOTV5	-.22686	.48716	-.47	.6414	-1.18168	.72795

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.11Wald_Bike

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 11:42:12AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"\$
Project file contained 4064 observations.

|-> PROC = teste\$

|-> ENDPROC\$

|->

MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(4)-b(3)-b(5)=0,2*b(5)-b(4)-b(6)=0;Rhs=MOTV2,MOTV3,MOTV4,MOTV5\$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4091.03727
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 8206.1 AIC/N = 2.019
Model estimated: Oct 03, 2020, 11:42:49
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 121.16, P value = .0000

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
MOTV2	-.94537***	.10668	-8.86	.0000	-1.15447	-.73628
MOTV3	-4.50203***	.44969	-10.01	.0000	-5.38340	-3.62066
MOTV4	-3.17208***	.22274	-14.24	.0000	-3.60865	-2.73551
MOTV5	-4.32744***	.50329	-8.60	.0000	-5.31387	-3.34101
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
MOTV2	-1.07656***	.11194	-9.62	.0000	-1.29596	-.85717
MOTV3	-3.02042***	.21834	-13.83	.0000	-3.44836	-2.59249
MOTV4	-.52963***	.07339	-7.22	.0000	-.67347	-.38579
MOTV5	-.80108***	.10321	-7.76	.0000	-1.00337	-.59878
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
MOTV2	-101.511***	.05643	-1798.79	.0000	-101.622	-101.401
MOTV3	-102.866***	.04709	-2184.54	.0000	-102.958	-102.774
MOTV4	-4.01938***	.33631	-11.95	.0000	-4.67854	-3.36022
MOTV5	-4.10429***	.45089	-9.10	.0000	-4.98802	-3.22057

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.11Wald_Bus

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 11:39:09AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"\$

Project file contained 4064 observations.

|-> PROC = teste\$

|-> ENDPROC\$

|->

MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(2)-b(1)-b(3)=0,2*b(3)-b(2)-b(4)=0;Rhs=MOTV2,MOTV3,MOTV4,MOTV5\$

Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP

Log likelihood function -4091.03727

Estimation based on N = 4064, K = 12

Inf.Cr.AIC = 8206.1 AIC/N = 2.019

Model estimated: Oct 03, 2020, 11:39:55

Corrected for Choice Based Sampling

Wald test of 2 linear restrictions

Chi-squared = 27.78, P value = .0000

```
-----+-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
MOTV2	-.94537***	.10668	-8.86	.0000	-1.15447	-.73628
MOTV3	-4.50203***	.44969	-10.01	.0000	-5.38340	-3.62066
MOTV4	-3.17208***	.22274	-14.24	.0000	-3.60865	-2.73551
MOTV5	-4.32744***	.50329	-8.60	.0000	-5.31387	-3.34101
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
MOTV2	-1.07656***	.11194	-9.62	.0000	-1.29596	-.85717
MOTV3	-3.02042***	.21834	-13.83	.0000	-3.44836	-2.59249
MOTV4	-.52963***	.07339	-7.22	.0000	-.67347	-.38579
MOTV5	-.80108***	.10321	-7.76	.0000	-1.00337	-.59878
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
MOTV2	-101.511***	.05643	-1798.79	.0000	-101.622	-101.401
MOTV3	-102.866***	.04709	-2184.54	.0000	-102.958	-102.774
MOTV4	-4.01938***	.33631	-11.95	.0000	-4.67854	-3.36022
MOTV5	-4.10429***	.45089	-9.10	.0000	-4.98802	-3.22057

```
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL2.11Wald_Walk

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 03, 2020, 11:40:57AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012   |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves           |
|                               FEU                     |
| Registration Number          1014-0016663-5NS         |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"\$
Project file contained 4064 observations.

|-> PROC = teste\$

|-> ENDPROC\$

|->

MLogit;Lhs=MTRASNP;Choices=Car[1],Bus,Walk,Bike;Wald:2*b(3)-b(2)-b(4)=0,2*b(4)-b(3)-b(5)=0;Rhs=MOTV2,MOTV3,MOTV4,MOTV5\$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.

Multinomial Logit Model

Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -4091.03727
Estimation based on N = 4064, K = 12
Inf.Cr.AIC = 8206.1 AIC/N = 2.019
Model estimated: Oct 03, 2020, 11:41:26
Corrected for Choice Based Sampling
Wald test of 2 linear restrictions
Chi-squared = 18.05, P value = .0001

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard Error      z      Prob. |z|>Z*      95% Confidence Interval
-----+-----
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
MOTV2 | -.94537***      .10668      -8.86      .0000      -1.15447      -.73628
MOTV3 | -4.50203***     .44969     -10.01     .0000     -5.38340     -3.62066
MOTV4 | -3.17208***     .22274     -14.24     .0000     -3.60865     -2.73551
MOTV5 | -4.32744***     .50329     -8.60     .0000     -5.31387     -3.34101
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
MOTV2 | -1.07656***     .11194     -9.62     .0000     -1.29596     -.85717
MOTV3 | -3.02042***     .21834     -13.83     .0000     -3.44836     -2.59249
MOTV4 | -.52963***      .07339     -7.22     .0000     -.67347     -.38579
MOTV5 | -.80108***      .10321     -7.76     .0000     -1.00337     -.59878
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
MOTV2 | -101.511***     .05643    -1798.79   .0000    -101.622    -101.401
MOTV3 | -102.866***     .04709    -2184.54   .0000    -102.958    -102.774
MOTV4 | -4.01938***     .33631    -11.95     .0000     -4.67854     -3.36022
MOTV5 | -4.10429***     .45089     -9.10     .0000     -4.98802     -3.22057
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL3.1

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 03, 2020, 02:20:25PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,NAPC,LC$
Normal exit: 6 iterations. Status=0, F= 2658.768
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2658.76794
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 6 d.f.] 722.20034
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .1195748
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 5335.5 AIC/N = 1.313
Model estimated: Oct 03, 2020, 14:20:59
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-1.15141***	.13418	-8.58	.0000	-1.41438	-.88843
NAPC	-.50588**	.25774	-1.96	.0497	-1.01105	-.00071
LC	-2.08375***	.16823	-12.39	.0000	-2.41348	-1.75402
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	.43925***	.08611	5.10	.0000	.27049	.60801
NAPC	-1.99814***	.16963	-11.78	.0000	-2.33061	-1.66567
LC	-1.20435***	.09377	-12.84	.0000	-1.38813	-1.02056
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-3.29558***	.30660	-10.75	.0000	-3.89650	-2.69465
NAPC	-.50412	.49397	-1.02	.3075	-1.47229	.46405
LC	-.87897***	.34018	-2.58	.0098	-1.54571	-.21223

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL3.2

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 05, 2020, 09:13:24AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,NI1,NI2,NI3,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

```
-----
Multinomial Logit Model
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2776.55438
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 21 d.f.] 486.62746
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .0805710
Estimation based on N = 4064, K = 24
Inf.Cr.AIC = 5601.1 AIC/N = 1.378
Model estimated: Oct 05, 2020, 09:14:23
-----
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-4.07723***	.25858	-15.77	.0000	-4.58403	-3.57042
NI1	.50580	.40616	1.25	.2130	-.29026	1.30186
NI2	1.20891***	.26155	4.62	.0000	.69628	1.72153
NI3	.38628	.29982	1.29	.1976	-.20135	.97391
IDD1	1.34217***	.25572	5.25	.0000	.84097	1.84338
IDD2	1.99349***	.22582	8.83	.0000	1.55090	2.43609
IDD4	.04263	.23884	.18	.8584	-.42550	.51075
IDD5	.20978	.30973	.68	.4982	-.39727	.81684
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-2.50790***	.12203	-20.55	.0000	-2.74708	-2.26873
NI1	.74419***	.19407	3.83	.0001	.36381	1.12456
NI2	.57828***	.11521	5.02	.0000	.35248	.80409
NI3	-.09386	.14697	-.64	.5231	-.38191	.19420
IDD1	.47854***	.18253	2.62	.0087	.12079	.83630
IDD2	1.27285***	.16017	7.95	.0000	.95892	1.58678
IDD4	.92121***	.12293	7.49	.0000	.68027	1.16215
IDD5	1.63247***	.13851	11.79	.0000	1.36100	1.90394
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						

Constant	-4.83824***	.39883	-12.13	.0000	-5.61994	-4.05655
NI1	2.57306***	.70102	3.67	.0002	1.19908	3.94703
NI2	.80617*	.41713	1.93	.0533	-.01139	1.62374
NI3	-.25373	.57835	-.44	.6609	-1.38728	.87983
IDD1	-101.018	.2235D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	.36867	.58984	.63	.5319	-.78740	1.52475
IDD4	.58271	.36813	1.58	.1134	-.13881	1.30424
IDD5	-1.07974	.73011	-1.48	.1392	-2.51073	.35125

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL3.3

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm)                Oct 05, 2020, 10:26:28AM |
| Econometric Software, Inc.   Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803    |
| Registered to                Luís Gonçaves |
|                               FEU |
| Registration Number          1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,DISTV,DURV$
Normal exit: 11 iterations. Status=0, F= 1898.233
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable      MTRASNP
Log likelihood function  -1898.23294
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 6 d.f.]   2243.27035
Significance level      .00000
McFadden Pseudo R-squared .3714186
Estimation based on N = 4064, K = 9
Inf.Cr.AIC = 3814.5 AIC/N = .939
Model estimated: Oct 05, 2020, 10:27:40
```

```
-----+-----
MTRASNP | Coefficient      Standard      Prob.      95% Confidence
          |                 Error         z         |z|>Z*      Interval
-----+-----
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -3.16035***     .11093      -28.49    .0000      -3.37777  -2.94293
DISTV    | -.04072***      .00650      -6.27     .0000      -.05345   -.02799
DURV     | .04546***       .00470      9.67     .0000      .03625    .05467
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | .13503          .09184      1.47     .1415      -.04497   .31503
DISTV    | -1.66193***    .07910     -21.01    .0000     -1.81697 -1.50689
DURV     | .18368***      .00894     20.55    .0000      .16616    .20120
          | Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]
Constant | -4.31333***    .22595     -19.09    .0000     -4.75618 -3.87048
DISTV    | -.10498***     .02472     -4.25     .0000     -.15342   -.05654
DURV     | .05328***      .00915      5.82     .0000      .03533    .07122
-----+-----
```

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Anexo C-2

Modelos logit multinomial – modelações combinadas

Modelos:

- MNL4.1
- MNL4.2
- MNL4.3
- MNL4.4
- MNL4.5
- MNL4.6
- MNL4.7

MNL4.1

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 07, 2020, 06:06:05PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5,NAPC,LC,MOTV2,MOTV3,MOTV4
,MOTV5$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2374.80975
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 30 d.f.] 1290.11673
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .2136048
Estimation based on N = 4064, K = 33
Inf.Cr.AIC = 4815.6 AIC/N = 1.185
Model estimated: Oct 07, 2020, 18:07:08
```

```
-----
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
MTRASNP | Coefficient Standard Error z Prob. |z|>Z* 95% Confidence Interval
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -1.16298*** .27671 -4.20 .0000 -1.70533 -.62063
IDD1 | -1.71368*** .36153 -4.74 .0000 -2.42228 -1.00509
IDD2 | -.26881 .32583 -.82 .4094 -.90744 .36981
IDD4 | .36299 .24337 1.49 .1358 -.11399 .83998
IDD5 | .31367 .34528 .91 .3636 -.36306 .99040
NAPC | -1.02977*** .29504 -3.49 .0005 -1.60805 -.45150
LC | -1.80278*** .23419 -7.70 .0000 -2.26178 -1.34377
MOTV2 | 2.01419*** .27274 7.38 .0000 1.47962 2.54875
MOTV3 | -1.45917*** .47249 -3.09 .0020 -2.38524 -.53311
MOTV4 | -.41576 .28230 -1.47 .1408 -.96906 .13755
MOTV5 | -1.62470*** .53993 -3.01 .0026 -2.68293 -.56646
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -.05717 .16121 -.35 .7229 -.37313 .25879
IDD1 | -.99388*** .23283 -4.27 .0000 -1.45022 -.53755
IDD2 | .06438 .19787 .33 .7449 -.32344 .45220
IDD4 | .94681*** .13138 7.21 .0000 .68930 1.20431
IDD5 | .85899*** .16261 5.28 .0000 .54028 1.17770
-----
```

NAPC	-1.86653***	.17494	-10.67	.0000	-2.20940	-1.52366
LC	-1.48645***	.12661	-11.74	.0000	-1.73459	-1.23831
MOTV2	.58803***	.19382	3.03	.0024	.20814	.96792
MOTV3	-1.30075***	.23964	-5.43	.0000	-1.77044	-.83106
MOTV4	.83850***	.12227	6.86	.0000	.59886	1.07814
MOTV5	.46445***	.15043	3.09	.0020	.16961	.75930
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-2.08133***	.42876	-4.85	.0000	-2.92169	-1.24096
IDD1	-99.7025	.2179D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	-.32081	.62091	-.52	.6054	-1.53778	.89616
IDD4	.64659*	.36363	1.78	.0754	-.06611	1.35929
IDD5	-.96329	.69929	-1.38	.1683	-2.33387	.40728
NAPC	-.45437	.46993	-.97	.3336	-1.37542	.46667
LC	-2.09464***	.38996	-5.37	.0000	-2.85894	-1.33034
MOTV2	-100.768	.3601D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-100.372	.2073D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	-.19033	.40116	-.47	.6352	-.97660	.59594
MOTV5	-.27970	.50957	-.55	.5831	-1.27845	.71905

-----+-----
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL4.2

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 08, 2020, 06:06:53PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5,NAPC,LC,MOTV2,MOTV3,MOTV4
,MOTV5,NI1,NI2,NI3$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2363.63773
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 39 d.f.] 1312.46076
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .2173043
Estimation based on N = 4064, K = 42
Inf.Cr.AIC = 4811.3 AIC/N = 1.184
Model estimated: Oct 08, 2020, 18:09:39
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
---------	-------------	----------------	---	--------------	-------------------------	--

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-1.64404***	.37035	-4.44	.0000	-2.36990	-.91817
IDD1	-1.69642***	.38033	-4.46	.0000	-2.44186	-.95098
IDD2	-.44817	.33941	-1.32	.1867	-1.11341	.21707
IDD4	.25256	.25064	1.01	.3136	-.23868	.74379
IDD5	.30813	.34972	.88	.3783	-.37731	.99357
NAPC	-.97437***	.29468	-3.31	.0009	-1.55194	-.39680
LC	-1.71631***	.24728	-6.94	.0000	-2.20097	-1.23166
MOTV2	2.07305***	.28171	7.36	.0000	1.52090	2.62520
MOTV3	-1.46823***	.47254	-3.11	.0019	-2.39439	-.54208
MOTV4	-.39851	.28179	-1.41	.1573	-.95081	.15380
MOTV5	-1.63464***	.53901	-3.03	.0024	-2.69108	-.57819
NI1	-.19336	.42784	-.45	.6513	-1.03191	.64520
NI2	.61614**	.29094	2.12	.0342	.04591	1.18637
NI3	.58059*	.30965	1.87	.0608	-.02632	1.18750

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	.09367	.19060	.49	.6231	-.27990	.46724
IDD1	-.88870***	.23953	-3.71	.0002	-1.35816	-.41923

IDD2	.06521	.20108	.32	.7457	-.32890	.45931
IDD4	.97808***	.13475	7.26	.0000	.71399	1.24218
IDD5	.92063***	.16609	5.54	.0000	.59510	1.24616
NAPC	-1.88486***	.17585	-10.72	.0000	-2.22952	-1.54020
LC	-1.54876***	.13309	-11.64	.0000	-1.80960	-1.28792
MOTV2	.60393***	.19409	3.11	.0019	.22352	.98434
MOTV3	-1.28130***	.24002	-5.34	.0000	-1.75174	-.81087
MOTV4	.85395***	.12281	6.95	.0000	.61324	1.09466
MOTV5	.47356***	.15111	3.13	.0017	.17738	.76974
NI1	-.44111*	.22667	-1.95	.0516	-.88537	.00315
NI2	-.16882	.13277	-1.27	.2035	-.42904	.09140
NI3	-.12436	.15685	-.79	.4279	-.43179	.18306
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-2.47917***	.55582	-4.46	.0000	-3.56856	-1.38978
IDD1	-100.036	.2013D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	-.15007	.63524	-.24	.8133	-1.39512	1.09499
IDD4	.48585	.37824	1.28	.1990	-.25549	1.22719
IDD5	-1.36579*	.73899	-1.85	.0646	-2.81419	.08261
NAPC	-.40522	.46758	-.87	.3861	-1.32165	.51122
LC	-1.81690***	.41196	-4.41	.0000	-2.62434	-1.00947
MOTV2	-100.690	.3283D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-100.342	.2056D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	-.31451	.40993	-.77	.4429	-1.11797	.48895
MOTV5	-.32658	.51152	-.64	.5232	-1.32915	.67599
NI1	1.56475**	.74947	2.09	.0368	.09581	3.03369
NI2	.48000	.43765	1.10	.2727	-.37776	1.33777
NI3	-.28069	.58142	-.48	.6293	-1.42025	.85886

-----+-----
Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.
Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.
-----+-----

MNL4.3

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 08, 2020, 07:06:13PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5,NAPC,LC,MOTV2,MOTV3,MOTV4
,MOTV5,NI1,NI2,NI3,DBIKE$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2330.16410
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 42 d.f.] 1379.40802
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .2283888
Estimation based on N = 4064, K = 45
Inf.Cr.AIC = 4750.3 AIC/N = 1.169
Model estimated: Oct 08, 2020, 19:07:13
```

```
-----
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
MTRASNP | Coefficient Standard Error z Prob. |z|>Z* 95% Confidence Interval
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]
Constant | -1.64075*** .37535 -4.37 .0000 -2.37643 -.90508
IDD1 | -1.68366*** .38026 -4.43 .0000 -2.42897 -.93836
IDD2 | -.43180 .33946 -1.27 .2034 -1.09712 .23352
IDD4 | .25029 .25099 1.00 .3187 -.24163 .74222
IDD5 | .31418 .35056 .90 .3701 -.37291 1.00127
NAPC | -.93002*** .29446 -3.16 .0016 -1.50715 -.35289
LC | -1.71271*** .24751 -6.92 .0000 -2.19783 -1.22759
MOTV2 | 2.07006*** .28166 7.35 .0000 1.51802 2.62210
MOTV3 | -1.45922*** .47274 -3.09 .0020 -2.38578 -.53267
MOTV4 | -.41015 .28212 -1.45 .1460 -.96310 .14281
MOTV5 | -1.63366*** .53946 -3.03 .0025 -2.69098 -.57635
NI1 | -.19548 .42749 -.46 .6475 -1.03335 .64239
NI2 | .61142** .29123 2.10 .0358 .04062 1.18222
NI3 | .56669* .31050 1.83 .0680 -.04189 1.17526
DBIKE | -.05452 .15944 -.34 .7324 -.36701 .25798
| Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]
Constant | -.05789 .19589 -.30 .7676 -.44183 .32606
```


IDD1	-.91523***	.24002	-3.81	.0001	-1.38568	-.44479
IDD2	.04330	.20165	.21	.8300	-.35192	.43853
IDD4	1.00388***	.13519	7.43	.0000	.73891	1.26886
IDD5	1.00373***	.16855	5.95	.0000	.67337	1.33409
NAPC	-1.92794***	.17756	-10.86	.0000	-2.27595	-1.57994
LC	-1.55988***	.13337	-11.70	.0000	-1.82129	-1.29848
MOTV2	.60103***	.19409	3.10	.0020	.22063	.98144
MOTV3	-1.30008***	.24039	-5.41	.0000	-1.77124	-.82892
MOTV4	.87067***	.12307	7.07	.0000	.62946	1.11188
MOTV5	.48161***	.15151	3.18	.0015	.18464	.77857
NI1	-.44213*	.22708	-1.95	.0515	-.88719	.00293
NI2	-.15255	.13293	-1.15	.2511	-.41308	.10798
NI3	-.10543	.15704	-.67	.5020	-.41323	.20236
DBIKE	.30327***	.09725	3.12	.0018	.11267	.49388

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]

Constant	-5.19407***	.90166	-5.76	.0000	-6.96130	-3.42685
IDD1	-100.430	.1568D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	-.32686	.65107	-.50	.6156	-1.60294	.94921
IDD4	.67446*	.38546	1.75	.0802	-.08104	1.42995
IDD5	-.77203	.74806	-1.03	.3021	-2.23820	.69414
NAPC	-.70613	.51644	-1.37	.1715	-1.71834	.30608
LC	-1.97914***	.41609	-4.76	.0000	-2.79466	-1.16363
MOTV2	-100.276	.2555D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-100.078	.1617D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	-.06622	.41101	-.16	.8720	-.87178	.73934
MOTV5	-.35409	.52325	-.68	.4986	-1.37963	.67146
NI1	1.92015**	.76835	2.50	.0125	.41421	3.42609
NI2	.57408	.44161	1.30	.1936	-.29145	1.43962
NI3	-.12520	.58422	-.21	.8303	-1.27025	1.01985
DBIKE	3.55642***	.73902	4.81	.0000	2.10798	5.00487

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL4.4

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 08, 2020, 07:47:19PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5,NAPC,LC,MOTV2,MOTV3,MOTV4
,MOTV5,NI1,NI2,NI3,DBIKE,SX$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2325.98463
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 45 d.f.] 1387.76696
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .2297728
Estimation based on N = 4064, K = 48
Inf.Cr.AIC = 4748.0 AIC/N = 1.168
Model estimated: Oct 08, 2020, 19:49:54
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-1.66238***	.37720	-4.41	.0000	-2.40169	-.92307
IDD1	-1.69450***	.38294	-4.42	.0000	-2.44506	-.94395
IDD2	-.44336	.34096	-1.30	.1935	-1.11163	.22491
IDD4	.25672	.25094	1.02	.3063	-.23512	.74856
IDD5	.31378	.34997	.90	.3699	-.37215	.99971
NAPC	-.92835***	.29438	-3.15	.0016	-1.50532	-.35137
LC	-1.73006***	.25103	-6.89	.0000	-2.22208	-1.23805
MOTV2	2.07040***	.28221	7.34	.0000	1.51727	2.62353
MOTV3	-1.45036***	.47317	-3.07	.0022	-2.37775	-.52296
MOTV4	-.40594	.28175	-1.44	.1496	-.95816	.14628
MOTV5	-1.61904***	.54014	-3.00	.0027	-2.67770	-.56039
NI1	-.19991	.42739	-.47	.6400	-1.03757	.63775
NI2	.60782**	.29124	2.09	.0369	.03700	1.17864
NI3	.56575*	.31068	1.82	.0686	-.04316	1.17466
DBIKE	-.06202	.15974	-.39	.6978	-.37511	.25106
SX	.07418	.15766	.47	.6380	-.23482	.38318

|Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]

Constant	-.02870	.19640	-.15	.8838	-.41363	.35623
IDD1	-.85732***	.24160	-3.55	.0004	-1.33084	-.38380
IDD2	.06101	.20136	.30	.7619	-.33365	.45567
IDD4	.99555***	.13528	7.36	.0000	.73040	1.26070
IDD5	1.02568***	.16933	6.06	.0000	.69379	1.35756
NAPC	-1.92273***	.17785	-10.81	.0000	-2.27131	-1.57415
LC	-1.49618***	.13627	-10.98	.0000	-1.76327	-1.22909
MOTV2	.59878***	.19412	3.08	.0020	.21831	.97924
MOTV3	-1.32514***	.24069	-5.51	.0000	-1.79689	-.85339
MOTV4	.87029***	.12314	7.07	.0000	.62894	1.11164
MOTV5	.44514***	.15257	2.92	.0035	.14611	.74418
NI1	-.42072*	.22771	-1.85	.0647	-.86702	.02557
NI2	-.13214	.13342	-.99	.3220	-.39363	.12935
NI3	-.09338	.15722	-.59	.5526	-.40153	.21477
DBIKE	.31613***	.09751	3.24	.0012	.12500	.50725
SX	-.20975**	.09675	-2.17	.0302	-.39937	-.02012
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-5.33637***	.91089	-5.86	.0000	-7.12169	-3.55106
IDD1	-100.513	.1519D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	-.41681	.66091	-.63	.5283	-1.71217	.87856
IDD4	.70590*	.38562	1.83	.0672	-.04990	1.46169
IDD5	-.78146	.74090	-1.05	.2915	-2.23360	.67068
NAPC	-.72745	.50912	-1.43	.1530	-1.72530	.27040
LC	-2.13085***	.43148	-4.94	.0000	-2.97655	-1.28516
MOTV2	-100.286	.2589D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-99.9234	.1610D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	-.06013	.41177	-.15	.8839	-.86719	.74693
MOTV5	-.17099	.53493	-.32	.7492	-1.21944	.87746
NI1	1.78098**	.76770	2.32	.0203	.27632	3.28564
NI2	.51372	.44266	1.16	.2458	-.35388	1.38132
NI3	-.15536	.58575	-.27	.7908	-1.30341	.99269
DBIKE	3.54530***	.74053	4.79	.0000	2.09389	4.99670
SX	.52048	.34345	1.52	.1297	-.15268	1.19363

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL4.5

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 09, 2020, 05:59:14PM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5,NAPC,LC,MOTV2,MOTV3,MOTV4
,MOTV5,NI1,NI2,NI3,DBIKE,SX,RPC1,RPC2$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2323.72167
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 51 d.f.] 1392.29288
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .2305221
Estimation based on N = 4064, K = 54
Inf.Cr.AIC = 4755.4 AIC/N = 1.170
Model estimated: Oct 09, 2020, 18:01:36
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-1.64663***	.38679	-4.26	.0000	-2.40473	-.88853
IDD1	-1.69430***	.38339	-4.42	.0000	-2.44574	-.94287
IDD2	-.43890	.34158	-1.28	.1988	-1.10838	.23058
IDD4	.25570	.25101	1.02	.3084	-.23627	.74768
IDD5	.31201	.35221	.89	.3757	-.37830	1.00233
NAPC	-.93697***	.30731	-3.05	.0023	-1.53929	-.33465
LC	-1.72141***	.25237	-6.82	.0000	-2.21605	-1.22676
MOTV2	2.06945***	.28328	7.31	.0000	1.51423	2.62468
MOTV3	-1.44578***	.47408	-3.05	.0023	-2.37495	-.51660
MOTV4	-.40471	.28213	-1.43	.1514	-.95767	.14825
MOTV5	-1.61373***	.54039	-2.99	.0028	-2.67287	-.55460
NI1	-.17550	.43323	-.41	.6854	-1.02462	.67362
NI2	.62565**	.29807	2.10	.0358	.04145	1.20985
NI3	.57813*	.31298	1.85	.0647	-.03530	1.19156
DBIKE	-.07257	.16200	-.45	.6542	-.39009	.24495
SX	.07190	.15773	.46	.6485	-.23725	.38104
RPC1	.01317	.23024	.06	.9544	-.43808	.46442

RPC2	-.07063	.18284	-.39	.6993	-.42898	.28772
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	-.04277	.20378	-.21	.8338	-.44217	.35664
IDD1	-.86021***	.24181	-3.56	.0004	-1.33415	-.38627
IDD2	.05765	.20156	.29	.7749	-.33741	.45270
IDD4	.99893***	.13574	7.36	.0000	.73287	1.26498
IDD5	1.03562***	.17170	6.03	.0000	.69909	1.37215
NAPC	-1.90667***	.18387	-10.37	.0000	-2.26705	-1.54628
LC	-1.49684***	.13648	-10.97	.0000	-1.76434	-1.22935
MOTV2	.59817***	.19420	3.08	.0021	.21755	.97879
MOTV3	-1.33283***	.24151	-5.52	.0000	-1.80617	-.85948
MOTV4	.86794***	.12335	7.04	.0000	.62618	1.10971
MOTV5	.44538***	.15286	2.91	.0036	.14578	.74498
NI1	-.42427*	.23387	-1.81	.0697	-.88264	.03410
NI2	-.13602	.13990	-.97	.3309	-.41023	.13818
NI3	-.09400	.15906	-.59	.5545	-.40576	.21775
DBIKE	.31644***	.09809	3.23	.0013	.12419	.50869
SX	-.20954**	.09678	-2.17	.0304	-.39922	-.01986
RPC1	.07319	.14705	.50	.6187	-.21503	.36141
RPC2	-.00937	.10929	-.09	.9317	-.22358	.20485
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-5.77960***	.95626	-6.04	.0000	-7.65384	-3.90536
IDD1	-100.811	.1476D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	-.47044	.67002	-.70	.4826	-1.78366	.84277
IDD4	.77529**	.38887	1.99	.0462	.01312	1.53746
IDD5	-.63716	.74748	-.85	.3940	-2.10219	.82788
NAPC	-.45409	.50676	-.90	.3702	-1.44731	.53914
LC	-2.19869***	.43902	-5.01	.0000	-3.05916	-1.33821
MOTV2	-100.360	.2598D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-100.105	.1564D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	-.19164	.42291	-.45	.6504	-1.02053	.63725
MOTV5	-.23129	.54172	-.43	.6694	-1.29304	.83046
NI1	1.71279**	.77455	2.21	.0270	.19470	3.23089
NI2	.29845	.46062	.65	.5170	-.60436	1.20125
NI3	-.29026	.59344	-.49	.6248	-1.45338	.87286
DBIKE	3.69393***	.75246	4.91	.0000	2.21914	5.16872
SX	.57713*	.34827	1.66	.0975	-.10547	1.25973
RPC1	.98718**	.47604	2.07	.0381	.05416	1.92019
RPC2	.42092	.37734	1.12	.2646	-.31866	1.16050

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

MNL4.6

|-> RESET

```
0-----0
| NLOGIT 5 (tm) Oct 10, 2020, 09:46:12AM |
| Econometric Software, Inc. Copyright 1986-2012 |
| Plainview, New York 11803 |
| Registered to Luís Gonçaves |
| FEU |
| Registration Number 1014-0016663-5NS |
0-----0
-----Initializing NLOGIT Version 5 (May 1, 2012)-----
-----
```

|-> RESET

```
|-> LOAD;file="C:\Users\gonca\Desktop\Variaveis logit.lpj"$
Project file contained 4064 observations.
|-> LOGIT;Lhs=MTRASNP;Rhs=ONE,IDD1,IDD2,IDD4,IDD5,NAPC,LC,MOTV2,MOTV3,MOTV4
,MOTV5,NI1,NI2,NI3,DBIKE,SX,DURV$
Maximum of 100 iterations. Exit iterations with status=1.
```

Multinomial Logit Model

```
Dependent variable MTRASNP
Log likelihood function -2287.34199
Restricted log likelihood -3019.86811
Chi squared [ 48 d.f.] 1465.05224
Significance level .00000
McFadden Pseudo R-squared .2425689
Estimation based on N = 4064, K = 51
Inf.Cr.AIC = 4676.7 AIC/N = 1.151
Model estimated: Oct 10, 2020, 09:48:09
```

MTRASNP	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=1]						
Constant	-2.55052***	.41199	-6.19	.0000	-3.35801	-1.74303
IDD1	-1.46251***	.39023	-3.75	.0002	-2.22735	-.69767
IDD2	-.50201	.34734	-1.45	.1484	-1.18279	.17876
IDD4	.16752	.25500	.66	.5112	-.33226	.66730
IDD5	.09693	.35723	.27	.7861	-.60324	.79709
NAPC	-.99153***	.29729	-3.34	.0009	-1.57421	-.40885
LC	-1.76032***	.25548	-6.89	.0000	-2.26105	-1.25959
MOTV2	1.94483***	.29252	6.65	.0000	1.37150	2.51815
MOTV3	-1.41961***	.48489	-2.93	.0034	-2.36998	-.46925
MOTV4	-.37963	.28801	-1.32	.1875	-.94412	.18485
MOTV5	-1.59406***	.54324	-2.93	.0033	-2.65878	-.52934
NI1	.24309	.44405	.55	.5841	-.62724	1.11342
NI2	.99209***	.30773	3.22	.0013	.38895	1.59524
NI3	.82762***	.32035	2.58	.0098	.19975	1.45550
DBIKE	.02251	.16304	.14	.8902	-.29705	.34207
SX	.07768	.16149	.48	.6305	-.23883	.39419
DURV	.02578***	.00356	7.23	.0000	.01879	.03276

Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=2]						
Constant	.27193	.21075	1.29	.1969	-.14112	.68499
IDD1	-.91952***	.24299	-3.78	.0002	-1.39578	-.44327
IDD2	.05794	.20201	.29	.7742	-.33799	.45388
IDD4	1.00066***	.13571	7.37	.0000	.73467	1.26666
IDD5	1.08002***	.17073	6.33	.0000	.74540	1.41463
NAPC	-1.89404***	.17851	-10.61	.0000	-2.24391	-1.54417
LC	-1.50920***	.13692	-11.02	.0000	-1.77756	-1.24084
MOTV2	.60841***	.19535	3.11	.0018	.22553	.99129
MOTV3	-1.36003***	.24085	-5.65	.0000	-1.83209	-.88796
MOTV4	.84541***	.12338	6.85	.0000	.60359	1.08723
MOTV5	.42332***	.15291	2.77	.0056	.12362	.72302
NI1	-.54260**	.23078	-2.35	.0187	-.99493	-.09027
NI2	-.21494	.13553	-1.59	.1128	-.48057	.05069
NI3	-.15677	.15899	-.99	.3241	-.46839	.15485
DBIKE	.29572***	.09782	3.02	.0025	.10400	.48744
SX	-.19020*	.09719	-1.96	.0504	-.38070	.00029
DURV	-.01251***	.00315	-3.97	.0001	-.01868	-.00633
Characteristics in numerator of Prob[MTRASN=3]						
Constant	-5.62135***	.94237	-5.97	.0000	-7.46837	-3.77433
IDD1	-100.427	.1482D+22	.00	1.0000	*****	*****
IDD2	-.42894	.66473	-.65	.5187	-1.73178	.87390
IDD4	.72107*	.38557	1.87	.0615	-.03465	1.47678
IDD5	-.85675	.74294	-1.15	.2488	-2.31288	.59938
NAPC	-.78923	.51467	-1.53	.1252	-1.79796	.21950
LC	-2.13093***	.43581	-4.89	.0000	-2.98509	-1.27676
MOTV2	-100.300	.2543D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV3	-99.9129	.1583D+22	.00	1.0000	*****	*****
MOTV4	.00042	.41445	.00	.9992	-.81189	.81274
MOTV5	-.25731	.54655	-.47	.6378	-1.32854	.81392
NI1	1.79360**	.78332	2.29	.0220	.25832	3.32887
NI2	.62338	.45283	1.38	.1686	-.26416	1.51092
NI3	-.08070	.58861	-.14	.8909	-1.23435	1.07295
DBIKE	3.56250***	.73913	4.82	.0000	2.11383	5.01117
SX	.50210	.34688	1.45	.1478	-.17777	1.18198
DURV	.01115	.00864	1.29	.1971	-.00579	.02808

Note: nnnnn.D-xx or D+xx => multiply by 10 to -xx or +xx.

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Anexo D.

Modelos *logit* multinomiais – tempos de viagem e probabilidades de escolha de modo de transporte

D.1. Modo Autocarro

Tabela 20 – Tempos de Viagem e Probabilidade de Escolha do Modo Autocarro

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
1	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%	1%	1%	0%	2%	2%	1%	2%	2%	1%
2	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%	1%	1%	0%	2%	2%	1%	2%	2%	1%
3	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%	1%	1%	0%	2%	2%	1%	3%	2%	1%
4	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%
5	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%
6	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%
7	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%
8	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%
9	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
10	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
11	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
12	2%	2%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
13	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
14	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%	2%	1%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
15	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%	2%	2%	1%	3%	2%	1%	3%	3%	1%
16	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%
17	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%
18	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	2%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%
19	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	2%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%
20	2%	2%	1%	4%	3%	1%	4%	4%	2%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	1%
21	2%	2%	1%	4%	3%	1%	4%	4%	2%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	2%
22	2%	2%	1%	4%	3%	1%	4%	4%	2%	2%	2%	1%	3%	3%	1%	4%	3%	2%
23	2%	2%	1%	4%	3%	1%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	4%	3%	1%	4%	4%	2%
24	2%	2%	1%	4%	3%	1%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	4%	3%	1%	4%	4%	2%
25	2%	2%	1%	4%	3%	2%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	4%	3%	1%	4%	4%	2%
26	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	4%	3%	1%	5%	4%	2%
27	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	4%	3%	1%	5%	4%	2%
28	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%	2%	2%	1%	4%	3%	2%	5%	4%	2%
29	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%
30	3%	2%	1%	5%	4%	2%	5%	5%	2%	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%
31	3%	2%	1%	5%	4%	2%	5%	5%	2%	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%
32	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%	3%	2%	1%	4%	4%	2%	5%	4%	2%
33	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%	3%	2%	1%	5%	4%	2%	5%	5%	2%
34	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%	3%	2%	1%	5%	4%	2%	5%	5%	2%
35	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%
36	3%	3%	1%	5%	5%	2%	6%	5%	2%	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%
37	3%	3%	1%	5%	5%	2%	6%	5%	2%	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%
38	3%	3%	1%	6%	5%	2%	6%	6%	3%	3%	3%	1%	5%	4%	2%	6%	5%	2%
39	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%	3%	3%	1%	5%	5%	2%	6%	5%	2%
40	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%	3%	3%	1%	5%	5%	2%	6%	5%	2%
41	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%	3%	3%	1%	6%	5%	2%	6%	6%	3%
42	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%
43	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%
44	4%	3%	2%	6%	6%	2%	8%	6%	3%	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%

Anexo D

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
45	4%	3%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%
46	4%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%	4%	3%	1%	6%	5%	2%	7%	6%	3%
47	4%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%	4%	3%	2%	6%	5%	2%	8%	6%	3%
48	4%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%	4%	3%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%
49	5%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%	4%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%
50	5%	4%	2%	7%	6%	3%	9%	7%	3%	4%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%
51	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	3%	4%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%
52	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	4%	5%	4%	2%	7%	6%	3%	8%	7%	3%
53	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	4%	5%	4%	2%	7%	6%	3%	9%	7%	3%
54	5%	4%	2%	8%	7%	3%	10%	8%	4%	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	3%
55	5%	4%	2%	8%	7%	3%	10%	8%	4%	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	4%
56	5%	5%	2%	9%	7%	3%	10%	9%	4%	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	4%
57	5%	5%	2%	9%	8%	3%	10%	9%	4%	5%	4%	2%	8%	7%	3%	9%	8%	4%
58	6%	5%	2%	9%	8%	4%	10%	9%	4%	5%	4%	2%	8%	7%	3%	10%	8%	4%
59	6%	5%	2%	9%	8%	4%	11%	9%	4%	5%	5%	2%	9%	7%	3%	10%	9%	4%
60	6%	5%	2%	9%	8%	4%	11%	9%	4%	5%	5%	2%	9%	8%	3%	10%	9%	4%
61	6%	5%	2%	10%	8%	4%	11%	10%	4%	6%	5%	2%	9%	8%	4%	10%	9%	4%
62	6%	5%	2%	10%	8%	4%	11%	10%	5%	6%	5%	2%	9%	8%	4%	11%	9%	4%
63	6%	5%	2%	10%	9%	4%	12%	10%	5%	6%	5%	2%	9%	8%	4%	11%	9%	4%
64	7%	6%	3%	10%	9%	4%	12%	10%	5%	6%	5%	2%	10%	8%	4%	11%	10%	4%
65	7%	6%	3%	11%	9%	4%	12%	11%	5%	6%	5%	2%	10%	8%	4%	11%	10%	5%
66	7%	6%	3%	11%	9%	4%	13%	11%	5%	6%	5%	2%	10%	9%	4%	12%	10%	5%
67	7%	6%	3%	11%	10%	4%	13%	11%	5%	7%	6%	3%	10%	9%	4%	12%	10%	5%
68	7%	6%	3%	11%	10%	5%	13%	11%	5%	7%	6%	3%	11%	9%	4%	12%	11%	5%
69	7%	6%	3%	12%	10%	5%	13%	12%	5%	7%	6%	3%	11%	9%	4%	13%	11%	5%
70	8%	6%	3%	12%	10%	5%	14%	12%	6%	7%	6%	3%	11%	10%	4%	13%	11%	5%
71	8%	7%	3%	12%	10%	5%	14%	12%	6%	7%	6%	3%	11%	10%	5%	13%	11%	5%
72	8%	7%	3%	12%	11%	5%	14%	12%	6%	7%	6%	3%	12%	10%	5%	13%	12%	5%
73	8%	7%	3%	13%	11%	5%	15%	13%	6%	8%	6%	3%	12%	10%	5%	14%	12%	6%
74	8%	7%	3%	13%	11%	5%	15%	13%	6%	8%	7%	3%	12%	10%	5%	14%	12%	6%
75	8%	7%	3%	13%	11%	5%	15%	13%	6%	8%	7%	3%	12%	11%	5%	14%	12%	6%
76	9%	7%	3%	14%	12%	5%	16%	14%	6%	8%	7%	3%	13%	11%	5%	15%	13%	6%
77	9%	8%	3%	14%	12%	6%	16%	14%	7%	8%	7%	3%	13%	11%	5%	15%	13%	6%
78	9%	8%	4%	14%	12%	6%	16%	14%	7%	8%	7%	3%	13%	11%	5%	15%	13%	6%
79	9%	8%	4%	14%	13%	6%	17%	15%	7%	9%	7%	3%	14%	12%	5%	16%	14%	6%
80	10%	8%	4%	15%	13%	6%	17%	15%	7%	9%	8%	3%	14%	12%	6%	16%	14%	7%
81	10%	8%	4%	15%	13%	6%	17%	15%	7%	9%	8%	4%	14%	12%	6%	16%	14%	7%
82	10%	9%	4%	15%	13%	6%	18%	15%	7%	9%	8%	4%	14%	13%	6%	17%	15%	7%
83	10%	9%	4%	16%	14%	7%	18%	16%	8%	10%	8%	4%	15%	13%	6%	17%	15%	7%
84	10%	9%	4%	16%	14%	7%	19%	16%	8%	10%	8%	4%	15%	13%	6%	17%	15%	7%
85	11%	9%	4%	16%	14%	7%	19%	17%	8%	10%	9%	4%	15%	13%	6%	18%	15%	7%
86	11%	9%	4%	17%	15%	7%	19%	17%	8%	10%	9%	4%	16%	14%	6%	18%	16%	8%
87	11%	10%	4%	17%	15%	7%	20%	17%	8%	10%	9%	4%	16%	14%	7%	19%	16%	8%
88	11%	10%	5%	18%	15%	7%	20%	18%	9%	11%	9%	4%	16%	14%	7%	19%	17%	8%
89	12%	10%	5%	18%	16%	8%	21%	18%	9%	11%	9%	4%	17%	15%	7%	19%	17%	8%
90	12%	10%	5%	18%	16%	8%	21%	18%	9%	11%	10%	4%	17%	15%	7%	20%	17%	8%
91	12%	11%	5%	19%	16%	8%	21%	19%	9%	11%	10%	5%	18%	15%	7%	20%	18%	9%
92	13%	11%	5%	19%	17%	8%	22%	19%	9%	12%	10%	5%	18%	16%	8%	21%	18%	9%
93	13%	11%	5%	20%	17%	8%	22%	20%	10%	12%	10%	5%	18%	16%	8%	21%	18%	9%
94	13%	11%	5%	20%	17%	8%	23%	20%	10%	12%	11%	5%	19%	16%	8%	21%	19%	9%
95	13%	12%	5%	20%	18%	9%	23%	20%	10%	13%	11%	5%	19%	17%	8%	22%	19%	9%
96	14%	12%	6%	21%	18%	9%	24%	21%	10%	13%	11%	5%	20%	17%	8%	22%	20%	10%
97	14%	12%	6%	21%	19%	9%	24%	21%	11%	13%	11%	5%	20%	17%	8%	23%	20%	10%
98	14%	12%	6%	22%	19%	9%	25%	22%	11%	13%	12%	5%	20%	18%	9%	23%	20%	10%
99	15%	13%	6%	22%	19%	10%	25%	22%	11%	14%	12%	6%	21%	18%	9%	24%	21%	10%
100	15%	13%	6%	23%	20%	10%	26%	23%	11%	14%	12%	6%	21%	19%	9%	24%	21%	11%

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
101	15%	13%	6%	23%	20%	10%	26%	23%	12%	14%	12%	6%	22%	19%	9%	25%	22%	11%
102	16%	14%	6%	23%	21%	10%	27%	23%	12%	15%	13%	6%	22%	19%	10%	25%	22%	11%
103	16%	14%	7%	24%	21%	10%	27%	24%	12%	15%	13%	6%	23%	20%	10%	26%	23%	11%
104	16%	14%	7%	24%	21%	11%	28%	24%	12%	15%	13%	6%	23%	20%	10%	26%	23%	12%
105	17%	15%	7%	25%	22%	11%	28%	25%	13%	16%	14%	6%	23%	21%	10%	27%	23%	12%
106	17%	15%	7%	25%	22%	11%	29%	25%	13%	16%	14%	7%	24%	21%	10%	27%	24%	12%
107	17%	15%	7%	26%	23%	11%	29%	26%	13%	16%	14%	7%	24%	21%	11%	28%	24%	12%
108	18%	16%	7%	26%	23%	12%	30%	26%	14%	17%	15%	7%	25%	22%	11%	28%	25%	13%
109	18%	16%	8%	27%	24%	12%	30%	27%	14%	17%	15%	7%	25%	22%	11%	29%	25%	13%
110	19%	16%	8%	27%	24%	12%	31%	27%	14%	17%	15%	7%	26%	23%	11%	29%	26%	13%
111	19%	17%	8%	28%	25%	13%	31%	28%	14%	18%	15%	7%	26%	23%	12%	30%	26%	14%
112	19%	17%	8%	28%	25%	13%	32%	28%	15%	18%	16%	8%	27%	24%	12%	30%	27%	14%
113	20%	17%	8%	29%	26%	13%	32%	29%	15%	19%	16%	8%	27%	24%	12%	31%	27%	14%
114	20%	18%	9%	29%	26%	13%	33%	29%	15%	19%	17%	8%	28%	25%	13%	31%	28%	14%
115	21%	18%	9%	30%	27%	14%	34%	30%	16%	19%	17%	8%	28%	25%	13%	32%	28%	15%
116	21%	18%	9%	31%	27%	14%	34%	31%	16%	20%	17%	8%	29%	26%	13%	32%	29%	15%
117	21%	19%	9%	31%	28%	14%	35%	31%	16%	20%	18%	9%	29%	26%	13%	33%	29%	15%
118	22%	19%	9%	32%	28%	15%	35%	32%	17%	21%	18%	9%	30%	27%	14%	34%	30%	16%
119	22%	20%	10%	32%	29%	15%	36%	32%	17%	21%	18%	9%	31%	27%	14%	34%	31%	16%
120	23%	20%	10%	33%	29%	15%	37%	33%	18%	21%	19%	9%	31%	28%	14%	35%	31%	16%

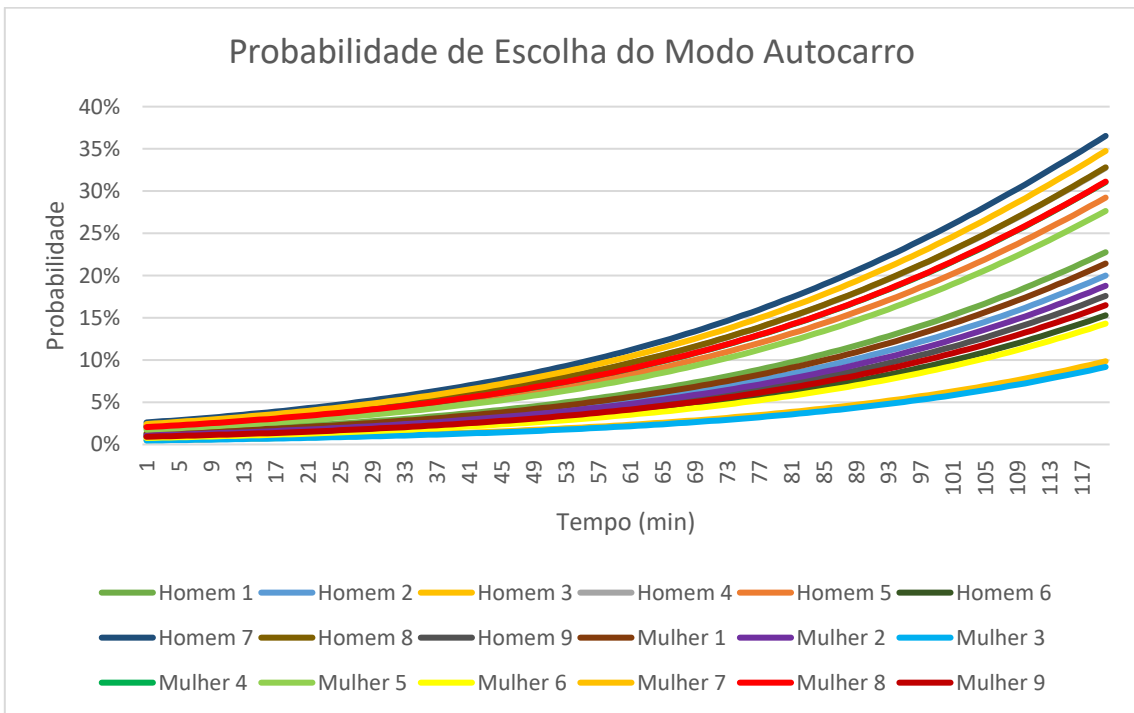


Figura 11 – Probabilidade de Escolha do Modo Autocarro

D.2. Modo A Pé

Tabela 21 – Tempos de Viagem e Probabilidade de Escolha do Modo A Pé

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
1	8%	8%	10%	8%	8%	9%	18%	19%	22%	10%	10%	12%	9%	10%	11%	21%	22%	25%
2	8%	8%	10%	8%	8%	9%	18%	19%	22%	9%	10%	11%	9%	9%	11%	21%	22%	25%
3	8%	8%	10%	7%	8%	9%	18%	19%	21%	9%	10%	11%	9%	9%	11%	21%	22%	25%
4	8%	8%	9%	7%	8%	9%	18%	19%	21%	9%	10%	11%	9%	9%	11%	21%	22%	24%
5	8%	8%	9%	7%	8%	9%	18%	18%	21%	9%	10%	11%	9%	9%	11%	21%	21%	24%
6	8%	8%	9%	7%	8%	9%	17%	18%	21%	9%	10%	11%	9%	9%	10%	20%	21%	24%
7	7%	8%	9%	7%	7%	9%	17%	18%	21%	9%	9%	11%	8%	9%	10%	20%	21%	24%
8	7%	8%	9%	7%	7%	9%	17%	18%	20%	9%	9%	11%	8%	9%	10%	20%	21%	24%
9	7%	8%	9%	7%	7%	8%	17%	18%	20%	9%	9%	11%	8%	9%	10%	20%	21%	23%
10	7%	8%	9%	7%	7%	8%	17%	18%	20%	9%	9%	10%	8%	9%	10%	20%	20%	23%
11	7%	8%	9%	7%	7%	8%	17%	17%	20%	9%	9%	10%	8%	9%	10%	19%	20%	23%
12	7%	7%	9%	7%	7%	8%	16%	17%	20%	8%	9%	10%	8%	8%	10%	19%	20%	23%
13	7%	7%	9%	7%	7%	8%	16%	17%	19%	8%	9%	10%	8%	8%	10%	19%	20%	22%
14	7%	7%	8%	7%	7%	8%	16%	17%	19%	8%	9%	10%	8%	8%	10%	19%	20%	22%
15	7%	7%	8%	6%	7%	8%	16%	17%	19%	8%	9%	10%	8%	8%	9%	19%	19%	22%
16	7%	7%	8%	6%	7%	8%	16%	16%	19%	8%	8%	10%	8%	8%	9%	18%	19%	22%
17	7%	7%	8%	6%	7%	8%	16%	16%	19%	8%	8%	10%	8%	8%	9%	18%	19%	22%
18	7%	7%	8%	6%	7%	8%	15%	16%	18%	8%	8%	10%	7%	8%	9%	18%	19%	21%
19	7%	7%	8%	6%	7%	8%	15%	16%	18%	8%	8%	9%	7%	8%	9%	18%	19%	21%
20	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	16%	18%	8%	8%	9%	7%	8%	9%	18%	18%	21%
21	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	16%	18%	8%	8%	9%	7%	8%	9%	17%	18%	21%
22	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	15%	18%	8%	8%	9%	7%	8%	9%	17%	18%	21%
23	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	15%	17%	7%	8%	9%	7%	7%	9%	17%	18%	20%
24	6%	6%	8%	6%	6%	7%	14%	15%	17%	7%	8%	9%	7%	7%	8%	17%	18%	20%
25	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%	7%	8%	9%	7%	7%	8%	17%	18%	20%
26	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%	7%	8%	9%	7%	7%	8%	17%	17%	20%
27	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%	7%	7%	9%	7%	7%	8%	16%	17%	20%
28	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	14%	17%	7%	7%	9%	7%	7%	8%	16%	17%	19%
29	6%	6%	7%	5%	6%	7%	14%	14%	16%	7%	7%	8%	7%	7%	8%	16%	17%	19%
30	6%	6%	7%	5%	6%	7%	13%	14%	16%	7%	7%	8%	6%	7%	8%	16%	17%	19%
31	6%	6%	7%	5%	6%	7%	13%	14%	16%	7%	7%	8%	6%	7%	8%	16%	16%	19%
32	6%	6%	7%	5%	6%	6%	13%	14%	16%	7%	7%	8%	6%	7%	8%	16%	16%	19%
33	6%	6%	7%	5%	6%	6%	13%	14%	16%	7%	7%	8%	6%	7%	8%	15%	16%	18%
34	5%	6%	7%	5%	5%	6%	13%	14%	16%	7%	7%	8%	6%	7%	8%	15%	16%	18%
35	5%	6%	7%	5%	5%	6%	13%	13%	15%	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	16%	18%
36	5%	6%	7%	5%	5%	6%	13%	13%	15%	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	16%	18%
37	5%	6%	6%	5%	5%	6%	13%	13%	15%	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	15%	18%
38	5%	6%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	15%	6%	7%	8%	6%	6%	7%	15%	15%	17%
39	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	15%	6%	7%	8%	6%	6%	7%	14%	15%	17%
40	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	15%	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%
41	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	14%	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%
42	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	12%	14%	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%
43	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	12%	14%	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	15%	17%
44	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	12%	14%	6%	6%	7%	6%	6%	7%	14%	14%	16%
45	5%	5%	6%	5%	5%	6%	11%	12%	14%	6%	6%	7%	5%	6%	7%	14%	14%	16%
46	5%	5%	6%	4%	5%	6%	11%	12%	14%	6%	6%	7%	5%	6%	7%	13%	14%	16%
47	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	12%	14%	6%	6%	7%	5%	6%	7%	13%	14%	16%
48	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	12%	13%	6%	6%	7%	5%	6%	6%	13%	14%	16%
49	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	12%	13%	5%	6%	7%	5%	5%	6%	13%	14%	16%
50	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	11%	13%	5%	6%	7%	5%	5%	6%	13%	13%	15%
51	4%	5%	5%	4%	4%	5%	11%	11%	13%	5%	6%	7%	5%	5%	6%	13%	13%	15%

Anexo D

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
52	4%	5%	5%	4%	4%	5%	11%	11%	13%	5%	6%	6%	5%	5%	6%	13%	13%	15%
53	4%	5%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	13%	5%	6%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	15%
54	4%	5%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	13%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	15%
55	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	12%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	15%
56	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	12%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	13%	14%
57	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	12%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	12%	14%
58	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	12%	14%
59	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	12%	12%	14%
60	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%	5%	5%	6%	5%	5%	6%	11%	12%	14%
61	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%	5%	5%	6%	4%	5%	6%	11%	12%	14%
62	4%	4%	5%	4%	4%	5%	9%	10%	11%	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	12%	14%
63	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	12%	13%
64	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	12%	13%
65	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%	5%	5%	6%	4%	5%	5%	11%	11%	13%
66	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	11%	11%	13%
67	4%	4%	5%	3%	4%	4%	9%	9%	11%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	11%	11%	13%
68	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	11%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	13%
69	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	11%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	13%
70	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	10%	4%	5%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	12%
71	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	12%
72	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	11%	12%
73	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%
74	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%
75	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%
76	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	10%	10%	12%
77	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	9%	10%	12%
78	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	10%	4%	4%	5%	4%	4%	5%	9%	10%	11%
79	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%
80	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%
81	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%	4%	4%	5%	4%	4%	4%	9%	10%	11%
82	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%	4%	4%	5%	3%	4%	4%	9%	9%	11%
83	3%	3%	4%	3%	3%	4%	7%	8%	9%	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	11%
84	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	8%	9%	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	11%
85	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	8%	9%	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	11%
86	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	8%	9%	4%	4%	4%	3%	4%	4%	9%	9%	10%
87	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	7%	9%	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%
88	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	7%	9%	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%
89	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%
90	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%
91	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	9%	10%
92	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%	3%	4%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	10%
93	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	10%
94	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	10%
95	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%
96	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%
97	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	8%	8%	9%
98	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	7%	8%	9%
99	2%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%	3%	3%	4%	3%	3%	4%	7%	8%	9%
100	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	8%	9%
101	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	8%	9%
102	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	8%	9%
103	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	4%	3%	3%	3%	7%	7%	9%
104	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%
105	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%
106	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%
107	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
108	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%
109	2%	2%	3%	2%	2%	3%	5%	6%	7%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	7%	7%	8%
110	2%	2%	3%	2%	2%	3%	5%	6%	7%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%
111	2%	2%	3%	2%	2%	3%	5%	6%	7%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%
112	2%	2%	3%	2%	2%	2%	5%	6%	6%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%
113	2%	2%	3%	2%	2%	2%	5%	6%	6%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%
114	2%	2%	3%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	3%	3%	3%	2%	3%	3%	6%	7%	8%
115	2%	2%	3%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%
116	2%	2%	3%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%
117	2%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%
118	2%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	2%	3%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%
119	2%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%
120	2%	2%	2%	2%	2%	2%	5%	5%	6%	2%	2%	3%	2%	2%	3%	6%	6%	7%

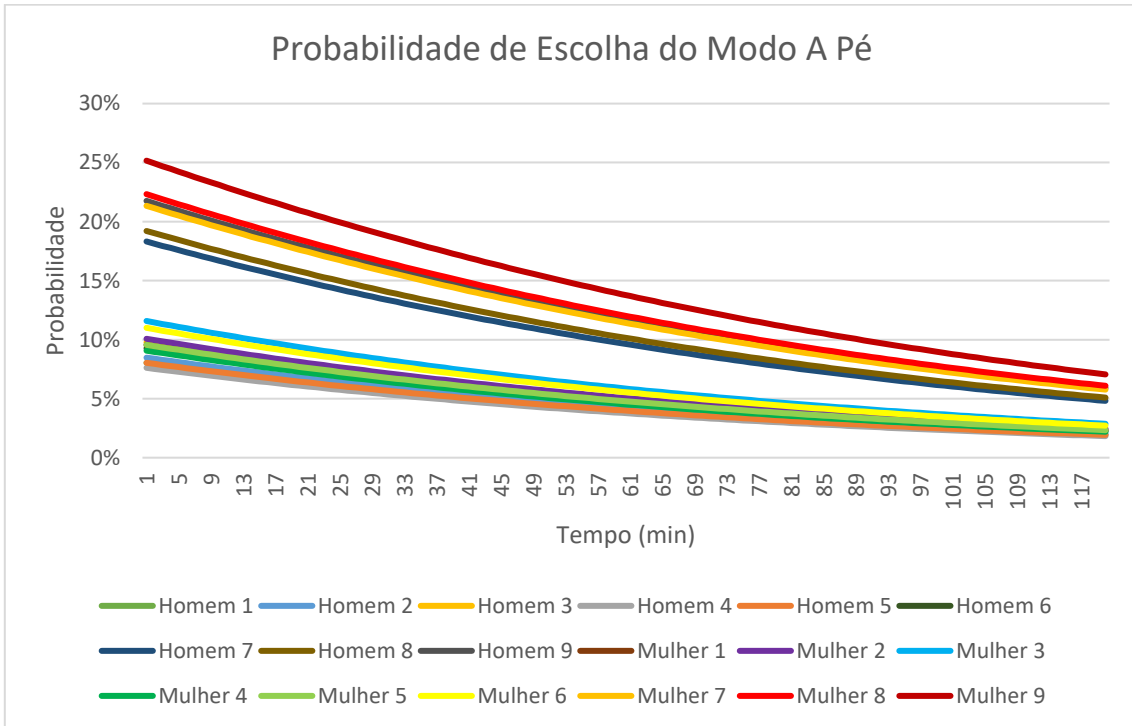


Figura 12 – Probabilidade de Escolha do Modo A Pé

D.3. Modo Bicicleta

Tabela 22 – Tempos de Viagem e Probabilidade de Escolha do Modo Bicicleta

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
1	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
2	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
3	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
4	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
5	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
6	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
7	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
8	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
9	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
10	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
11	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
12	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
13	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
14	2%	1%	1%	3%	2%	2%	7%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
15	2%	1%	1%	3%	2%	2%	7%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
16	2%	1%	1%	3%	2%	2%	7%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
17	2%	1%	1%	3%	2%	2%	7%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
18	2%	1%	1%	3%	2%	2%	7%	3%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
19	2%	1%	1%	3%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
20	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
21	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
22	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
23	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	4%	2%	2%
24	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	2%
25	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
26	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
27	2%	1%	1%	4%	2%	2%	7%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
28	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
29	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
30	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
31	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
32	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	2%	3%
33	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	3%	3%
34	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	4%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
35	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
36	3%	1%	1%	4%	2%	2%	8%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
37	3%	1%	2%	4%	2%	2%	8%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
38	3%	1%	2%	4%	2%	2%	8%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
39	3%	1%	2%	4%	2%	2%	8%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
40	3%	1%	2%	4%	2%	2%	9%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
41	3%	1%	2%	4%	2%	2%	9%	4%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
42	3%	1%	2%	4%	2%	2%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	1%	5%	3%	3%
43	3%	1%	2%	4%	2%	2%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
44	3%	2%	2%	5%	2%	2%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
45	3%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
46	3%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
47	3%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
48	3%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
49	3%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
50	3%	2%	2%	5%	2%	3%	9%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	6%	3%	3%
51	3%	2%	2%	5%	2%	3%	10%	5%	5%	2%	1%	1%	3%	2%	2%	6%	3%	3%

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
108	6%	3%	3%	9%	5%	5%	17%	9%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
109	6%	3%	3%	9%	5%	5%	17%	9%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
110	6%	3%	3%	9%	5%	5%	17%	9%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
111	6%	3%	3%	9%	5%	5%	17%	9%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
112	6%	3%	3%	9%	5%	5%	17%	9%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
113	6%	3%	3%	9%	5%	5%	17%	9%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
114	6%	3%	3%	9%	5%	5%	18%	10%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	11%	6%	6%
115	6%	3%	4%	9%	5%	5%	18%	10%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	12%	6%	7%
116	6%	3%	4%	10%	5%	5%	18%	10%	10%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	12%	6%	7%
117	7%	3%	4%	10%	5%	5%	18%	10%	11%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	12%	6%	7%
118	7%	3%	4%	10%	5%	5%	18%	10%	11%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	12%	6%	7%
119	7%	3%	4%	10%	5%	6%	18%	10%	11%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	12%	6%	7%
120	7%	3%	4%	10%	5%	6%	19%	10%	11%	4%	2%	2%	6%	3%	3%	12%	6%	7%

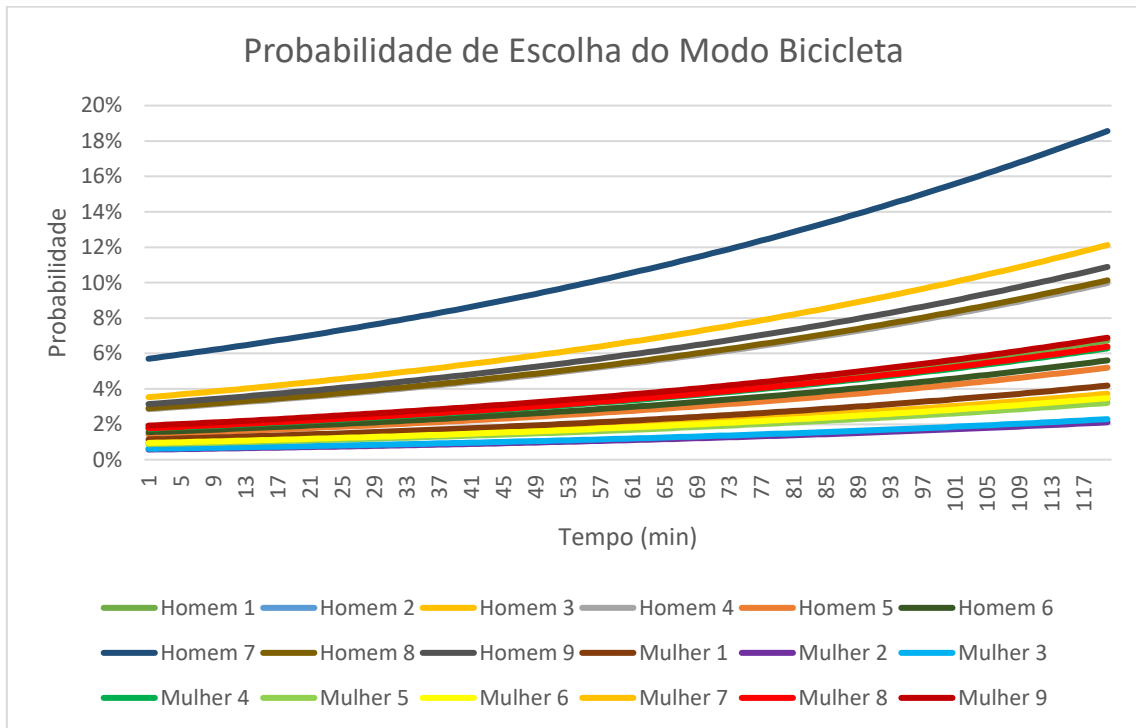


Figura 13 – Probabilidade de Escolha do Modo Bicicleta

Anexo D

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
52	87%	90%	91%	83%	86%	89%	71%	76%	78%	88%	90%	91%	85%	87%	89%	73%	76%	78%
53	87%	89%	91%	83%	86%	89%	70%	76%	78%	88%	90%	91%	85%	87%	89%	73%	76%	78%
54	87%	89%	91%	83%	86%	89%	70%	76%	78%	88%	89%	91%	84%	87%	89%	73%	76%	78%
55	87%	89%	91%	83%	86%	89%	70%	76%	78%	88%	89%	91%	84%	87%	89%	73%	76%	78%
56	87%	89%	91%	82%	86%	89%	70%	76%	78%	88%	89%	91%	84%	87%	89%	72%	76%	78%
57	87%	89%	91%	82%	86%	89%	70%	75%	78%	88%	89%	91%	84%	86%	89%	72%	76%	78%
58	87%	89%	91%	82%	86%	89%	69%	75%	78%	88%	89%	91%	84%	86%	89%	72%	76%	78%
59	87%	89%	91%	82%	85%	89%	69%	75%	78%	88%	89%	91%	84%	86%	89%	72%	76%	78%
60	87%	89%	91%	81%	85%	89%	69%	75%	78%	88%	89%	91%	83%	86%	89%	72%	76%	78%
61	86%	89%	91%	81%	85%	89%	69%	75%	78%	87%	89%	91%	83%	86%	89%	72%	76%	78%
62	86%	89%	91%	81%	85%	89%	68%	75%	78%	87%	89%	91%	83%	86%	89%	71%	76%	78%
63	86%	89%	91%	81%	85%	88%	68%	74%	78%	87%	89%	91%	83%	86%	89%	71%	75%	78%
64	86%	89%	91%	80%	84%	88%	68%	74%	78%	87%	89%	91%	83%	85%	89%	71%	75%	78%
65	86%	88%	91%	80%	84%	88%	68%	74%	78%	87%	89%	91%	82%	85%	89%	71%	75%	78%
66	86%	88%	91%	80%	84%	88%	67%	74%	78%	87%	89%	91%	82%	85%	89%	71%	75%	78%
67	85%	88%	91%	80%	84%	88%	67%	74%	78%	87%	89%	91%	82%	85%	89%	70%	75%	78%
68	85%	88%	91%	79%	84%	88%	67%	73%	78%	87%	88%	91%	82%	85%	89%	70%	75%	78%
69	85%	88%	91%	79%	83%	88%	66%	73%	77%	86%	88%	91%	81%	85%	89%	70%	75%	78%
70	85%	88%	91%	79%	83%	88%	66%	73%	77%	86%	88%	91%	81%	84%	89%	70%	74%	78%
71	85%	88%	90%	79%	83%	88%	66%	73%	77%	86%	88%	91%	81%	84%	89%	69%	74%	78%
72	85%	88%	90%	78%	83%	88%	65%	72%	77%	86%	88%	91%	81%	84%	88%	69%	74%	78%
73	84%	87%	90%	78%	82%	88%	65%	72%	77%	86%	88%	91%	80%	84%	88%	69%	74%	78%
74	84%	87%	90%	78%	82%	87%	65%	72%	77%	86%	88%	91%	80%	84%	88%	69%	74%	78%
75	84%	87%	90%	77%	82%	87%	64%	72%	77%	86%	88%	91%	80%	83%	88%	68%	73%	78%
76	84%	87%	90%	77%	82%	87%	64%	71%	77%	85%	88%	91%	80%	83%	88%	68%	73%	78%
77	84%	87%	90%	77%	81%	87%	64%	71%	77%	85%	87%	91%	79%	83%	88%	68%	73%	78%
78	83%	87%	90%	76%	81%	87%	63%	71%	77%	85%	87%	90%	79%	83%	88%	67%	73%	78%
79	83%	86%	90%	76%	81%	87%	63%	71%	76%	85%	87%	90%	79%	82%	88%	67%	73%	78%
80	83%	86%	90%	76%	81%	87%	63%	70%	76%	85%	87%	90%	78%	82%	88%	67%	72%	78%
81	83%	86%	90%	75%	80%	86%	62%	70%	76%	84%	87%	90%	78%	82%	88%	66%	72%	78%
82	82%	86%	90%	75%	80%	86%	62%	70%	76%	84%	87%	90%	78%	82%	88%	66%	72%	78%
83	82%	86%	90%	75%	80%	86%	61%	69%	76%	84%	87%	90%	78%	81%	87%	66%	72%	78%
84	82%	85%	90%	74%	79%	86%	61%	69%	76%	84%	86%	90%	77%	81%	87%	65%	71%	77%
85	82%	85%	90%	74%	79%	86%	60%	69%	76%	84%	86%	90%	77%	81%	87%	65%	71%	77%
86	81%	85%	89%	73%	79%	86%	60%	68%	75%	83%	86%	90%	76%	81%	87%	65%	71%	77%
87	81%	85%	89%	73%	78%	86%	60%	68%	75%	83%	86%	90%	76%	80%	87%	64%	70%	77%
88	81%	85%	89%	73%	78%	85%	59%	68%	75%	83%	86%	90%	76%	80%	87%	64%	70%	77%
89	81%	84%	89%	72%	78%	85%	59%	67%	75%	83%	85%	90%	75%	80%	87%	64%	70%	77%
90	80%	84%	89%	72%	77%	85%	58%	67%	75%	82%	85%	90%	75%	79%	86%	63%	69%	77%
91	80%	84%	89%	71%	77%	85%	58%	67%	74%	82%	85%	90%	75%	79%	86%	63%	69%	77%
92	80%	84%	89%	71%	77%	85%	57%	66%	74%	82%	85%	90%	74%	79%	86%	62%	69%	76%
93	79%	83%	89%	70%	76%	84%	57%	66%	74%	82%	85%	90%	74%	78%	86%	62%	68%	76%
94	79%	83%	89%	70%	76%	84%	56%	65%	74%	81%	84%	89%	73%	78%	86%	61%	68%	76%
95	79%	83%	88%	69%	76%	84%	56%	65%	74%	81%	84%	89%	73%	78%	86%	61%	68%	76%
96	78%	83%	88%	69%	75%	84%	55%	64%	73%	81%	84%	89%	73%	77%	85%	61%	67%	76%
97	78%	82%	88%	68%	75%	84%	55%	64%	73%	81%	84%	89%	72%	77%	85%	60%	67%	76%
98	78%	82%	88%	68%	74%	83%	54%	64%	73%	80%	84%	89%	72%	77%	85%	60%	67%	75%
99	77%	82%	88%	68%	74%	83%	53%	63%	73%	80%	83%	89%	71%	76%	85%	59%	66%	75%
100	77%	82%	88%	67%	74%	83%	53%	63%	72%	80%	83%	89%	71%	76%	85%	59%	66%	75%
101	77%	81%	88%	66%	73%	83%	52%	62%	72%	79%	83%	89%	70%	75%	84%	58%	65%	75%
102	76%	81%	88%	66%	73%	82%	52%	62%	72%	79%	82%	89%	70%	75%	84%	58%	65%	75%
103	76%	81%	87%	65%	72%	82%	51%	61%	72%	79%	82%	88%	70%	75%	84%	57%	65%	74%
104	76%	80%	87%	65%	72%	82%	51%	61%	71%	78%	82%	88%	69%	74%	84%	57%	64%	74%
105	75%	80%	87%	64%	71%	82%	50%	60%	71%	78%	82%	88%	69%	74%	84%	56%	64%	74%
106	75%	80%	87%	64%	71%	81%	49%	60%	71%	78%	81%	88%	68%	73%	83%	56%	63%	74%
107	74%	79%	87%	63%	70%	81%	49%	59%	70%	77%	81%	88%	68%	73%	83%	55%	63%	73%

Duração	Homem 1	Homem 2	Homem 3	Homem 4	Homem 5	Homem 6	Homem 7	Homem 8	Homem 9	Mulher 1	Mulher 2	Mulher 3	Mulher 4	Mulher 5	Mulher 6	Mulher 7	Mulher 8	Mulher 9
108	74%	79%	87%	63%	70%	81%	48%	59%	70%	77%	81%	88%	67%	73%	83%	54%	62%	73%
109	74%	79%	86%	62%	69%	80%	47%	58%	70%	77%	80%	88%	67%	72%	83%	54%	62%	73%
110	73%	78%	86%	62%	69%	80%	47%	58%	69%	76%	80%	87%	66%	72%	82%	53%	62%	73%
111	73%	78%	86%	61%	68%	80%	46%	57%	69%	76%	80%	87%	66%	71%	82%	53%	61%	72%
112	72%	78%	86%	60%	68%	80%	46%	57%	69%	75%	80%	87%	65%	71%	82%	52%	61%	72%
113	72%	77%	86%	60%	67%	79%	45%	56%	68%	75%	79%	87%	64%	70%	82%	52%	60%	72%
114	71%	77%	85%	59%	67%	79%	44%	56%	68%	75%	79%	87%	64%	70%	81%	51%	60%	71%
115	71%	77%	85%	59%	66%	79%	44%	55%	68%	74%	78%	87%	63%	69%	81%	50%	59%	71%
116	71%	76%	85%	58%	66%	78%	43%	54%	67%	74%	78%	86%	63%	69%	81%	50%	59%	71%
117	70%	76%	85%	57%	65%	78%	42%	54%	67%	73%	78%	86%	62%	68%	80%	49%	58%	71%
118	70%	75%	85%	57%	65%	78%	41%	53%	66%	73%	77%	86%	62%	68%	80%	49%	57%	70%
119	69%	75%	84%	56%	64%	77%	41%	53%	66%	73%	77%	86%	61%	67%	80%	48%	57%	70%
120	69%	75%	84%	55%	64%	77%	40%	52%	66%	72%	77%	86%	60%	67%	80%	47%	56%	70%

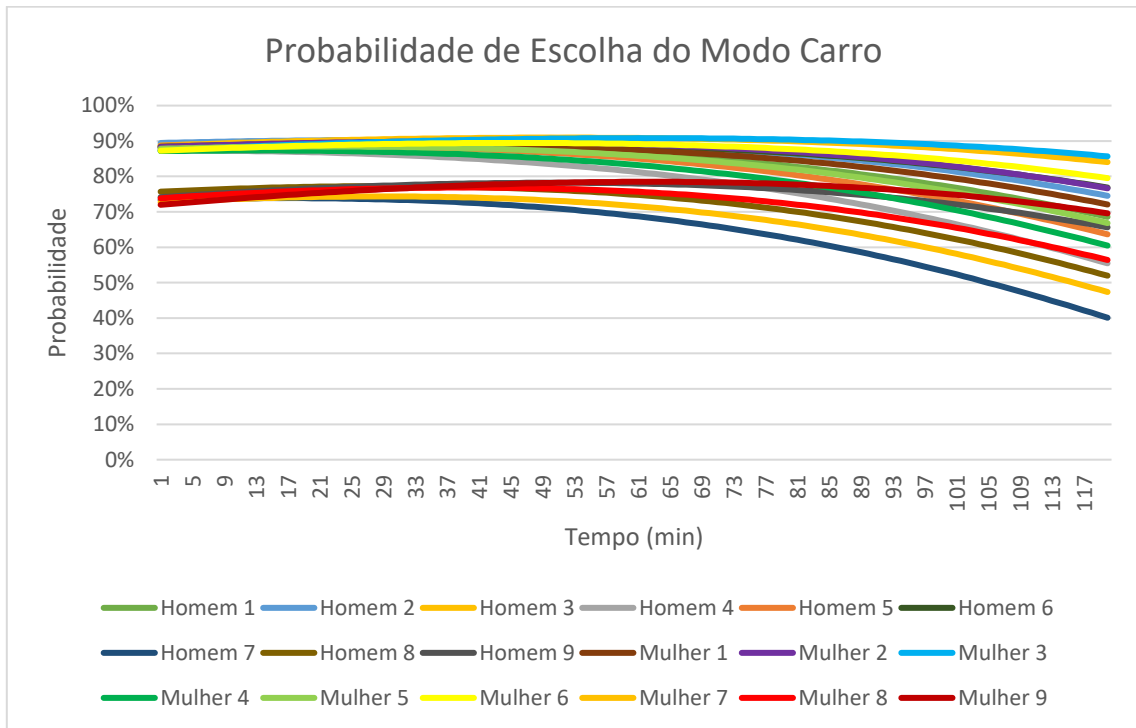


Figura 14 – Probabilidade de Escolha do Modo Carro

Anexo E.

Matrizes Origem – Destino (OD)

- Matriz Origem – Destino – Viagens
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Rede Base
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Corte EN13
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 1
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 2
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 3
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 4
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 5
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 6
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 1 – Abertura 7
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 1
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 2
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 3
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 4
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 5
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 6
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 2 – Abertura 7
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 1
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 2
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 3
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 4
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 5
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 6
- Matriz Origem – Destino – Tempo – Cenário 3 – Abertura 7

Anexo E

Matriz Origem - Destino de Viagens

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona de Origem
1	0	0	2	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	299	0	0	0	148	0	0	0	0	0	0	0	480
2	0	0	30	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	
3	0	15	0	0	62	10	0	1	11	0	0	0	0	0	1	0	0	163	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	319	
4	0	0	0	0	28	0	0	0	13	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	879	936	
5	0	4	43	0	0	39	0	0	1	0	0	0	0	0	69	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367	529	
6	0	0	9	1	1	0	0	12	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	9	0	0	0	0	0	211	0	0	0	0	4	55	0	0	0	0	0	0	0	305	
7	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39		
8	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	76	0	0	0	41	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	3	311		
9	0	0	32	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	3	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	60		
10	0	0	0	0	0	0	0	136	0	0	0	0	95	0	50	0	0	13	0	143	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	41	0	0	0	0	7	11	501		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	56	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	215		
12	0	0	0	0	7	1	0	0	1	1	0	0	12	21	40	0	0	40	0	4	2	8	0	16	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	24	183	
13	0	0	10	1	0	9	0	0	0	42	106	23	0	2	33	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	269	
14	0	0	0	5	92	1	0	0	36	21	0	2	0	61	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	238		
15	45	0	67	2	53	35	13	36	57	29	50	85	31	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	138	0	4	713		
16	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	188	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218		
17	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	40		
18	0	0	34	0	0	14	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	143			
19	0	2	1	0	4	9	0	0	31	0	7	2	5	40	0	0	0	0	0	3	2	16	8	0	2	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	4	352			
20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	288	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	0	0	0	0	0	0	412			
21	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	19	1	0	54	0	0	1	0	0	2	0	11	0	0	86	0	455	0	0	0	0	0	0	0	0	2	636			
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	42			
23	0	0	0	0	1	0	0	0	51	0	0	0	0	112	0	0	0	4	0	1	3	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	203		
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	773	0	26	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	810			
25	0	0	0	0	0	46	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5	0	0	1	0	1	49	113	
26	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	249	0	0	393	686	
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	8		
28	3	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	0	3	0	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	289	340			
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	484	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	4	0	106	0	20	0	0	5	0	0	649			
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	3	0	6	550	13	0	592		
31	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	682	0	0	221	0	154	0	0	0	155	0	191	25	1442			
32	63	0	0	0	0	22	0	137	3	1	0	0	0	0	0	0	0	254	0	51	0	1	0	0	0	288	19	133	0	73	179	0	48	648	0	1920				
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	11		
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	77	0	0	7	1	0	3	0	94			
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	17	7	1	0	47			
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	72	0	0	1	8	350	1	1	17	0	3	5	0	459			
37	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	35	2	7	0	1	0	1	0	56			
38	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	94	13	0	650	5	15	1	5	1	0	0	818			
39	0	0	23	907	75	38	0	302	3	2	4	4	4	7	0	2	0	3	0	4	0	16	0	15	117	0	5	23	3	8	6	0	1	0	6	385	0	0	1965	

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 1 - Abertura 1

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	0,0	0,0	0,0	59,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,7	
2	0,0	0,0	7,3	0,0	44,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	
3	0,0	7,2	0,0	0,0	17,3	13,2	0,0	13,7	27,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,9	0,0	0,0	28,8	68,5	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	24,5
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	29,8	0,0	7,2	7,3
5	0,0	34,4	26,3	0,0	0,0	25,9	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	9,0	20,6	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	14,7
6	0,0	0,0	11,8	25,3	57,7	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0	0,0	0,0	0,0	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	38,9	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2
7	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,1	0,0	0,0	0,0	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8
8	0,0	0,0	15,4	0,0	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,3	0,0	34,9	0,0	0,0	34,5	0,0	33,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,4	0,0	33,1	39,2		
9	0,0	0,0	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	21,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2	14,4	15,4
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	12,8
12	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	27,6	0,0	0,0	11,7	5,8	0,0	0,0	1,9	3,4	8,7	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	4,8	7,3	7,9	0,0	10,9	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	45,7	23,1	10,6	9,5	
13	0,0	0,0	32,7	10,8	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	8,9	8,3	1,5	0,0	3,7	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	9,1	
14	0,0	0,0	0,0	7,7	7,6	26,8	0,0	0,0	0,0	7,5	12,2	0,0	3,7	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	8,4	
15	26,4	0,0	33,2	11,5	10,7	22,5	17,4	20,3	11,5	10,8	13,6	5,9	5,2	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	0,0	13,6	17,1		
16	0,0	0,0	0,0	9,5	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	9,8	
18	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	29,3	
19	0,0	36,4	34,8	0,0	13,2	24,4	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	5,5	5,5	8,2	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	12,6	10,1	12,1	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	17,0		
20	0,0	0,0	57,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,1	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5		
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	13,7	0,0	5,7	2,3	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	5,3	0,0	7,1	0,0	0,0	10,8	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	14,2
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	10,2	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2		
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0	1,8	3,3	0,0	3,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	9,3	
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	19,2	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	18,0	9,4	0,0	0,0	14,9	0,0	17,8	11,0	0,0	17,0			
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	6,0	8,3			
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	9,3		
28	30,8	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	8,0	27,9	0,0	8,8	0,0	19,9	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	4,6	5,4			
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	14,4	0,0	16,2	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	18,9				
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	13,0	0,0	15,9	20,0	15,2	0,0	19,4					
31	0,0	0,0	47,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	15,7	0,0	17,5	0,0	0,0	24,7	0,0	22,4	20,8	20,6				
32	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	0,0	33,4	25,7	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	13,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	11,1	9,1	6,6	0,0	11,0	12,9	0,0	10,9	12,9	0,0	14,6				
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	9,8				
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	7,4	0,0	12,7	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,4					
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	5,0	14,4	5,6	0,0	10,8							
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0	8,0	14,0	19,5	7,9	11,5	5,4	0,0	20,1	14,0	0,0	17,1					
37	0,0	0,0																																							

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 1 - Abertura 7

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	33,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	
2	0,0	0,0	7,4	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	
3	0,0	7,4	0,0	0,0	13,1	13,0	0,0	11,0	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	44,3	0,0	0,0	23,8	39,0	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	19,7
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	29,3	0,0	7,1	7,2	
5	0,0	18,3	21,1	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	8,8	19,3	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	10,9	0,0	0,0	20,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	12,6	
6	0,0	0,0	11,7	7,9	17,6	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	
7	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	
8	0,0	0,0	14,2	0,0	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,0	14,3	18,4		
9	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	11,3		
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	11,0	0,0	0,0	6,6	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	21,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	10,5	9,4		
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	10,2		
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	8,2	0,0	0,0	5,3	1,9	0,0	0,0	1,8	3,2	8,4	0,0	0,0	5,4	0,0	4,1	6,6	6,8	0,0	10,3	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	39,2	21,6	10,1	7,2		
13	0,0	0,0	17,2	10,2	0,0	7,0	0,0	0,0	3,6	5,3	1,4	0,0	3,5	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	5,9			
14	0,0	0,0	0,0	7,6	7,2	9,7	0,0	0,0	4,5	8,1	0,0	3,6	0,0	8,2	0,0	0,0	6,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	7,2			
15	15,5	0,0	19,7	11,2	10,2	10,1	14,7	12,5	8,3	7,7	9,6	5,8	4,5	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	0,0	13,3	13,0			
16	0,0	0,0	0,0	9,3	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7			
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	9,7			
18	0,0	0,0	22,4	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	0,0	24,1			
19	0,0	15,5	17,7	0,0	9,7	8,0	0,0	0,0	4,3	0,0	4,5	3,9	6,1	10,3	0,0	0,0	0,0	3,8	8,2	7,5	7,4	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	11,2	13,1				
20	0,0	0,0	35,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5				
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	7,4	0,0	4,9	1,9	0,0	8,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	5,4	0,0	5,4	0,0	0,0	8,5	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	9,9			
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	4,6	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1				
23	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	7,9	0,0	1,8	3,4	0,0	4,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	8,5			
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	14,1			
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,0	0,0	17,0	8,3	0,0	0,0	14,9	0,0	16,9	10,5	11,4					
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	6,0	8,3				
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	8,6					
28	18,9	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	7,5	26,6	0,0	8,6	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	0,0	0,0	4,6	5,2				
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	15,7	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	14,3	0,0	14,1	0,0	15,2	0,0	0,0	15,0						
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	12,0	0,0	15,0	19,0	14,6	0,0	18,4						
31	0,0	0,0	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	17,6	0,0	0,0	23,7	0,0	21,9	19,5	19,2			
32	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	0,0	23,9	22,3	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	11,8	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	10,5	8,8	6,4	0,0	10,7	12,5	0,0	11,0	12,6	0,0	13,0				
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	9,6					
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	7,5	0,0	12,4	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,2					
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	5,0	14,1	5,6	0,0	10,6						
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0	8,1	12,7	19,3	8,0	11,5	5,4	0,0	19,8	14,0	0,0	16,9					
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	9,0	8,4	6,4	6,1	0,0	8,9	0,0	9,7	0,0	8,4						
38	0,0	0,0	54,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	0,0	13,9	16,0	0,0																												

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 2 - Abertura 4

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	0,0	0,0	0,0	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	
2	0,0	0,0	4,9	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	
3	0,0	5,0	0,0	0,0	11,6	8,9	0,0	9,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	0,0	0,0	19,5	45,1	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	16,5
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	43,9	0,0	7,2	7,3	
5	0,0	13,6	15,2	0,0	0,0	12,4	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	8,7	18,9	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	11,9	
6	0,0	0,0	8,4	8,2	18,1	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	22,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	
7	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	0,0	0,0	0,0	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	
8	0,0	0,0	11,1	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,5	0,0	14,7	23,7		
9	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	9,3	0,0	9,3	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	9,2	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	34,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2	10,9	11,3	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	11,7	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	8,3	0,0	0,0	5,3	1,9	0,0	1,8	3,3	8,7	0,0	0,0	0,0	13,1	0,0	4,9	7,2	7,8	0,0	10,8	11,1	0,0	0,0	43,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,5	31,7	10,4	9,3	9,3	
13	0,0	0,0	12,9	10,4	0,0	7,4	0,0	0,0	3,9	6,5	1,5	0,0	3,6	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	6,6	
14	0,0	0,0	0,0	7,7	7,3	9,8	0,0	0,0	4,6	9,1	0,0	3,6	0,0	8,5	0,0	0,0	13,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	7,5		
15	15,5	0,0	15,4	11,4	10,4	10,2	14,4	12,6	8,4	7,8	11,4	5,9	5,2	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	0,0	13,6	15,3	
16	0,0	0,0	0,0	9,4	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7		
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	9,8		
18	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,4	0,0	0,0	30,6	
19	0,0	12,9	13,8	0,0	10,6	8,8	0,0	0,0	4,9	0,0	6,0	6,2	7,0	12,5	0,0	0,0	0,0	7,3	13,1	10,3	12,5	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	20,3		
20	0,0	0,0	32,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,9	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8		
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	9,3	0,0	6,3	2,6	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	18,4	0,0	0,0	4,9	0,0	6,1	0,0	0,0	9,6	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	15,3		
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2			
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	1,8	3,3	0,0	3,9	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	9,0		
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	0,0	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	17,0		
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,2	0,0	32,8	11,6	0,0	0,0	15,8	0,0	24,4	10,7	12,3			
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,6	0,0	0,0	12,9	0,0	6,0	8,8			
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	10,6			
28	18,8	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	7,4	27,1	0,0	8,6	0,0	22,6	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8	0,0	0,0	4,6	5,3			
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	24,1	0,0	23,1	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	21,5				
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	17,4	0,0	18,2	31,2	21,4	30,0			
31	0,0	0,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	27,8	0,0	0,0	0,0	32,8	0,0	36,4	22,7	25,3		
32	32,6	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	0,0	28,4	28,4	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	19,7	0,0	21,6	0,0	0,0	0,0	12,8	15,3	8,0	0,0	0,0	25,9	26,9	0,0	9,9	33,4	0,0	23,5		
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	14,0			
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	13,4	0,0	41,3	0,0	0,0	3,3	11,1	0,0	6,7	0,0	35,2		
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,7	0,0	0,0	5,0	40,1	6,0	0,0	27,6				
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	10,9	0,0	0,0	10,9	21,8	45,8	7,8	11,0	5,1	0,0	45,4	14,2	0,0	37,7			
37	0,0	0,0	0,0																																						

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 2 - Abertura 6

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	44,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	
2	0,0	0,0	4,9	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4		
3	0,0	5,0	0,0	0,0	11,5	8,9	0,0	9,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	0,0	0,0	19,4	30,5	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	16,4	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,1	42,0	0,0	7,1	7,2	
5	0,0	13,6	15,2	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	8,7	18,8	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	19,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	11,7	
6	0,0	0,0	8,4	8,1	17,9	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	
7	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	
8	0,0	0,0	11,1	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	0,0	14,3	21,5	
9	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	9,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,1	10,4	10,4	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	10,4	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	8,3	0,0	0,0	5,3	1,9	0,0	0,0	1,8	3,2	8,4	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	4,2	6,6	6,9	0,0	10,3	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	39,5	0,0	0,0	0,0	0,0	52,6	30,5	10,0	7,4		
13	0,0	0,0	12,6	10,2	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	3,7	5,4	1,4	0,0	3,5	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	5,8		
14	0,0	0,0	0,0	7,5	7,2	9,7	0,0	0,0	0,0	4,5	8,1	0,0	3,6	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	7,2	
15	16,0	0,0	15,8	11,7	10,7	10,6	14,7	13,0	8,8	8,2	10,3	6,4	5,2	6,2	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	0,0	13,7	14,9	
16	0,0	0,0	0,0	9,3	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	9,6	
18	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	0,0	0,0	29,0
19	0,0	12,2	13,2	0,0	9,7	8,1	0,0	0,0	4,3	0,0	4,5	3,9	6,2	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	8,3	7,5	7,5	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	17,5		
20	0,0	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3		
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	7,3	0,0	4,9	1,8	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	5,5	0,0	5,4	0,0	0,0	8,4	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	10,2	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	32,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0		
23	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	1,8	3,4	0,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	8,4	
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	0,0	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	14,1	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	30,9	12,0	0,0	0,0	16,0	0,0	24,5	10,4	11,8			
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	6,0	8,8			
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	10,1		
28	18,7	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	7,4	26,4	0,0	8,5	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,7	0,0	0,0	4,6	5,2		
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	24,7	0,0	20,9	0,0	0,0	22,6	0,0	0,0	0,0	17,2			
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	18,6	0,0	18,6	29,3	21,8	0,0	28,3				
31	0,0	0,0	29,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0	31,6	0,0	0,0	35,1	21,7	0,0	24,2			
32	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1	0,0	26,3	25,6	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	16,5	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	12,6	14,8	8,1	0,0	0,0	24,8	25,9	0,0	9,9	32,4	0,0	22,6		
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	0,0	14,1		
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	0,0	0,0	13,4	0,0	39,7	0,0	0,0	3,3	11,1	0,0	6,7	0,0	33,8		
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2	0,0	0,0	5,0	38,5	6,0	0,0	26,6				
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	11,4	0,0	0,0	11,1	20,4	44,1	7,7	11,0	5,1	0,0	43,7	14,2	0,0	36,5			

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 2 - Abertura 7

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	44,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	
2	0,0	0,0	4,9	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	
3	0,0	5,0	0,0	0,0	11,5	8,9	0,0	9,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	19,4	30,5	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	16,4
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	41,0	0,0	7,1	7,2	
5	0,0	13,6	15,2	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	8,7	18,8	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	11,7	
6	0,0	0,0	8,4	8,1	17,9	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5
7	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7
8	0,0	0,0	11,1	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	0,0	14,3	21,3		
9	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	9,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,8	10,4	10,4	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	10,4	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	8,3	0,0	0,0	5,3	1,9	0,0	0,0	1,8	3,2	8,4	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	4,2	6,6	6,9	0,0	10,3	10,5	0,0	0,0	39,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,9	30,3	10,0	7,4	7,4		
13	0,0	0,0	12,6	10,2	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	3,6	5,4	1,4	0,0	3,5	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	5,7		
14	0,0	0,0	0,0	7,5	7,2	9,7	0,0	0,0	0,0	4,5	8,1	0,0	3,6	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	6,1	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	7,2	
15	15,7	0,0	15,5	11,4	10,4	10,4	14,5	12,8	8,5	8,0	10,0	6,1	4,8	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	0,0	13,4	14,5		
16	0,0	0,0	0,0	9,3	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	9,6	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	9,6	
18	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	13,5	0,0	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,9	0,0	28,4	
19	0,0	12,2	13,2	0,0	9,7	8,1	0,0	0,0	4,3	0,0	4,5	3,8	6,2	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	8,2	7,5	7,5	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	16,9		
20	0,0	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	18,2	
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	7,3	0,0	4,9	1,8	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	5,4	0,0	5,4	0,0	0,0	8,5	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	10,1	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	11,0	
23	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	1,8	3,4	0,0	4,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	8,4		
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,5	0,0	26,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	14,1	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	29,9	10,6	0,0	0,0	15,6	0,0	24,2	10,5	11,7	11,7			
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	12,6	0,0	6,0	8,6		
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	10,1	10,1		
28	18,7	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	7,4	26,4	0,0	8,5	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,3	0,0	0,0	4,6	5,2	5,2		
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	24,4	0,0	20,1	0,0	0,0	22,3	0,0	0,0	17,0	17,0			
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	18,3	0,0	17,9	28,1	22,9	0,0	27,0	27,0		
31	0,0	0,0	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	27,2	0,0	0,0	0,0	30,3	0,0	33,7	20,7	23,2	23,2	
32	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	26,3	25,5	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	16,1	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	12,6	13,7	8,1	0,0	0,0	24,0	24,9	0,0	10,0	31,4	0,0	22,2	22,2	
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	14,3	14,3		
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	14,4	0,0	38,0	0,0	0,0	3,3	11,0	0,0	6,7	0,0	32,5	32,5		
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	0,0	0,0	5,0	37,0	6,0	0,0	25,6	25,6				
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,5	10,8	0,0	0,0	10,7	18,6	42,6												

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 3 - Abertura 1

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	49,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,3	0,0	0,0	0,0	59,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,7	
2	0,0	0,0	7,3	0,0	44,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	
3	0,0	7,2	0,0	0,0	17,3	13,2	0,0	13,7	27,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,9	0,0	0,0	28,8	68,5	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	24,5
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	29,8	0,0	7,2	7,3
5	0,0	34,4	26,3	0,0	0,0	25,9	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	9,0	20,6	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	14,7
6	0,0	0,0	11,8	25,3	57,7	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,0	0,0	0,0	0,0	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	38,9	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2
7	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,1	0,0	0,0	0,0	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8
8	0,0	0,0	15,4	0,0	26,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,3	0,0	34,9	0,0	0,0	0,0	34,5	0,0	33,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	49,4	0,0	33,1	39,2	
9	0,0	0,0	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	21,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2	14,4	15,4
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	12,8
12	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	27,6	0,0	0,0	11,7	5,8	0,0	0,0	1,9	3,4	8,7	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	4,8	7,3	7,9	0,0	10,9	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,7	23,1	10,6	9,5	
13	0,0	0,0	32,7	10,8	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	8,9	8,3	1,5	0,0	3,7	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	9,1	
14	0,0	0,0	0,0	7,7	7,6	26,8	0,0	0,0	0,0	7,5	12,2	0,0	3,7	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	8,4	
15	26,4	0,0	33,2	11,5	10,7	22,5	17,4	20,3	11,5	10,8	13,6	5,9	5,2	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	0,0	13,6	17,1	
16	0,0	0,0	0,0	9,5	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	9,8	
18	0,0	0,0	35,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	29,3	
19	0,0	36,4	34,8	0,0	13,2	24,4	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	5,5	5,5	8,2	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	12,6	10,1	12,1	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	17,0		
20	0,0	0,0	57,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,1	0,0	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5		
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	13,7	0,0	5,7	2,3	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	5,3	0,0	7,1	0,0	0,0	10,8	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	14,2
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	10,2	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2		
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0	1,8	3,3	0,0	3,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	9,3	
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	19,2	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	18,0	9,4	0,0	0,0	14,9	0,0	17,8	11,0	0,0	17,0			
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	6,0	8,3			
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	9,3		
28	30,8	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	8,0	27,9	0,0	8,8	0,0	19,9	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	0,0	4,6	5,4			
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	14,4	0,0	16,2	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	18,9			
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	13,0	0,0	15,9	20,0	15,2	0,0	0,0	19,4				
31	0,0	0,0	47,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	15,7	0,0	17,5	0,0	0,0	24,7	0,0	22,4	20,8	20,6			
32	39,6	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	0,0	33,4	25,7	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	13,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	11,1	9,1	6,6	0,0	11,0	12,9	0,0	10,9	12,9	0,0	0,0	14,6			
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	9,8				
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	7,4	0,0	12,7	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,4				
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	5,0	14,4	5,6	0,0	0,0	10,8					
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0	0,0	8,0	14,0	19,5	7,9	11,5										

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 3 - Abertura 2

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem		
1	0,0	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,4		
2	0,0	0,0	5,0	0,0	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	
3	0,0	4,9	0,0	0,0	25,0	10,4	0,0	10,8	35,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,4	0,0	0,0	36,8	80,4	0,0	0,0	0,0	32,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,1	31,6
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	29,8	0,0	7,2	7,3	
5	0,0	24,0	24,6	0,0	0,0	25,3	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	9,2	21,1	0,0	0,0	20,8	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	14,8	
6	0,0	0,0	9,4	20,8	43,6	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	0,0	0,0	0,0	31,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	37,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,3
7	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,3	0,0	0,0	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1	
8	0,0	0,0	13,1	0,0	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	0,0	29,5	0,0	0,0	29,3	0,0	28,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,2	0,0	27,6	33,9		
9	0,0	0,0	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	19,8		
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	13,8	15,1	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	12,6		
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	26,8	0,0	0,0	11,6	5,8	0,0	0,0	1,9	3,4	8,7	0,0	0,0	13,8	0,0	4,8	7,3	7,9	0,0	10,9	11,3	0,0	0,0	0,0	28,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,1	22,8	10,3	0,0	9,5			
13	0,0	0,0	29,6	10,5	0,0	20,4	0,0	0,0	8,9	8,2	1,5	0,0	3,7	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	9,0			
14	0,0	0,0	0,0	7,6	7,3	26,1	0,0	0,0	0,0	7,5	12,2	0,0	3,7	0,0	8,5	0,0	0,0	12,2	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	8,3		
15	26,2	0,0	30,3	11,3	10,4	22,0	17,2	19,8	11,5	10,8	13,5	5,9	5,2	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	13,4	16,8		
16	0,0	0,0	0,0	9,3	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6		
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	9,7		
18	0,0	0,0	32,8	0,0	0,0	25,8	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	28,7		
19	0,0	34,6	31,8	0,0	12,9	23,8	0,0	0,0	6,9	0,0	5,4	5,4	8,2	11,8	0,0	0,0	0,0	6,6	12,5	10,0	12,0	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	17,0			
20	0,0	0,0	52,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4			
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	13,7	0,0	5,7	2,3	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	5,3	0,0	7,1	0,0	0,0	10,8	0,0	16,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	14,2		
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	10,2			
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	1,8	3,3	0,0	3,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	9,2			
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	19,1		
25	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	18,0	9,3	0,0	0,0	14,9	0,0	17,8	10,9	0,0	16,8				
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	6,0	8,3				
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	9,3				
28	30,6	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	8,0	27,8	0,0	8,8	0,0	19,9	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	4,6	5,4					
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	14,4	0,0	16,2	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0	18,8				
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	13,0	0,0	15,9	20,0	15,2	0,0	0,0	19,4					
31	0,0	0,0	44,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	15,7	0,0	0,0	17,5	0,0	0,0	24,7	0,0	22,4	20,8	0,0	20,6			
32	39,4	0,0	0,0	0,0	35,7	0,0	33,0	25,7	19,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	13,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	11,1	9,1	6,6	0,0	0,0	11,0	12,9	0,0	10,9	12,9	0,0	14,5				
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	9,8				
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	7,4	0,0	12,7	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,4					
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	5,0	14,4	5,6	0,0	0,0	10,8						
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0	8,0	14,0	19,5	7,9	11,5	5,4	0,0	20,								

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 3 - Abertura 3

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	17,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	0,0	0,0	0,0	50,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	
2	0,0	0,0	4,9	0,0	24,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	
3	0,0	4,9	0,0	0,0	23,3	7,7	0,0	8,9	34,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,5	0,0	0,0	35,2	73,0	0,0	0,0	0,0	31,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,5	30,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	29,8	0,0	7,2	7,3
5	0,0	21,2	22,1	0,0	0,0	19,8	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	9,3	21,2	0,0	0,0	20,8	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	14,3	
6	0,0	0,0	7,7	17,7	33,8	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,8	0,0	0,0	0,0	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,4	0,0	0,0	0,0	31,7	36,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2
7	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,8	0,0	0,0	0,0	27,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3
8	0,0	0,0	11,8	0,0	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0	28,5	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,3	0,0	26,6	33,0		
9	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	18,1			
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6	13,7	14,7		
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	12,5		
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	25,4	0,0	0,0	11,6	5,7	0,0	1,9	3,4	8,8	0,0	0,0	13,7	0,0	4,8	7,3	7,9	0,0	10,9	11,2	0,0	0,0	28,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,1	22,8	10,3	9,4	9,4				
13	0,0	0,0	26,5	10,5	0,0	19,3	0,0	0,0	8,9	8,2	1,5	0,0	3,7	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	8,8			
14	0,0	0,0	0,0	7,5	7,4	24,7	0,0	0,0	0,0	7,5	12,2	0,0	3,7	0,0	8,5	0,0	0,0	12,2	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	8,3		
15	23,8	0,0	27,3	11,3	10,5	21,0	18,4	18,5	11,5	10,8	13,5	5,9	5,2	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	13,3	16,3			
16	0,0	0,0	0,0	9,3	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6			
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	9,7			
18	0,0	0,0	29,8	0,0	0,0	24,7	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	27,9			
19	0,0	31,0	28,8	0,0	12,9	22,8	0,0	0,0	6,8	0,0	5,4	5,4	8,1	11,8	0,0	0,0	0,0	6,6	12,5	10,0	12,0	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	16,9				
20	0,0	0,0	48,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4				
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	13,7	0,0	5,7	2,3	0,0	9,1	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	5,3	0,0	7,1	0,0	0,0	10,8	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	14,1			
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	10,2	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2				
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	14,4	0,0	1,8	3,3	0,0	3,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	9,2				
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	19,1				
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	0,0	0,0	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	18,0	9,3	0,0	0,0	14,9	0,0	17,8	10,9	16,4				
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	14,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	12,0	0,0	6,0	8,3					
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	9,3					
28	28,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	7,9	27,8	0,0	8,8	0,0	19,8	0,0	10,1	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,7	0,0	0,0	4,6	5,4					
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	0,0	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	14,4	0,0	16,2	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	18,8						
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	13,0	0,0	15,9	20,0	15,2	0,0	19,4						
31	0,0	0,0	41,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	15,7	0,0	17,5	0,0	0,0	24,7	0,0	22,4	20,8	20,5					
32	37,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,6	0,0	31,6	25,7	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	13,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	11,1	9,1	6,5	0,0	11,0	12,9	0,0	10,9	12,9	0,0	14,3				
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	9,8						
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	7,4	0,0	12,7	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,4					
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	5,0	14,4	5,6	0,0	10,8								
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0	8,0	14,0	19,5	7,9	11,5	5,4	0,0	20,1	14,0	0,0	17,1				
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	9,3	8,3	6,4	6,1	0,0	8,9	0,0	9,7	0,0	8,4						
38	0,0	0,0	63,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2	0,0	15,7	20,1	0,0	0,0																											

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 3 - Abertura 4

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem
1	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0	0,0	0,0	34,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,3	
2	0,0	0,0	4,9	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	
3	0,0	5,0	0,0	0,0	11,7	8,9	0,0	9,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,4	0,0	0,0	19,7	42,2	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	16,7
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	29,8	0,0	7,2	7,3	
5	0,0	13,6	15,2	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	8,7	19,4	0,0	0,0	19,1	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	12,0	
6	0,0	0,0	8,4	8,3	18,3	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,4	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	
7	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	0,0	0,0	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,9	
8	0,0	0,0	11,1	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	0,0	14,7	20,5		
9	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	9,3		
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	13,5	12,9	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,9	12,2	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	10,6	0,0	0,0	7,4	5,7	0,0	0,0	1,9	3,4	8,8	0,0	0,0	0,0	13,5	0,0	4,9	7,4	8,0	0,0	11,0	11,5	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0	0,0	0,0	45,6	23,1	10,6	9,4	9,4		
13	0,0	0,0	14,1	10,6	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	8,8	8,1	1,5	0,0	3,7	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	8,0		
14	0,0	0,0	0,0	7,6	7,3	9,9	0,0	0,0	0,0	7,4	11,9	0,0	3,7	0,0	8,6	0,0	0,0	11,8	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	8,2		
15	15,7	0,0	15,5	11,3	10,3	10,4	14,5	12,8	8,5	10,8	13,4	5,9	5,2	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	0,0	13,5	13,5	
16	0,0	0,0	0,0	9,4	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7		
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	9,7		
18	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,5	0,0	0,0	24,0	
19	0,0	17,4	17,6	0,0	12,7	12,5	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	5,3	5,3	8,1	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	12,3	10,0	11,9	0,0	18,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	16,5		
20	0,0	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,7	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2		
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	13,8	0,0	5,8	2,3	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	5,2	0,0	7,0	0,0	0,0	10,6	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	14,0		
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2			
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	1,8	3,3	0,0	3,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	8,9		
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	19,0		
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,2	0,0	18,0	9,4	0,0	0,0	14,9	0,0	17,8	11,0	12,0		
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	6,0	8,3			
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	9,3			
28	19,2	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,6	7,8	27,7	0,0	8,8	0,0	19,7	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	0,0	0,0	4,6	5,3			
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	14,4	0,0	16,2	0,0	0,0	15,3	0,0	0,0	18,6			
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	12,9	0,0	15,9	20,0	15,2	0,0	19,3			
31	0,0	0,0	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	15,6	0,0	17,5	0,0	0,0	24,7	0,0	22,4	20,8	20,4		
32	28,6	0,0	0,0	0,0	0,0	23,6	0,0	25,7	23,9	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	13,6	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	11,0	9,2	6,5	0,0	0,0	11,0	12,9	0,0	10,9	12,9	0,0	13,5	
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	9,8	9,8			
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	7,4	0,0	12,6	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,4		
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	5,0	14,3	5,6	0,0	10,8				
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,0	0,0	0,0	0,0	8,0	14,0	19,5	7,9	11,5	5,4	0,0	20,1	14,0	0,0	17,1		
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	9,3	0,0	8,3	6,4	6,1	0,0	8,9	0,0	9,7	0,0	8,4</		

Anexo E

Matriz Origem - Destino - Tempo - Cenário 3 - Abertura 7

ZONA OD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Zona Origem	
1	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1		
2	0,0	0,0	4,9	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	
3	0,0	5,0	0,0	0,0	11,6	8,9	0,0	9,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	0,0	0,0	19,6	39,8	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	16,6
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	29,6	0,0	7,2	7,2	
5	0,0	13,6	15,2	0,0	0,0	12,6	0,0	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	8,7	19,1	0,0	0,0	17,6	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	11,9	
6	0,0	0,0	8,4	8,2	18,2	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	
7	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	
8	0,0	0,0	11,1	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	14,9	0,0	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	14,5	19,4		
9	0,0	0,0	8,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	9,3	0,0	0,0	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	9,1		
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6	10,7	9,8	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	10,8		
12	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	8,2	0,0	0,0	5,2	1,9	0,0	0,0	1,8	3,2	8,3	0,0	0,0	10,3	0,0	4,7	7,5	7,7	0,0	10,6	10,8	0,0	0,0	0,0	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2	22,8	10,3	8,4	8,4		
13	0,0	0,0	12,7	10,3	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	3,8	5,8	1,4	0,0	3,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	6,1		
14	0,0	0,0	0,0	7,6	7,3	9,8	0,0	0,0	4,6	8,6	0,0	3,6	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	7,3		
15	15,5	0,0	15,4	11,3	10,3	10,2	14,4	12,6	8,4	7,8	10,4	5,9	4,9	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	13,5	12,8		
16	0,0	0,0	0,0	9,4	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3		
17	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	9,8		
18	0,0	0,0	18,3	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	0,0	0,0	23,3	
19	0,0	12,0	13,1	0,0	9,8	8,0	0,0	0,0	4,2	0,0	4,9	4,7	6,2	10,8	0,0	0,0	0,0	6,1	10,6	9,0	9,4	0,0	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	14,3		
20	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7		
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	7,7	0,0	5,1	1,8	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	6,3	0,0	6,3	0,0	0,0	9,4	0,0	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	11,4	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	19,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8		
23	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	12,3	0,0	1,8	3,4	0,0	4,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	8,9		
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	15,9		
25	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,1	0,0	17,2	8,4	0,0	0,0	14,9	0,0	17,0	10,6	11,8	11,8			
26	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,5	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	6,0	8,3			
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	8,8			
28	19,1	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	7,7	26,9	0,0	8,7	0,0	18,1	0,0	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	0,0	0,0	4,6	5,3	5,3			
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	0,0	14,2	0,0	14,1	0,0	0,0	15,1	0,0	0,0	0,0	15,7	15,7			
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	11,9	0,0	15,0	19,1	14,7	0,0	18,5				
31	0,0	0,0	29,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	0,0	0,0	13,7	0,0	17,6	0,0	0,0	23,7	0,0	21,9	19,6	19,2	19,2			
32	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9	0,0	24,8	23,2	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	11,7	0,0	13,6	0,0	0,0	0,0	10,5	8,9	6,5	0,0	0,0	10,7	12,5	0,0	11,0	12,6	0,0	13,1			
33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	9,6	9,6			
34	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	7,6	0,0	12,5	0,0	3,2	10,8	0,0	6,2	0,0	11,2	11,2				
35	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	0,0	0,0	5,0	14,1	5,6	0,0	10,6	10,6	10,6				
36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7	9,1	0,0	0,0	8,1	12,7	19,3	8,0	11,5	5,4	0,0	19,8	14,0	0,0	16,9				
37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																											

Anexo F.

Mapas volumes de tráfego – cenários

F.1. Cenário 1

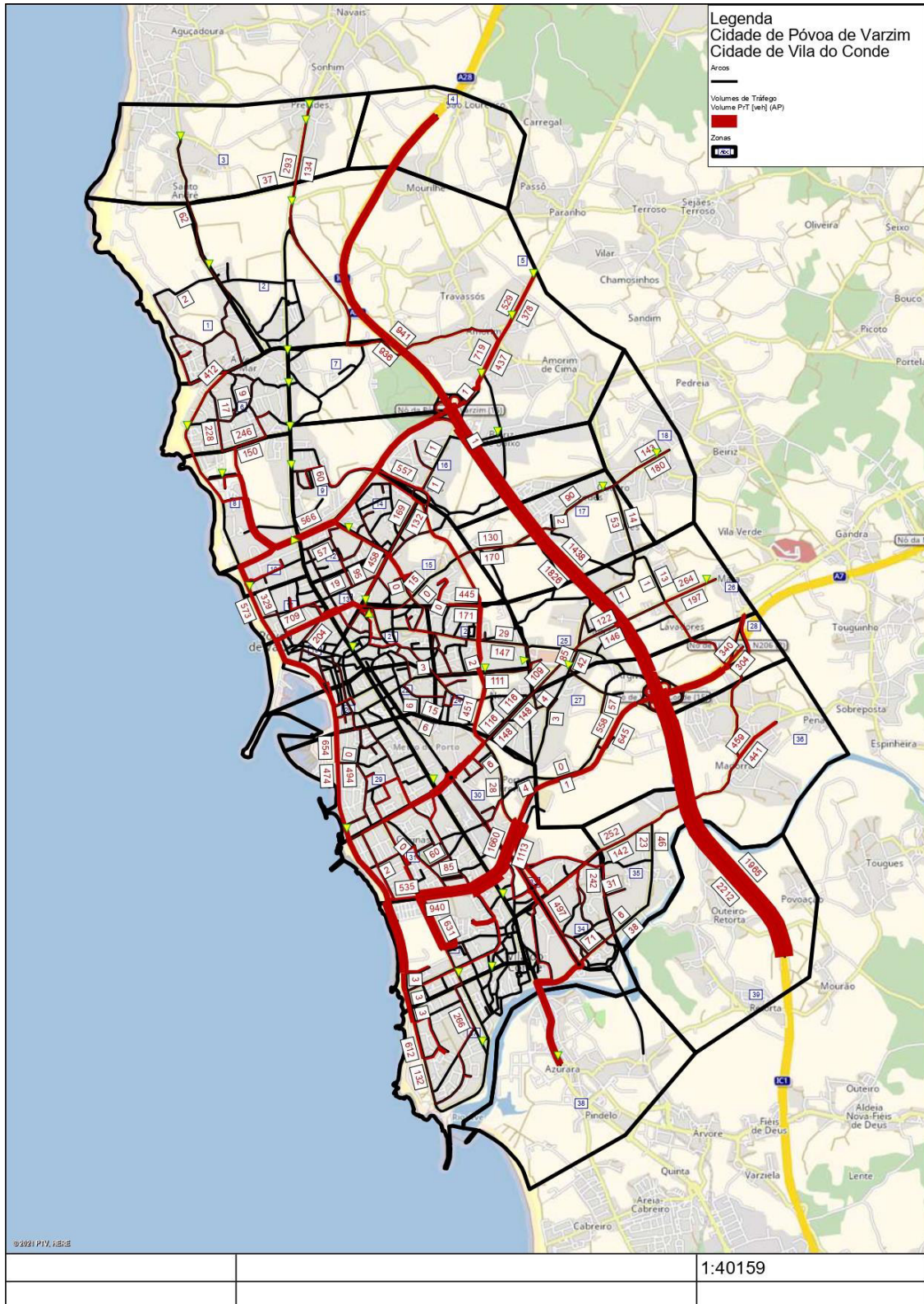


Figura 15 – Volumes de Tráfego - Corte EN 13

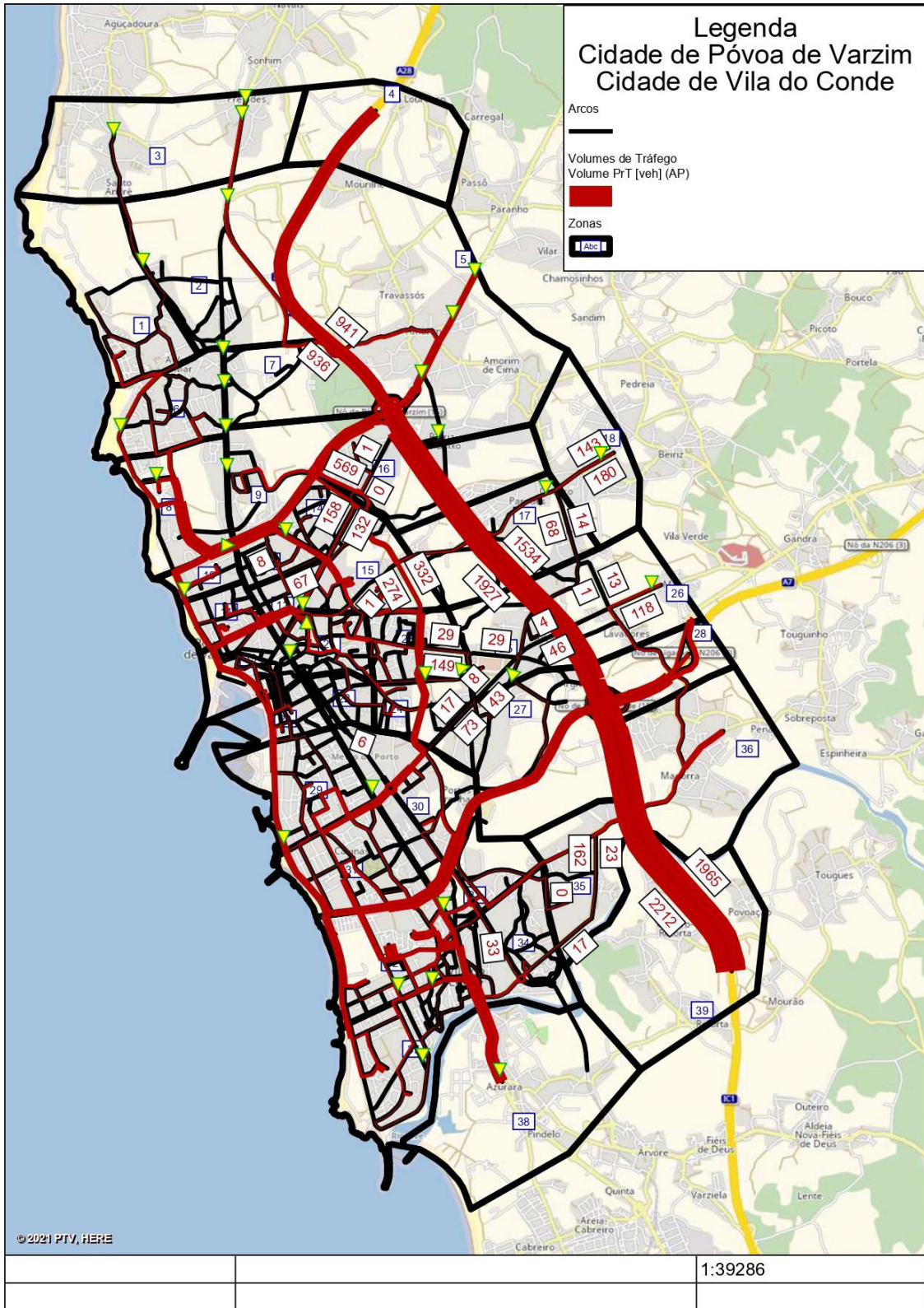


Figura 16 – Volumes de Tráfego - Abertura 1 - Cenário 1

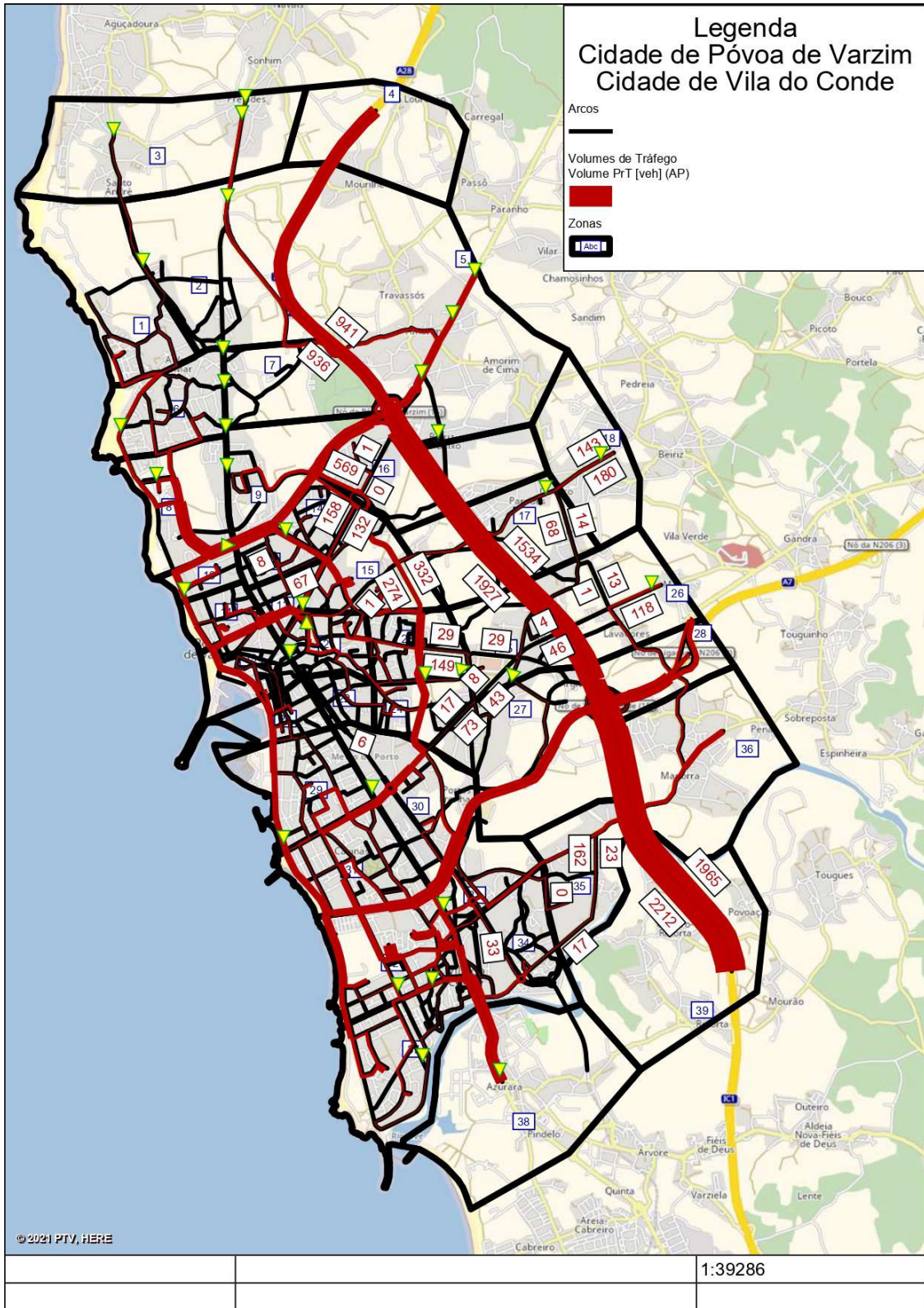


Figura 17 – Volumes de Tráfego - Abertura 2 - Cenário 1

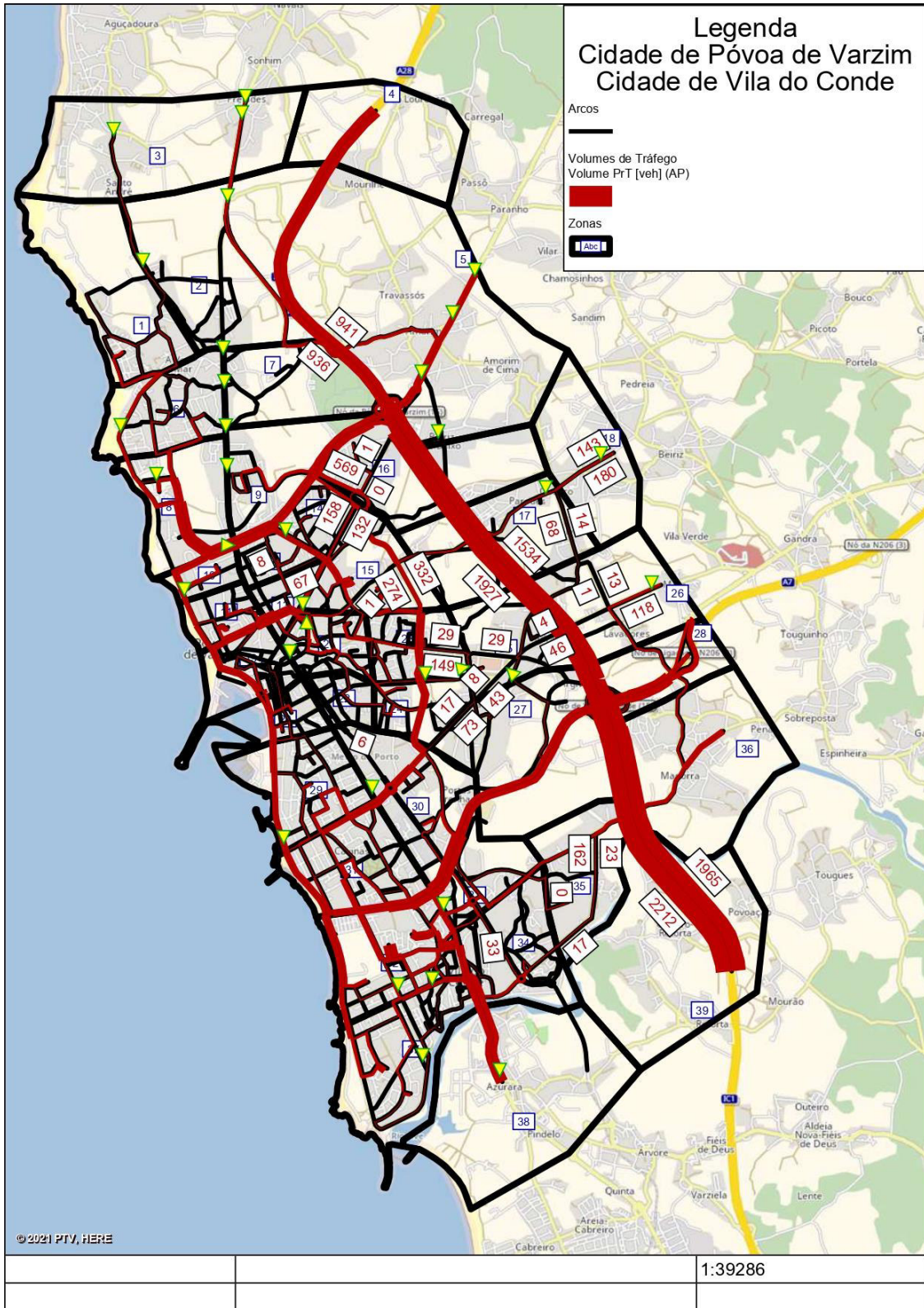


Figura 18 – Volumes de Tráfego - Abertura 3 - Cenário 1

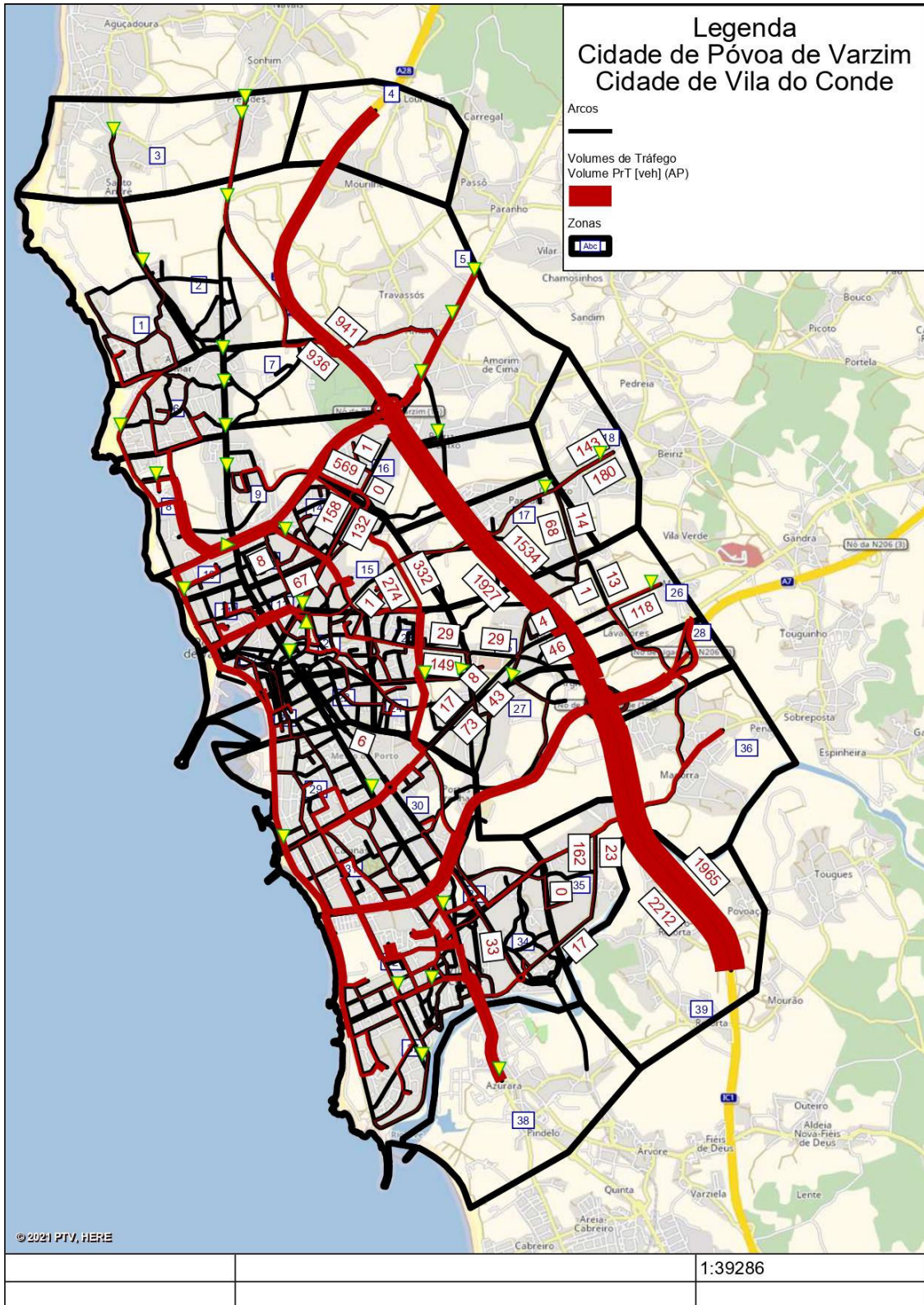


Figura 19 – Volumes de Tráfego - Abertura 4 - Cenário 1

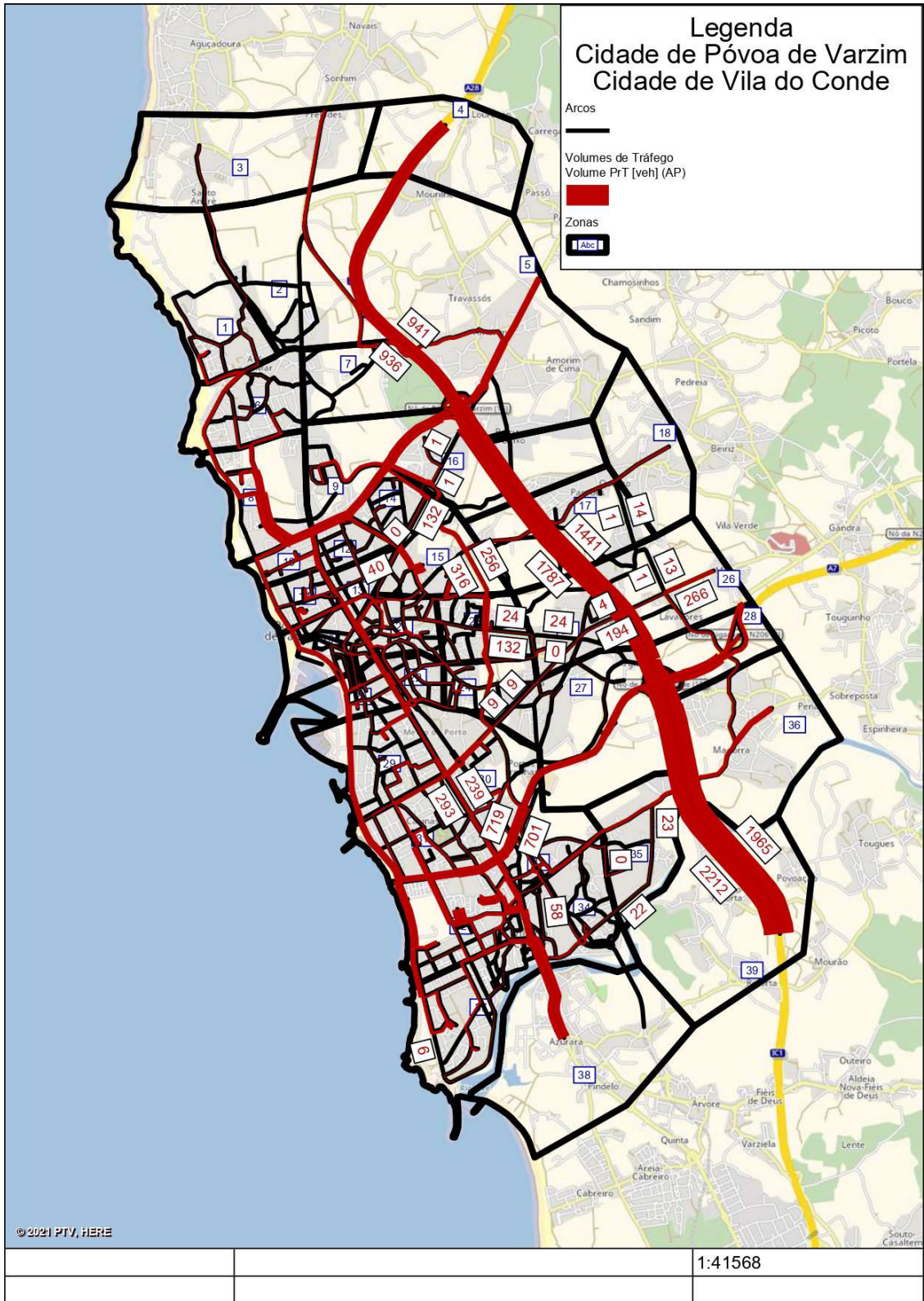


Figura 20 – Volumes de Tráfego - Abertura 5 - Cenário 1

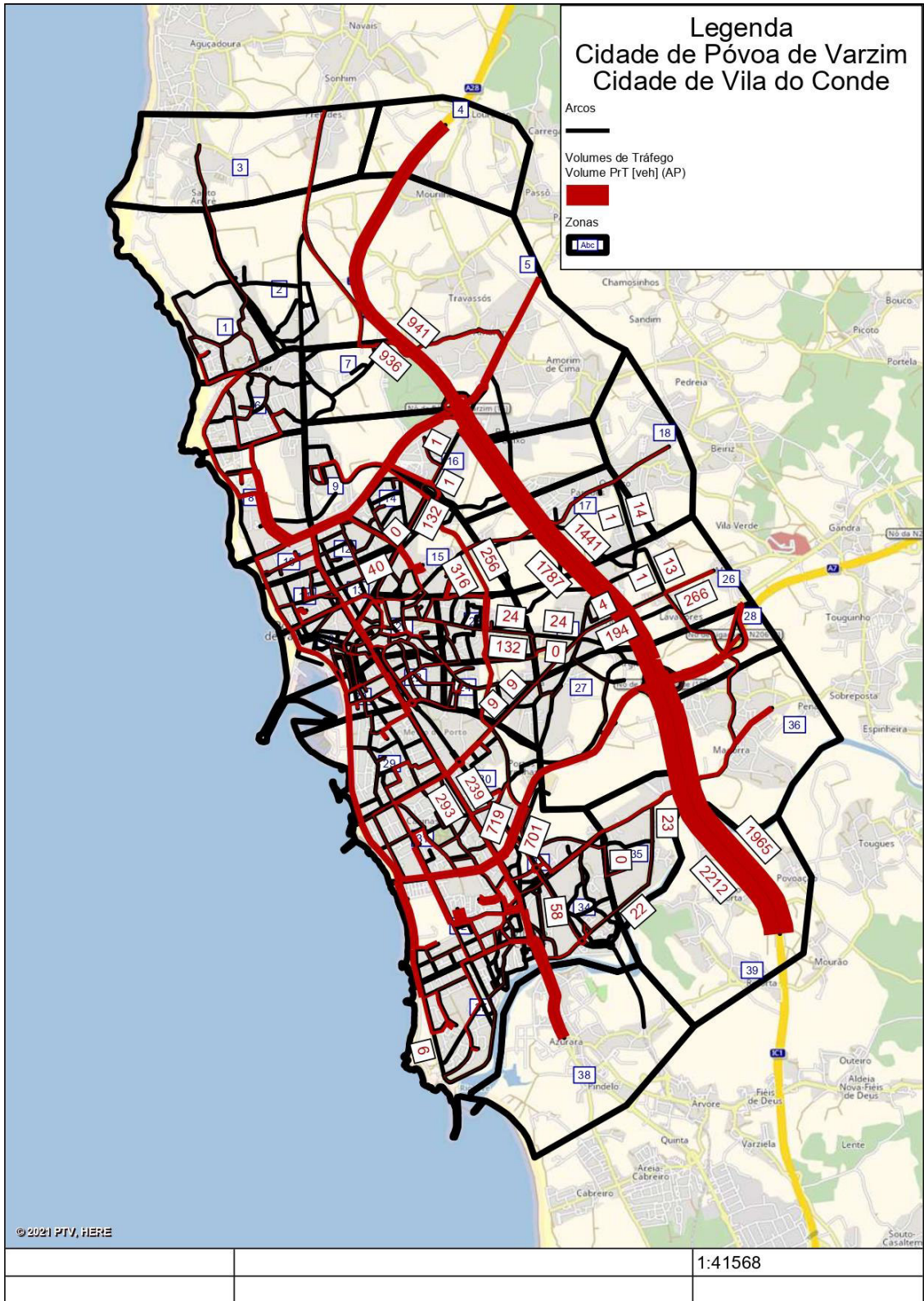


Figura 21 – Volumes de Tráfego - Abertura 6 - Cenário 1

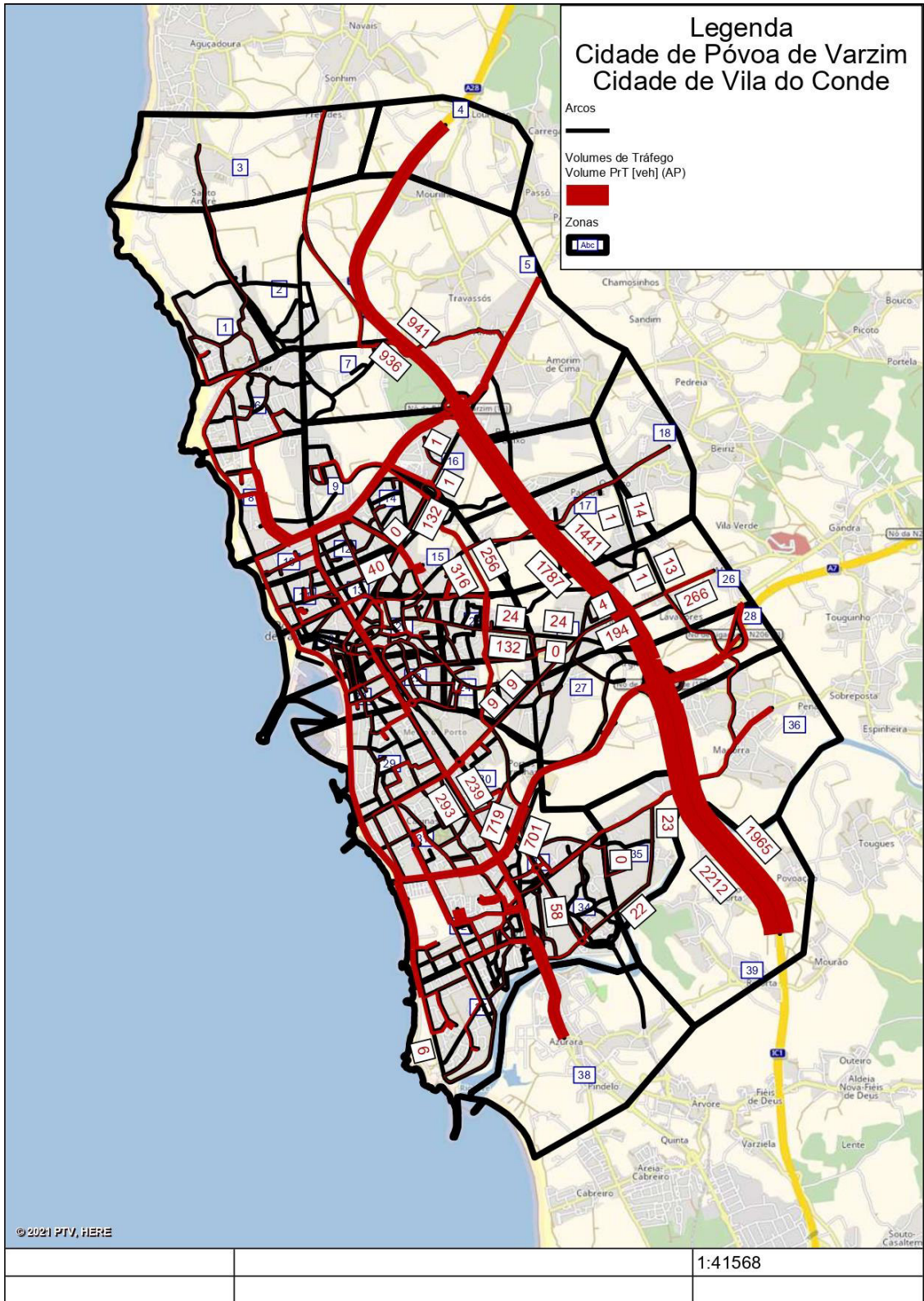


Figura 22 – Volumes de Tráfego - Abertura 7 - Cenário 1

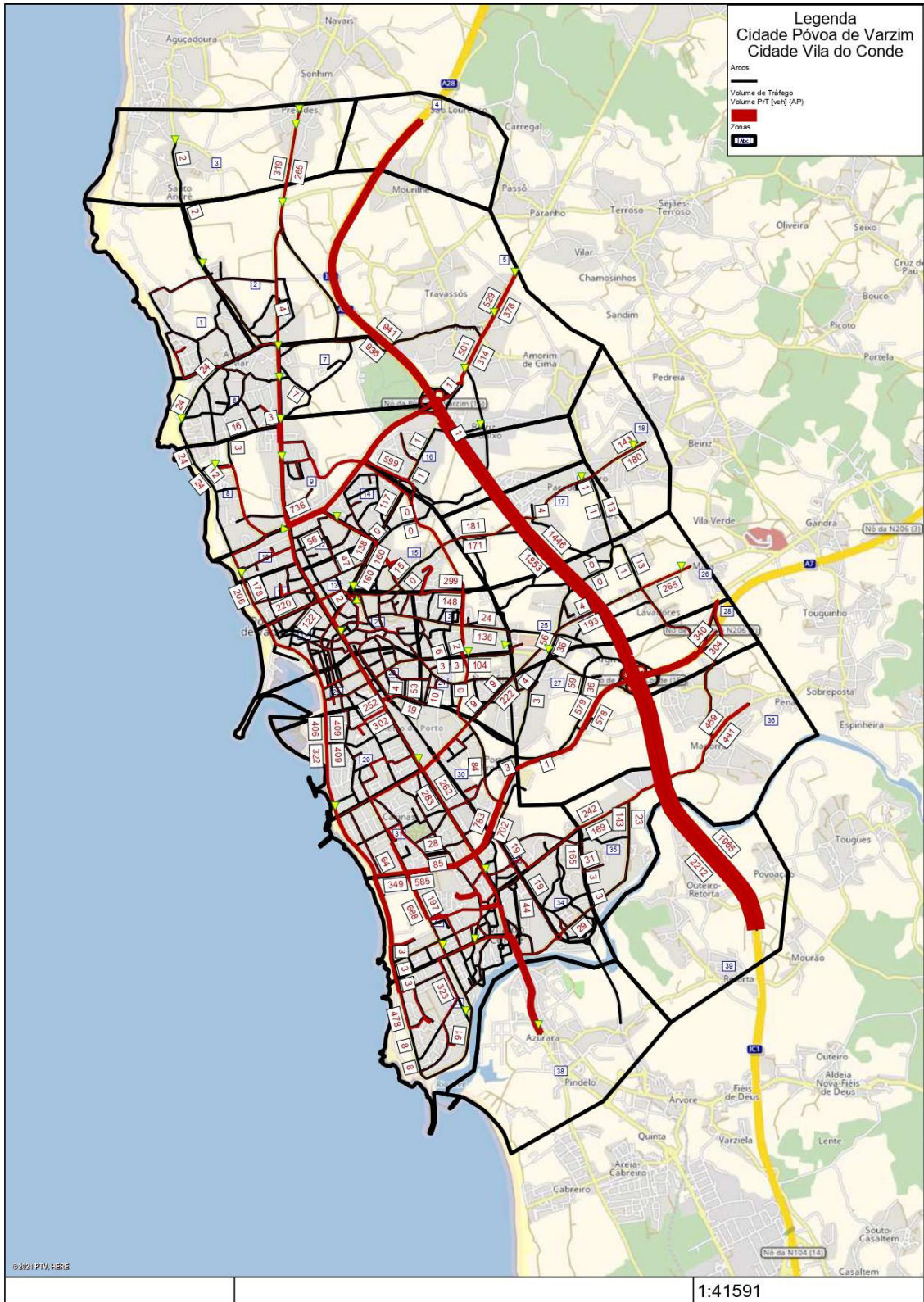


Figura 23 – Volumes de Tráfego – Rede Base

F.2. Cenário 2

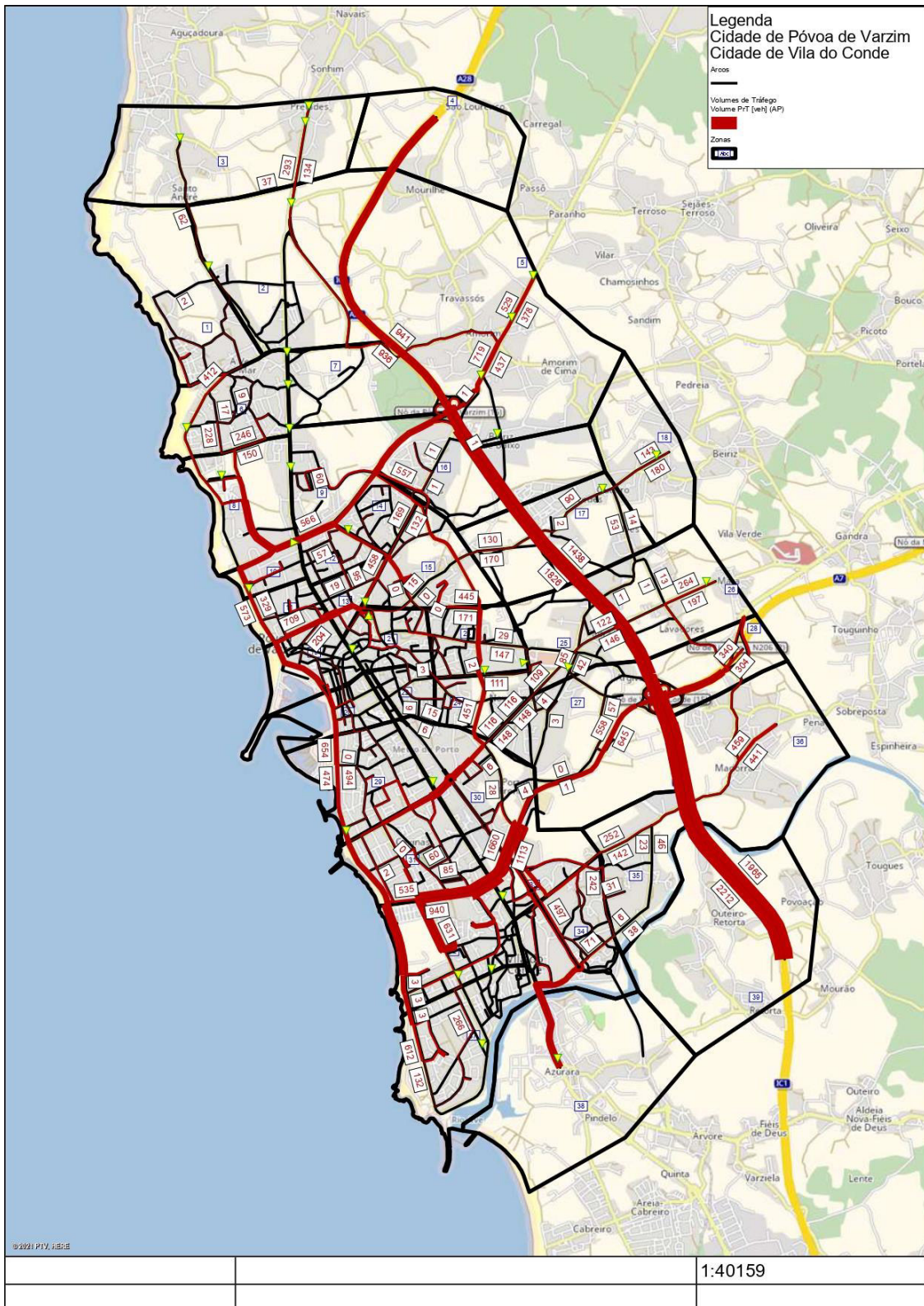


Figura 24 – Volumes de Tráfego - Corte EN 13

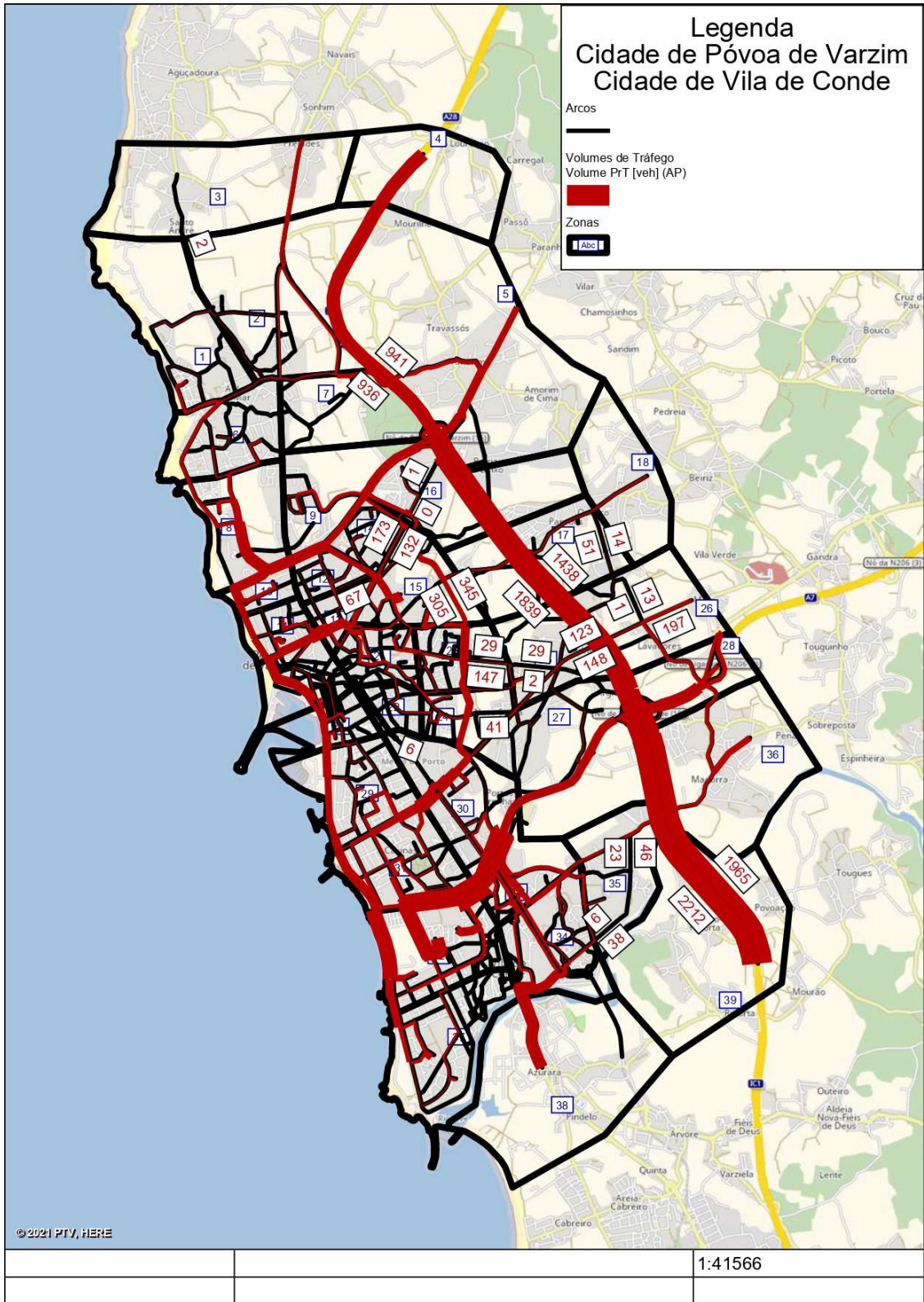


Figura 25 – Volumes de Tráfego - Abertura 1 - Cenário 2

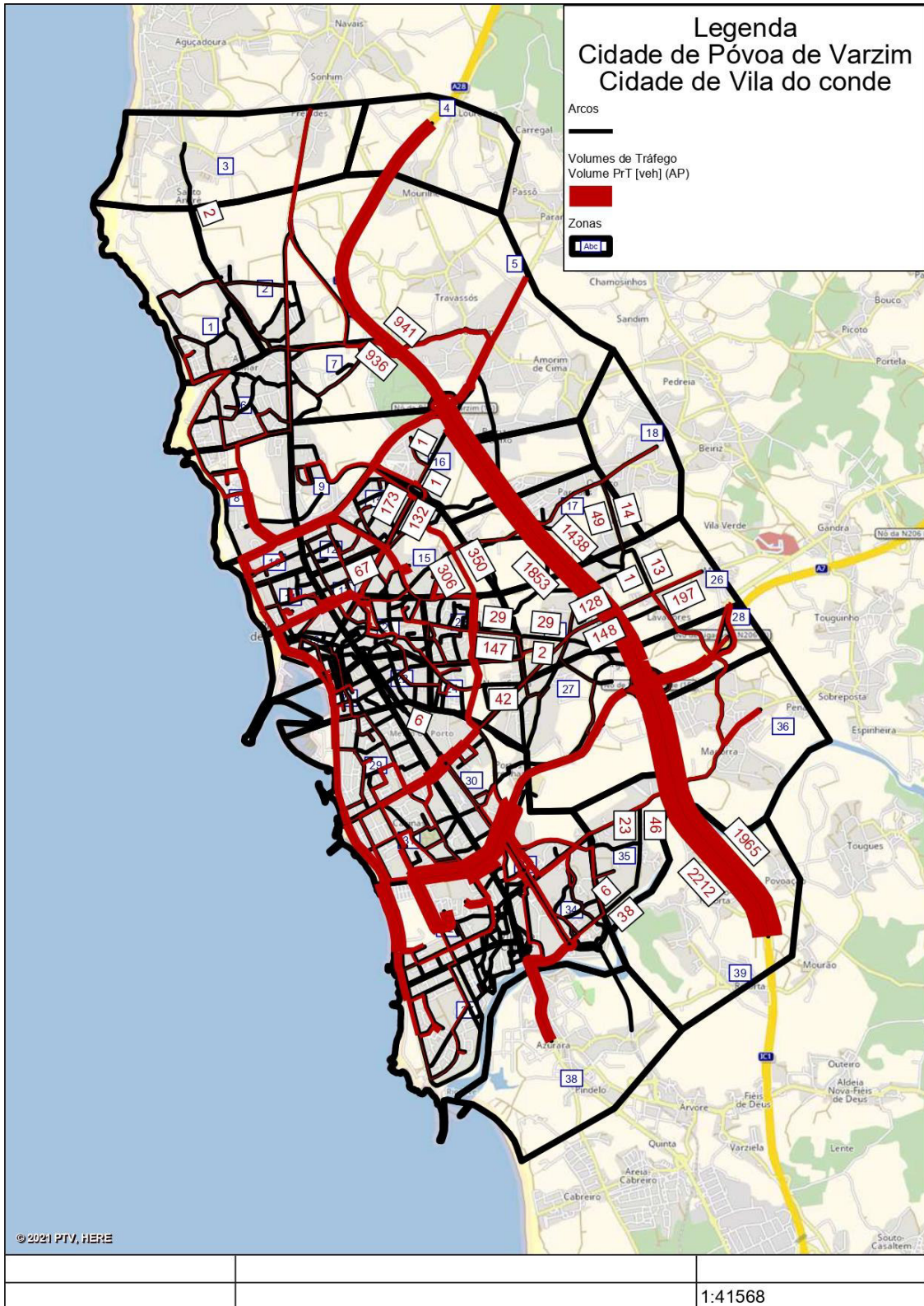


Figura 26 – Volumes de Tráfego - Abertura 2 - Cenário 2

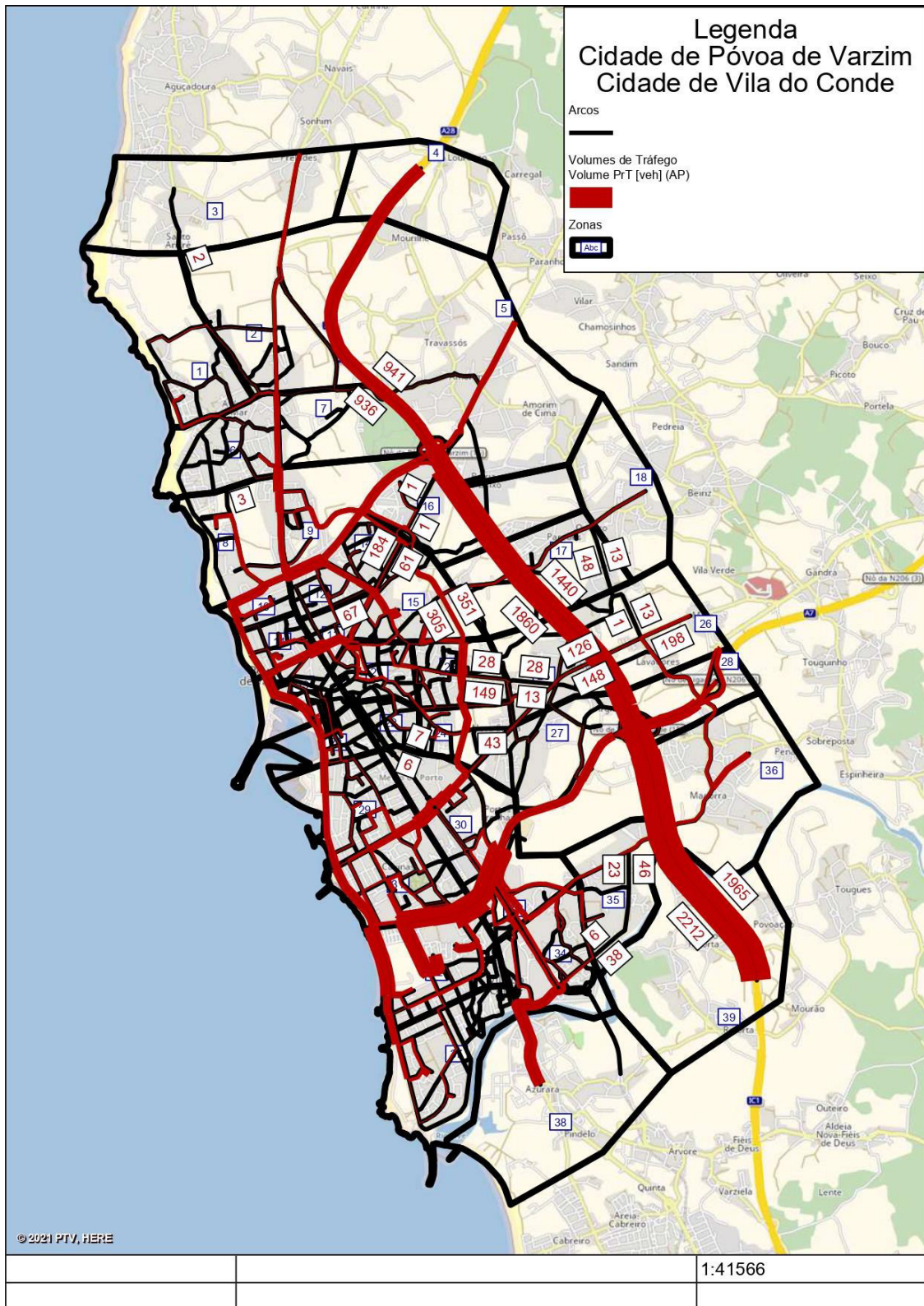


Figura 27 – Volumes de Tráfego - Abertura 3 - Cenário 2

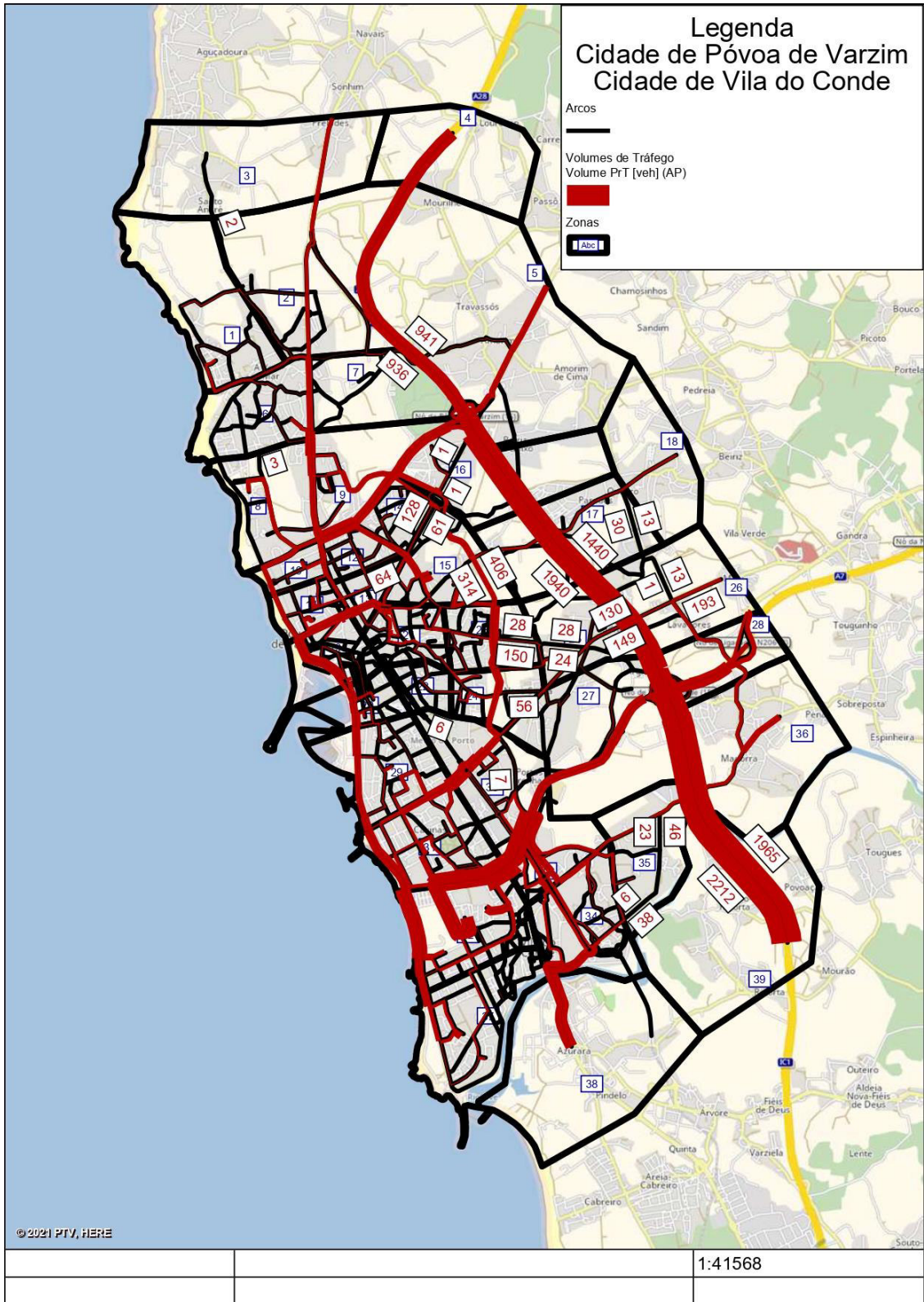


Figura 28 – Volumes de Tráfego - Abertura 4 - Cenário 2

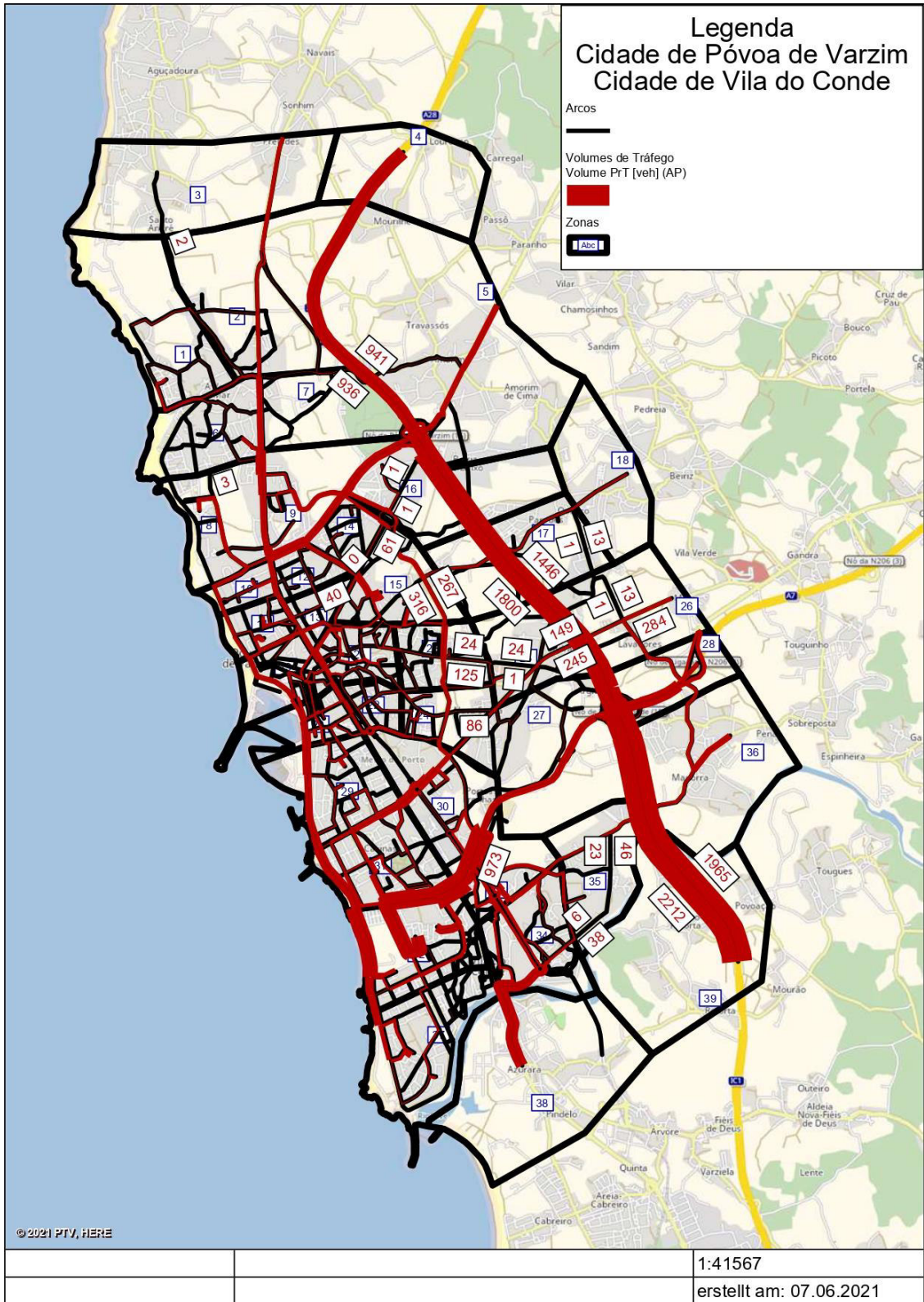


Figura 29 – Volumes de Tráfego - Abertura 5 - Cenário 2

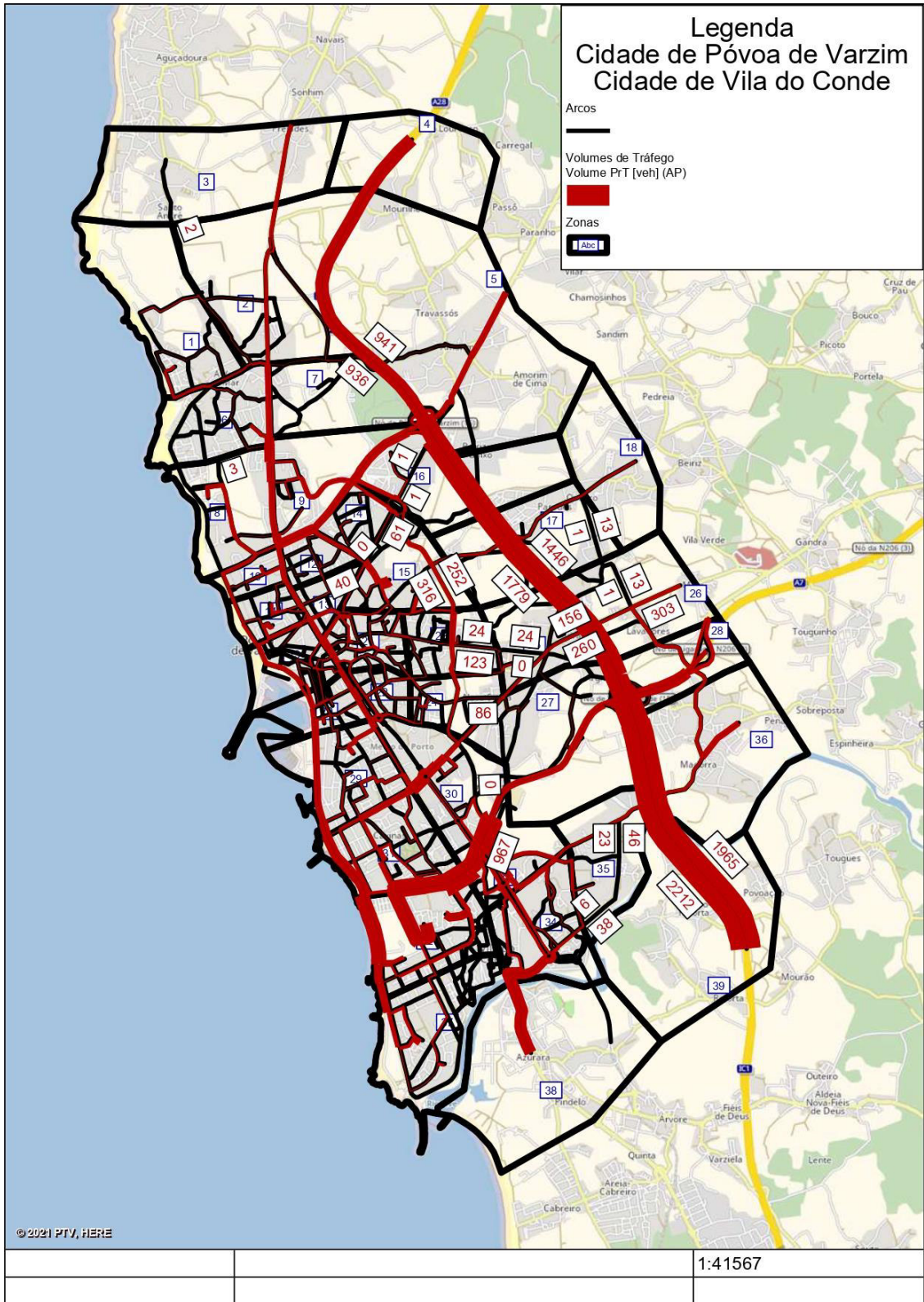


Figura 30 – Volumes de Tráfego - Abertura 6 - Cenário 2

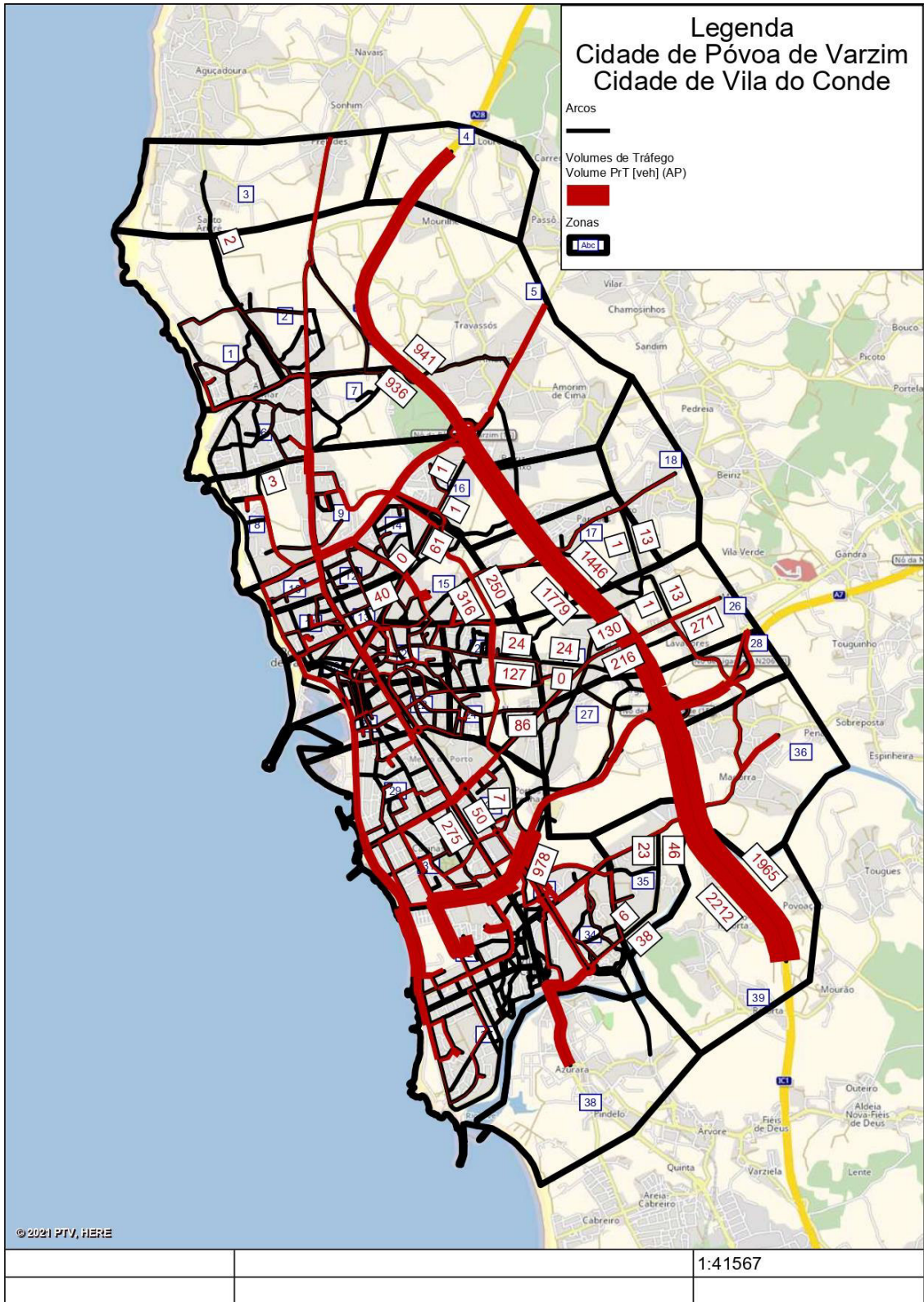


Figura 31 – Volumes de Tráfego - Abertura 7 - Cenário 2

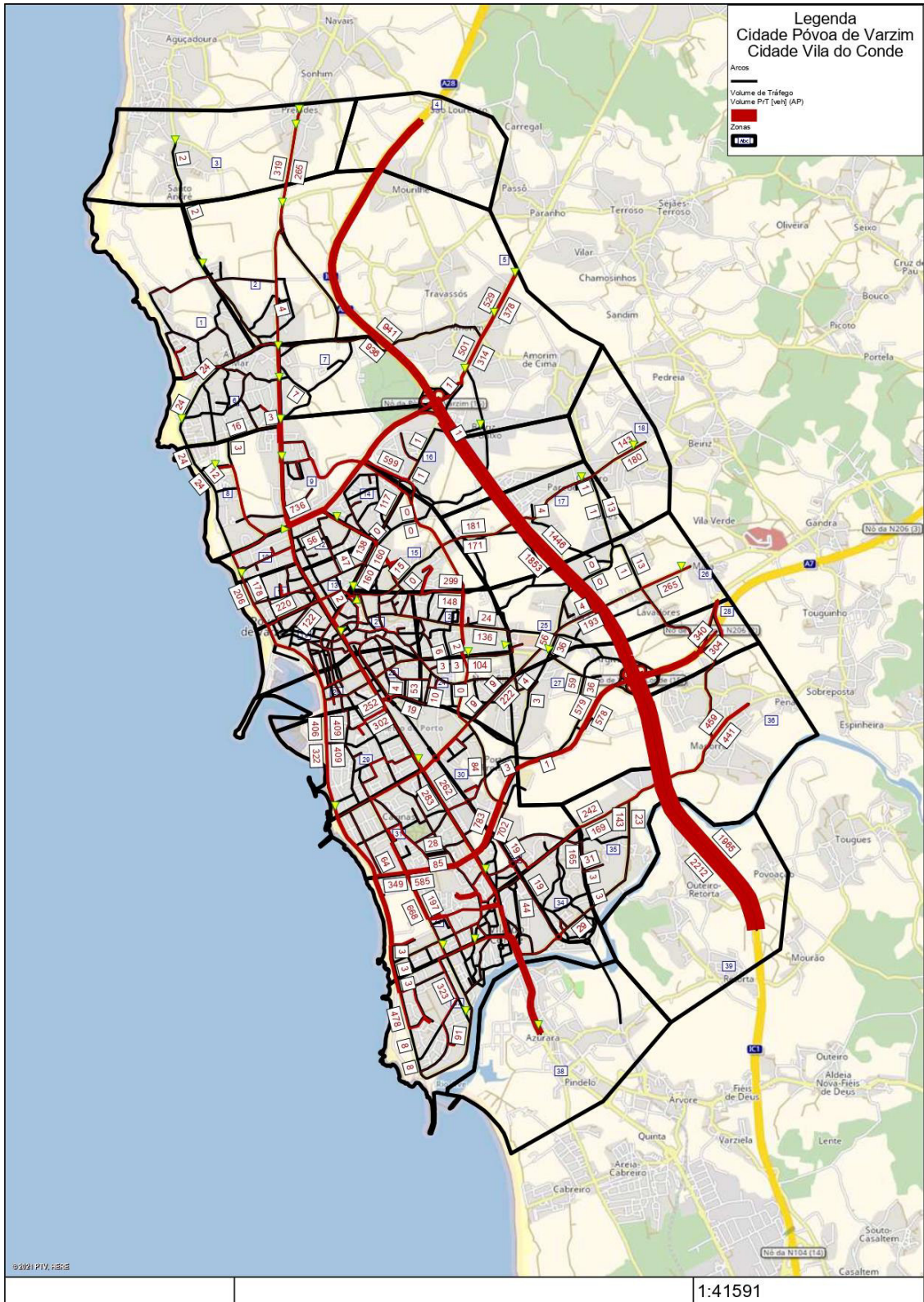


Figura 32 – Volumes de Tráfego – Rede Base

F.3. Cenário 3

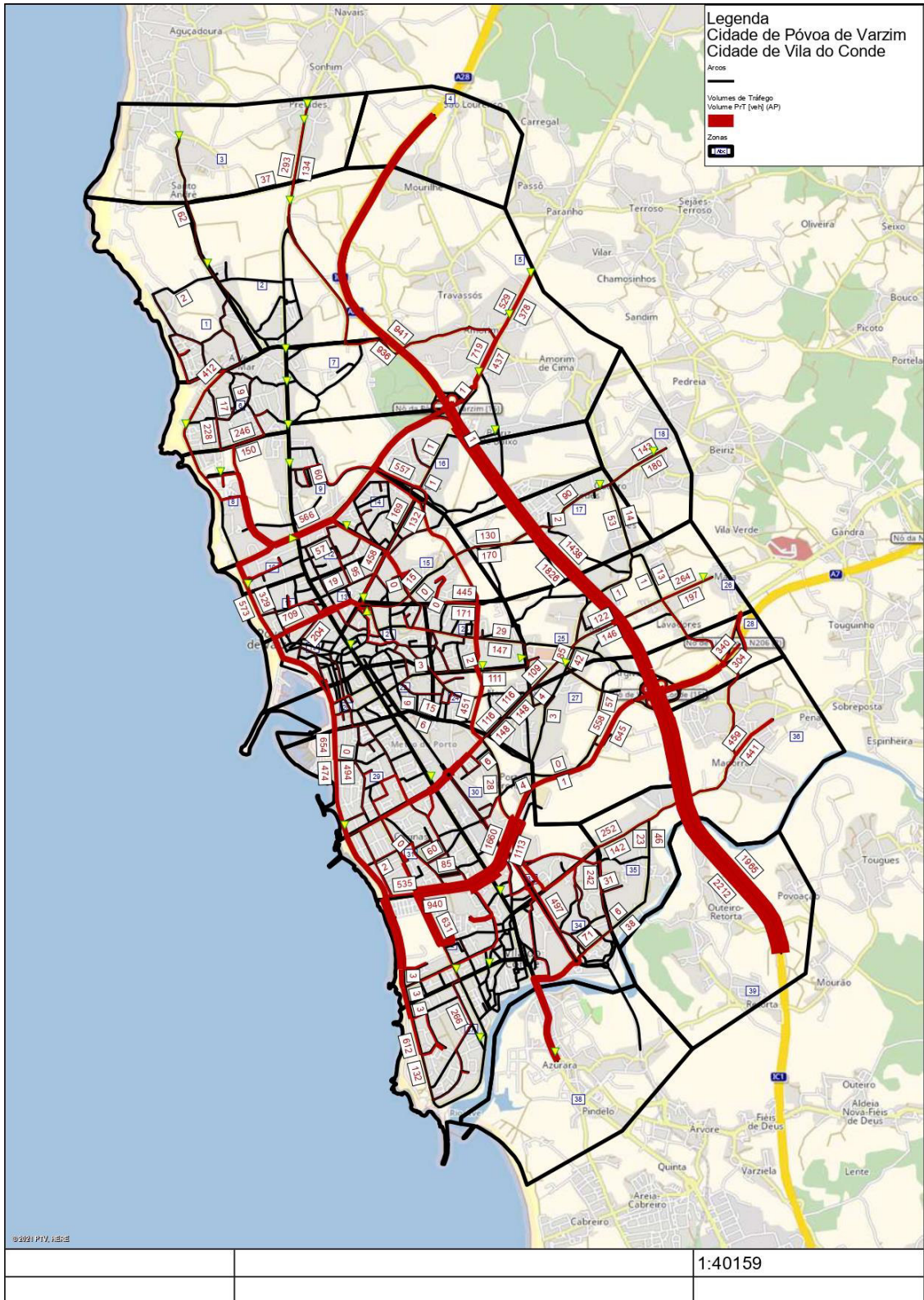


Figura 33 – Volumes de Tráfego - Corte EN 13

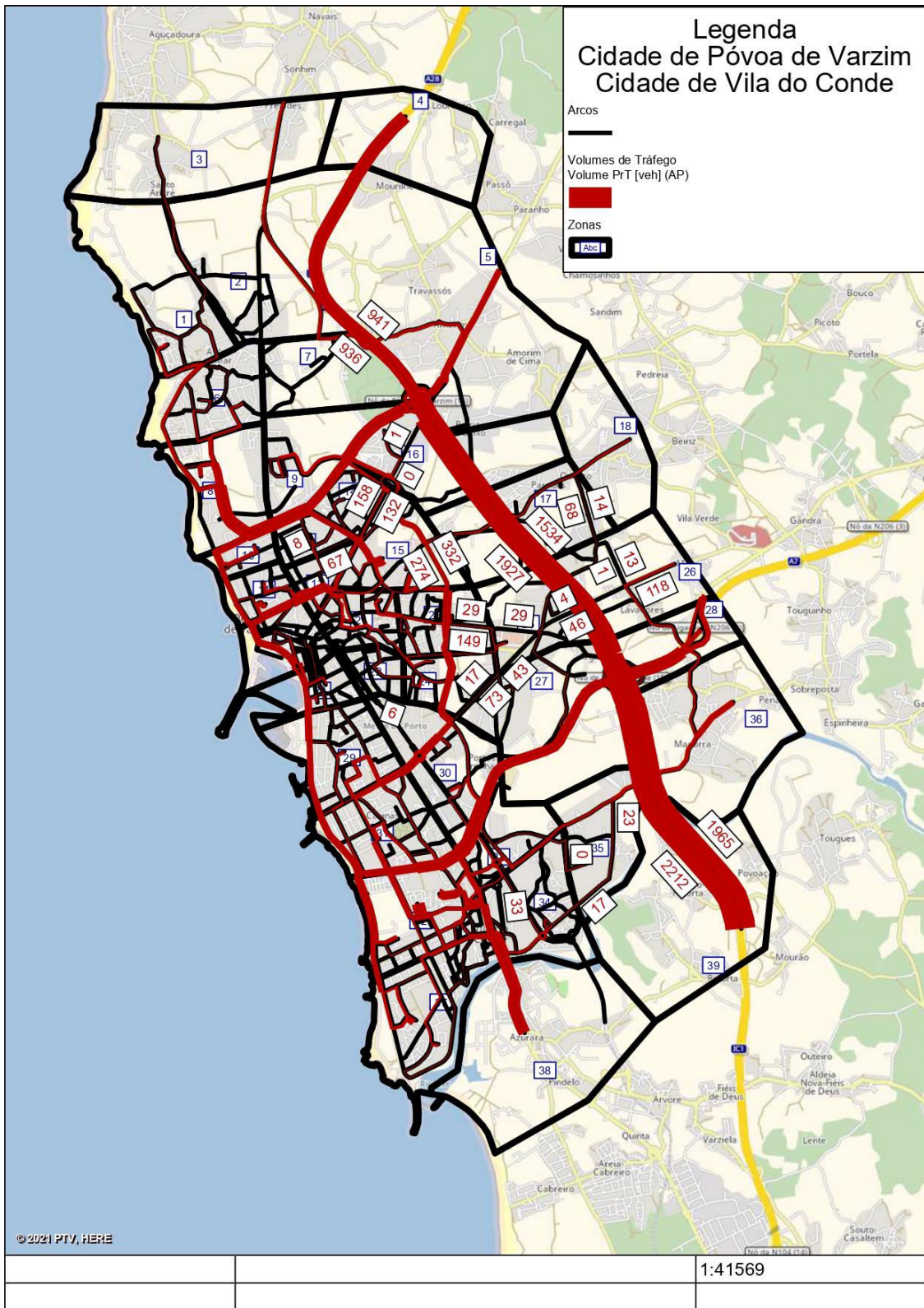


Figura 34 – Volumes de Tráfego - Abertura 1 - Cenário 3

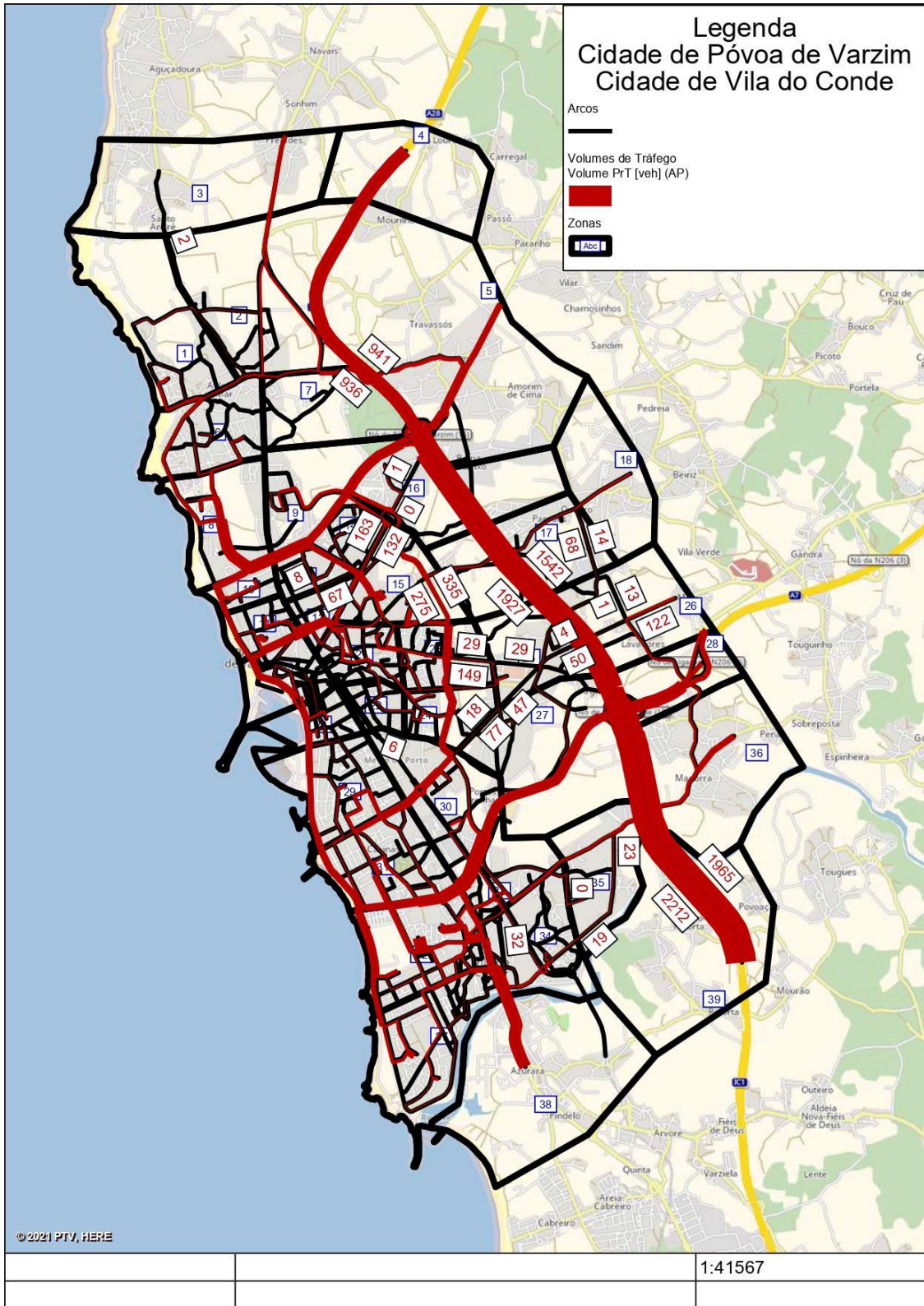


Figura 35 – Volumes de Tráfego - Abertura 2 - Cenário 3

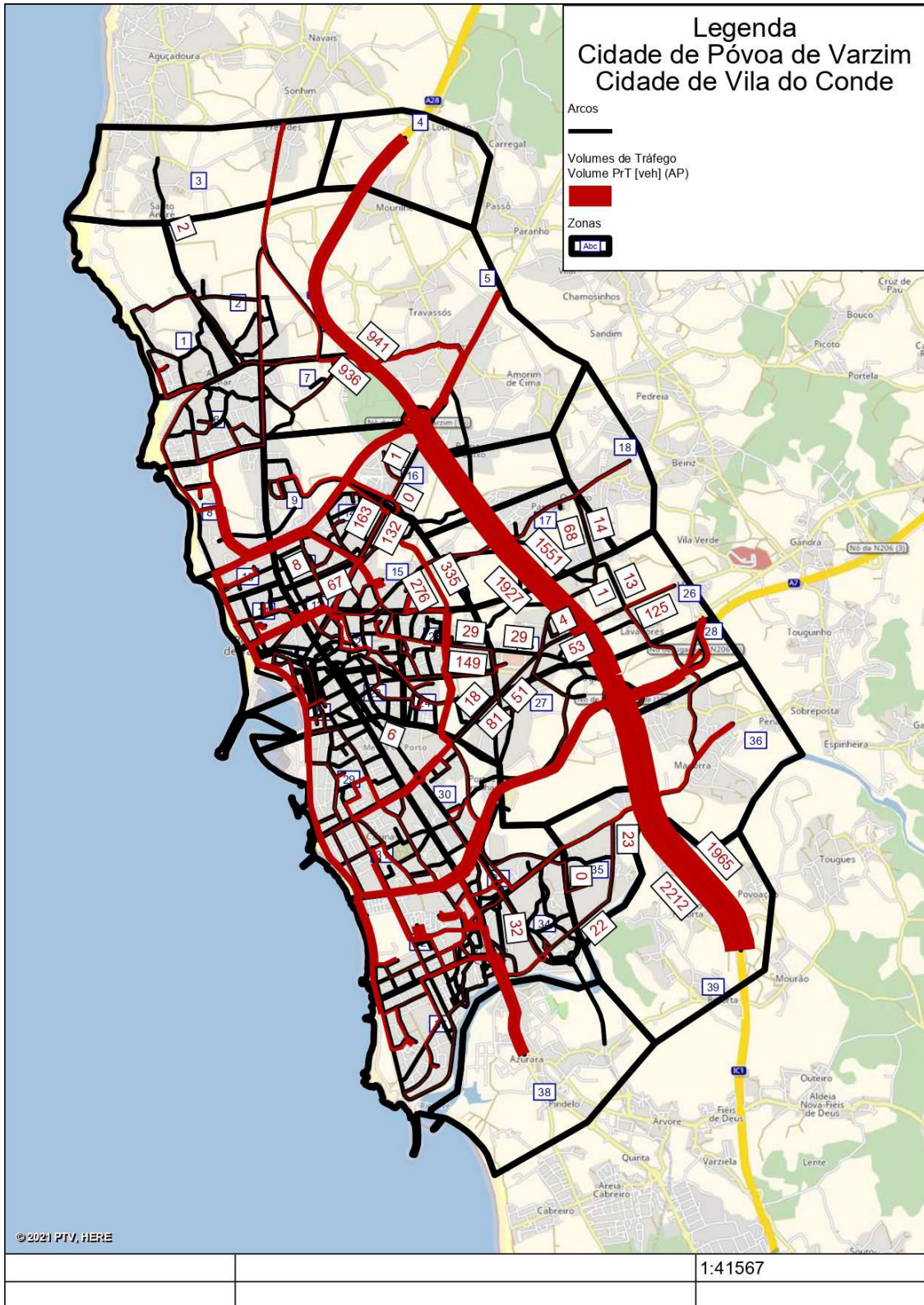


Figura 36 – Volumes de Tráfego - Abertura 3 - Cenário 3

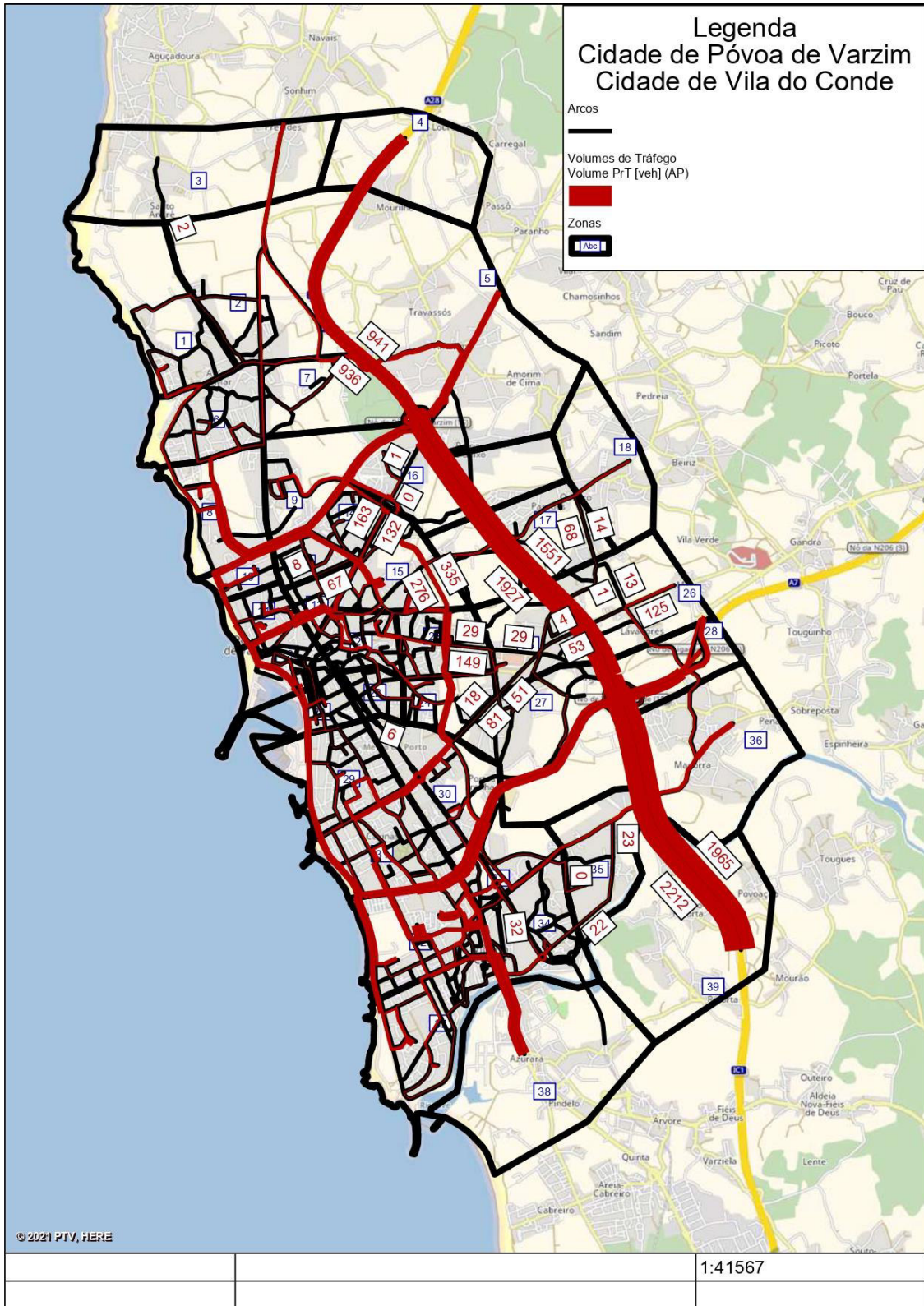


Figura 37 – Volumes de Tráfego - Abertura 4 - Cenário 3

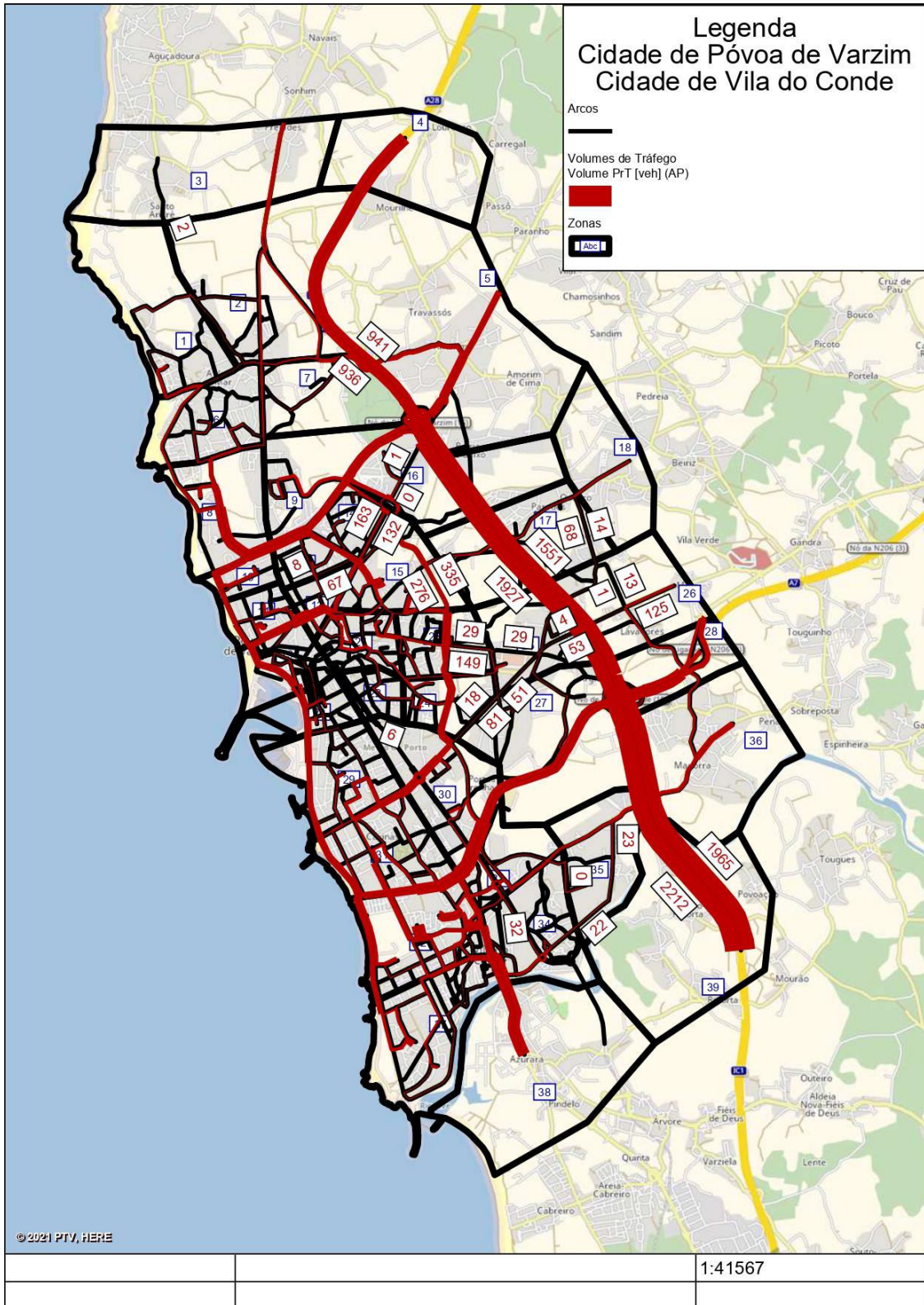


Figura 38 – Volumes de Tráfego - Abertura 5 - Cenário 3

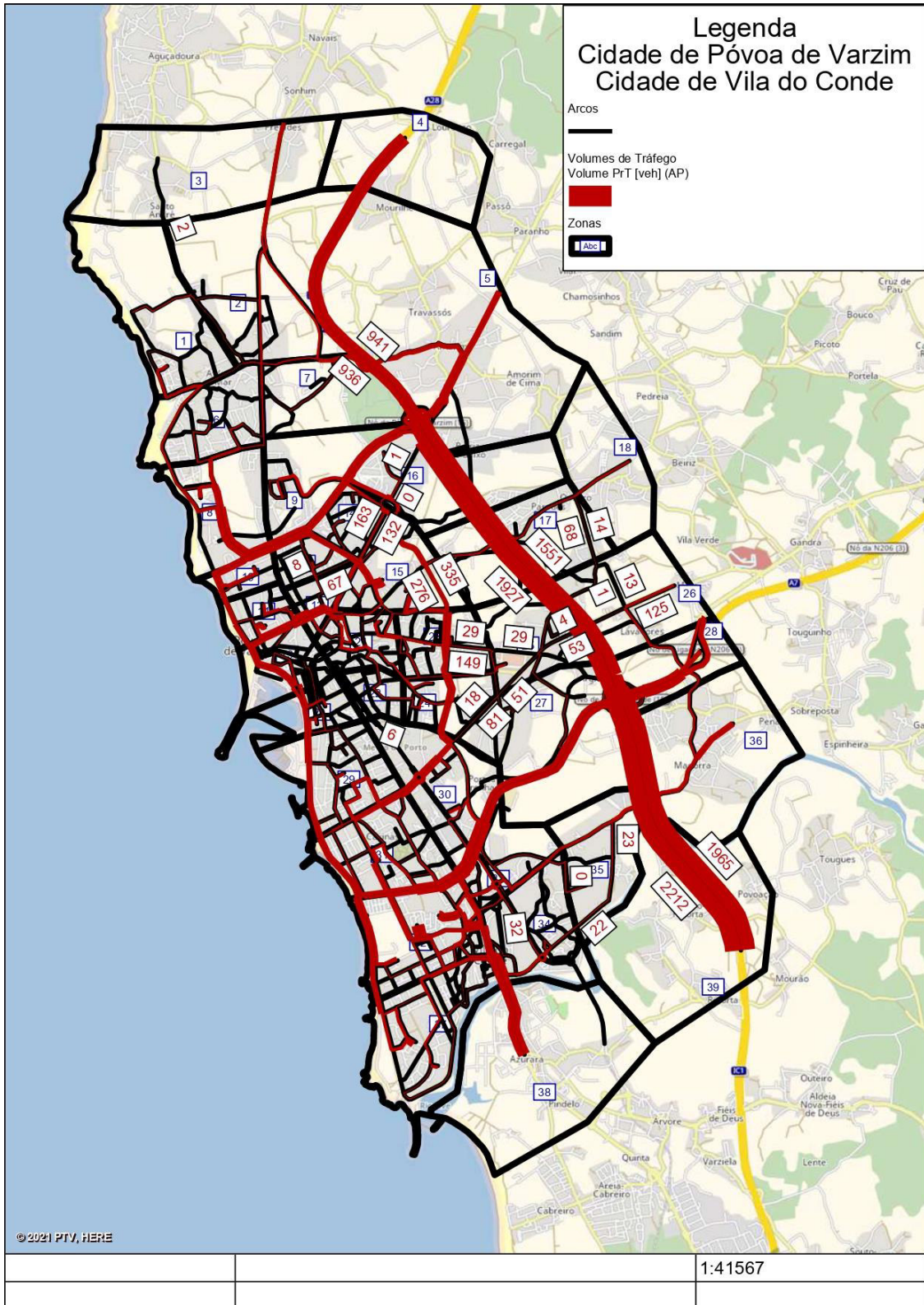


Figura 39 – Volumes de Tráfego - Abertura 6 - Cenário 3

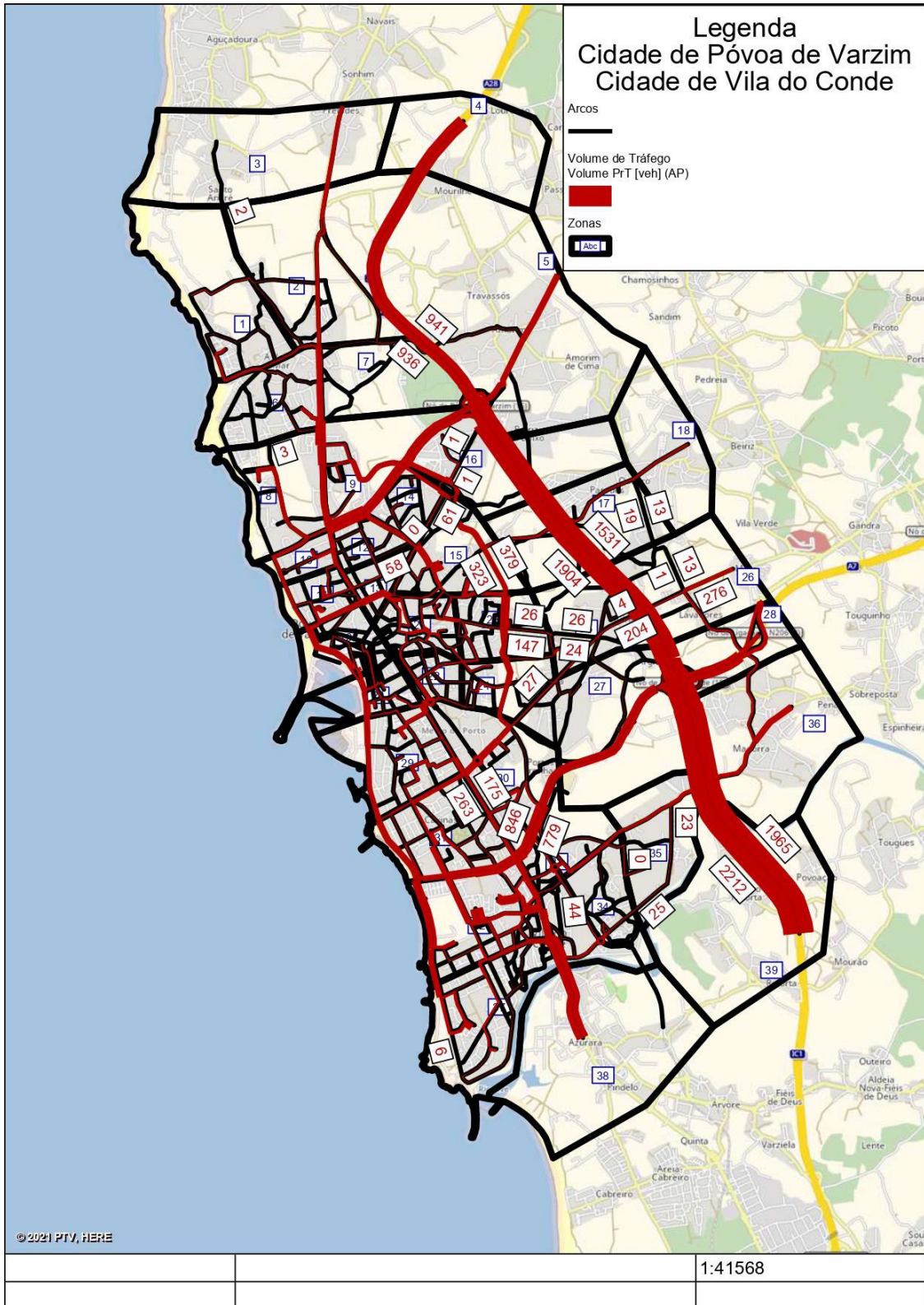


Figura 40 – Volumes de Tráfego - Abertura 7 - Cenário 3

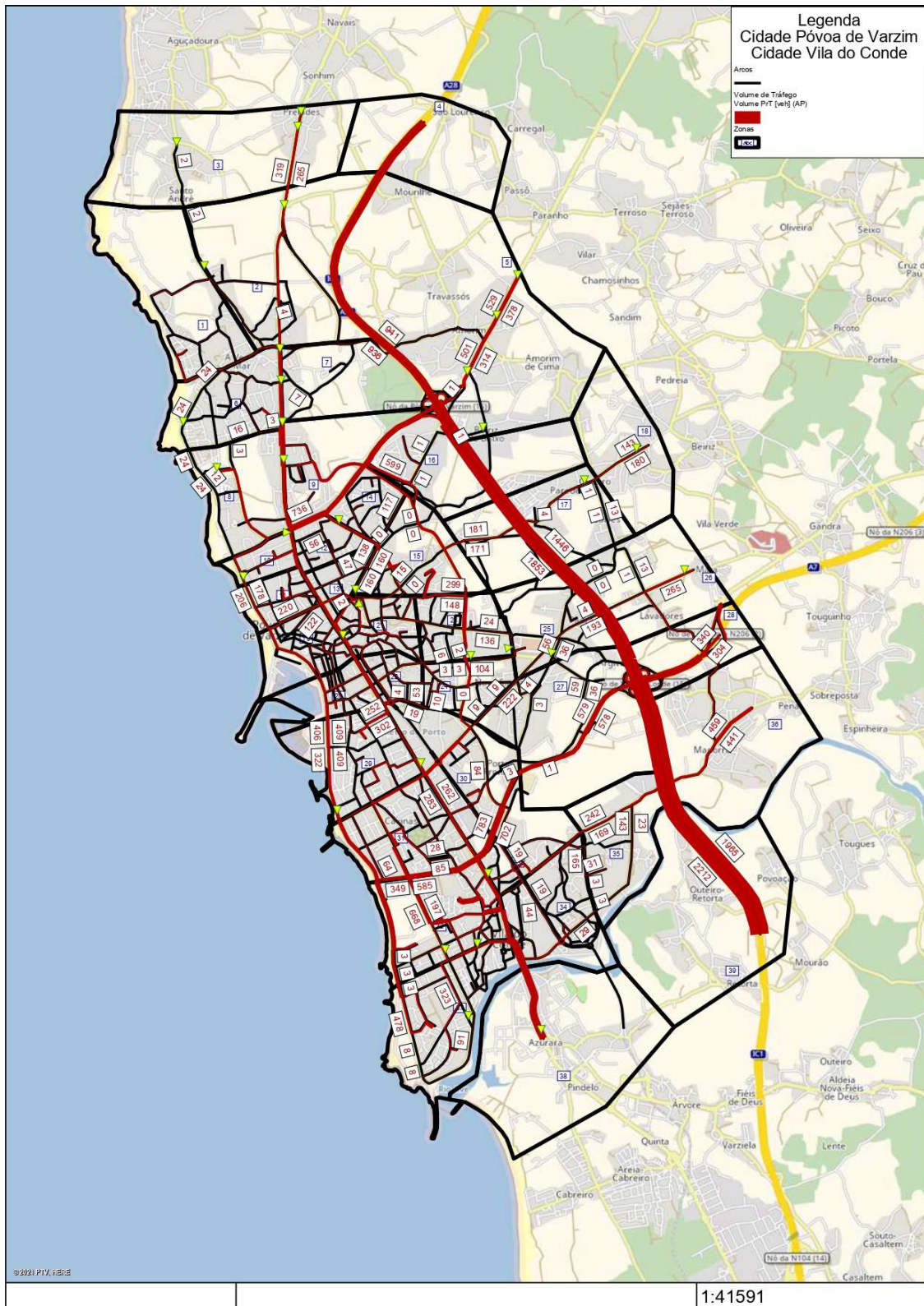


Figura 41 – Volumes de Tráfego – Rede Base

Anexo G.

Mapas dos resultados da resiliência da alteração modal

G.1. Cenário 1

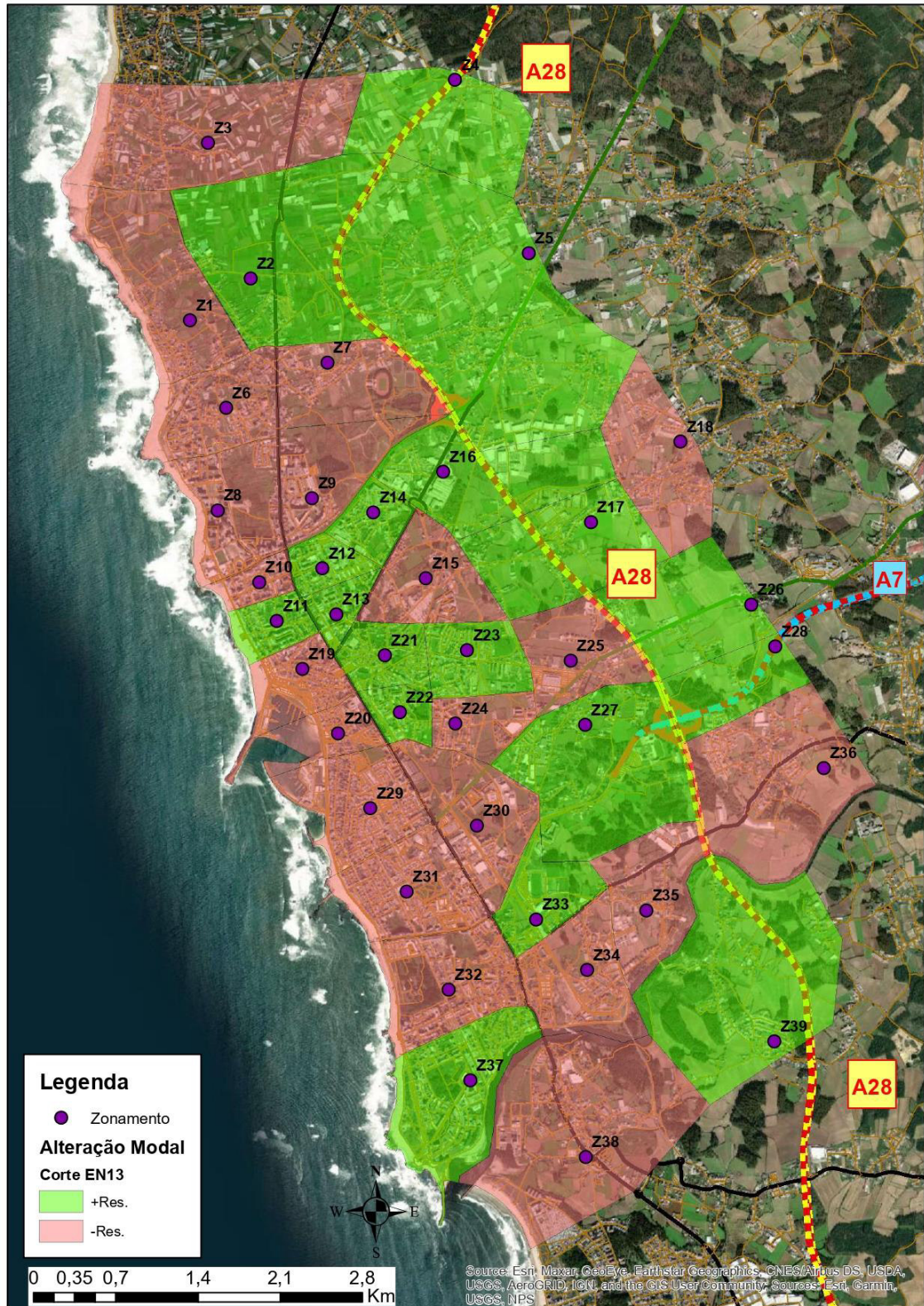


Figura 42 – Resiliência da Alteração Modal - Corte EN 13

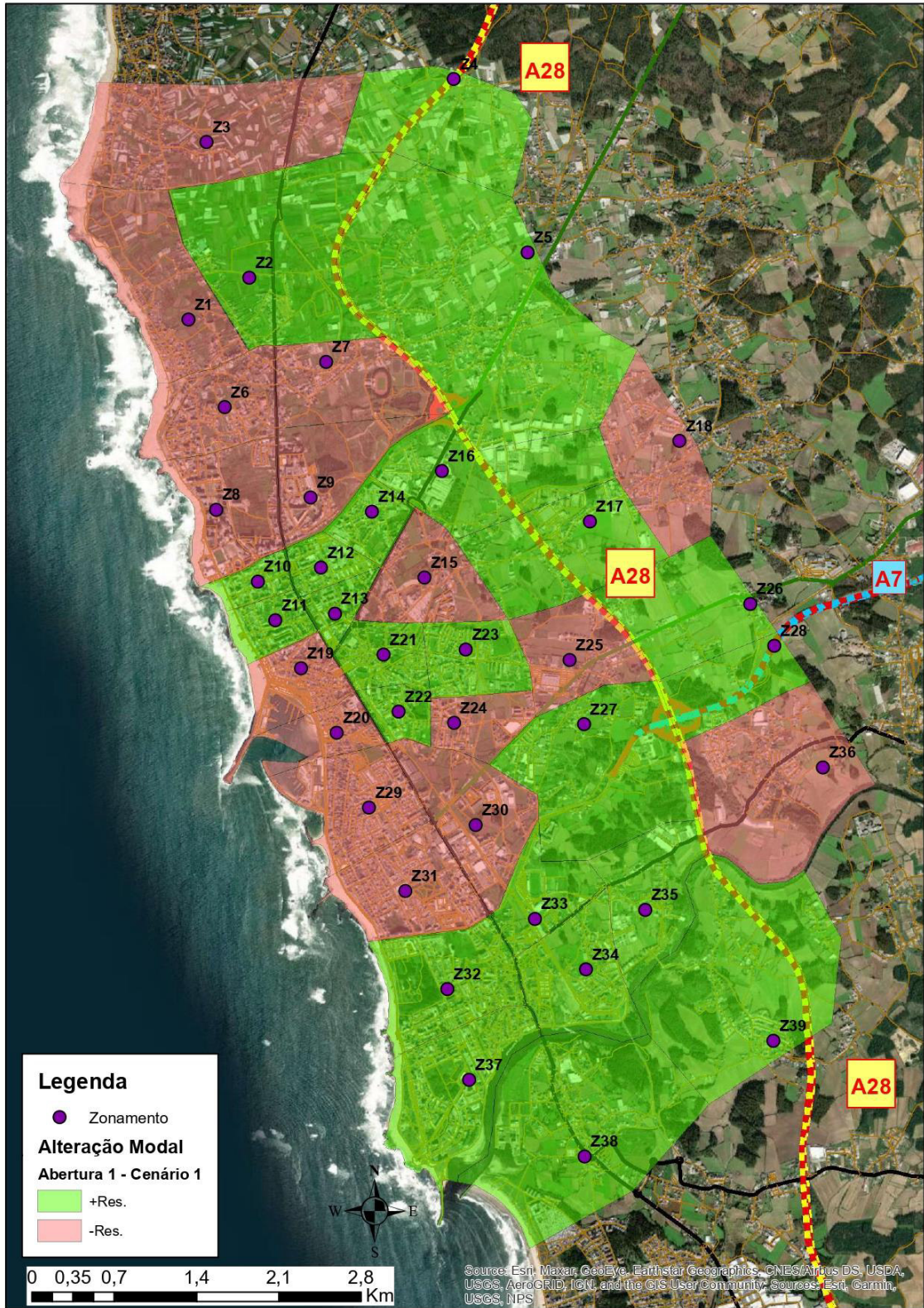


Figura 43 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 1 - Cenário 1

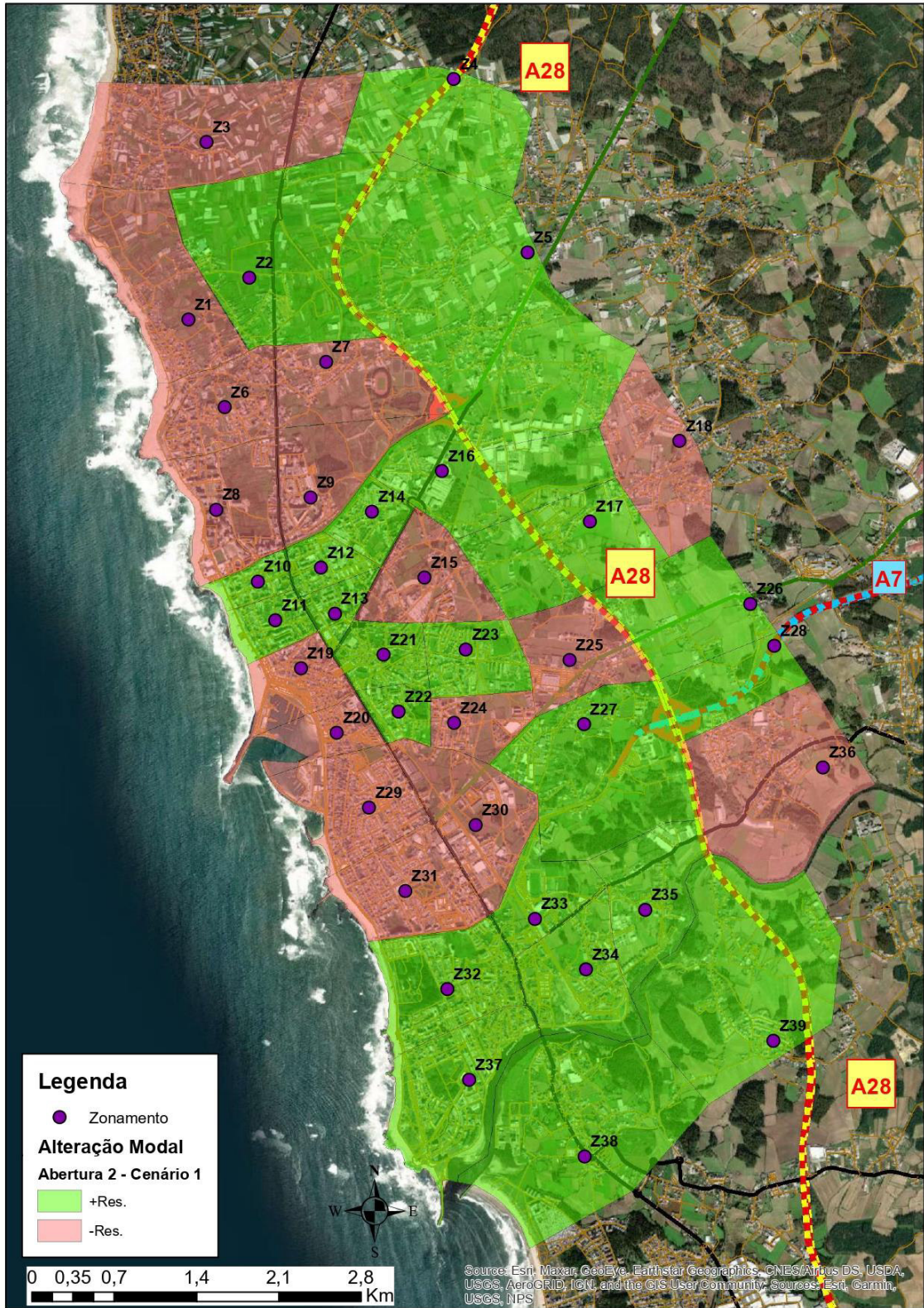


Figura 44 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 2 - Cenário 1

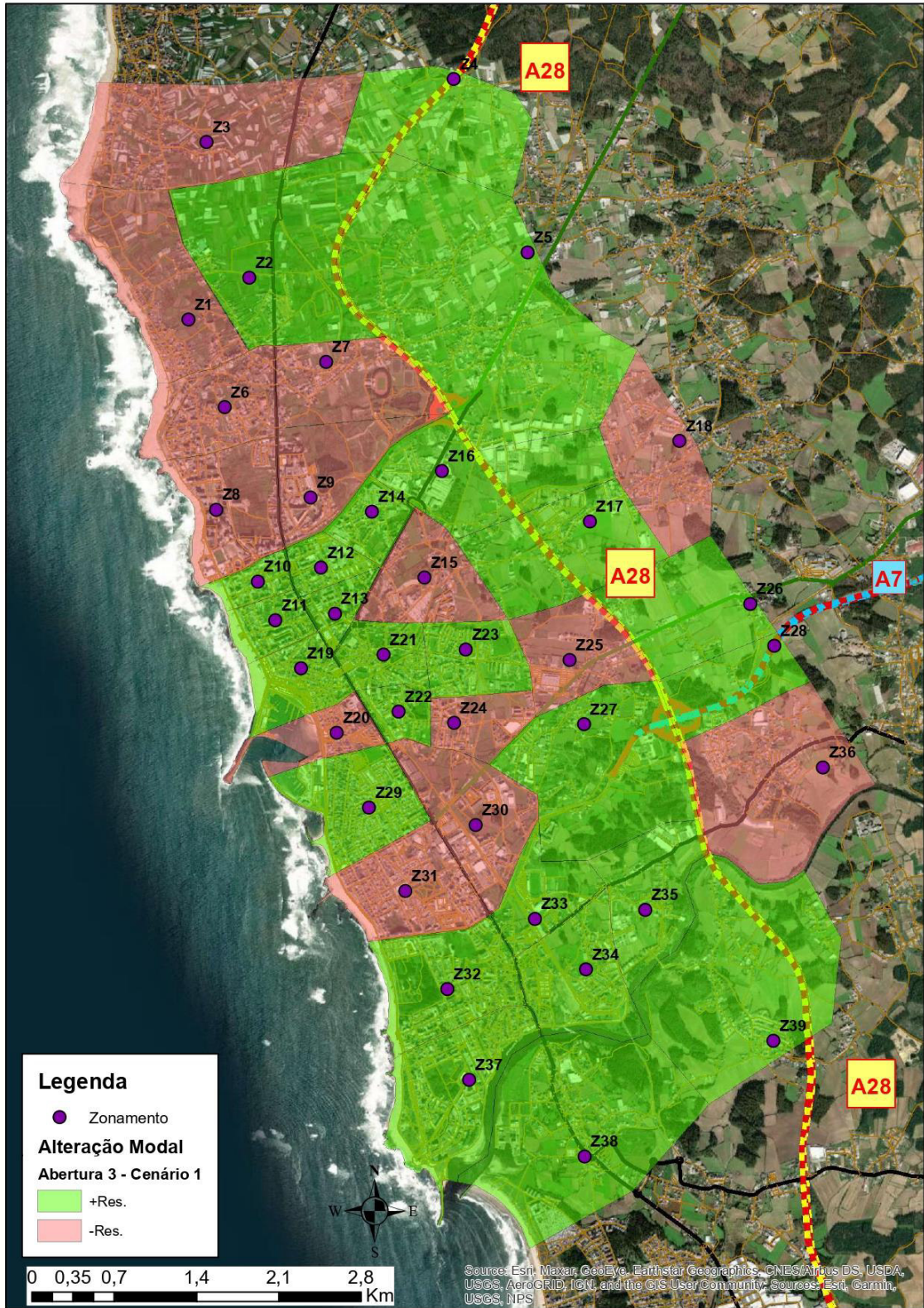


Figura 45 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 3 - Cenário 1

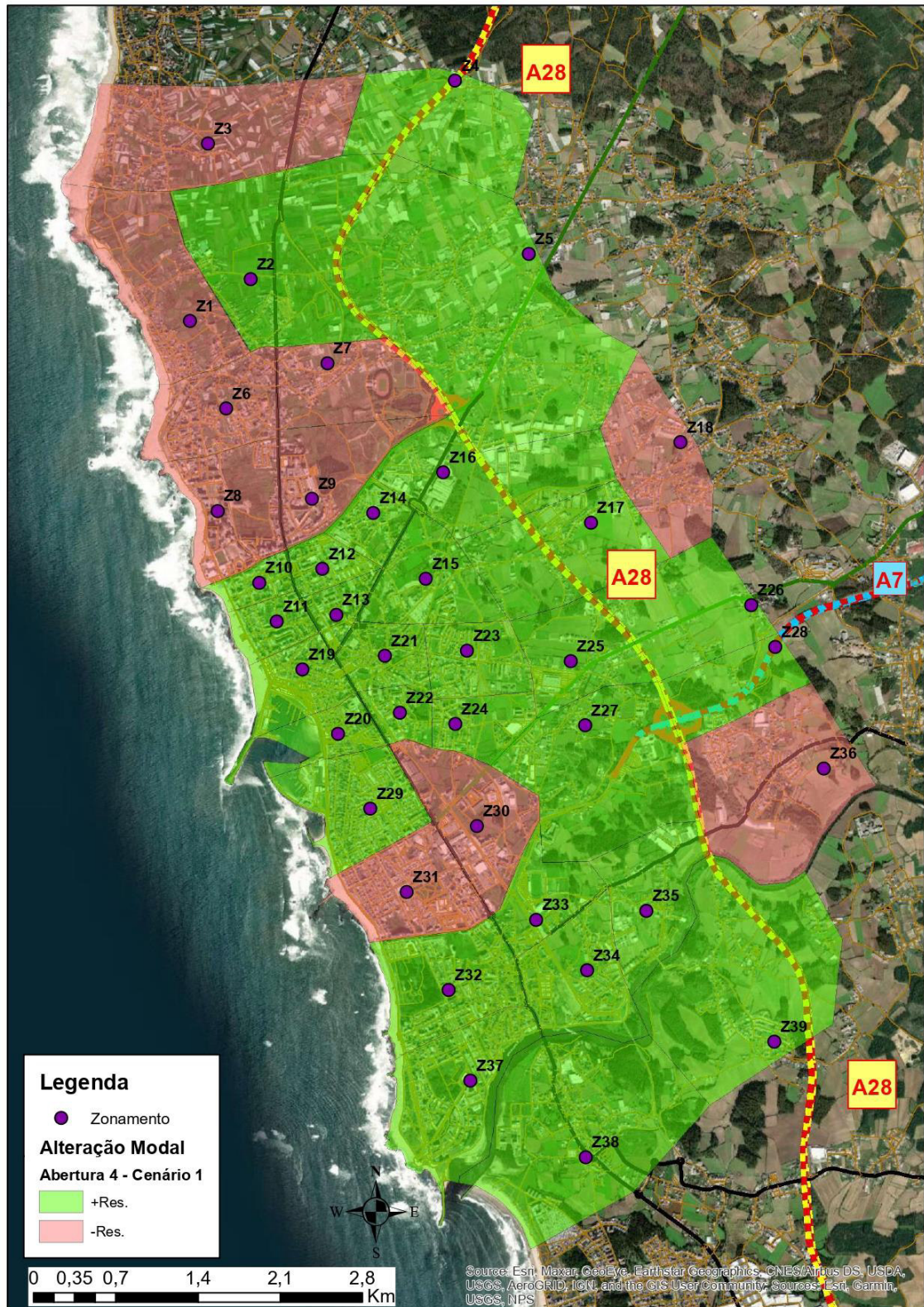


Figura 46 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 4 - Cenário 1

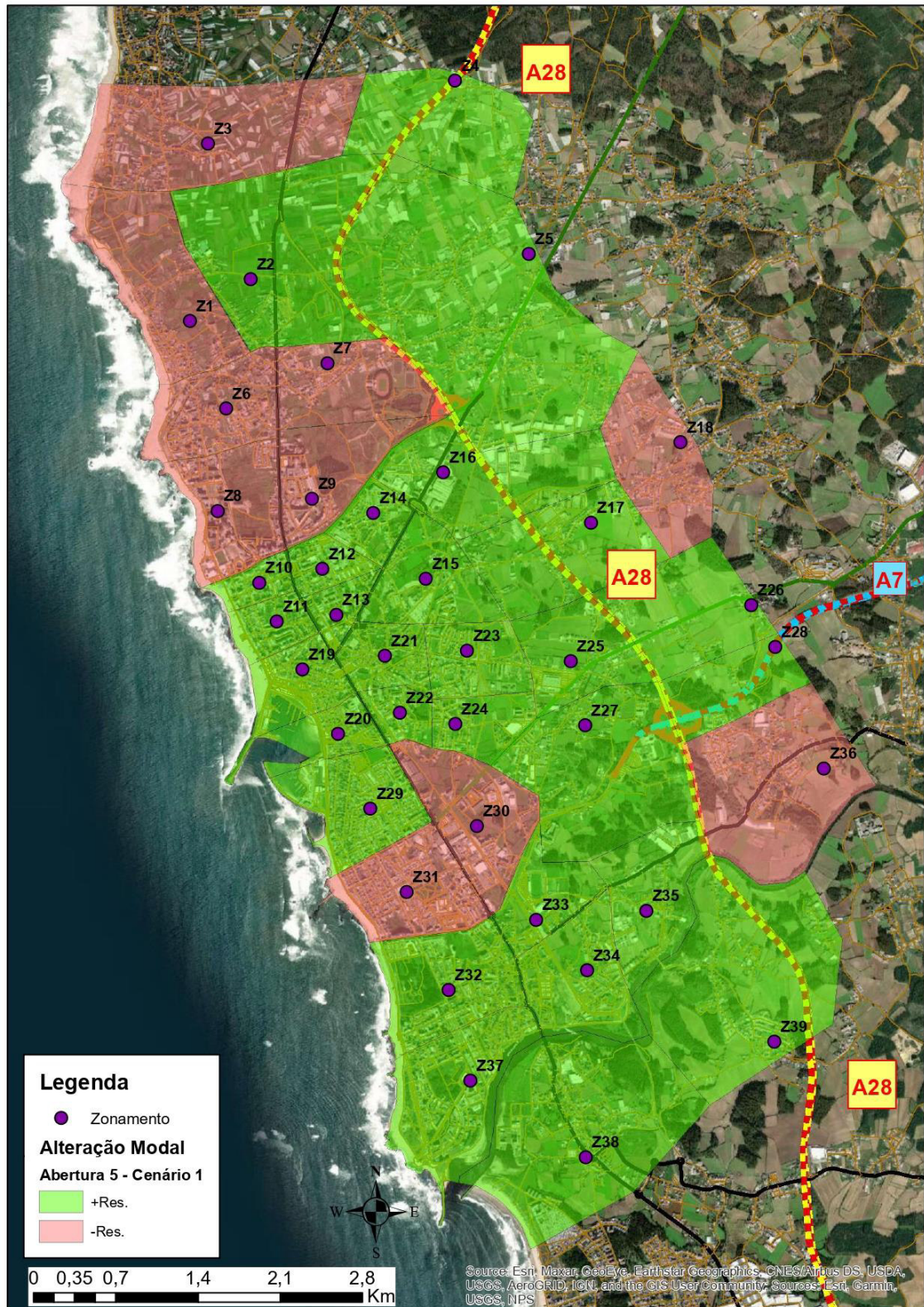


Figura 47 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 5 - Cenário 1

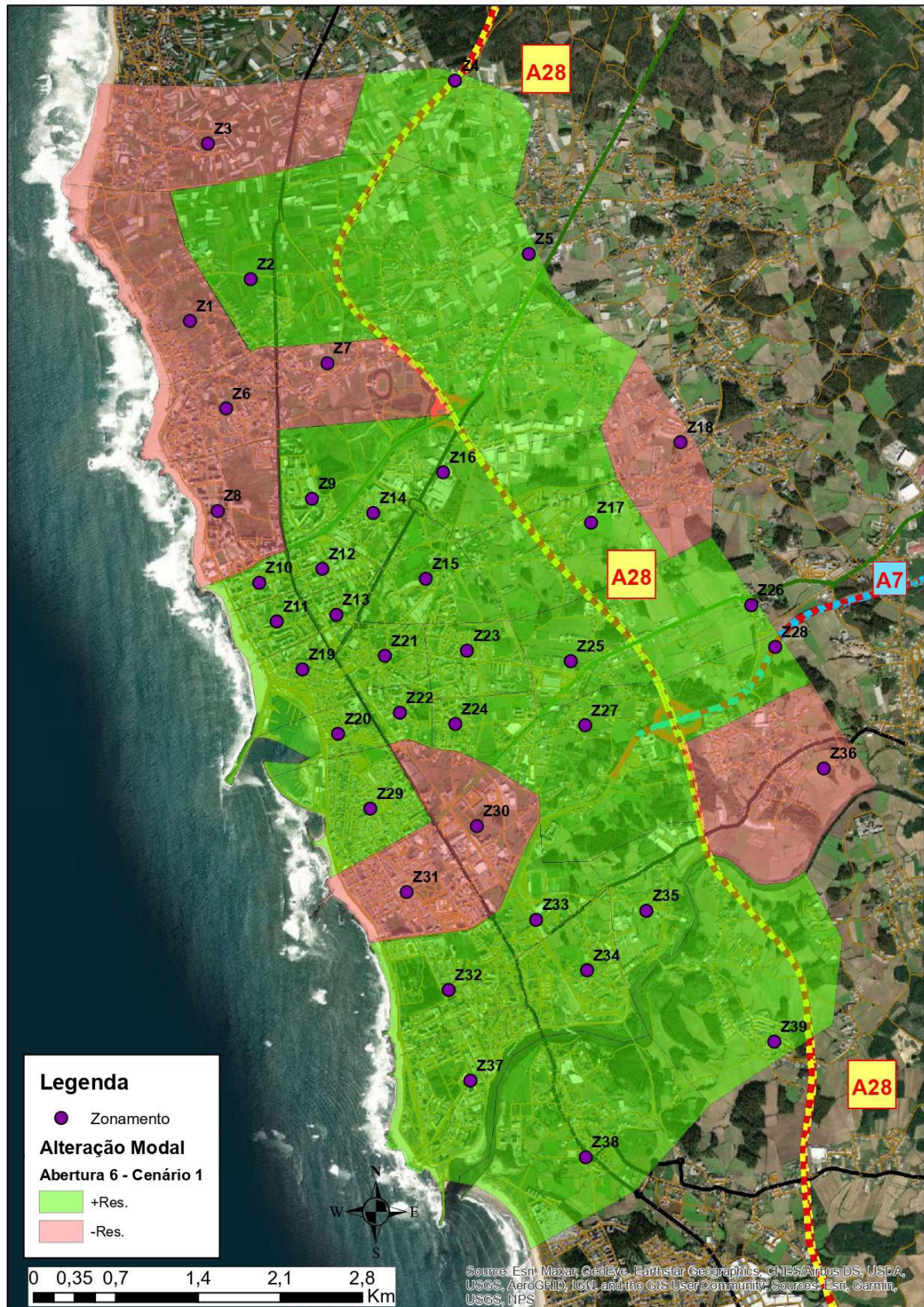


Figura 48 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 6 - Cenário 1

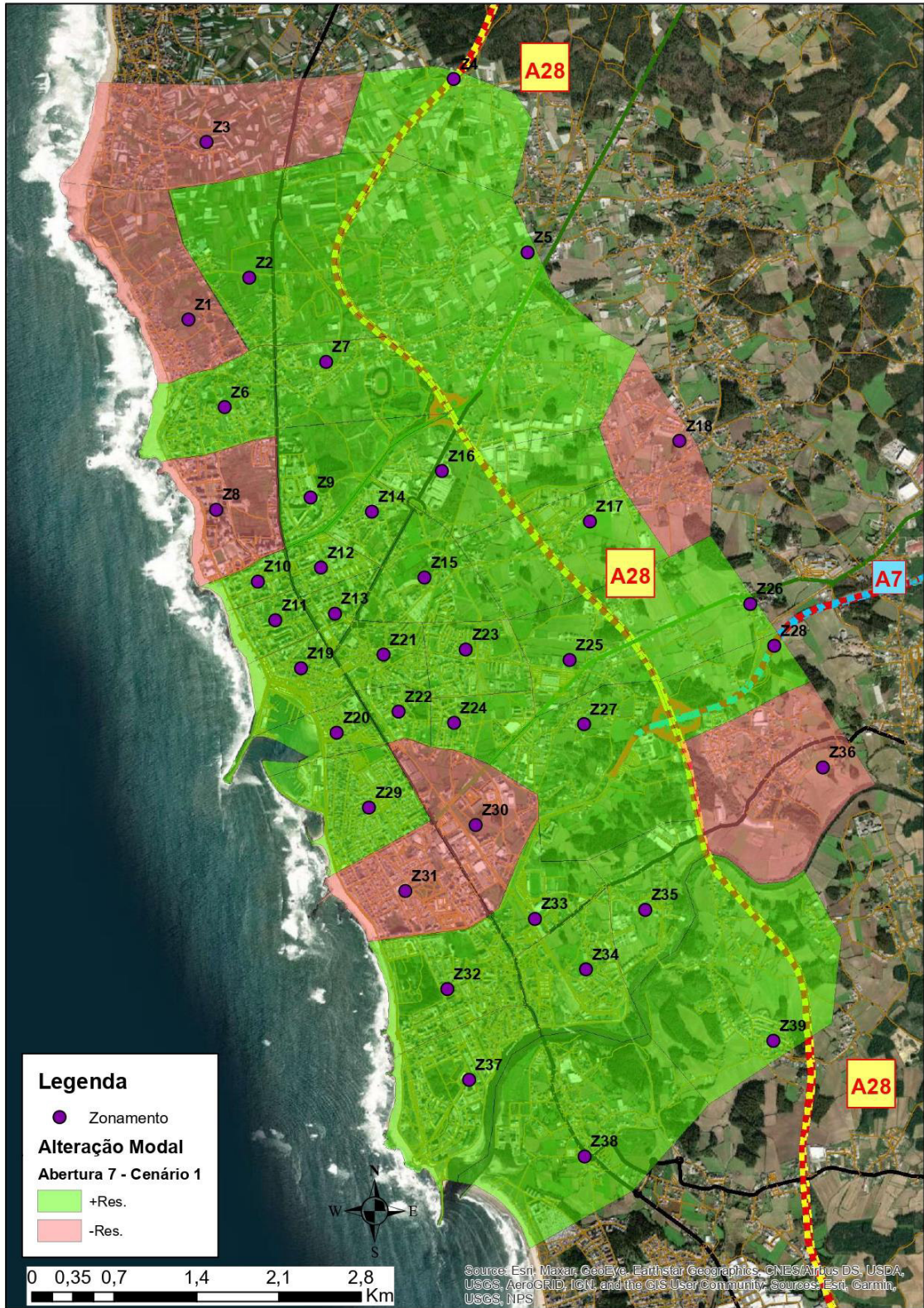


Figura 49 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 7 - Cenário 1

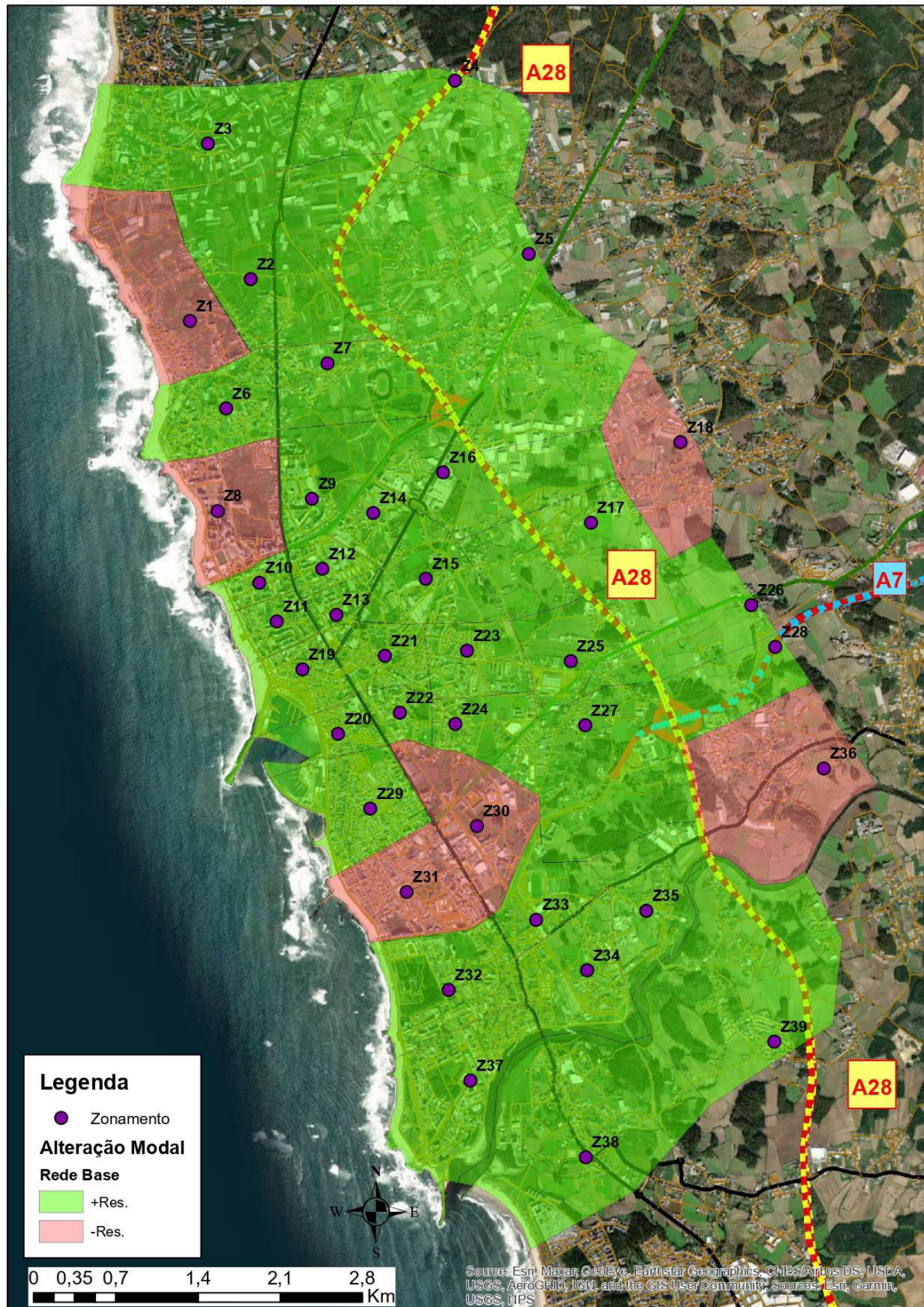


Figura 50 – Resiliência da Alteração Modal – Rede Base

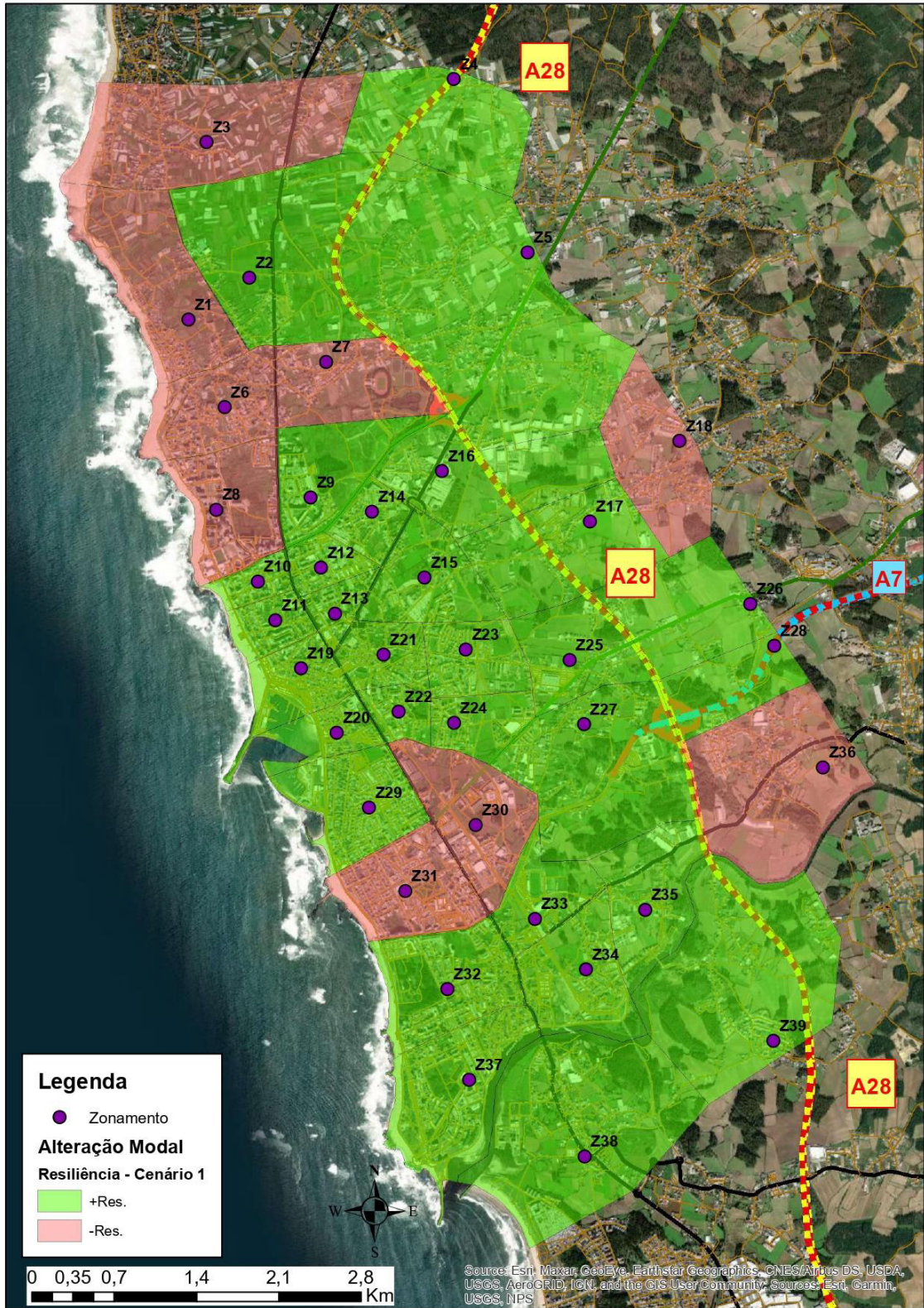


Figura 51 – Resiliência Final da Alteração Modal - Cenário 1

G.2. Cenário 2

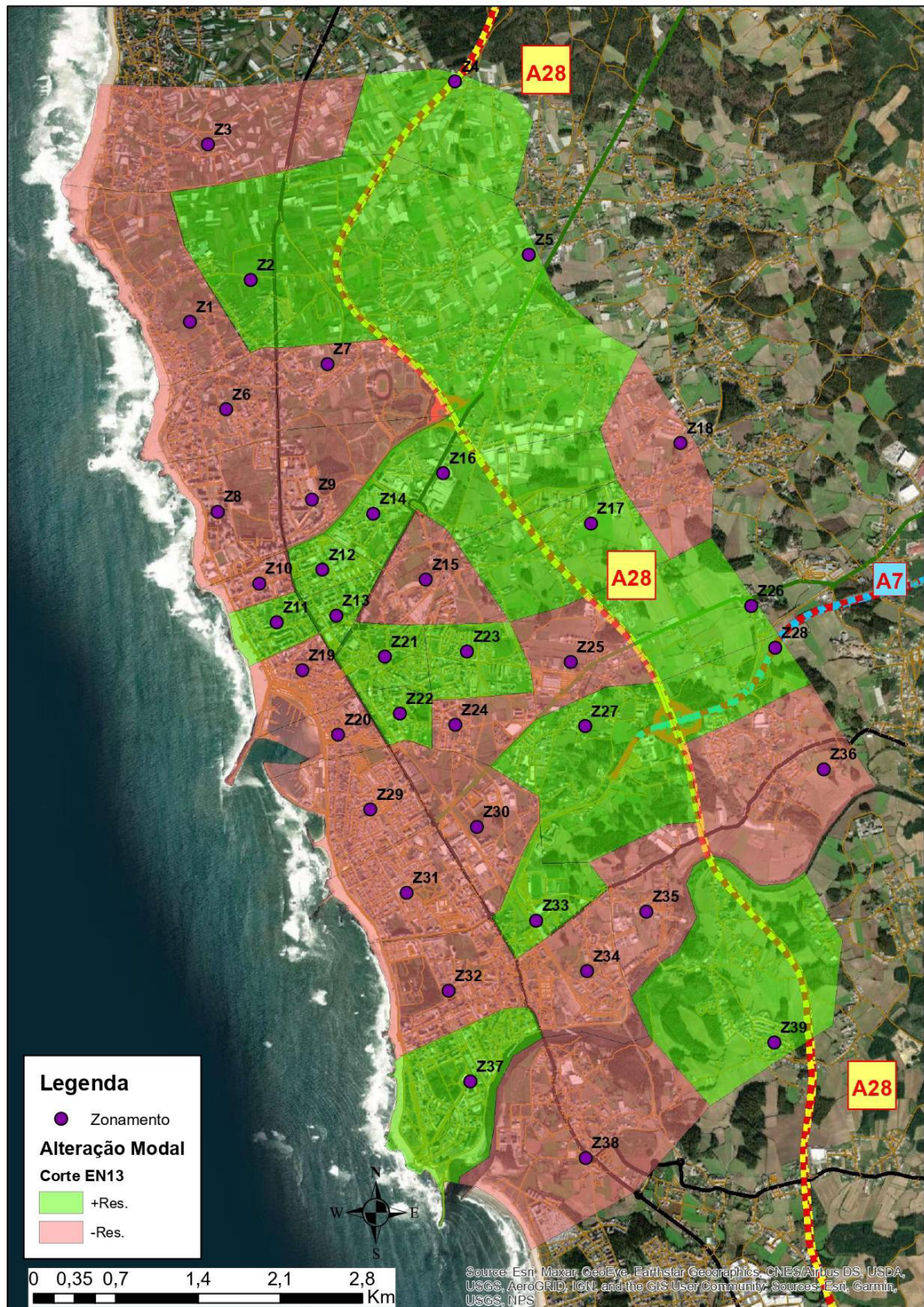


Figura 52 – Resiliência da Alteração Modal - Corte EN 13

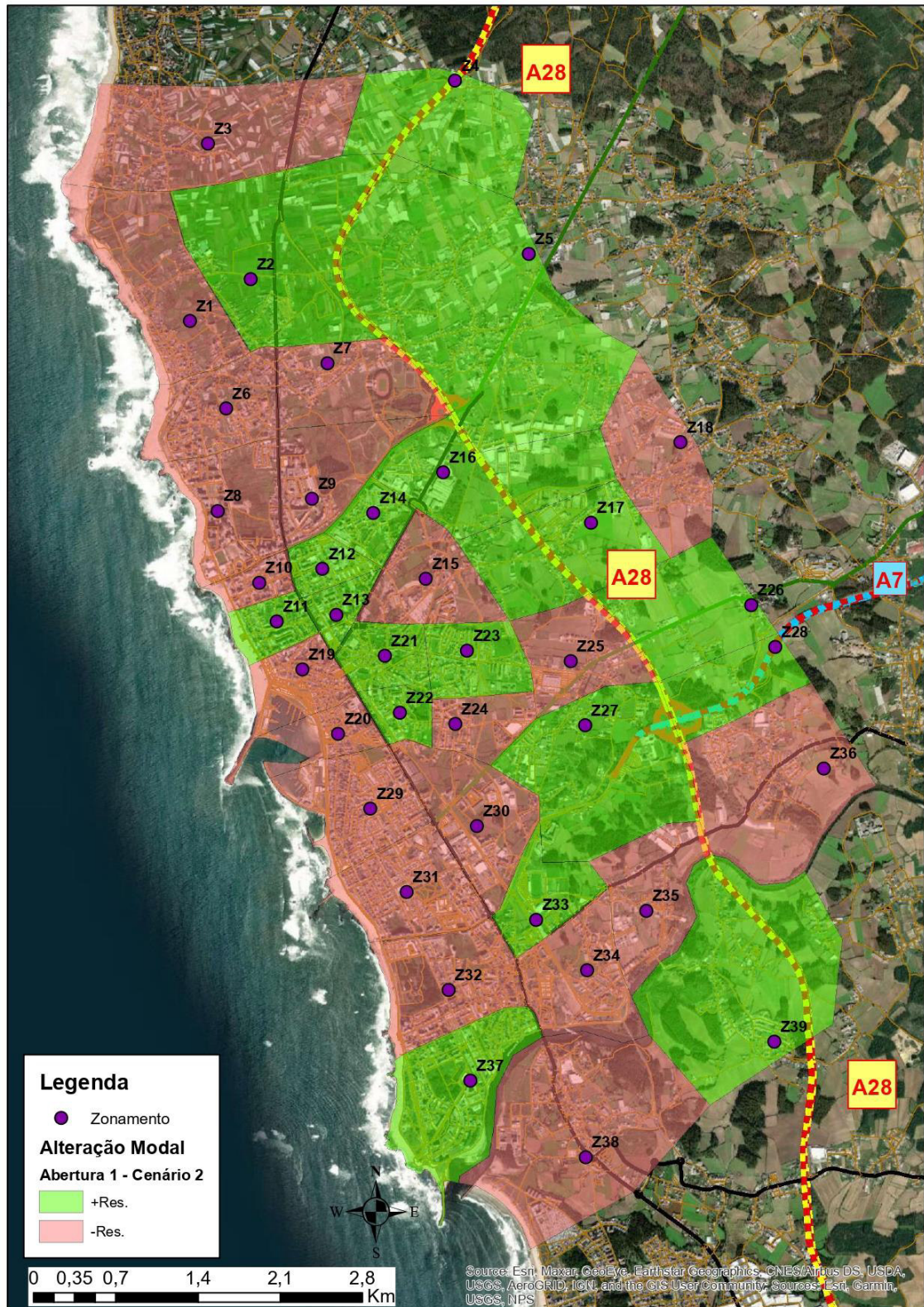


Figura 53 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 1 - Cenário 2

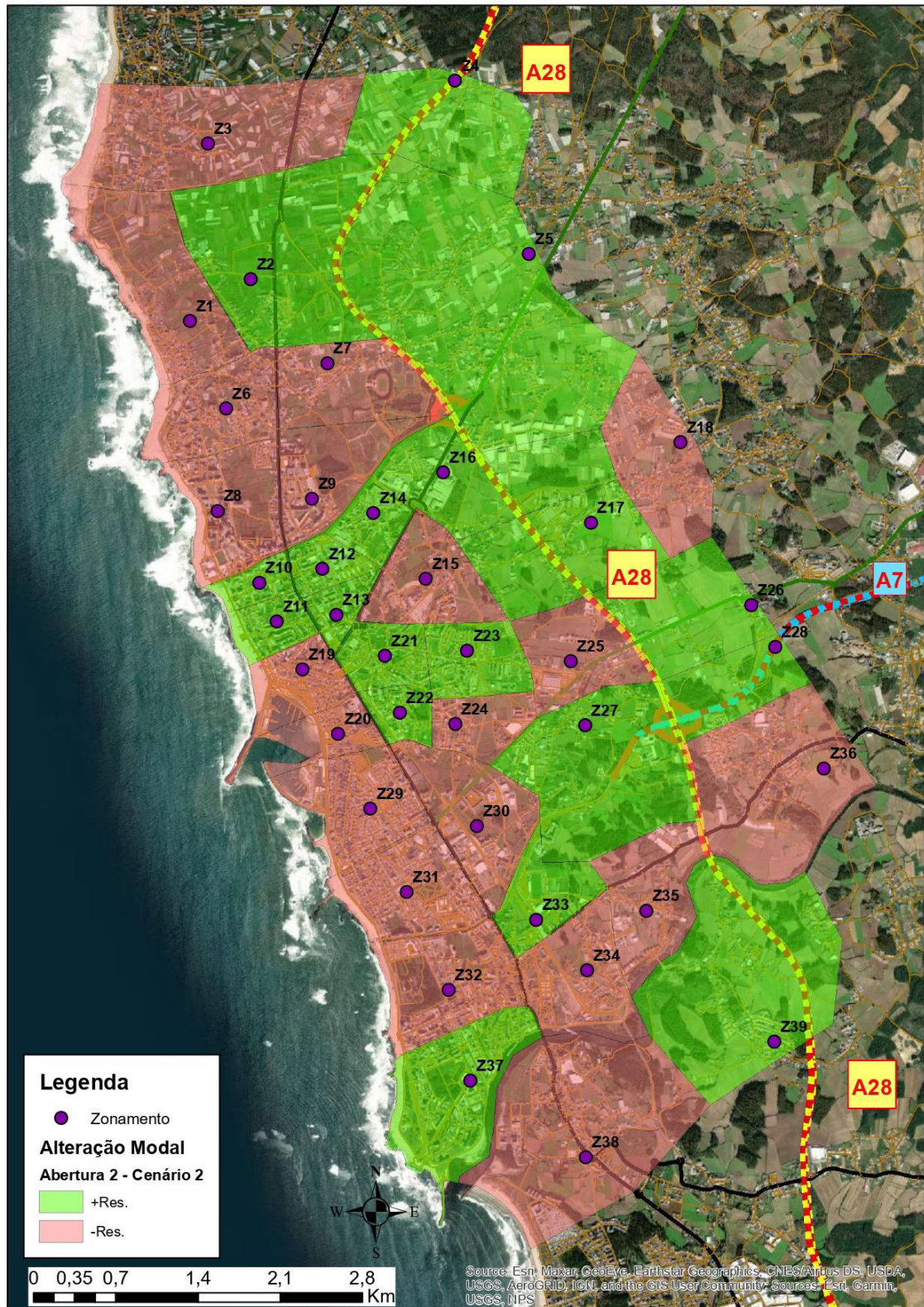


Figura 54 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 2 - Cenário 2

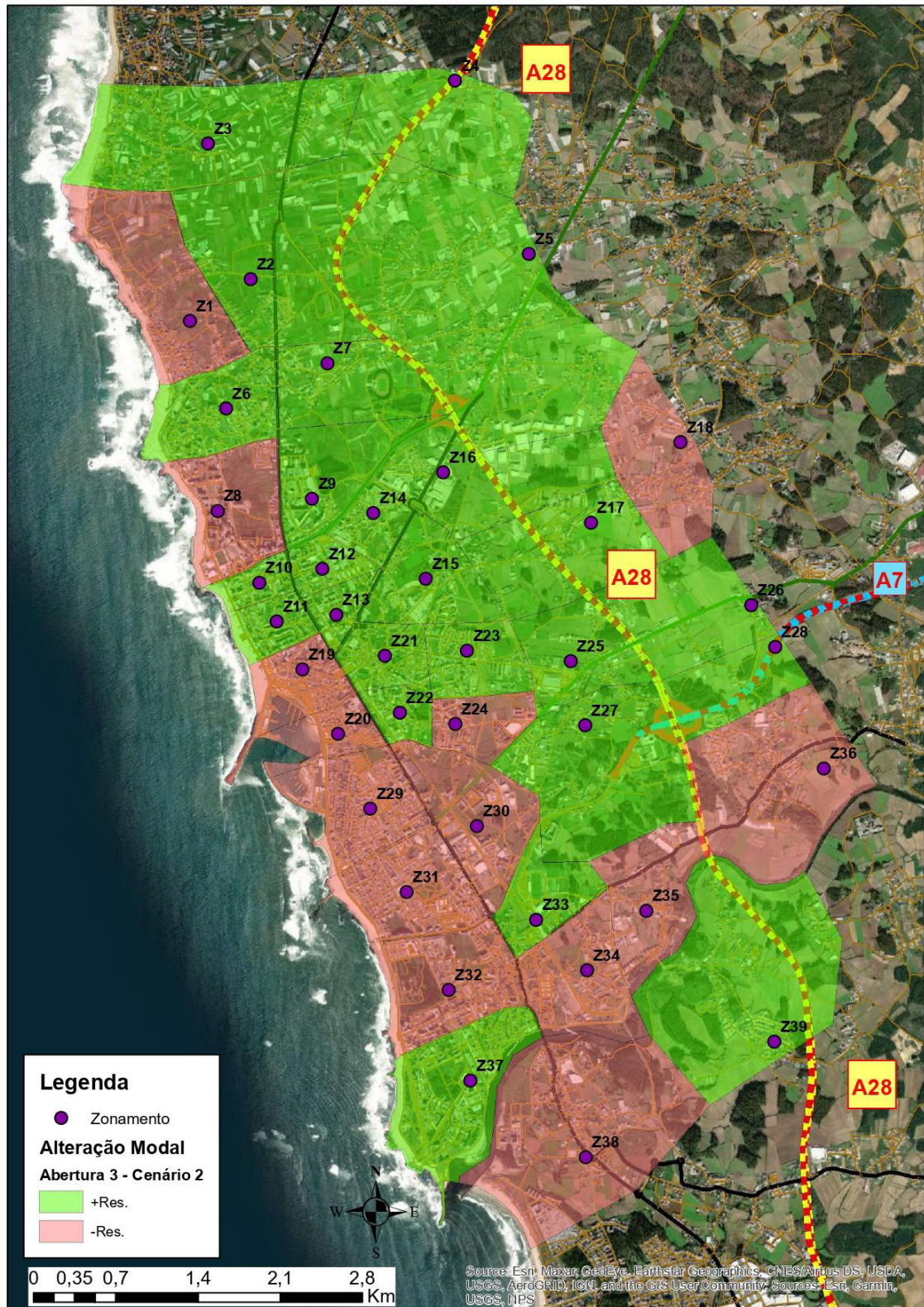


Figura 55 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 3 - Cenário 2

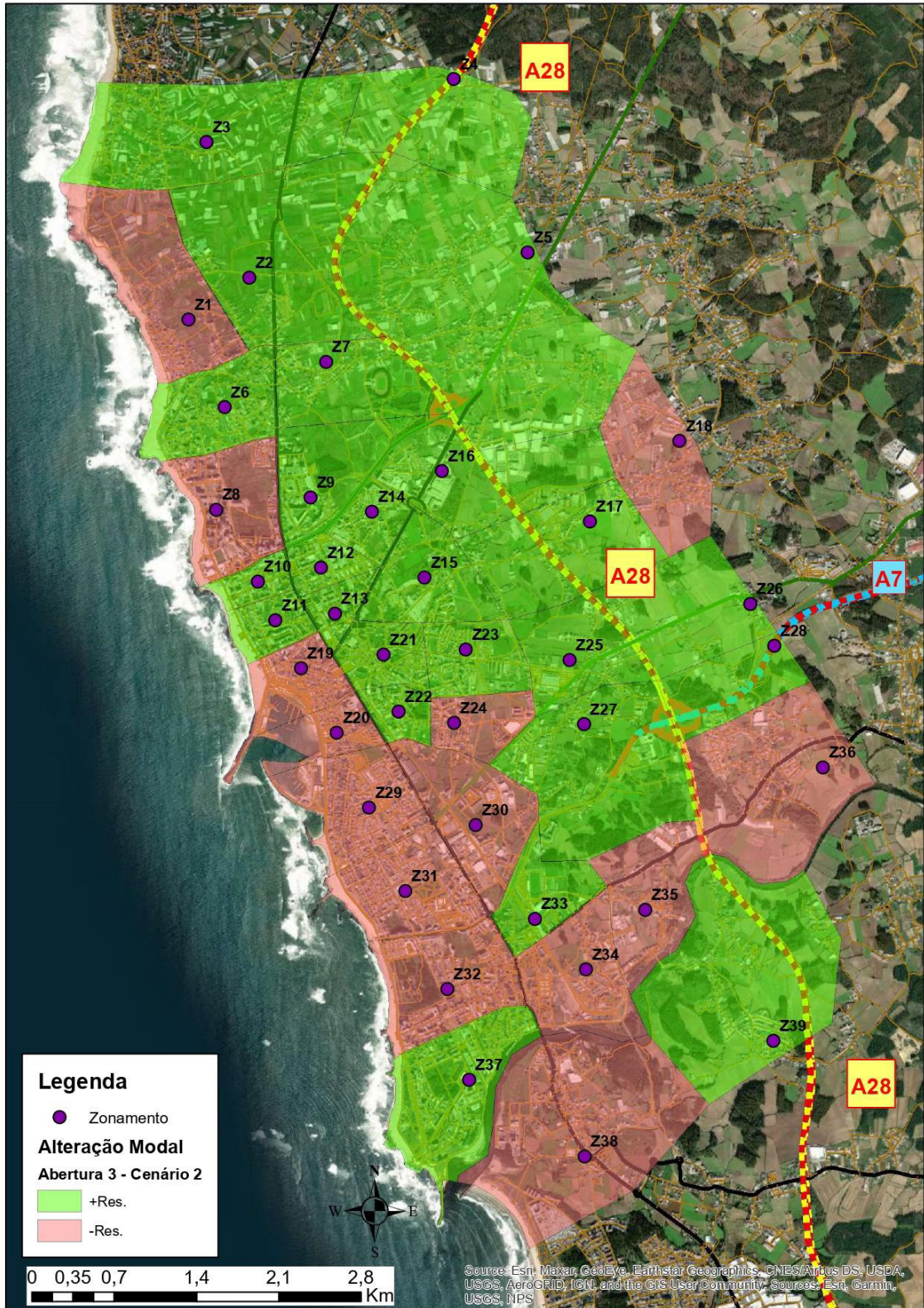


Figura 56 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 4 - Cenário 2

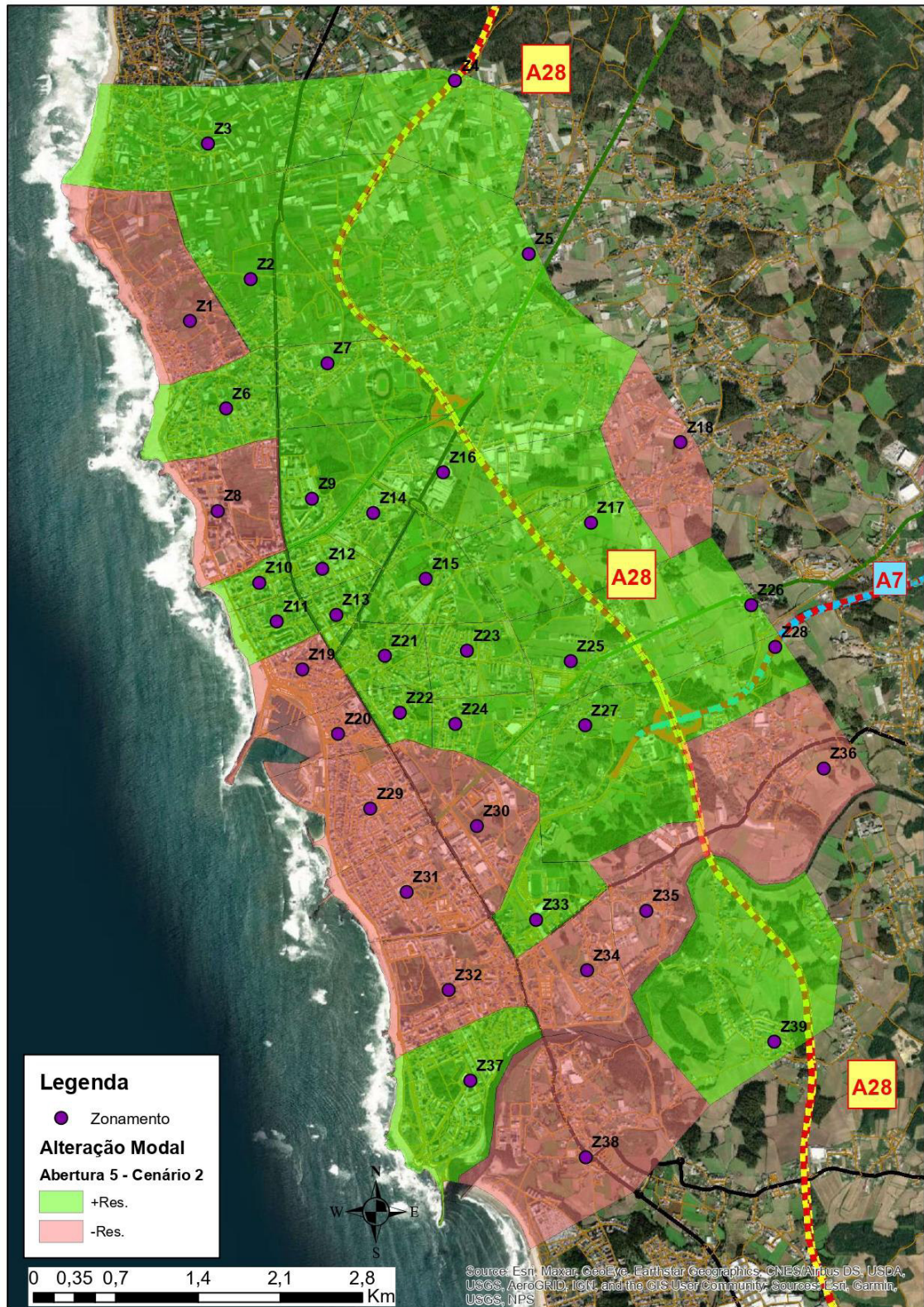


Figura 57 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 5 - Cenário 2

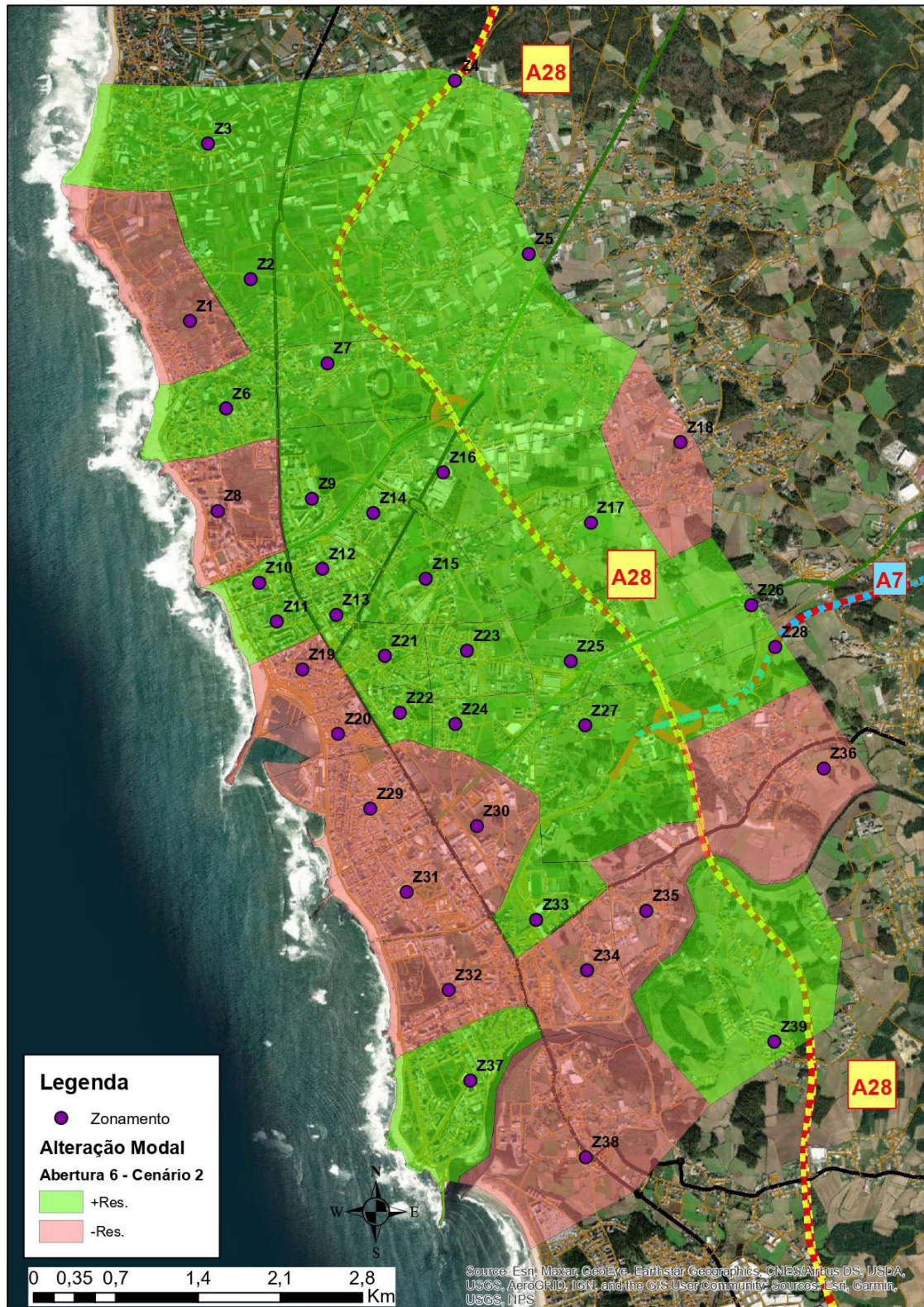


Figura 58 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 6 - Cenário 2

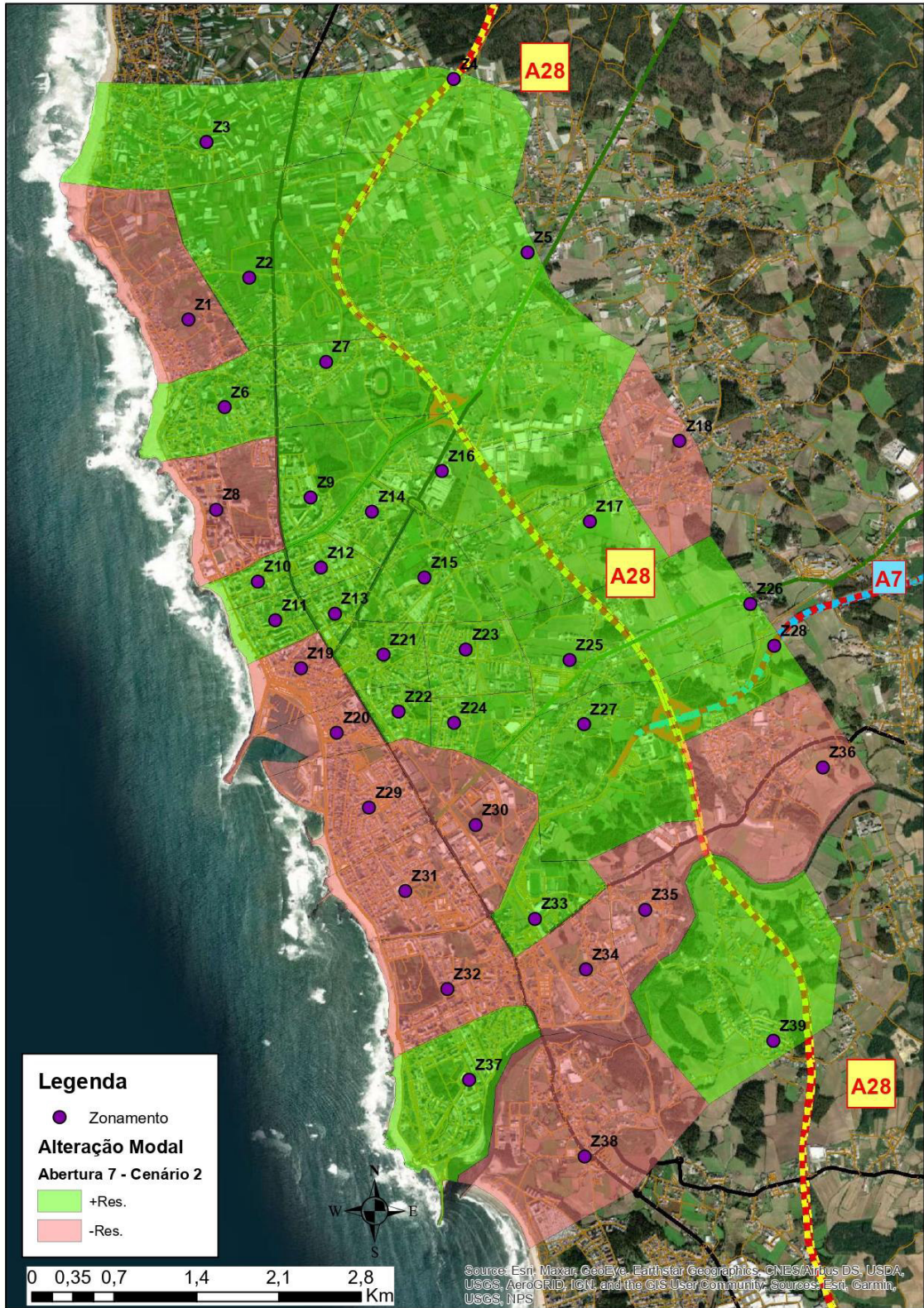


Figura 59 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 7 - Cenário 2

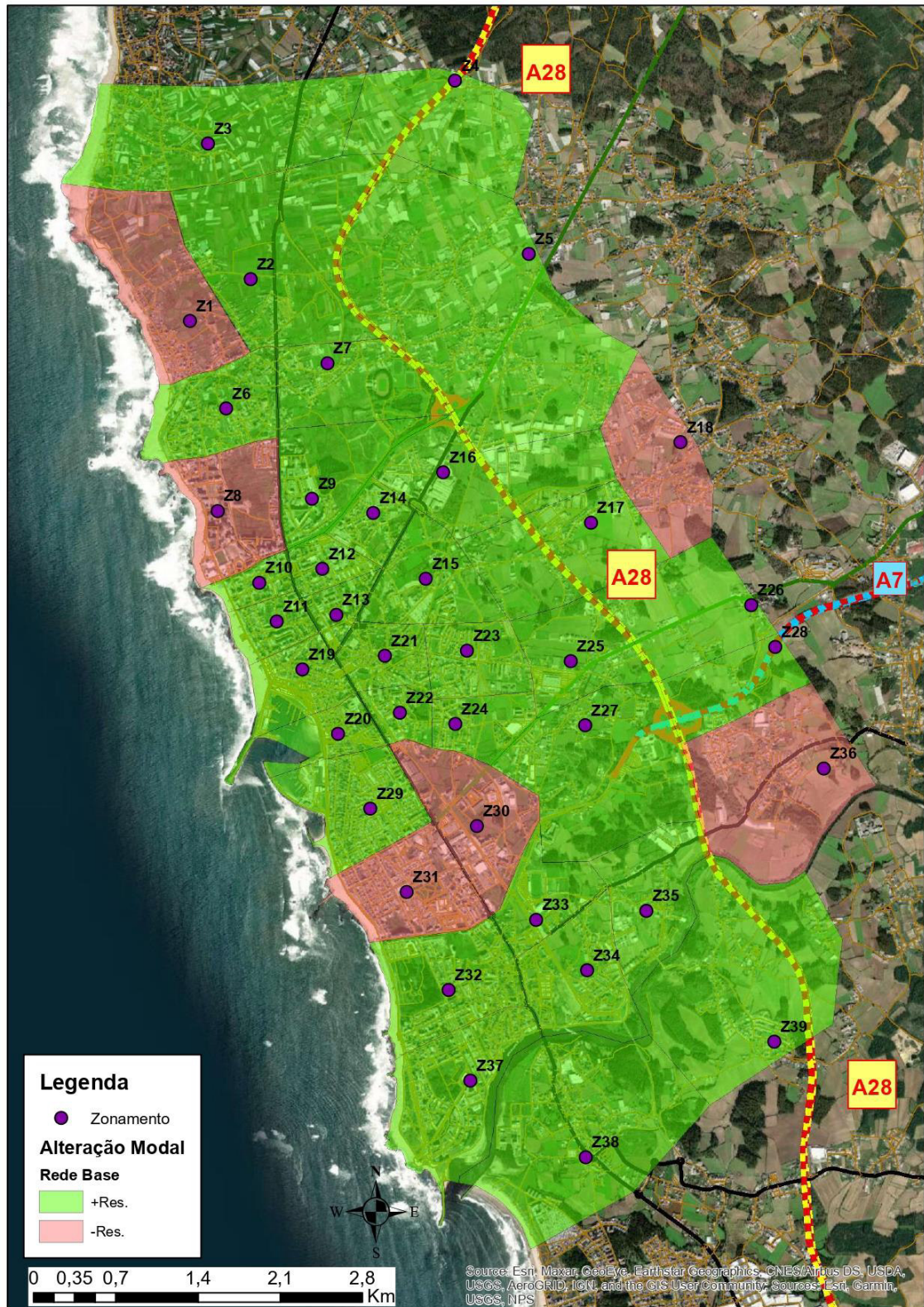


Figura 60 – Resiliência da Alteração Modal – Rede Base

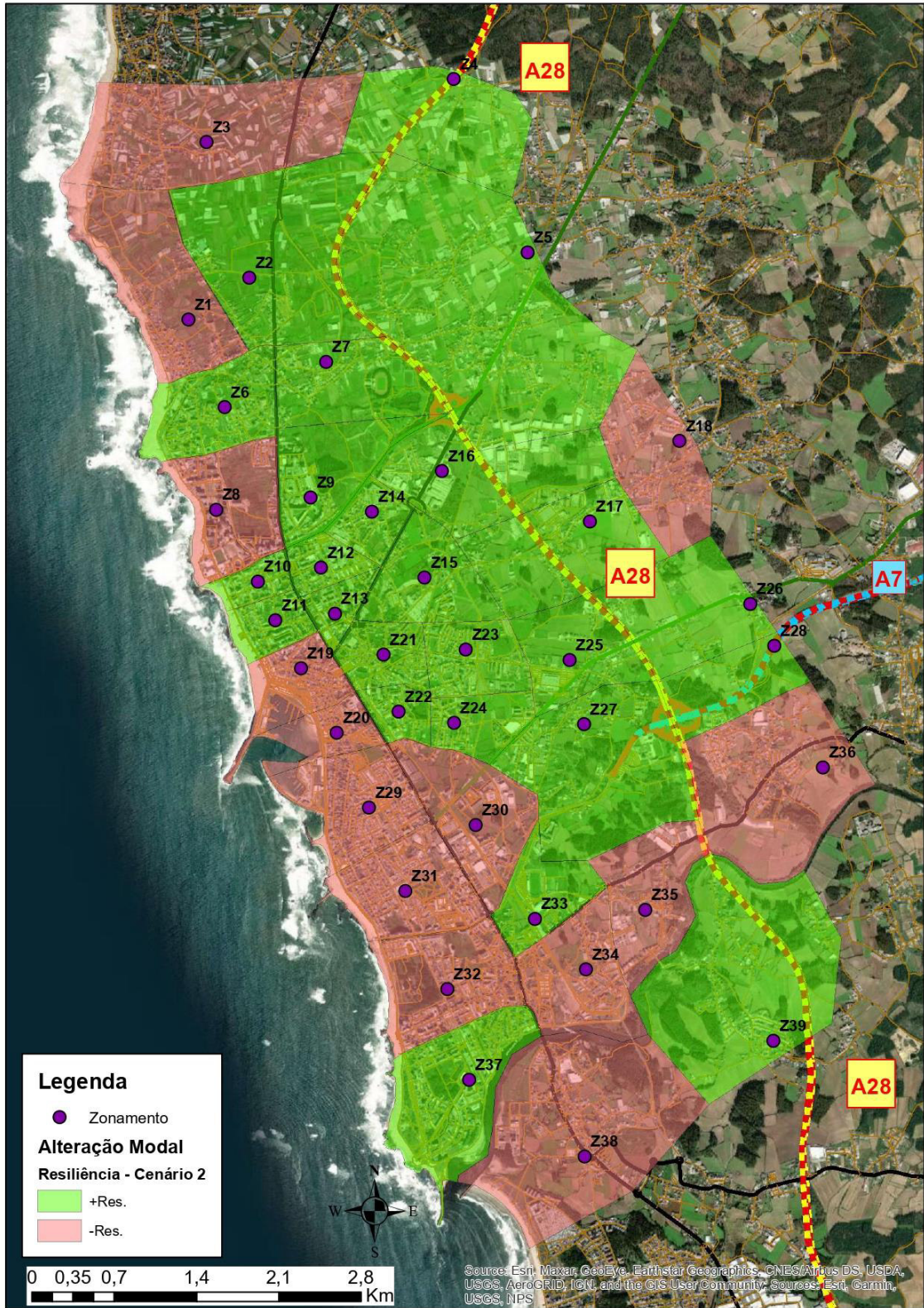


Figura 61 – Resiliência Final da Alteração Modal - Cenário 2

G.3. Cenário 3

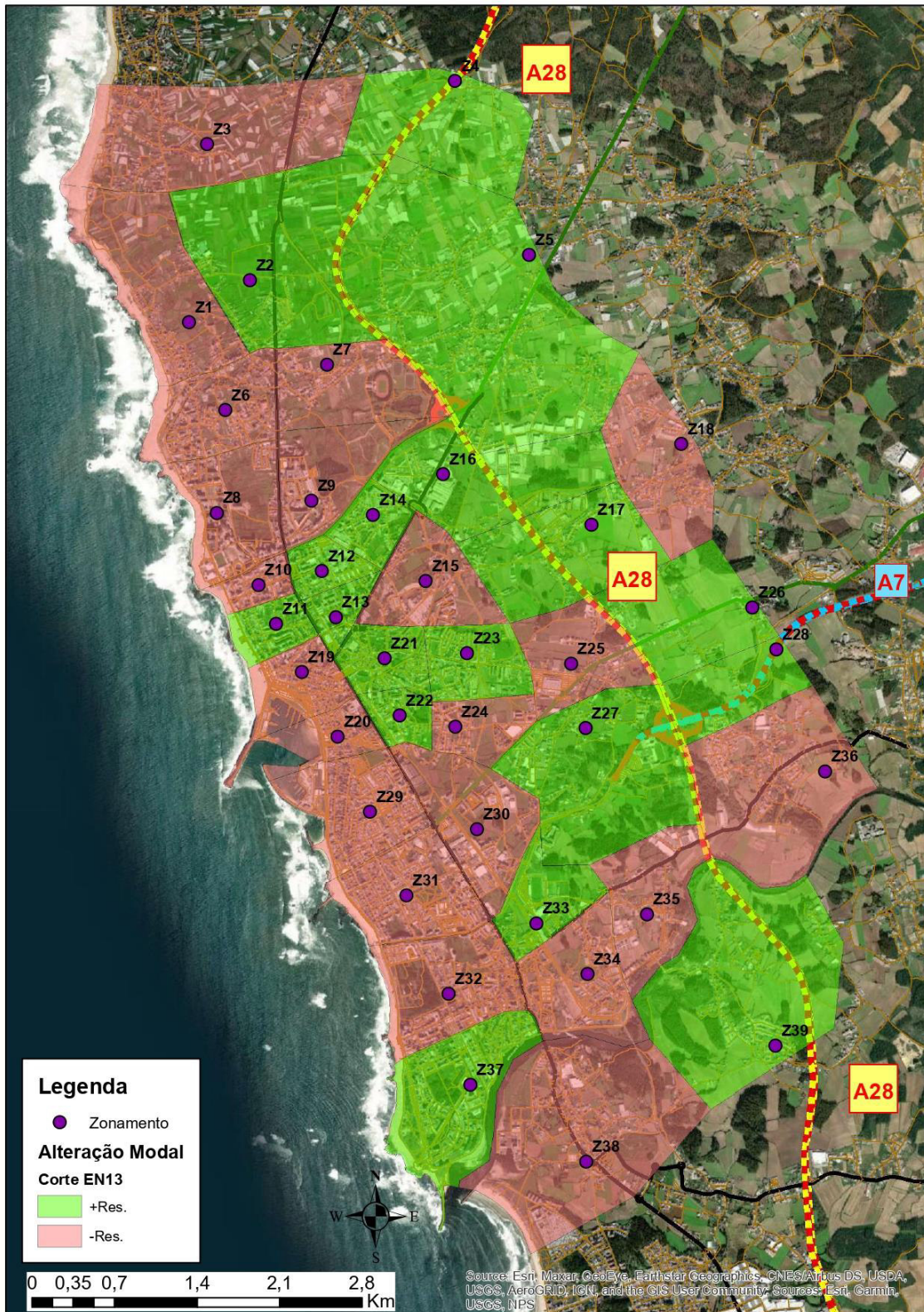


Figura 62 – Resiliência da Alteração Modal - Corte EN 13

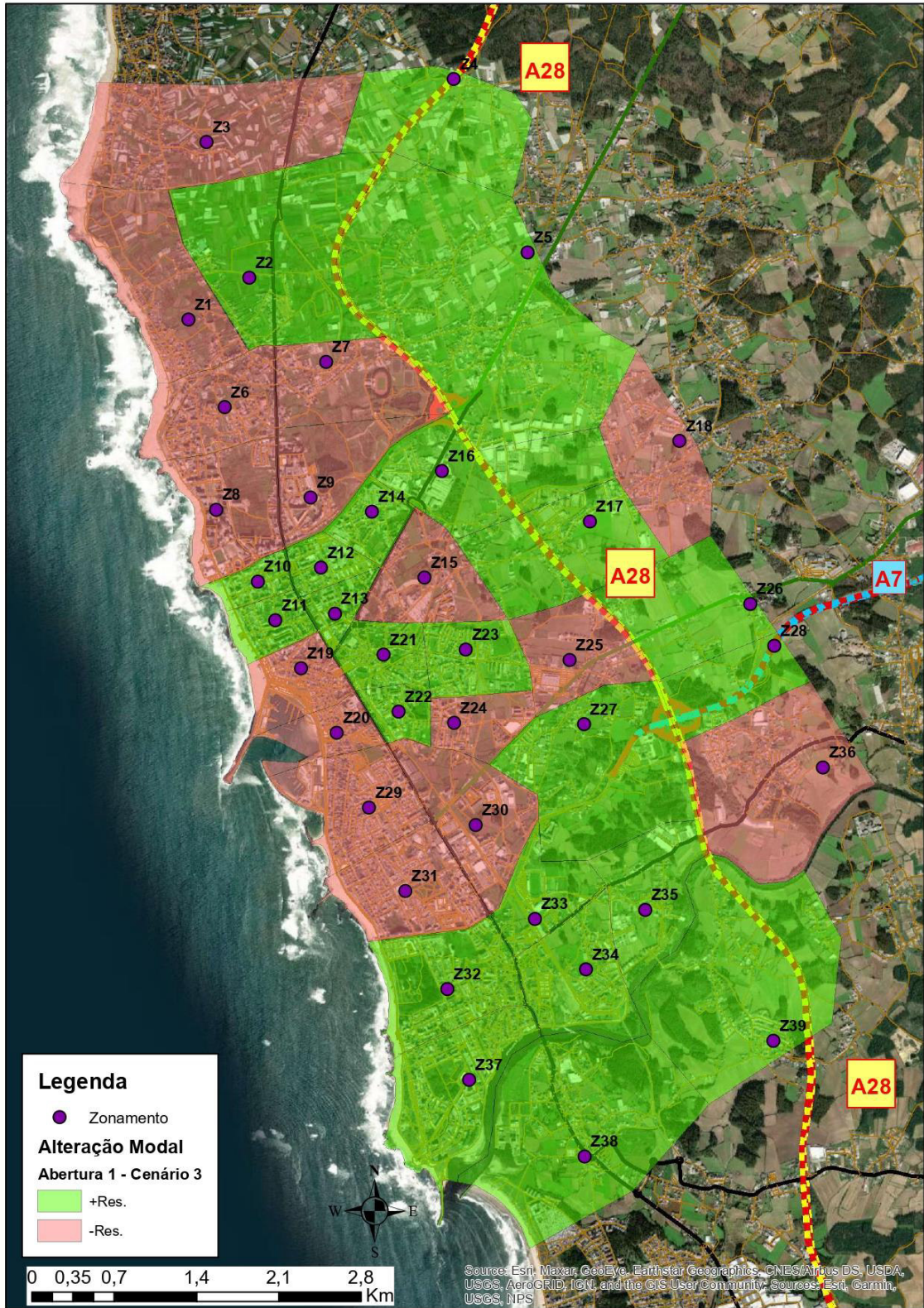


Figura 63 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 1 - Cenário 3

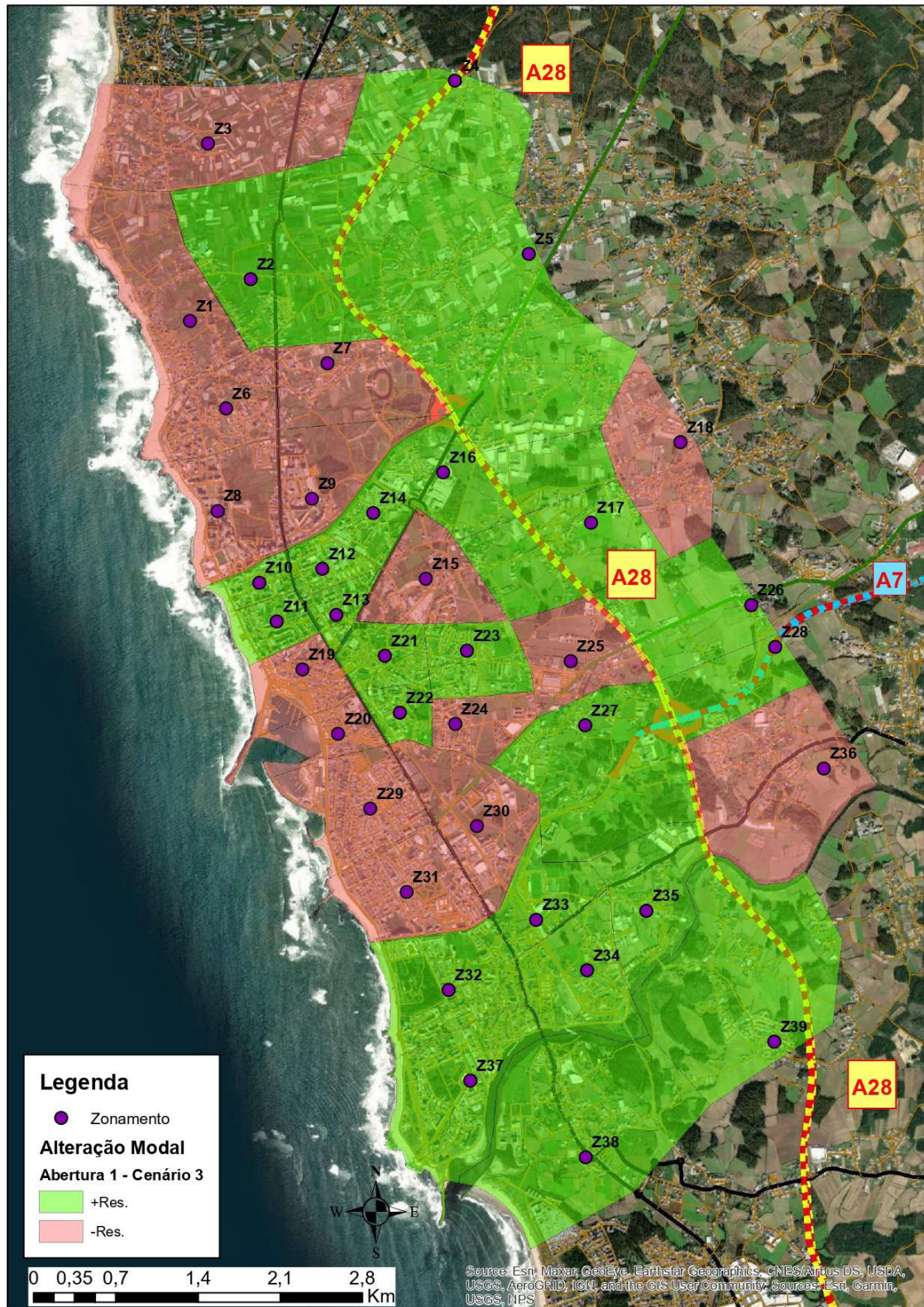


Figura 64 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 2 - Cenário 3

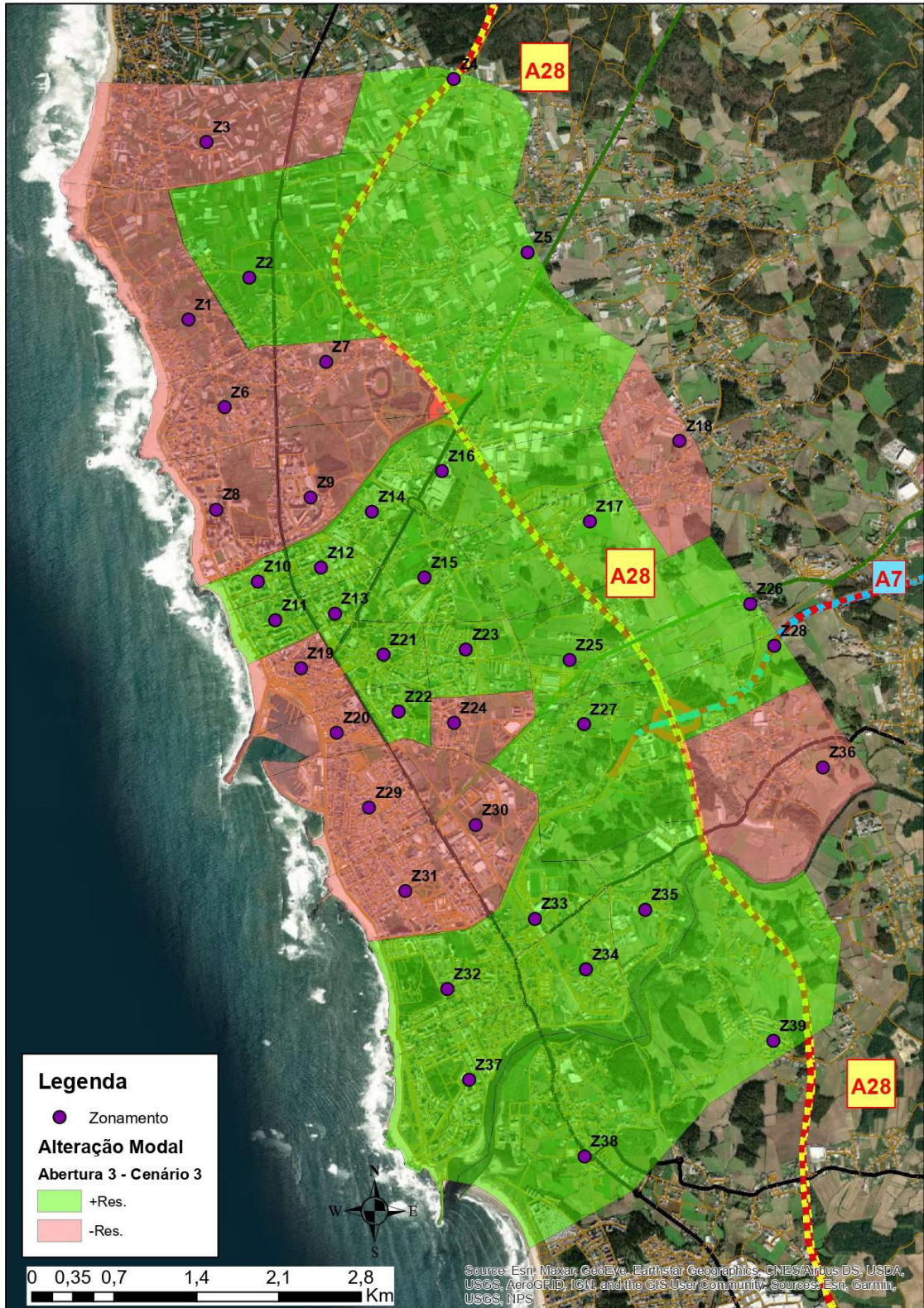


Figura 65 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 3 - Cenário 3

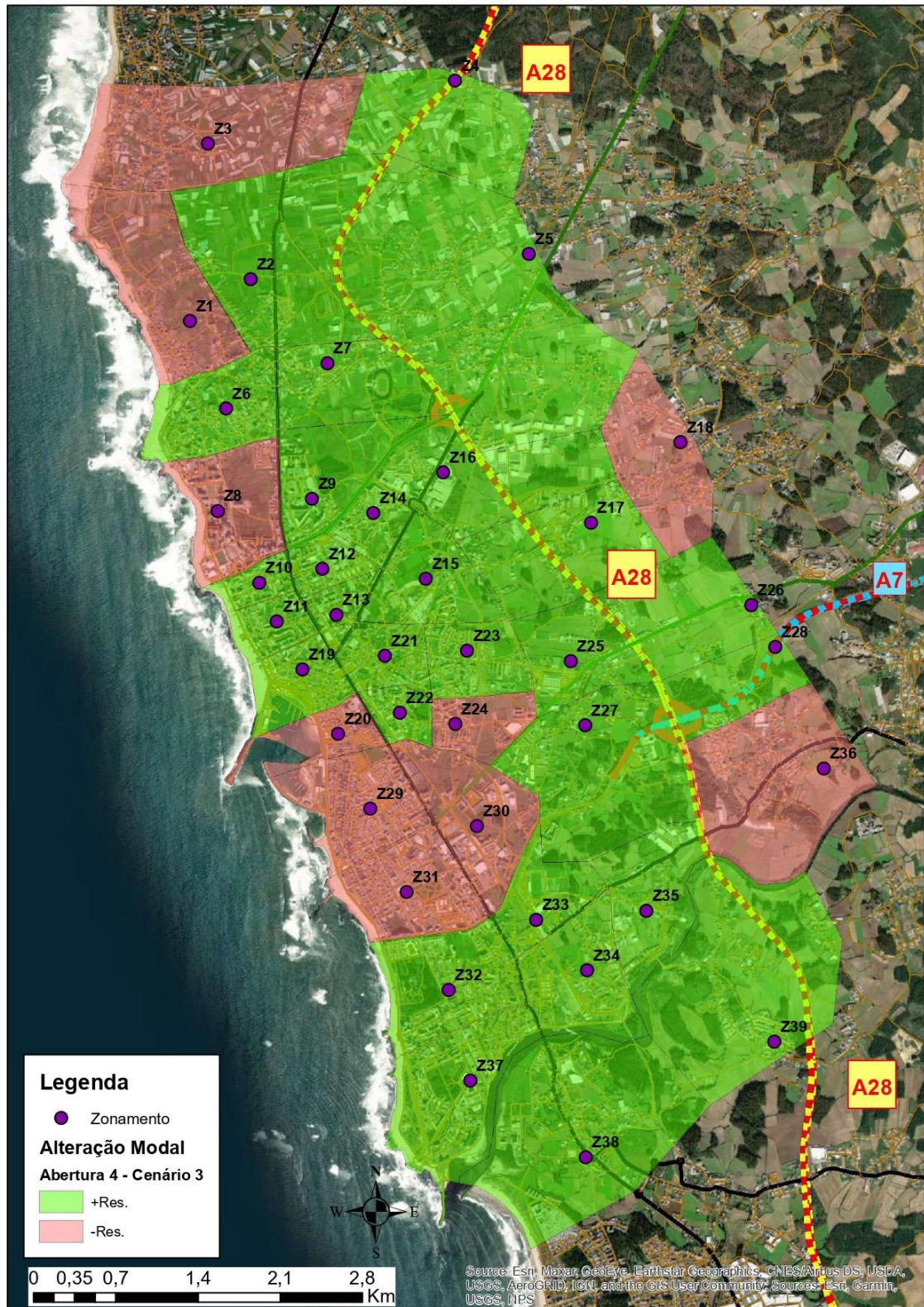


Figura 66 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 4 - Cenário 3

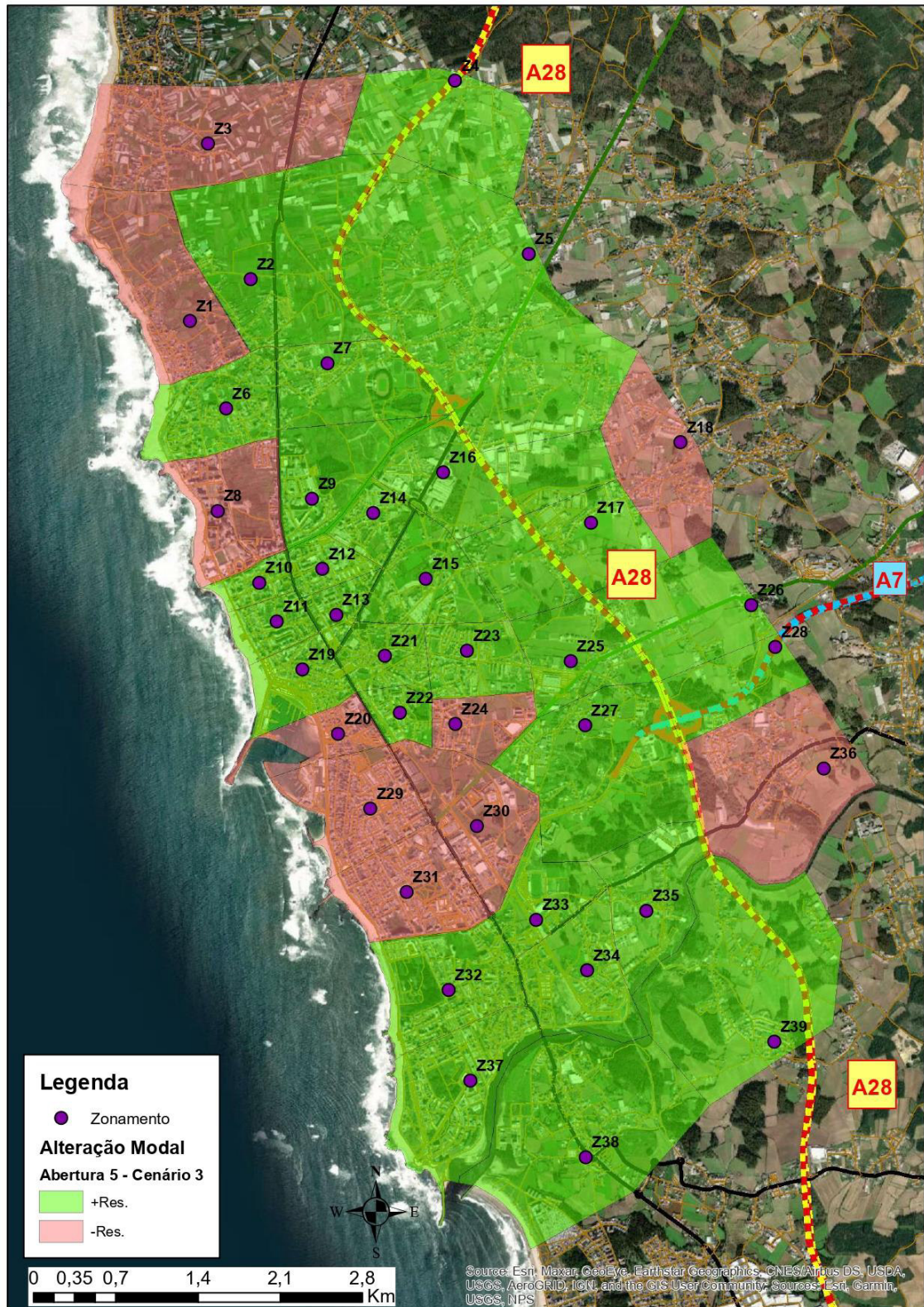


Figura 67 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 5 - Cenário 3

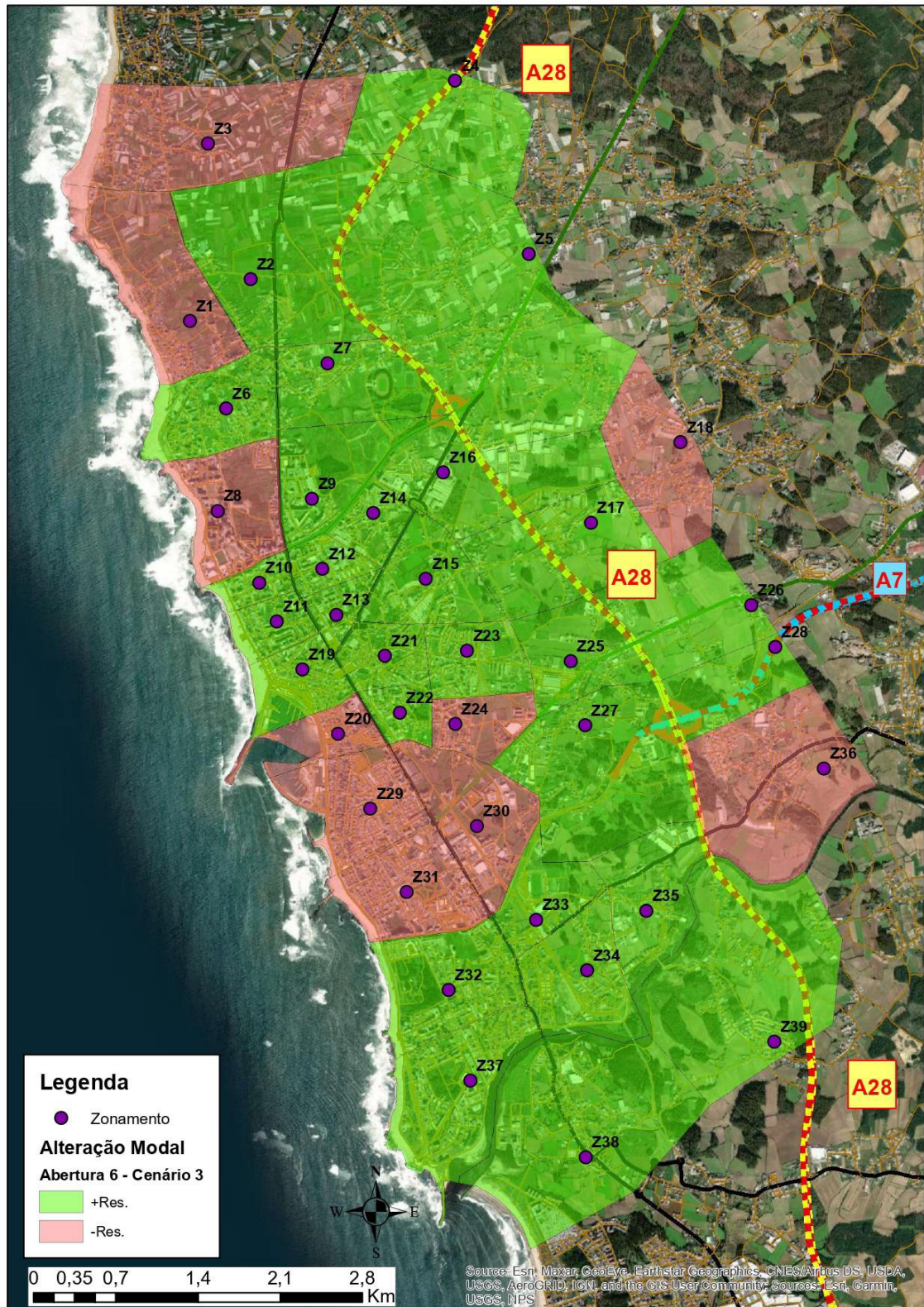


Figura 68 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 6 - Cenário 3

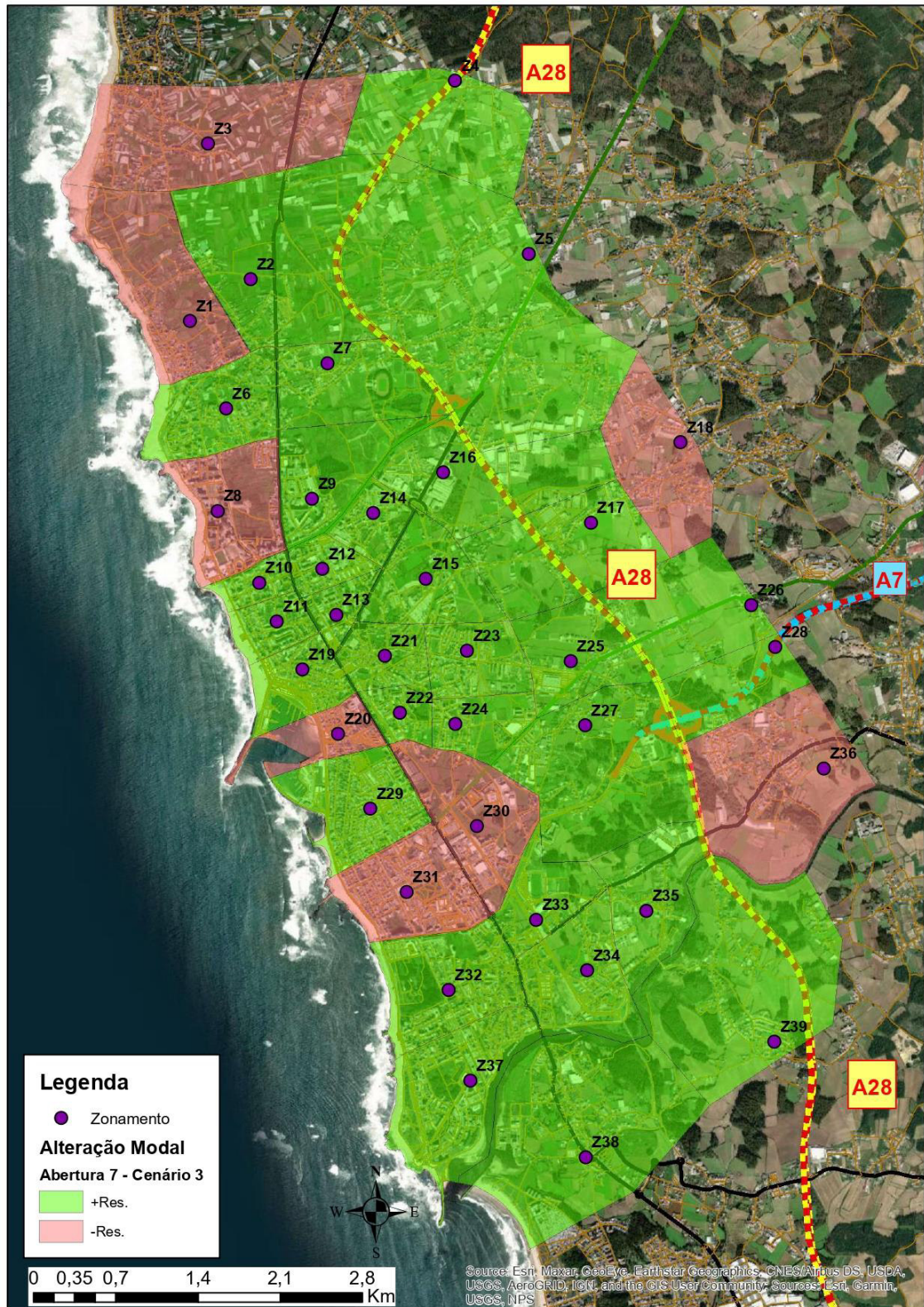


Figura 69 – Resiliência da Alteração Modal - Abertura 7 - Cenário 3

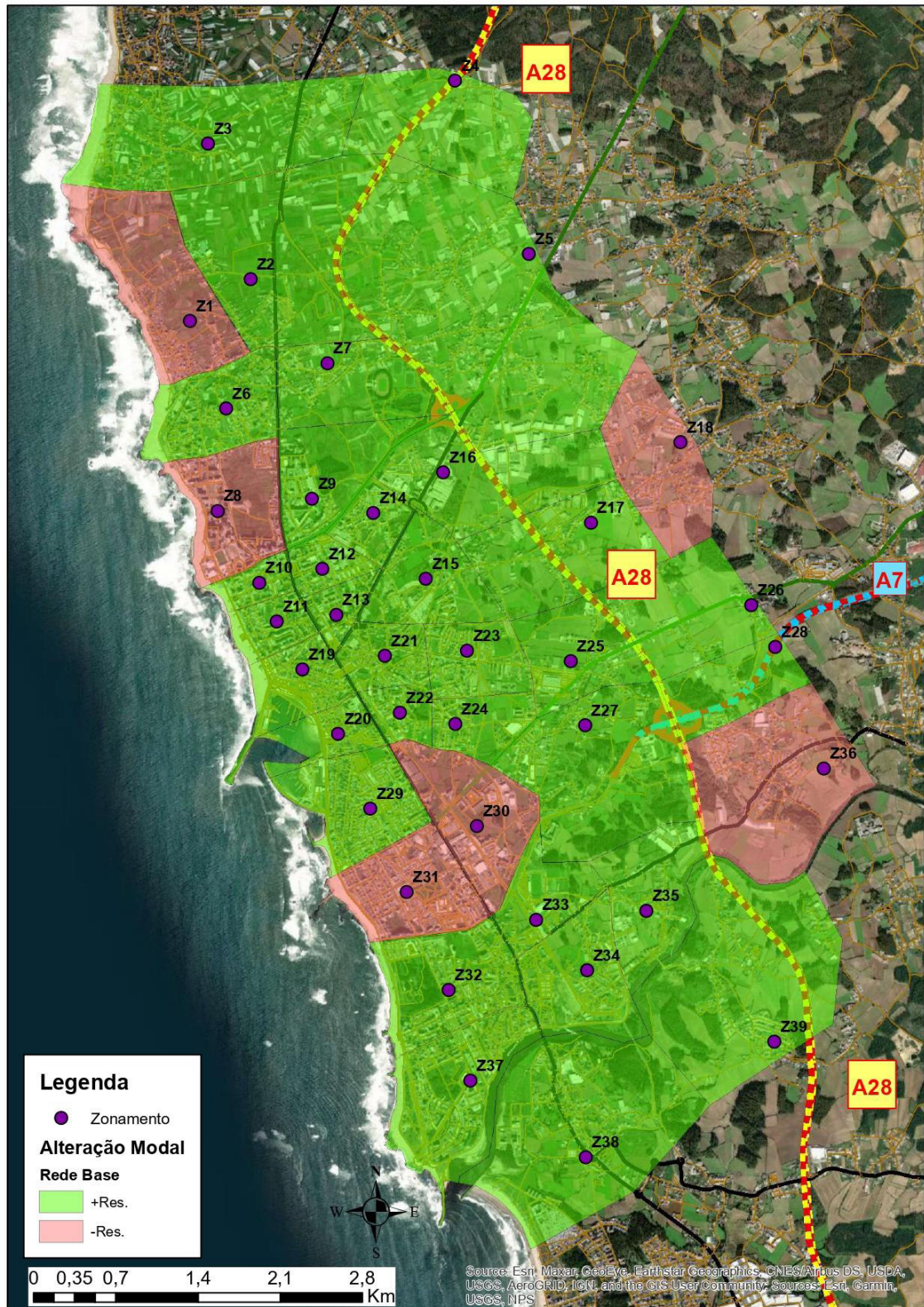


Figura 70 – Resiliência da Alteração Modal – Rede Base

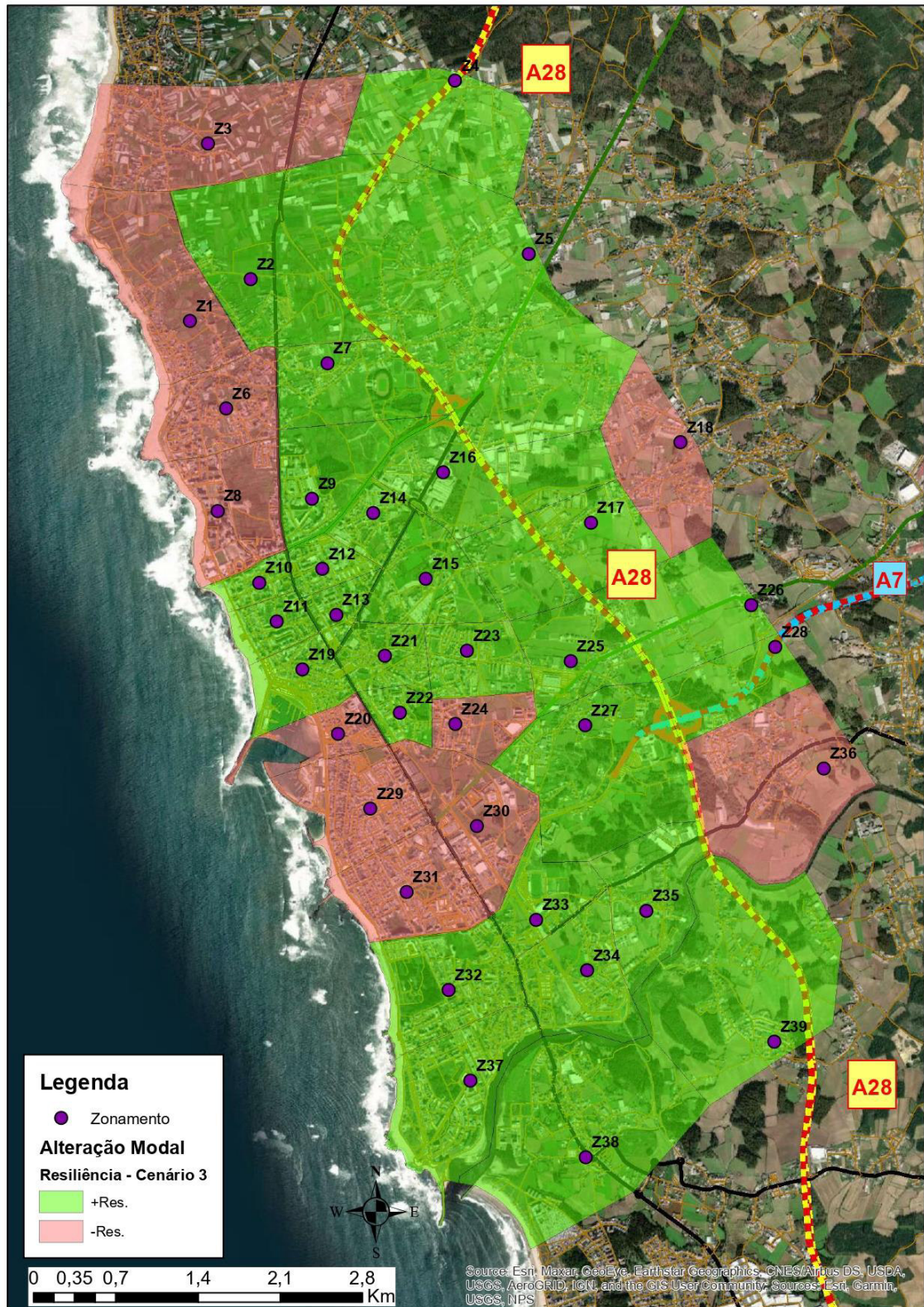


Figura 71 – Resiliência Final da Alteração Modal - Cenário 3

Anexo H.

Mapas da resiliência da quantidade/ flexibilidade da oferta de modos de transportes

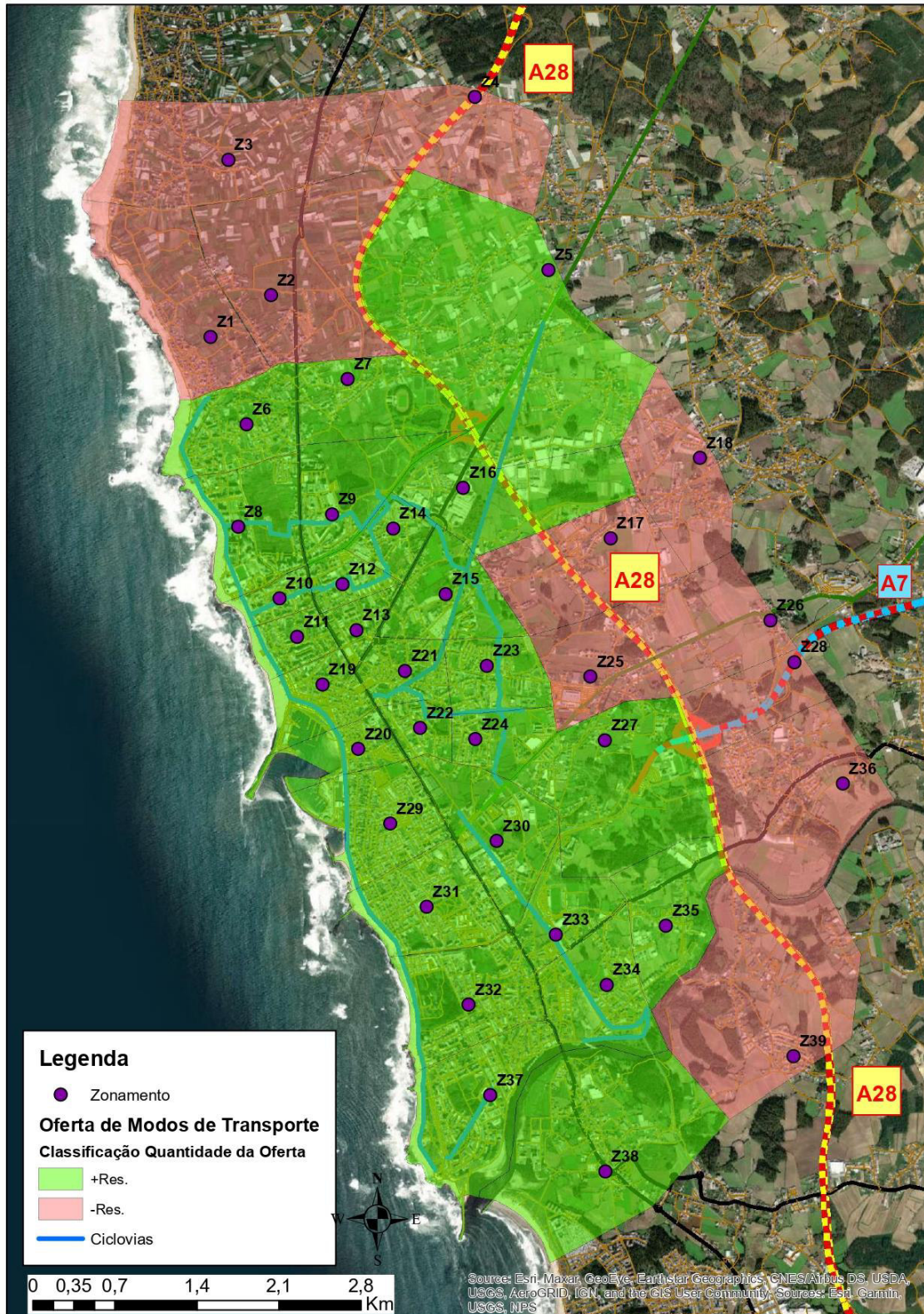


Figura 72 – Classificação da quantidade da oferta de modos de transporte

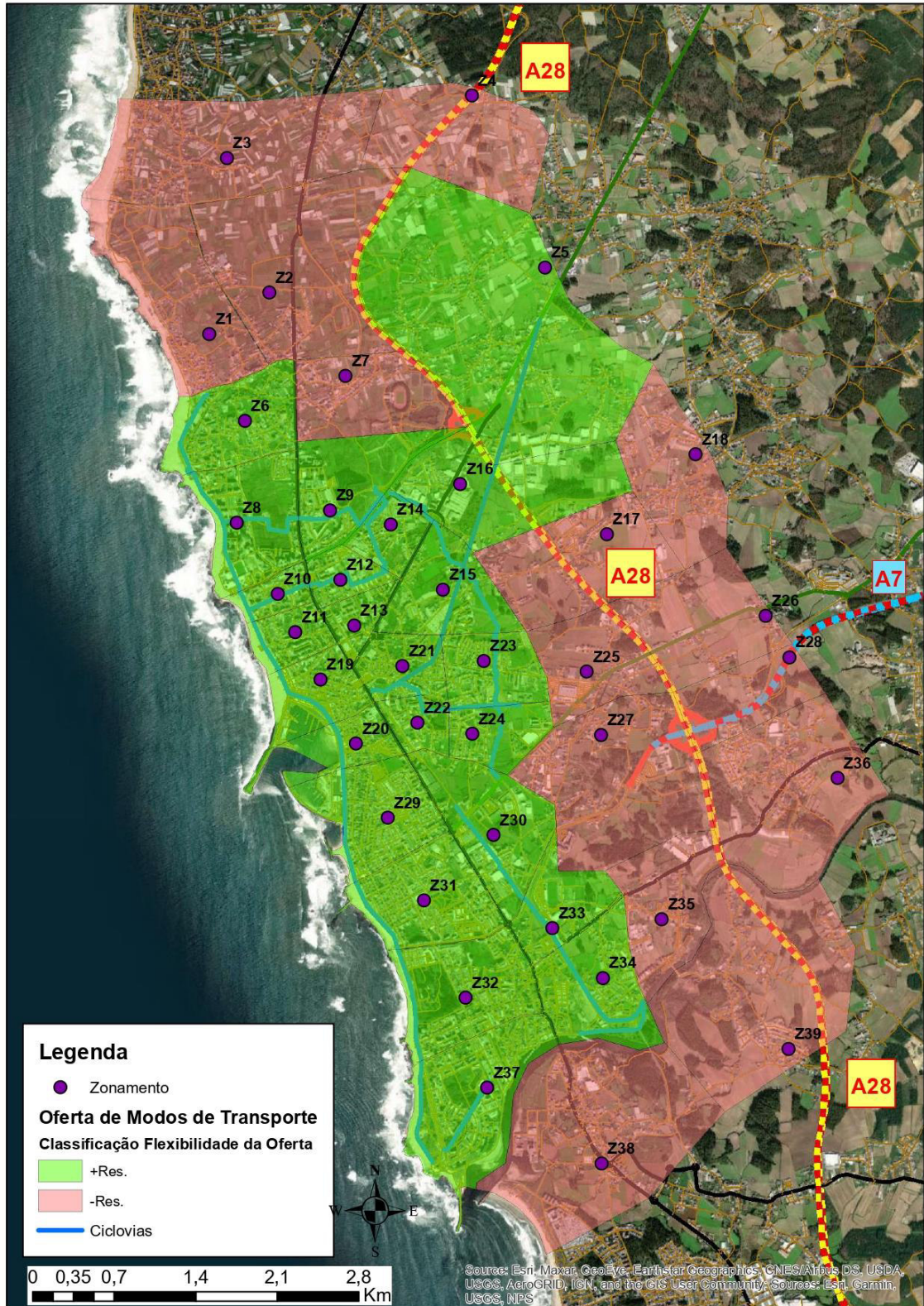


Figura 73 – Classificação da flexibilidade da oferta de modos de transporte

Anexo I.

Mapas da resiliência da transformação modal

I.1. Cenário 1

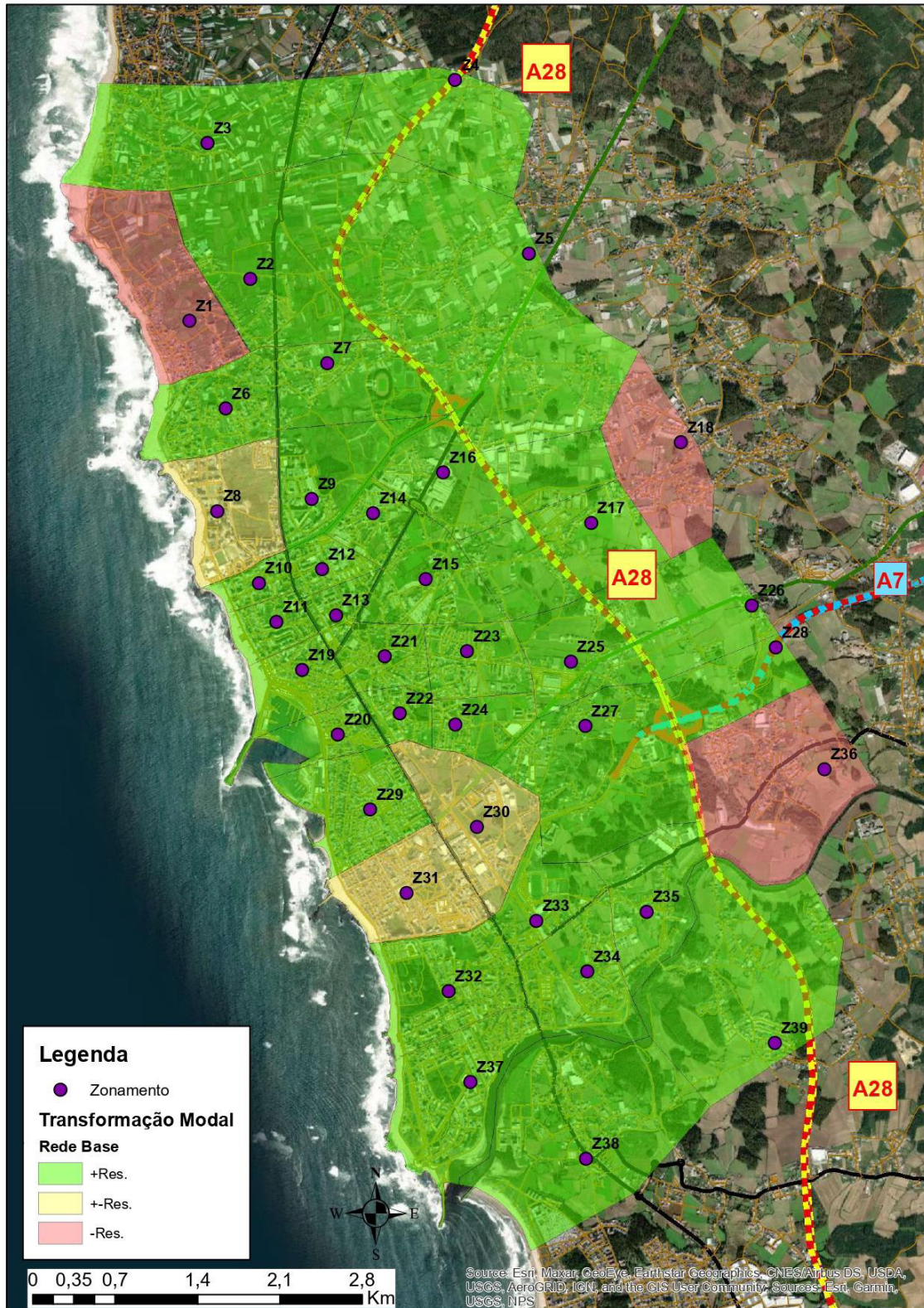


Figura 74 – Potencial de transformação modal - Corte EN 13

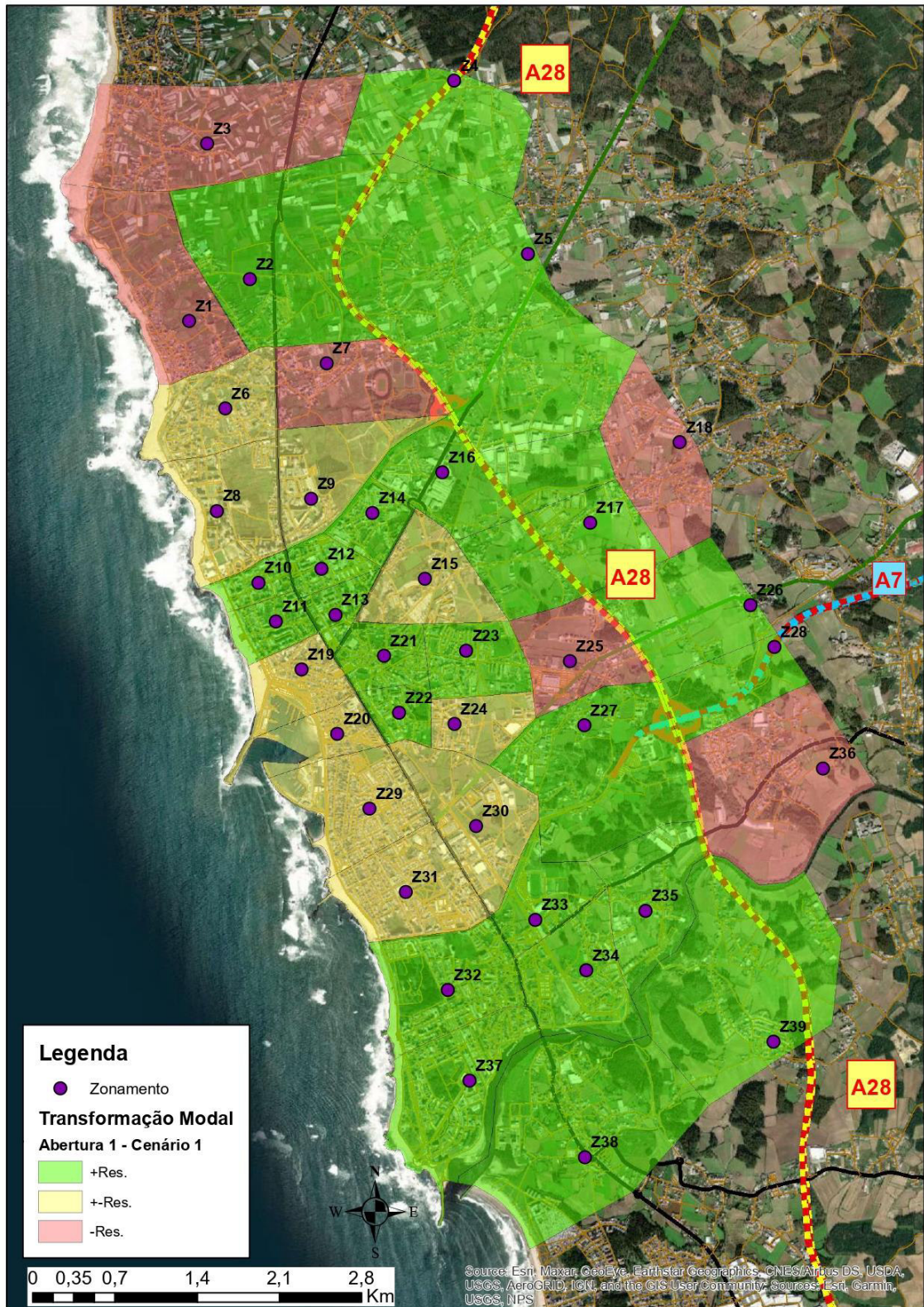


Figura 75 – Potencial de transformação modal - Abertura 1 - Cenário 1

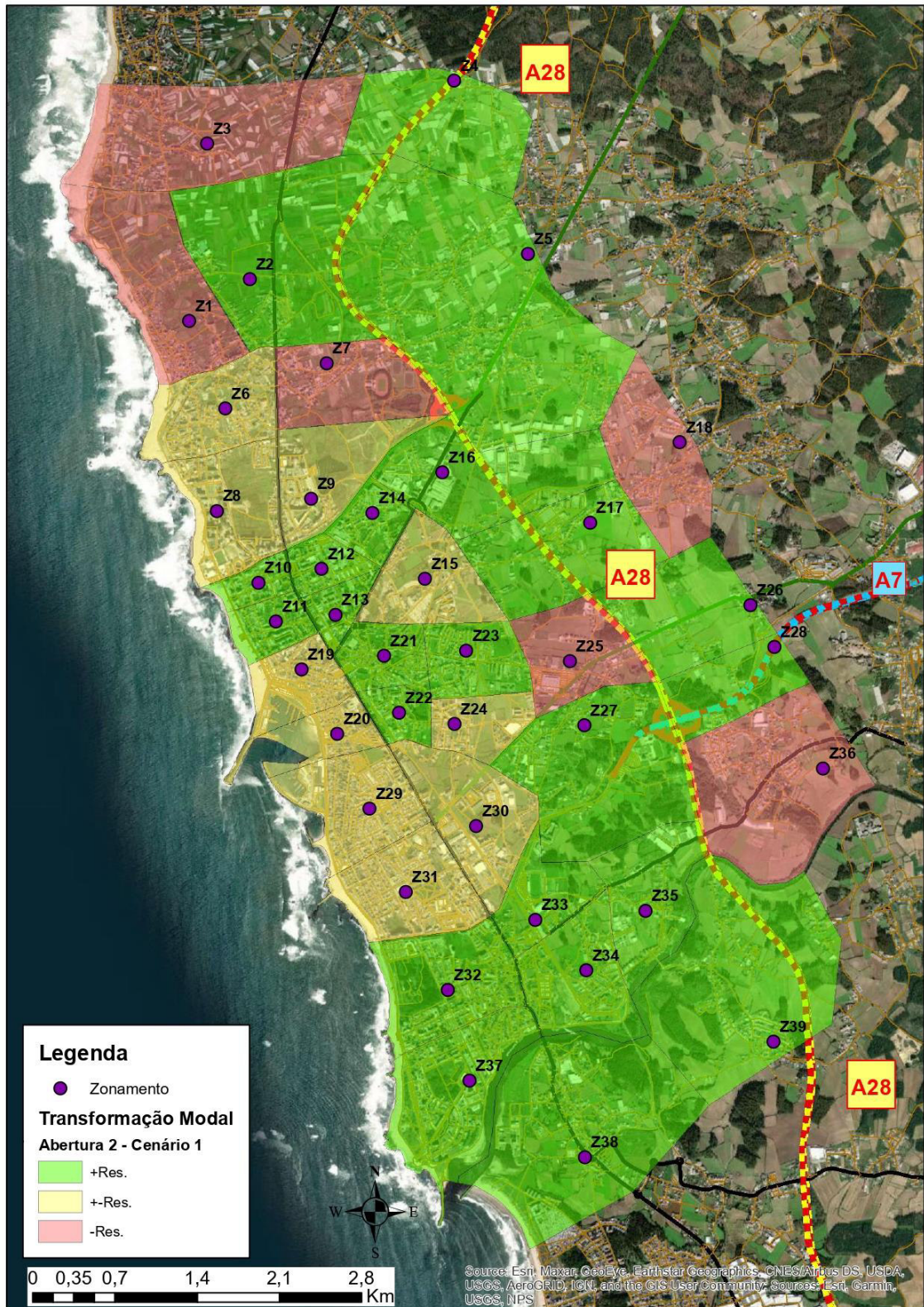


Figura 76 – Potencial de transformação modal - Abertura 2 - Cenário 1

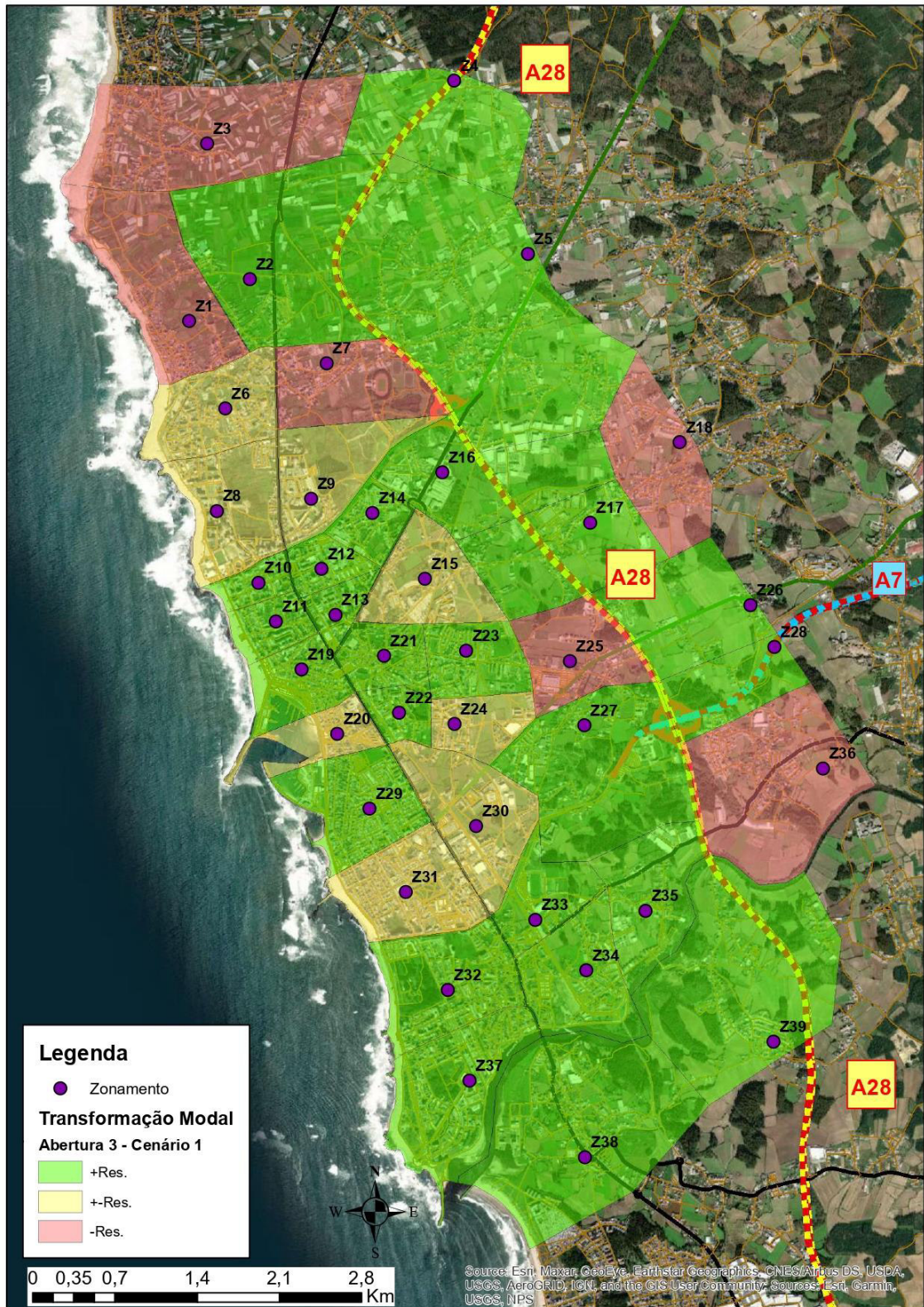


Figura 77 – Potencial de transformação modal - Abertura 3 - Cenário 1

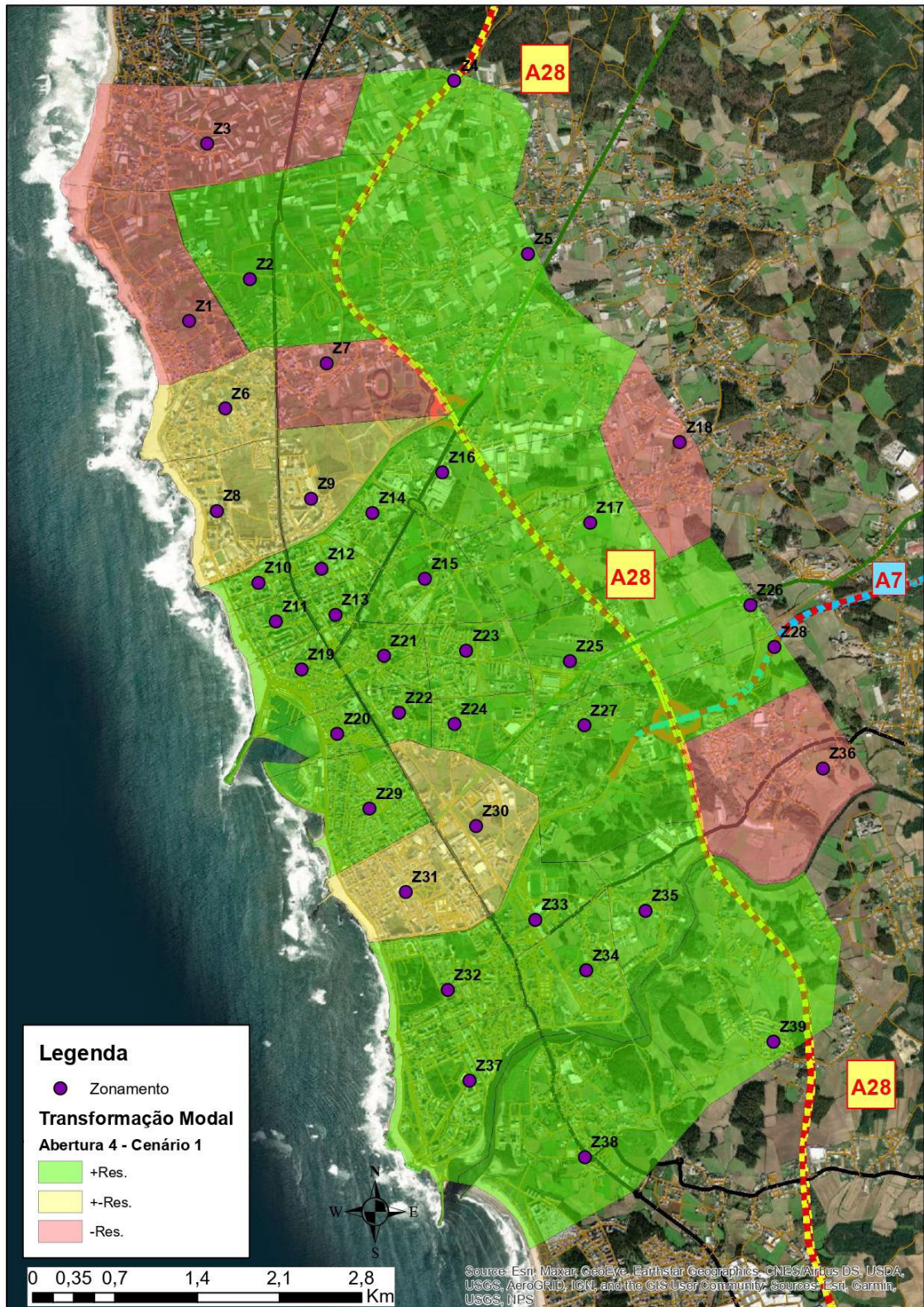


Figura 78 – Potencial de transformação modal - Abertura 4 - Cenário 1

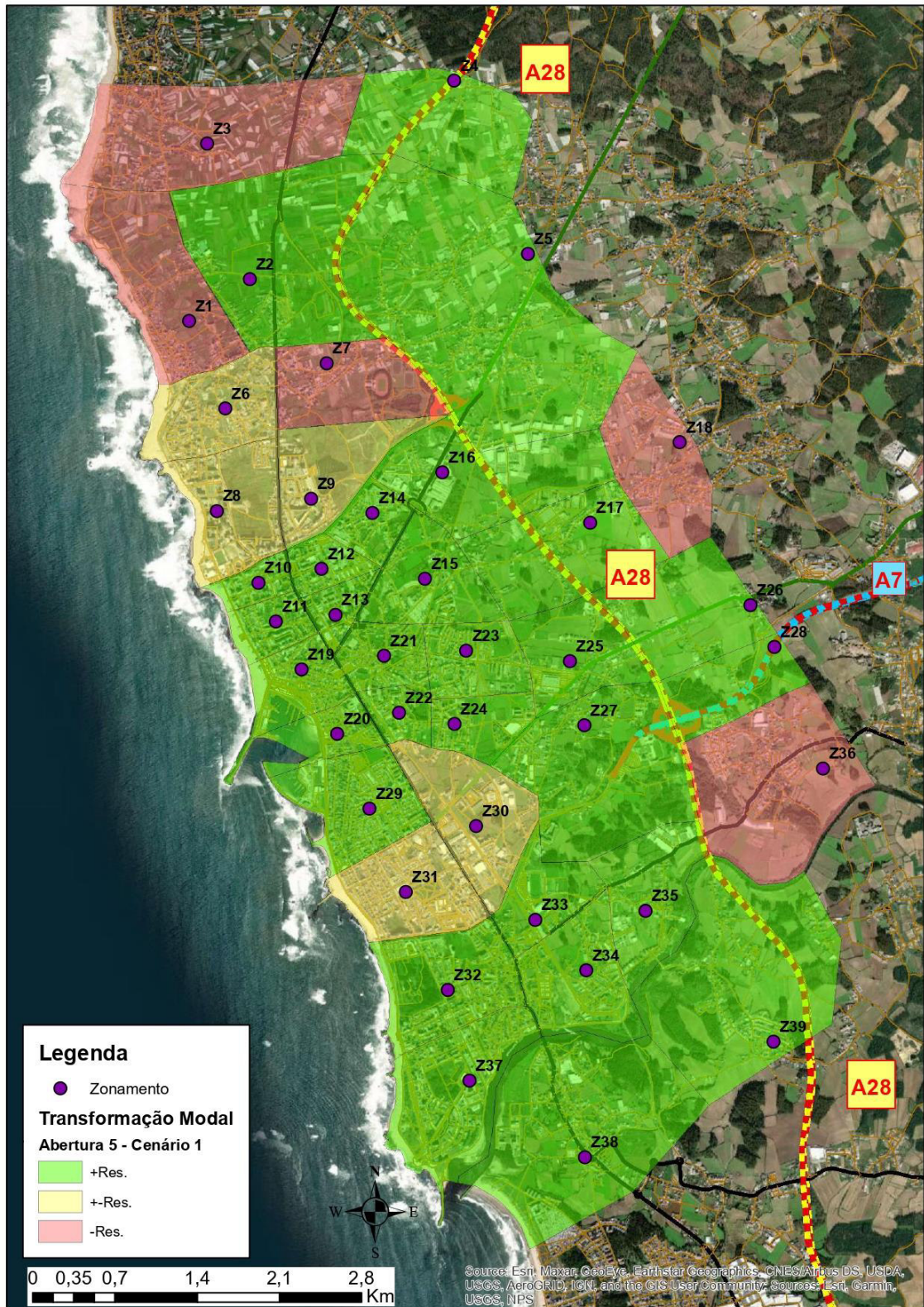


Figura 79 – Potencial de transformação modal - Abertura 5 - Cenário 1

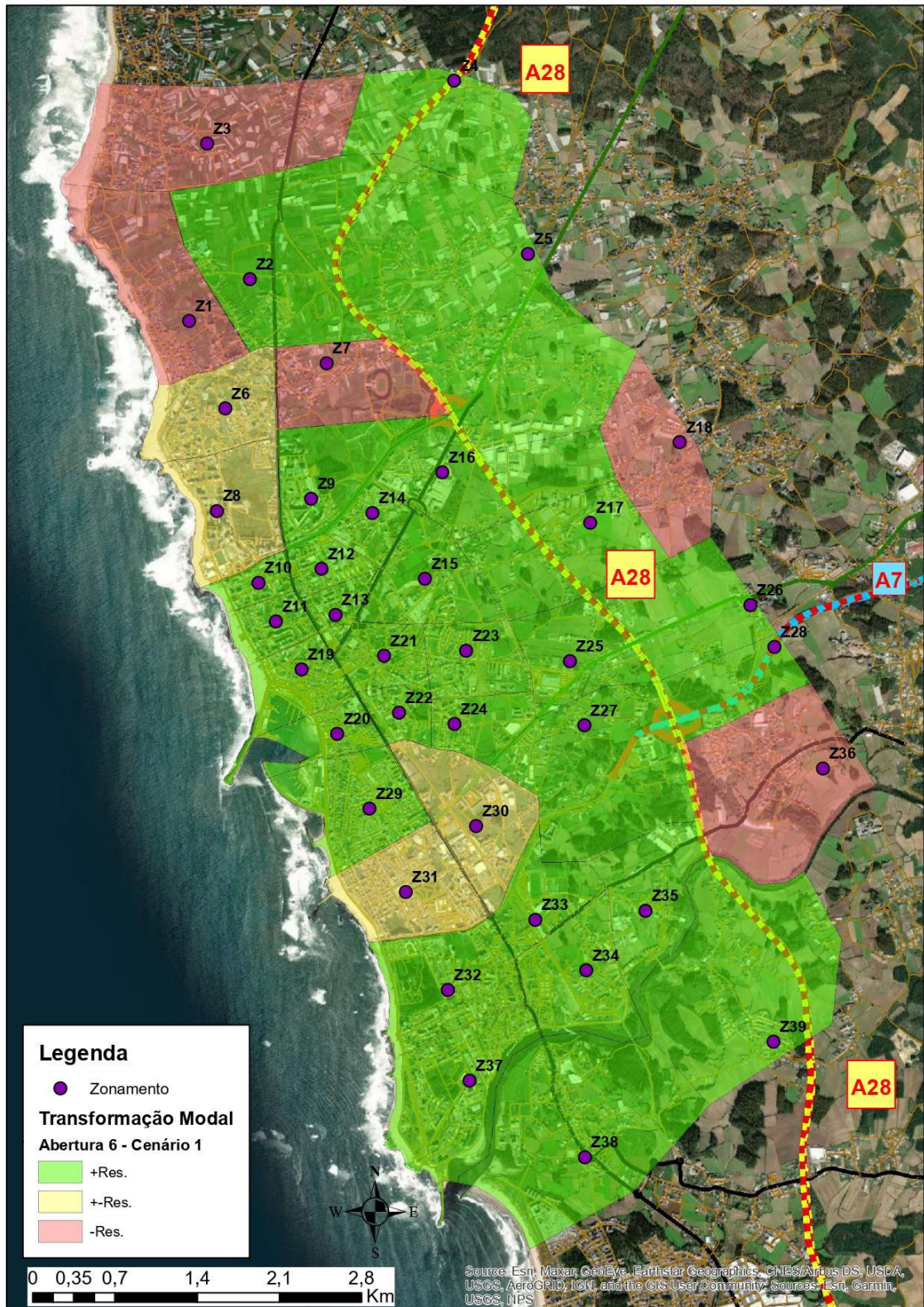


Figura 80 – Potencial de transformação modal - Abertura 6 - Cenário 1

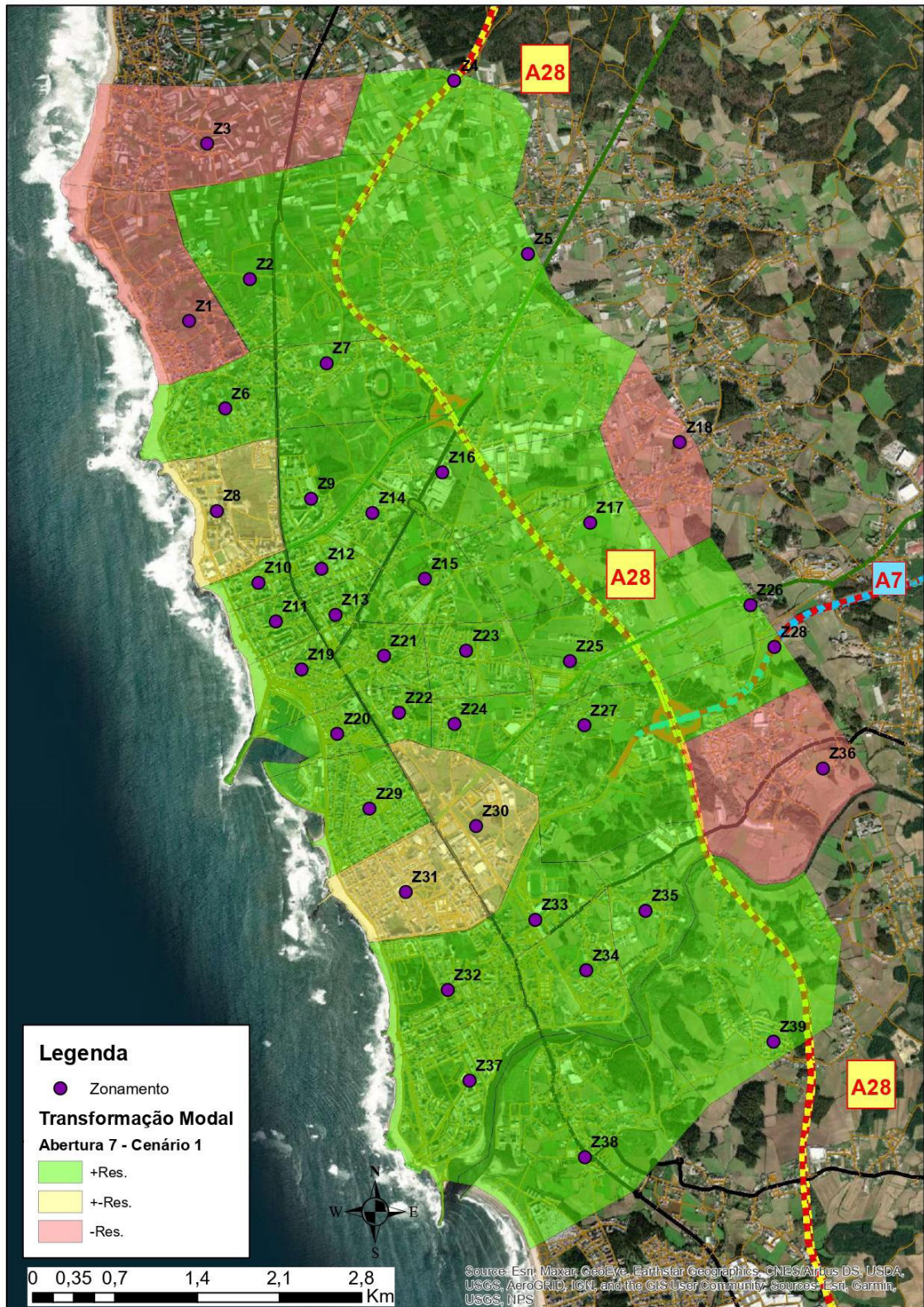


Figura 81 – Potencial de transformação modal - Abertura 7 - Cenário 1

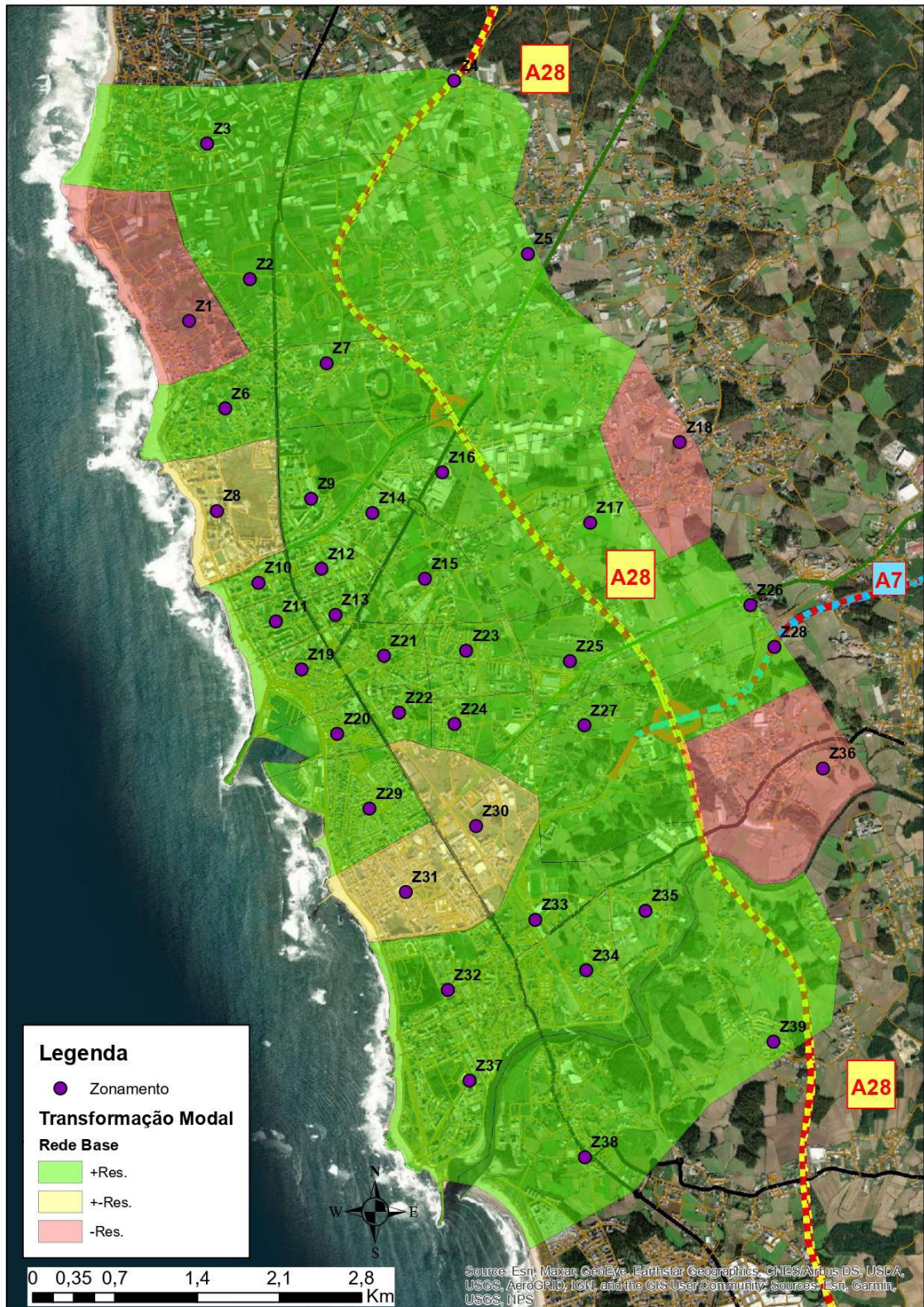


Figura 82 – Potencial de transformação modal – Rede Base

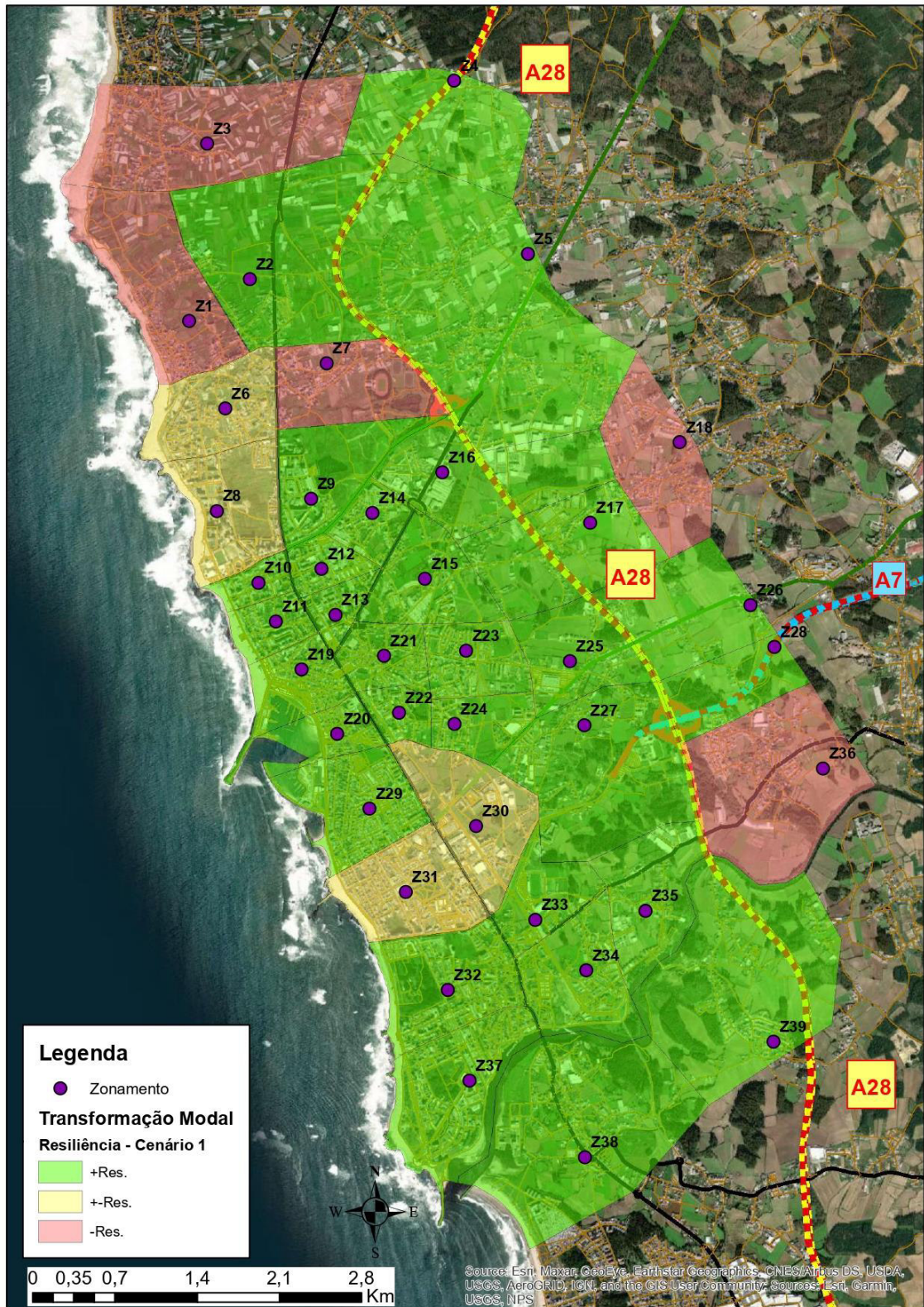


Figura 83 – Resiliência da transformação modal - Cenário 1

I.2. Cenário 2

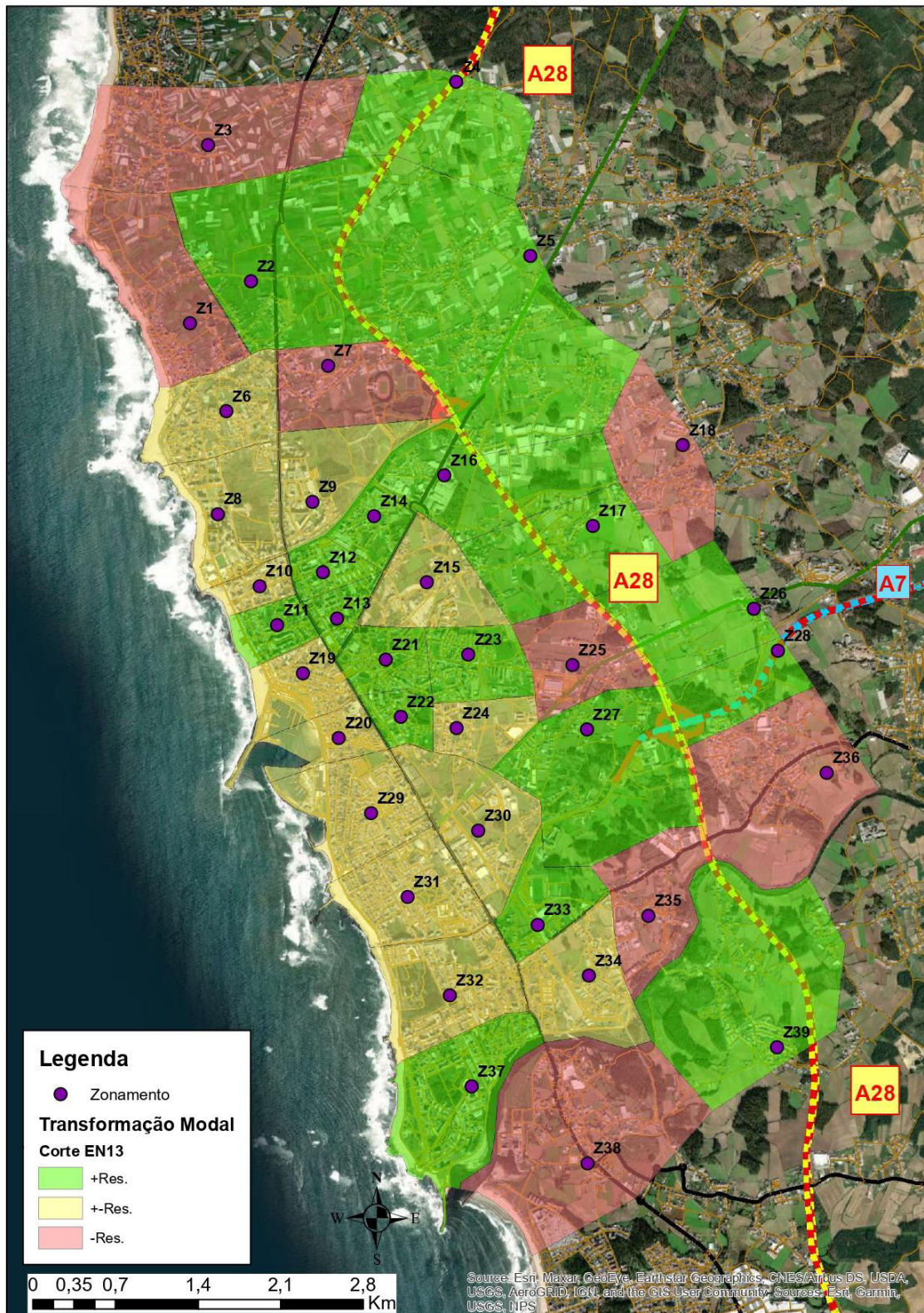


Figura 84 – Potencial de transformação modal - Corte EN 13

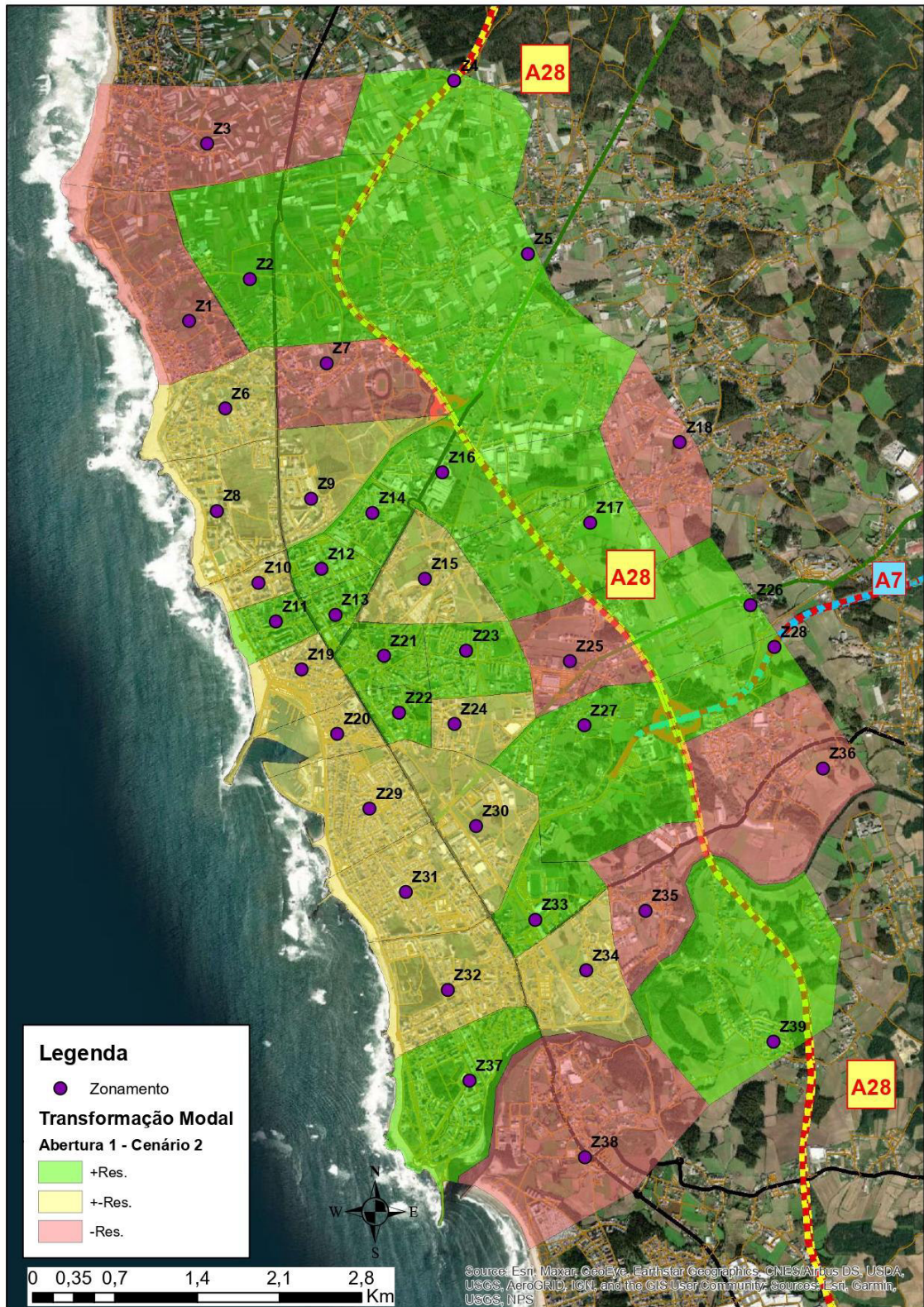


Figura 85 – Potencial de transformação modal - Abertura 1 - Cenário 2

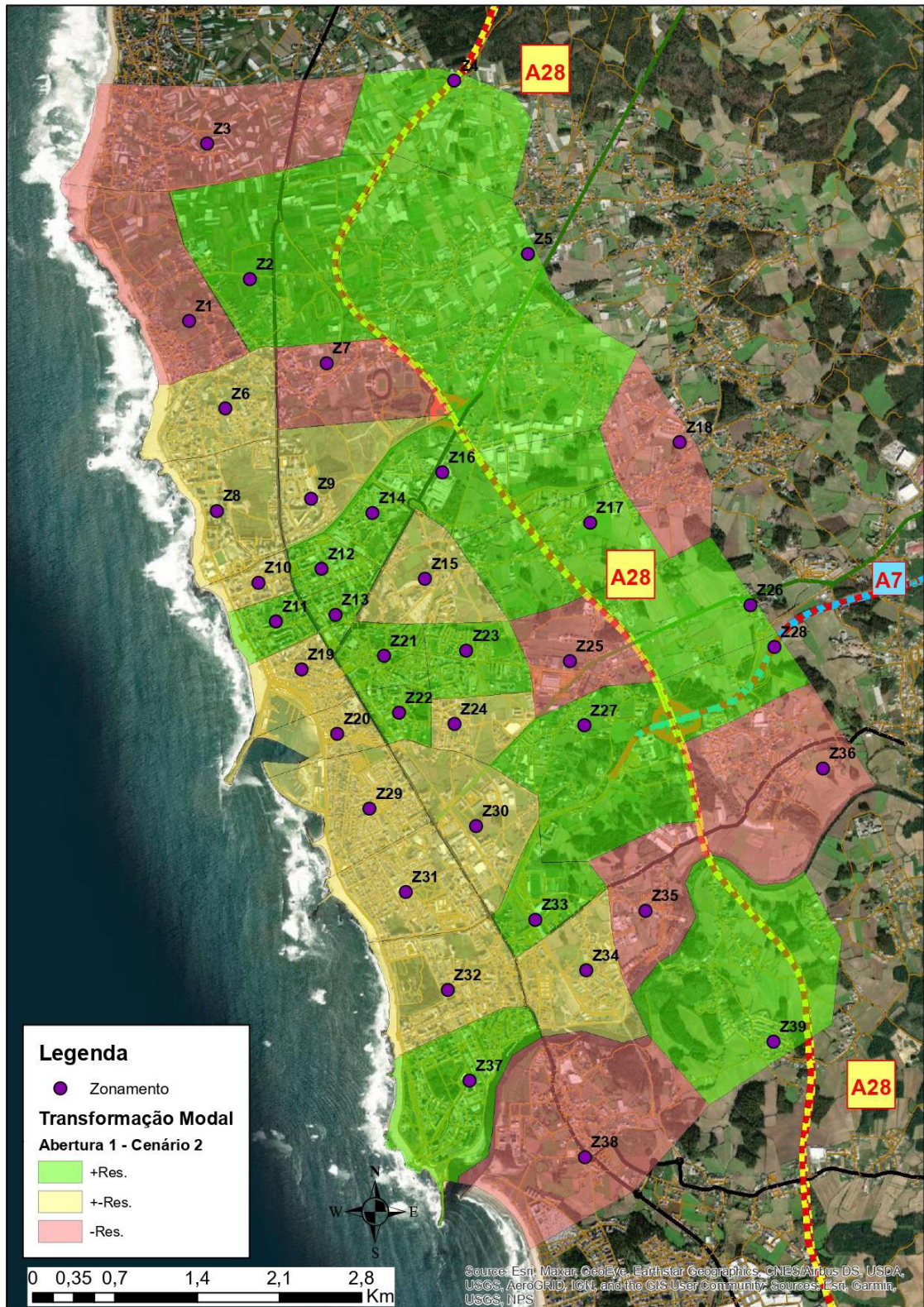


Figura 86 – Potencial de transformação modal - Abertura 2 - Cenário 2

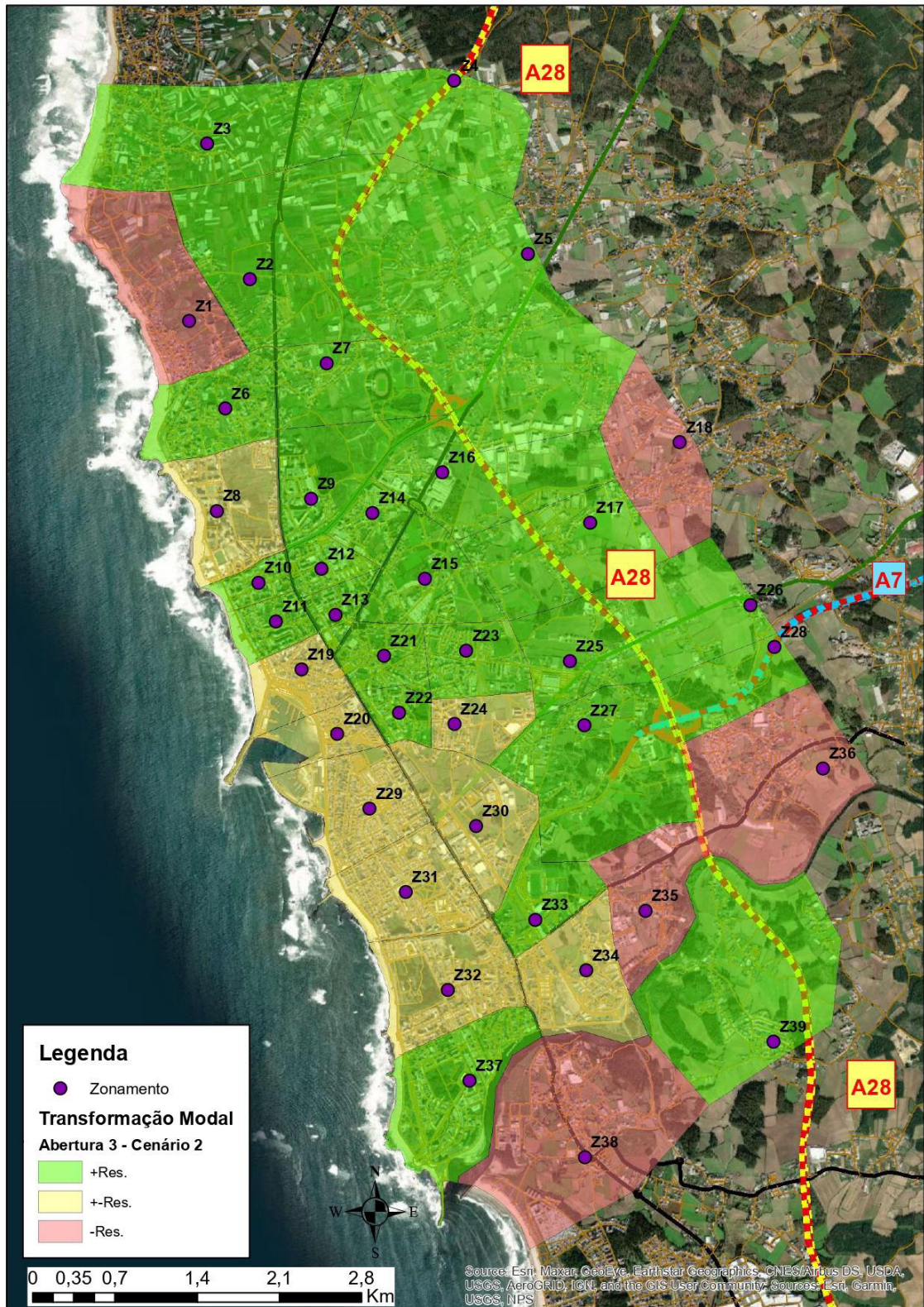


Figura 87 – Potencial de transformação modal - Abertura 3 - Cenário 2

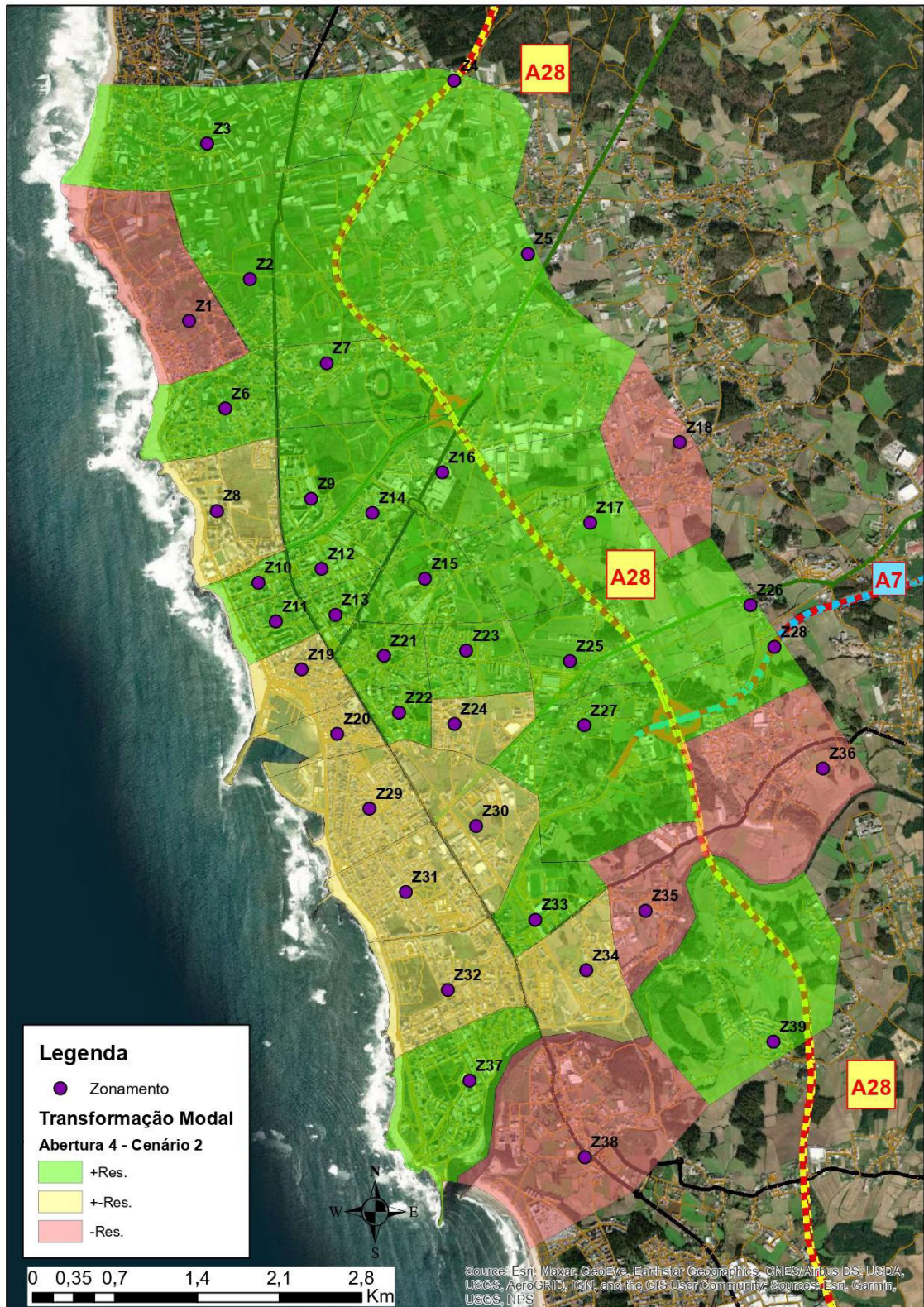


Figura 88 – Potencial de transformação modal - Abertura 4 - Cenário 2

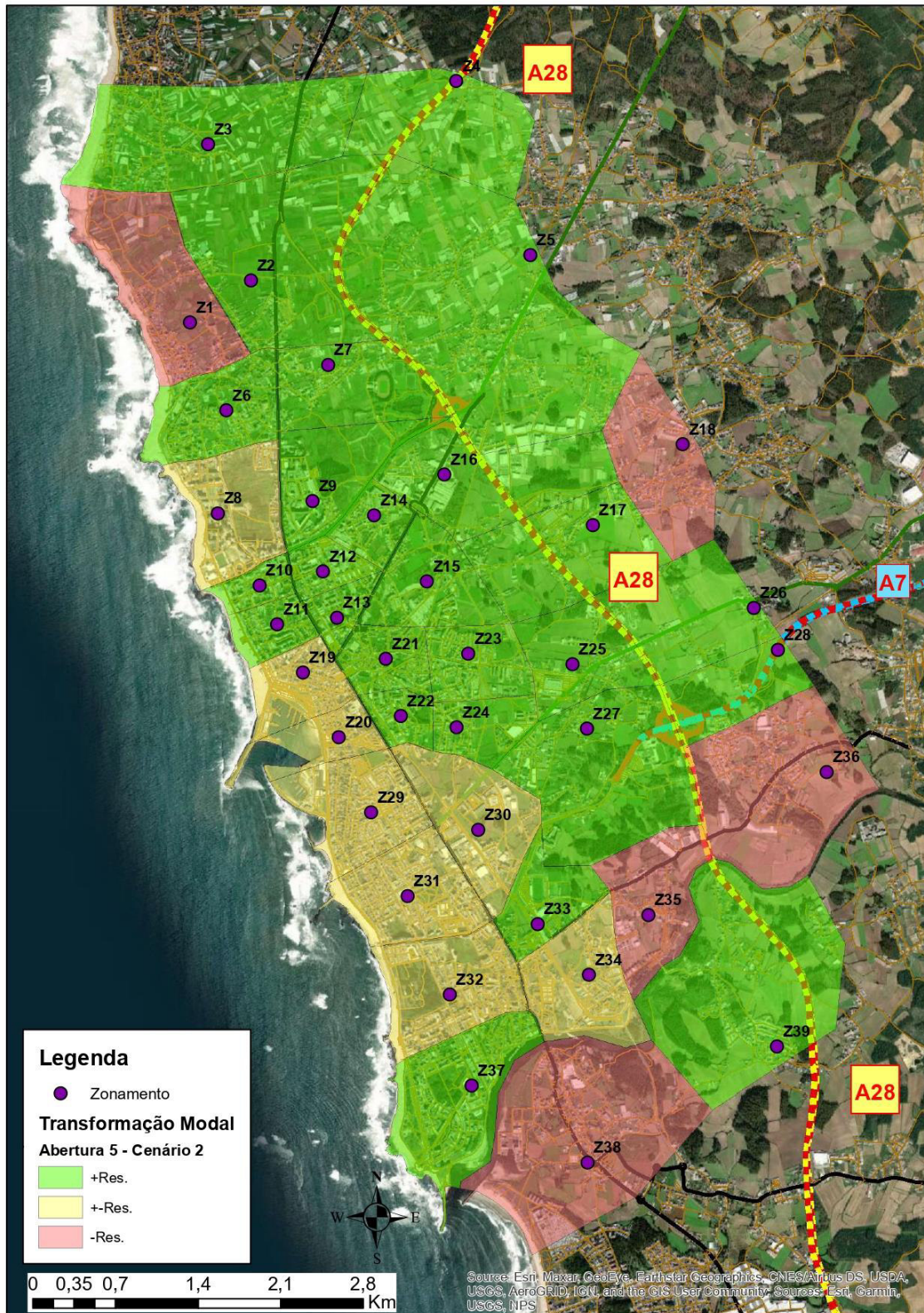


Figura 89 – Potencial de transformação modal - Abertura 5 - Cenário 2

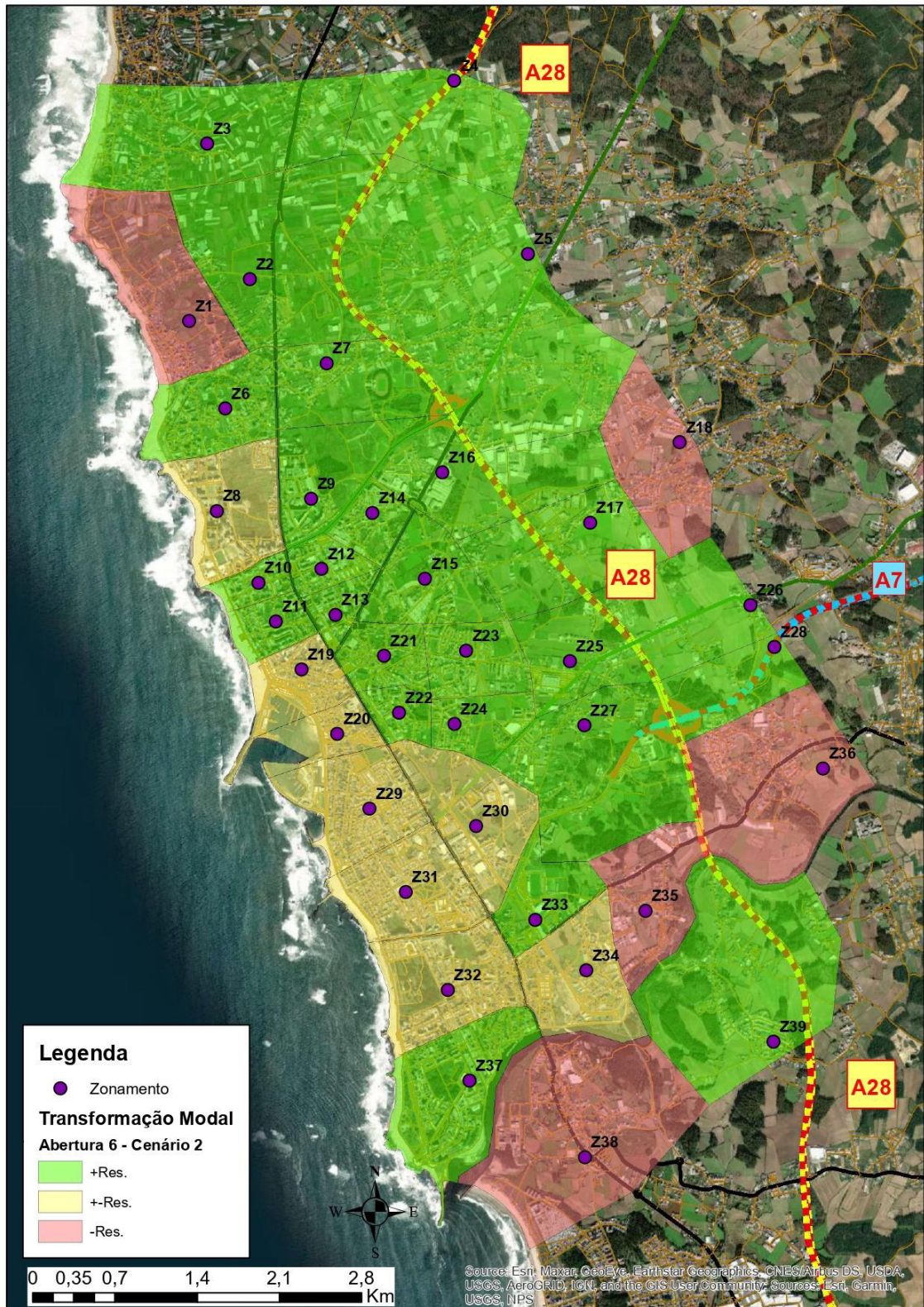


Figura 90 – Potencial de transformação modal - Abertura 6 - Cenário 2

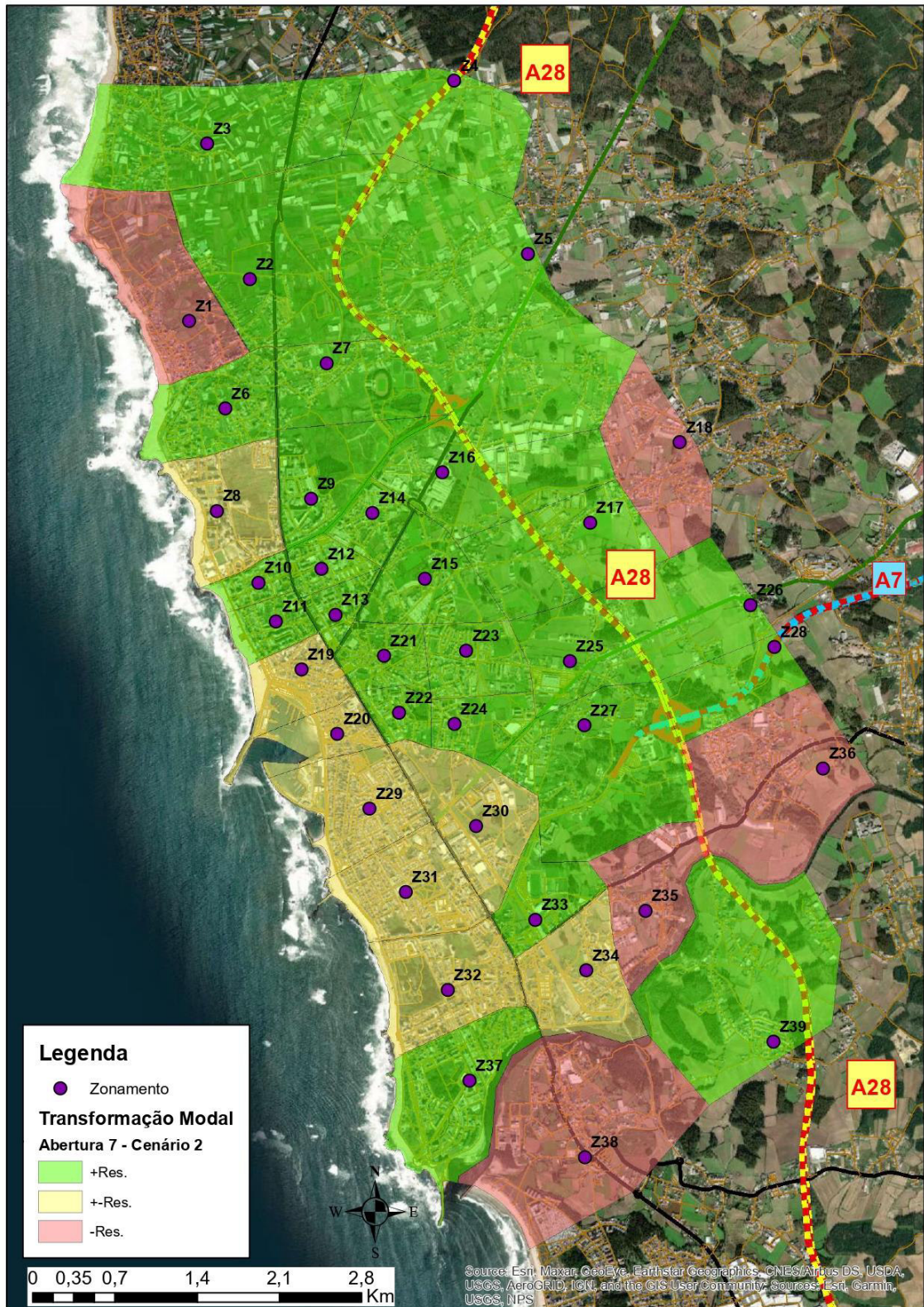


Figura 91 – Potencial de transformação modal - Abertura 7 - Cenário 2

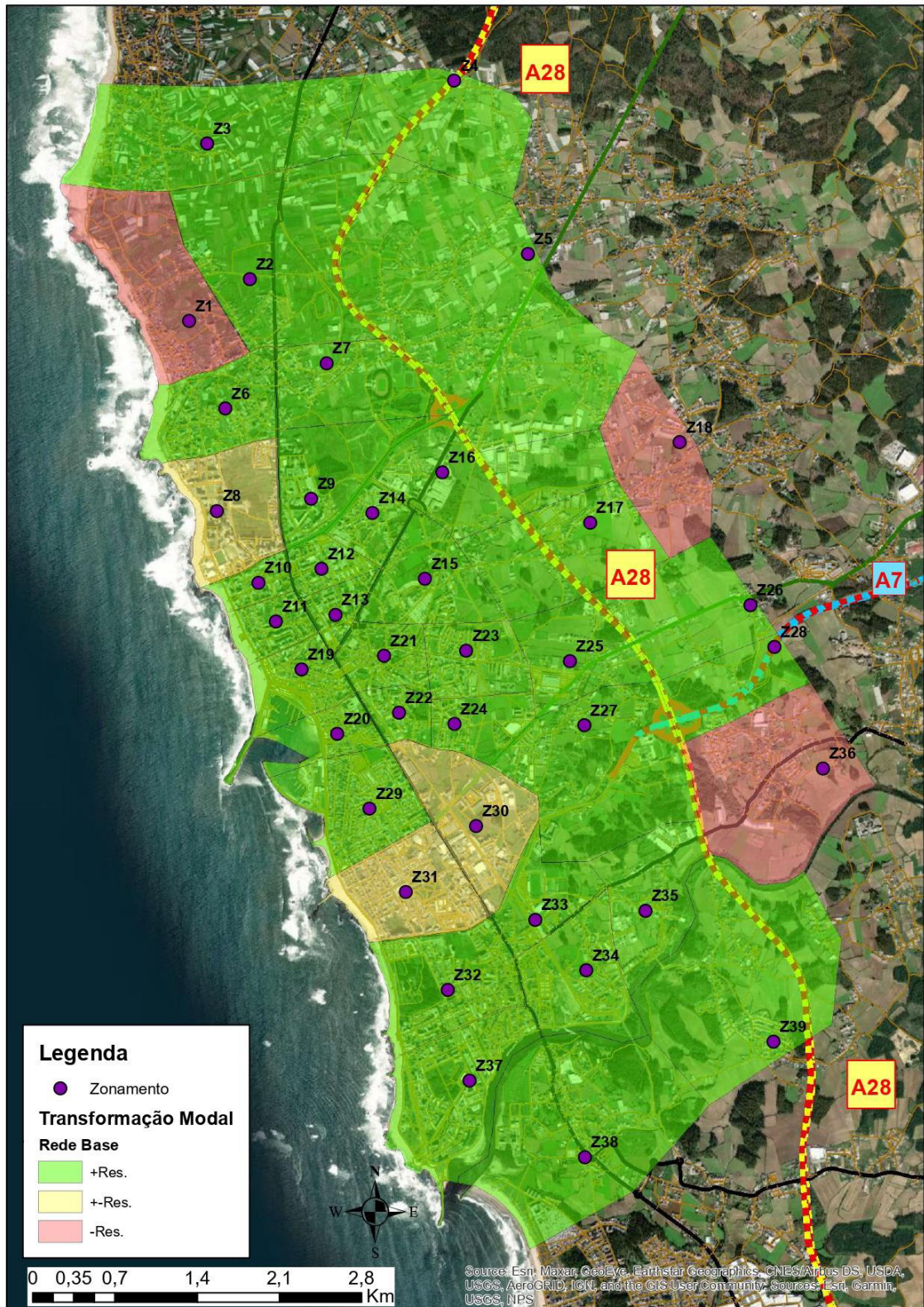


Figura 92 – Potencial de transformação modal – Rede Base

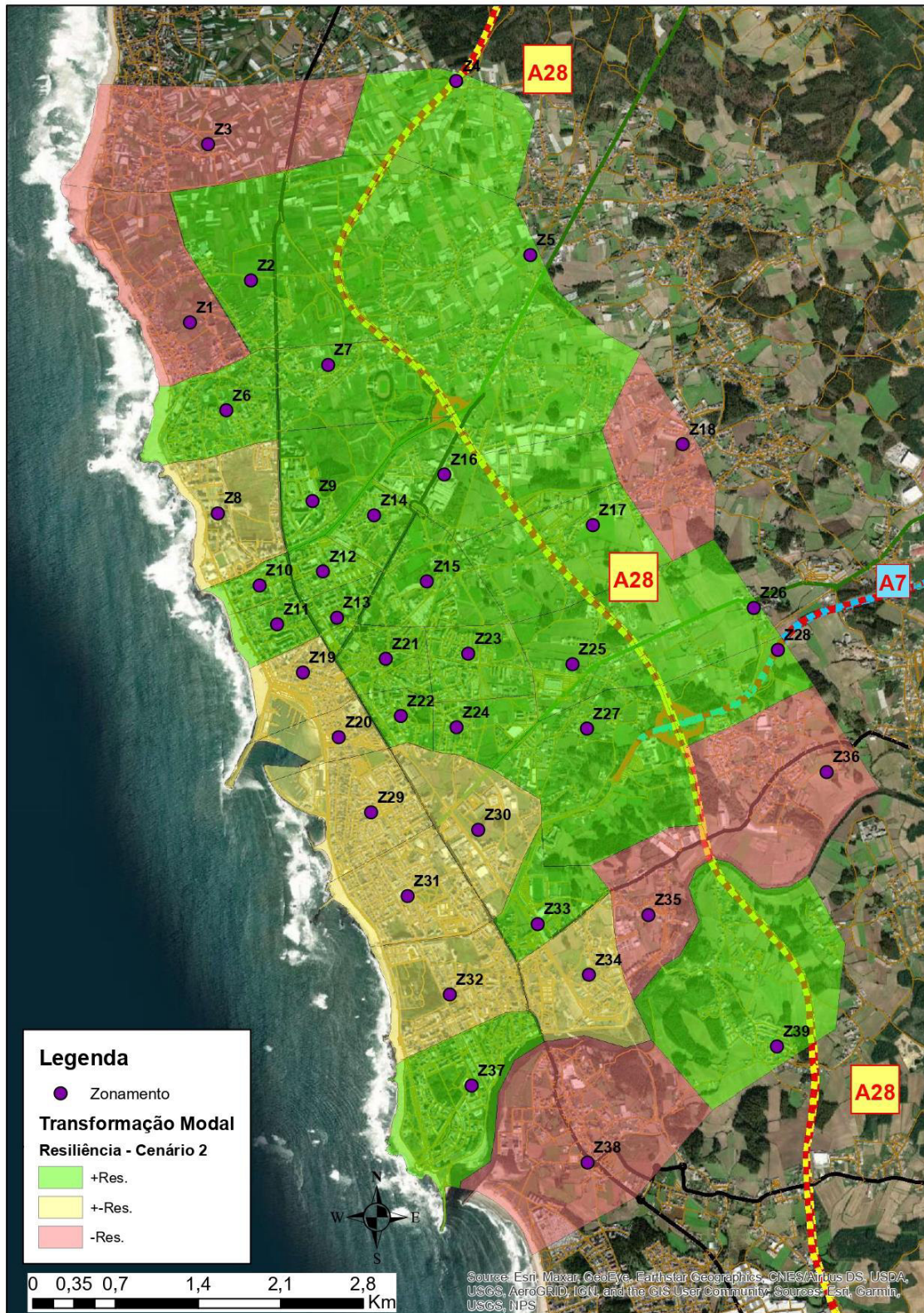


Figura 93 – Resiliência da transformação modal - Cenário 2

I.3. Cenário 3

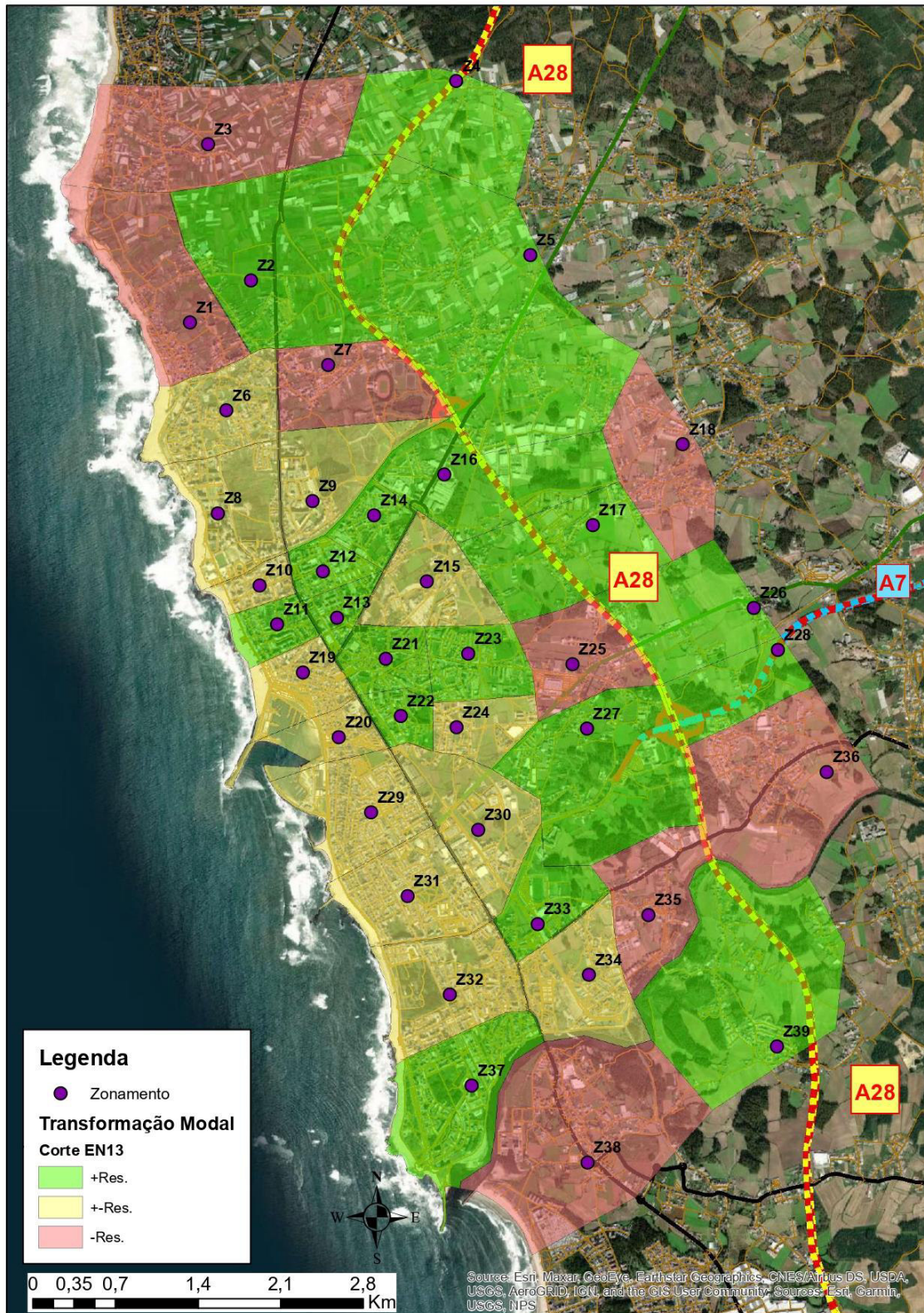


Figura 94 – Potencial de transformação Modal - Corte EN 13

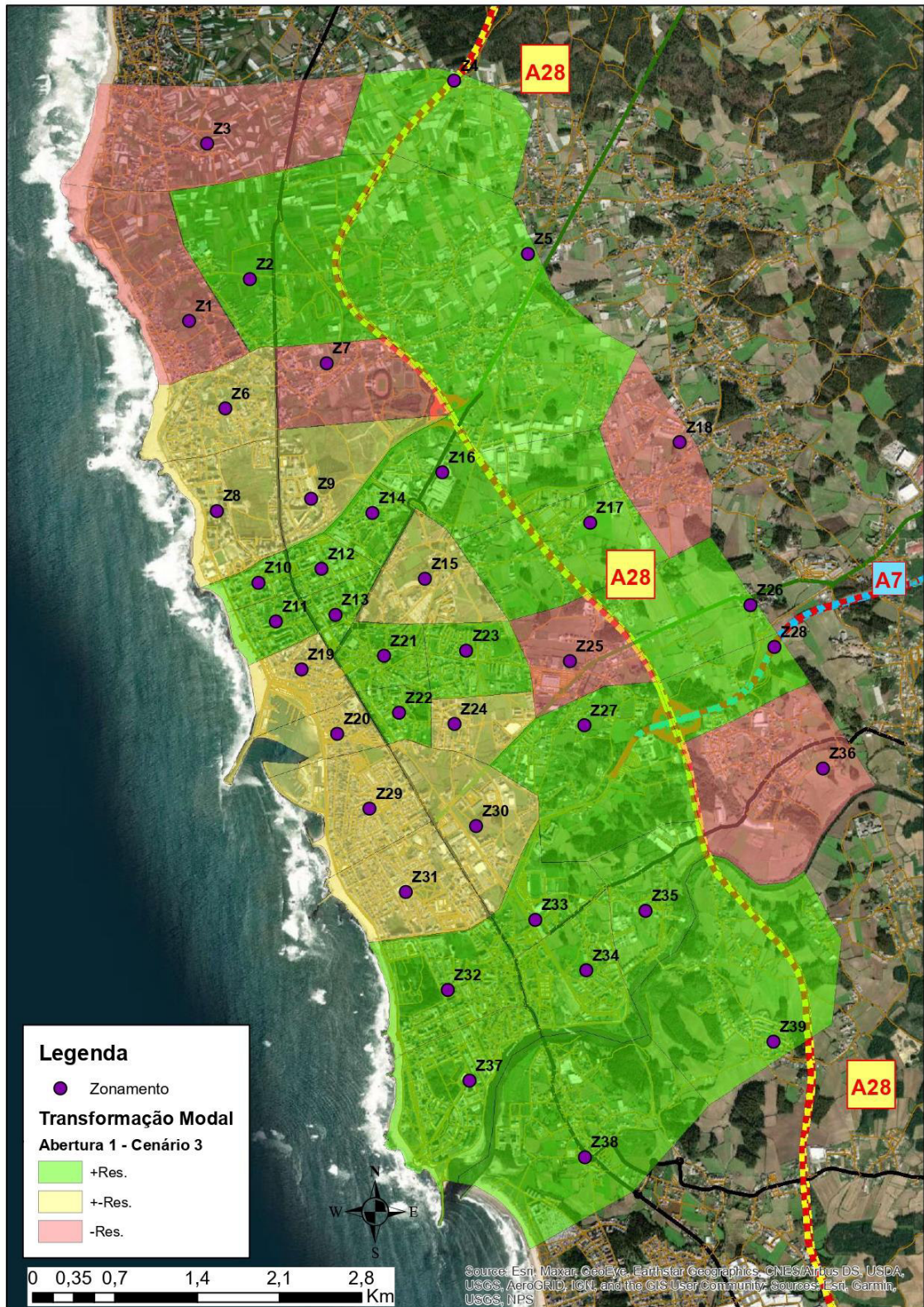


Figura 95 – Potencial de transformação Modal - Abertura 1 - Cenário 3

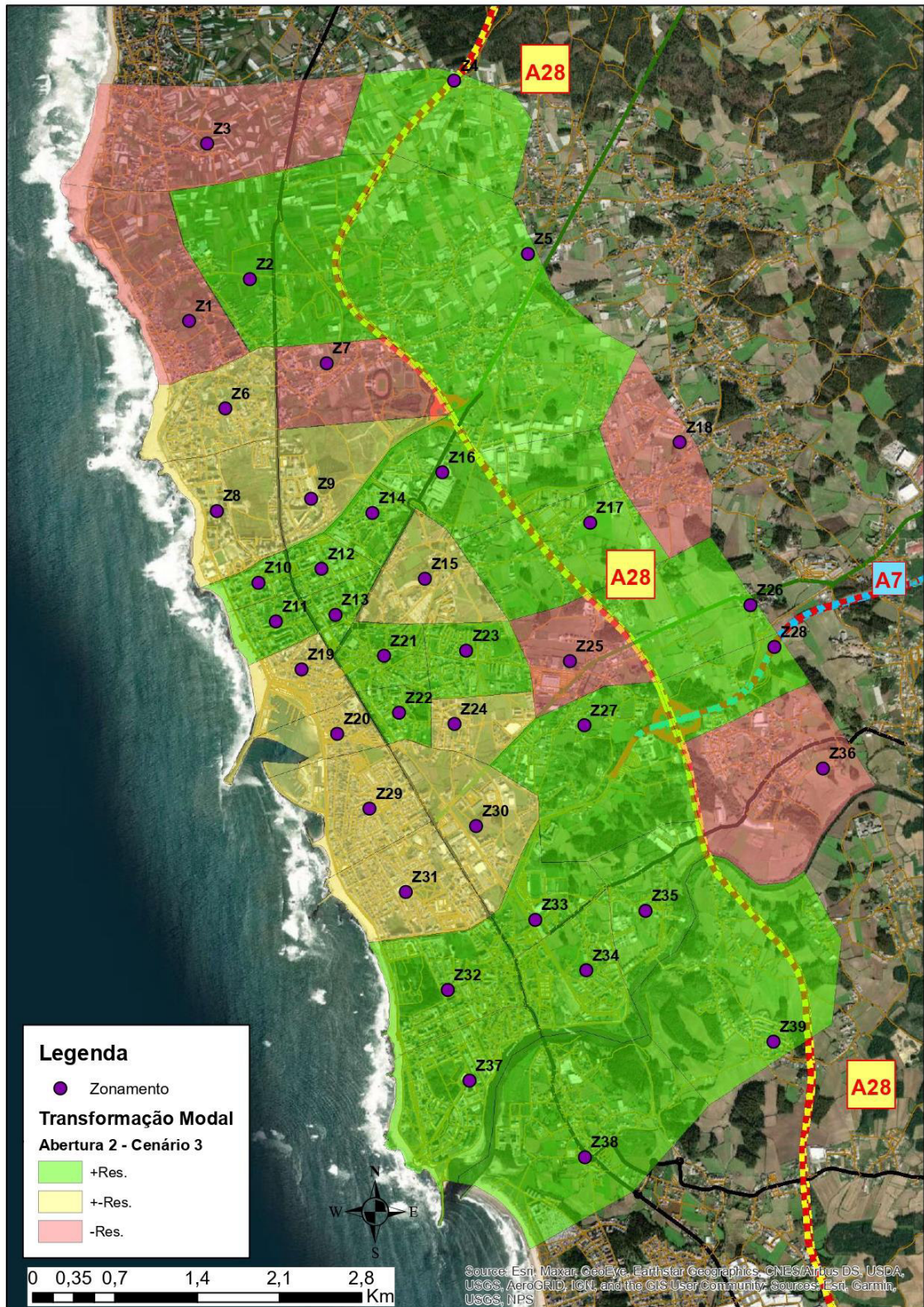


Figura 96 – Potencial de transformação Modal - Abertura 2 - Cenário 3

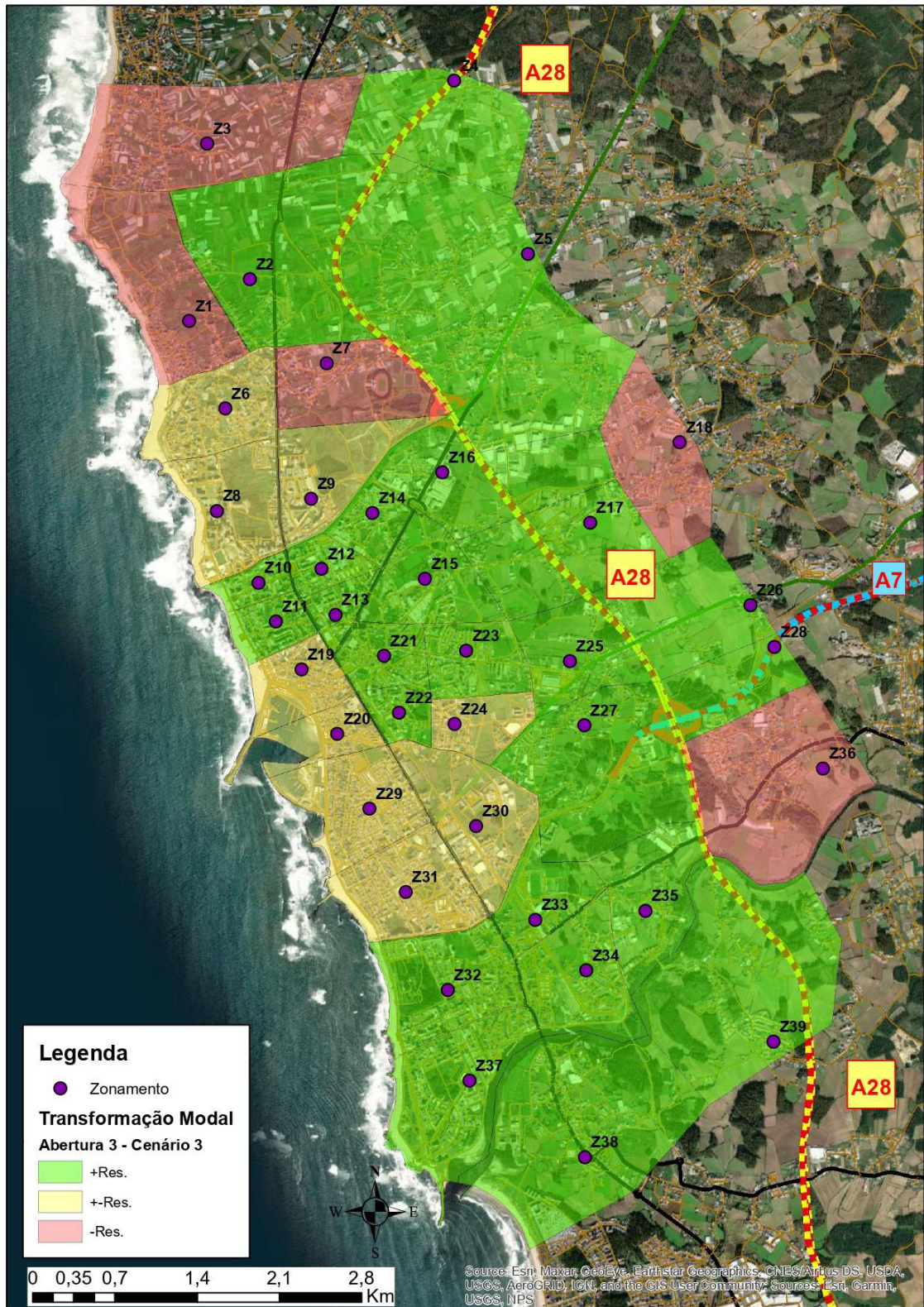


Figura 97 – Potencial de transformação Modal - Abertura 3 - Cenário 3

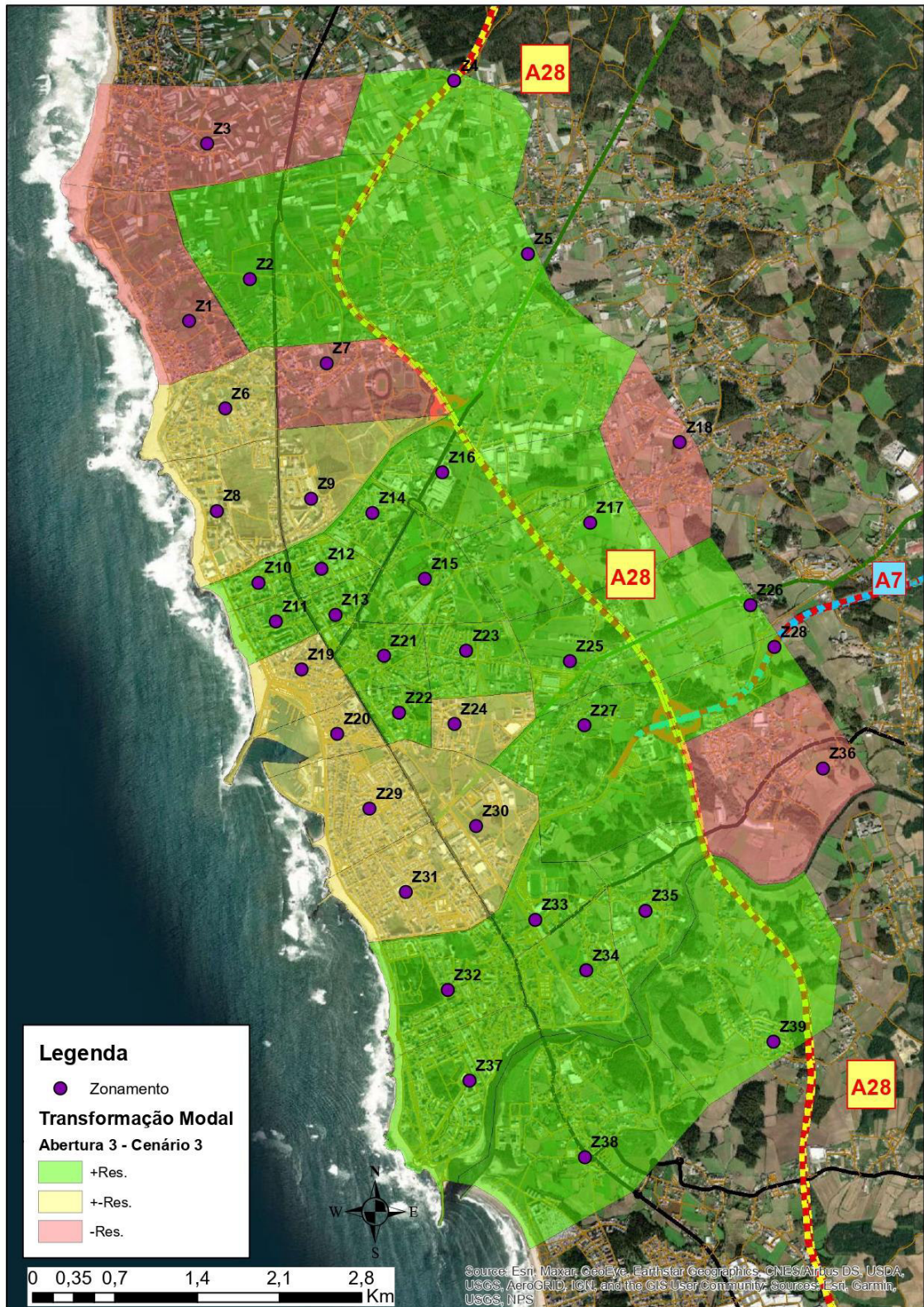


Figura 98 – Potencial de transformação Modal - Abertura 4 - Cenário 3

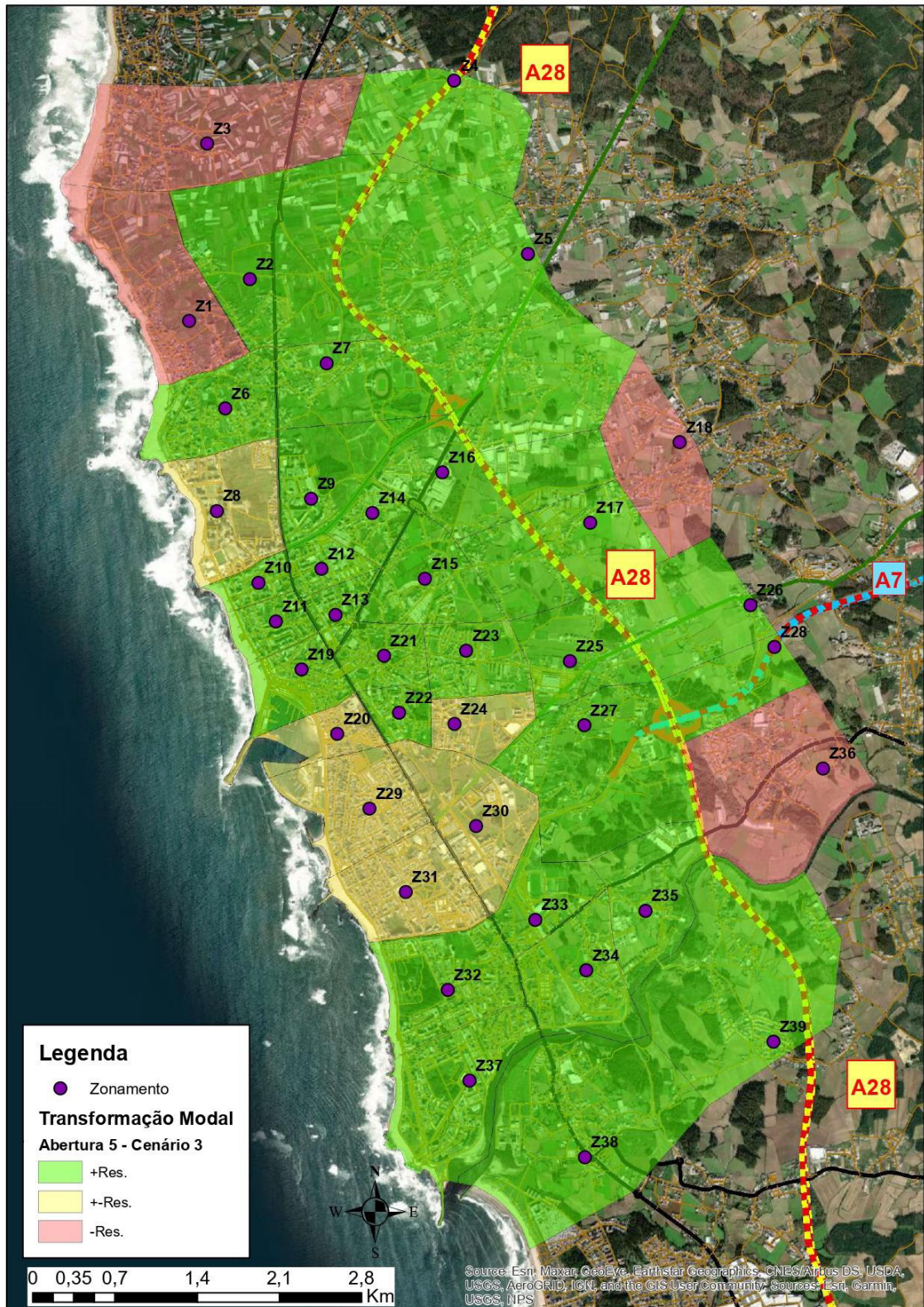


Figura 99 – Potencial de transformação Modal - Abertura 5 - Cenário 3

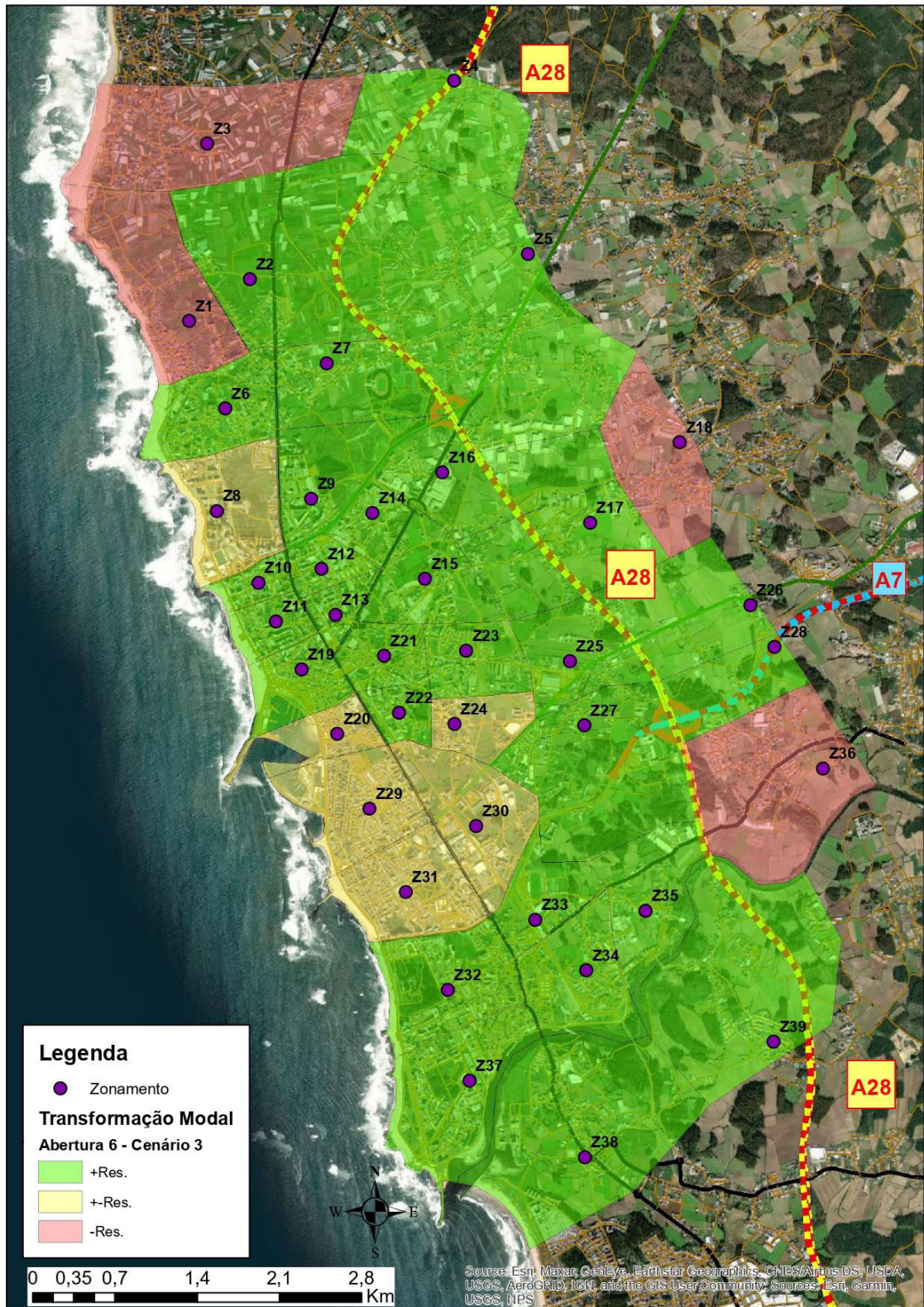


Figura 100 – Potencial de transformação Modal - Abertura 6 - Cenário 2

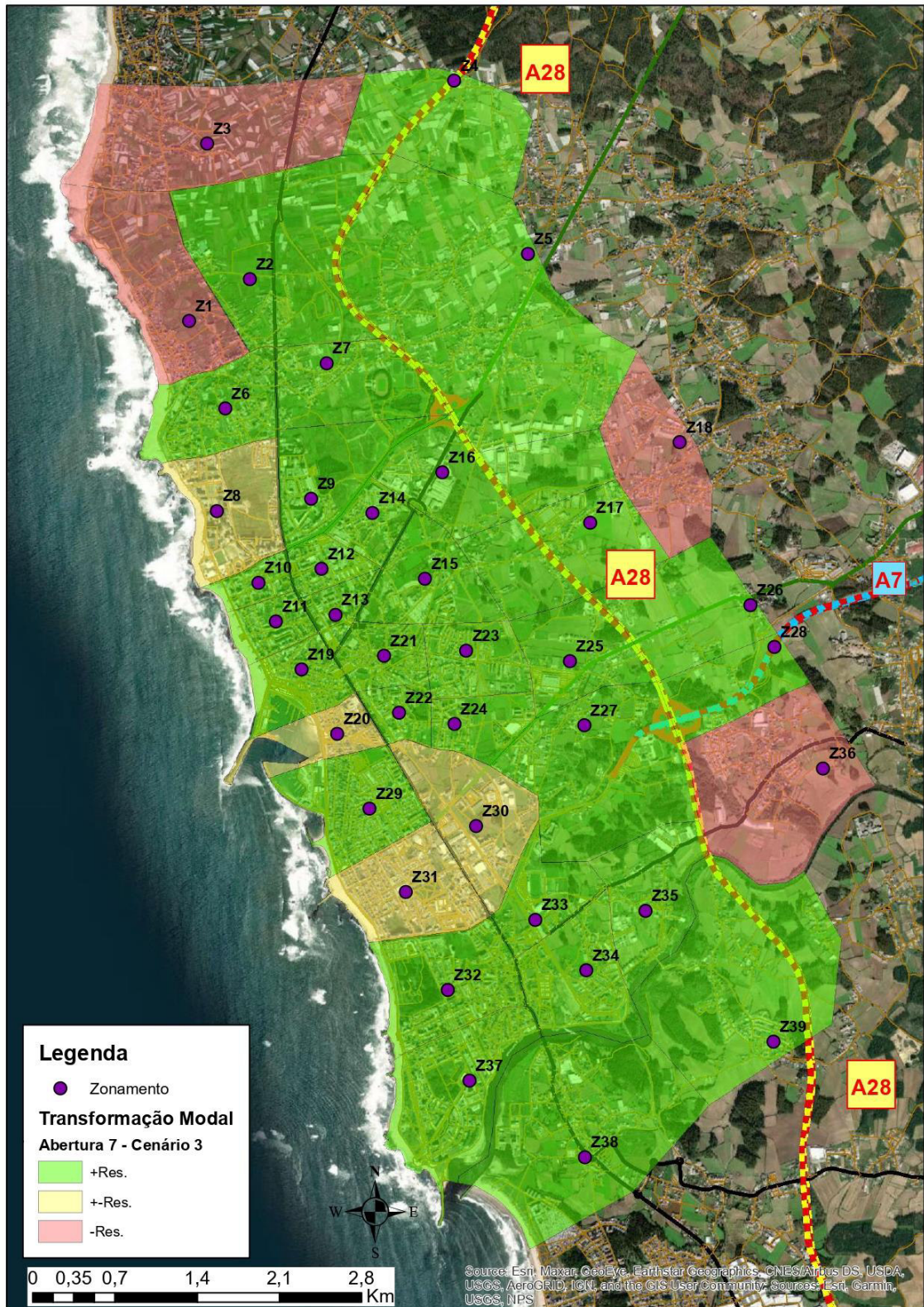


Figura 101 – Potencial de transformação Modal - Abertura 7 - Cenário 3

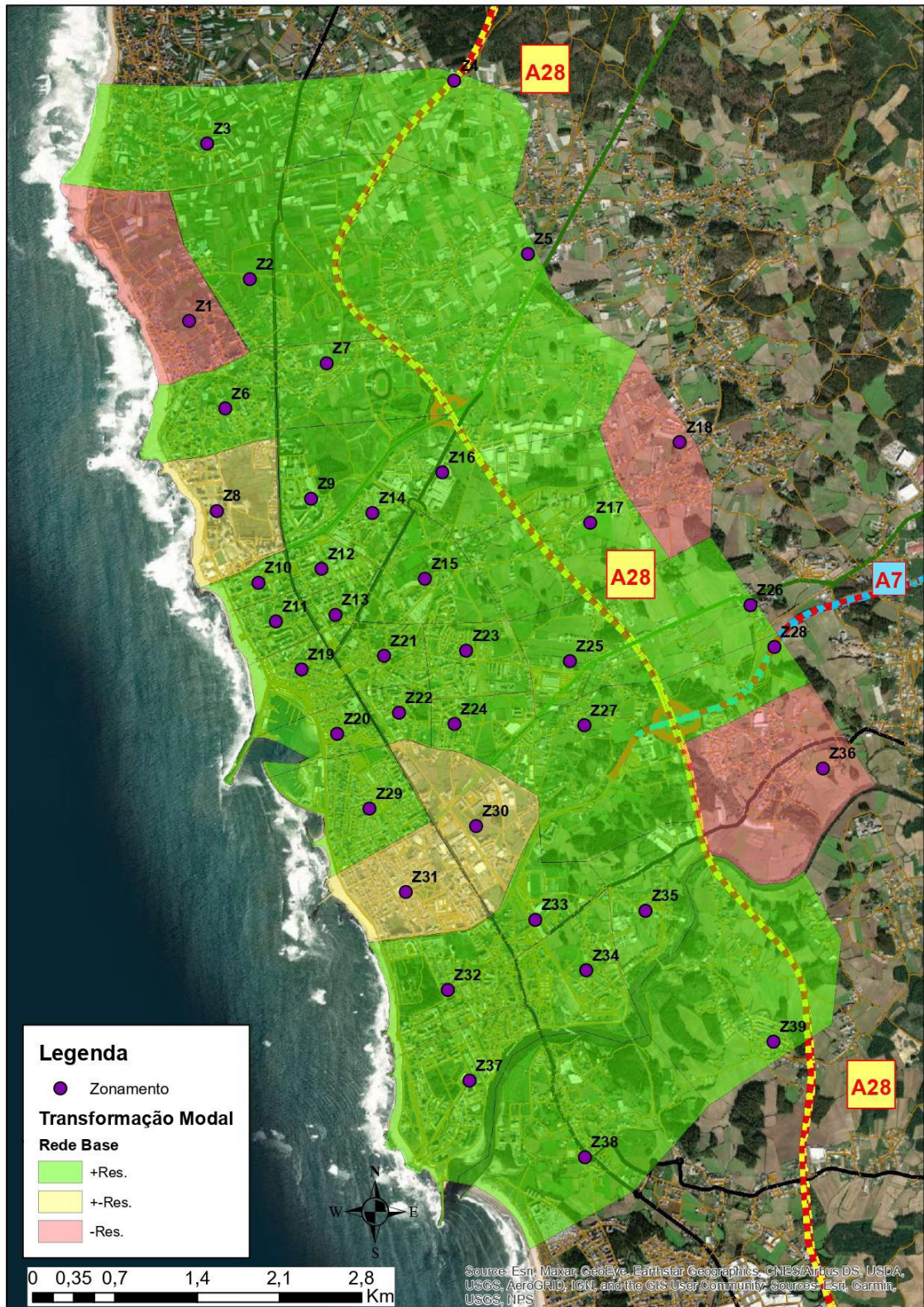


Figura 102 – Potencial de transformação Modal – Rede Base

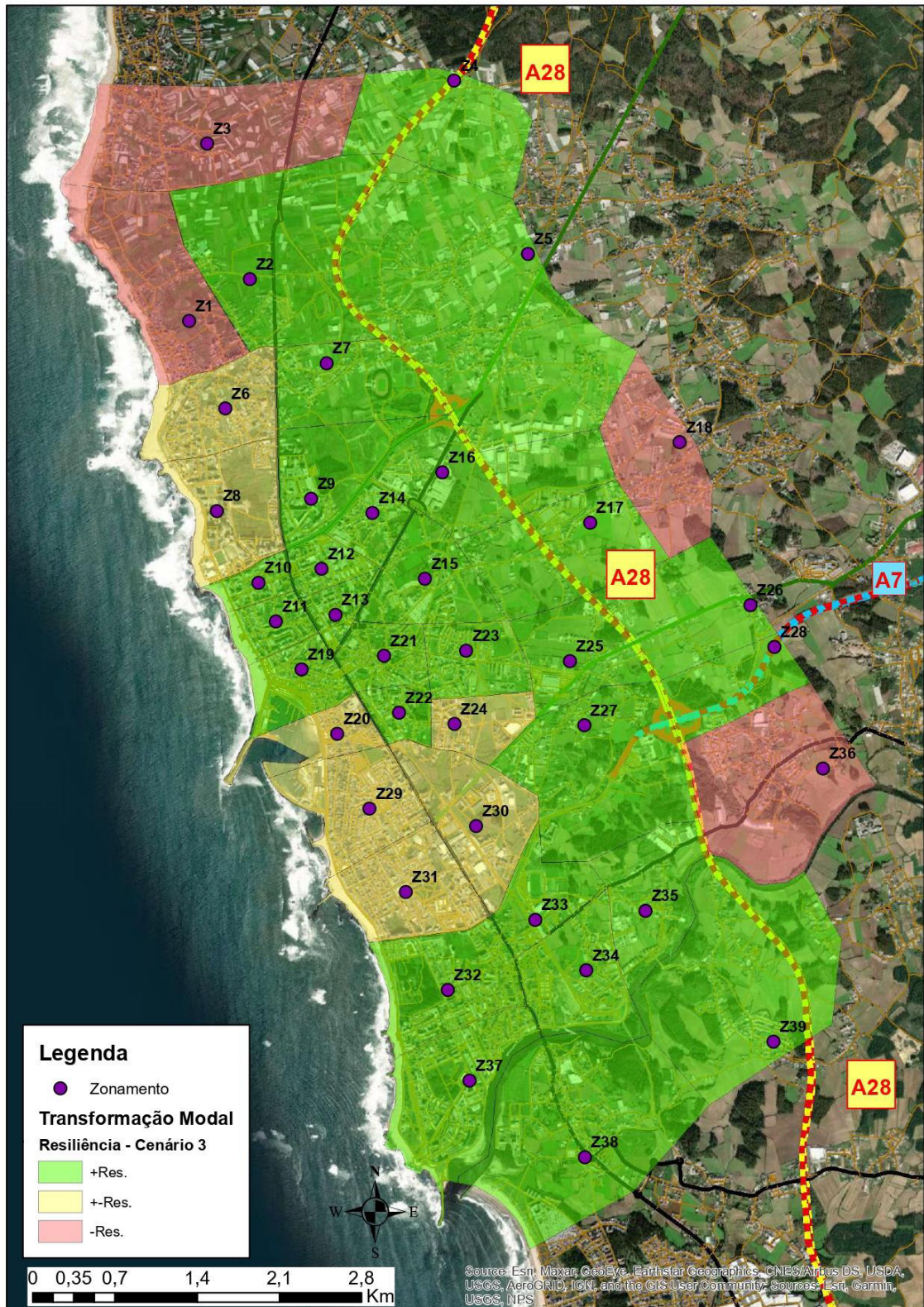


Figura 103 – Resiliência de transformação Modal - Cenário 3

Anexo J.

Mapas da Resiliência de Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes

J.1. Cenário 1

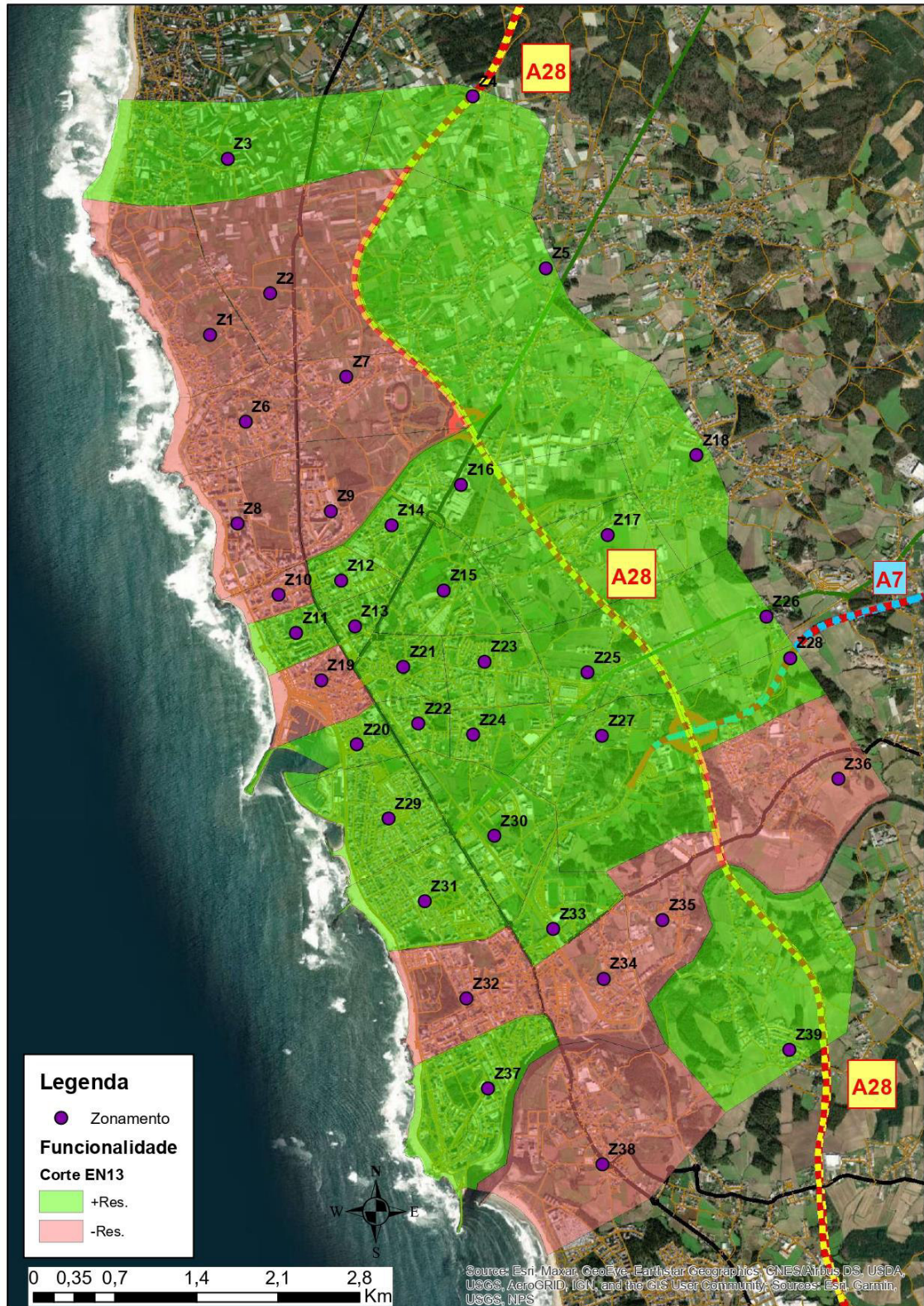


Figura 104 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Corte EN 13

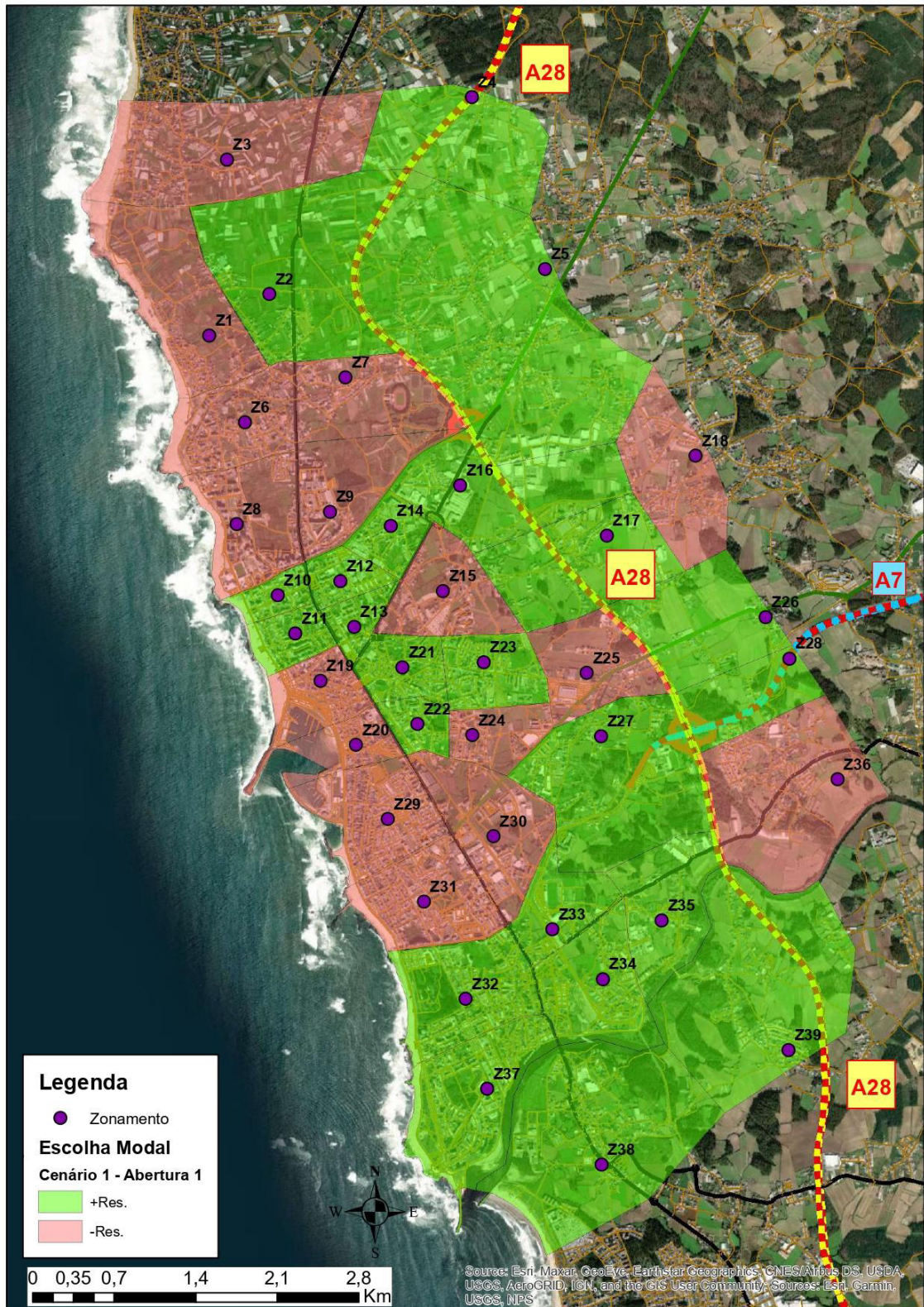


Figura 105 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 1 - Cenário 1

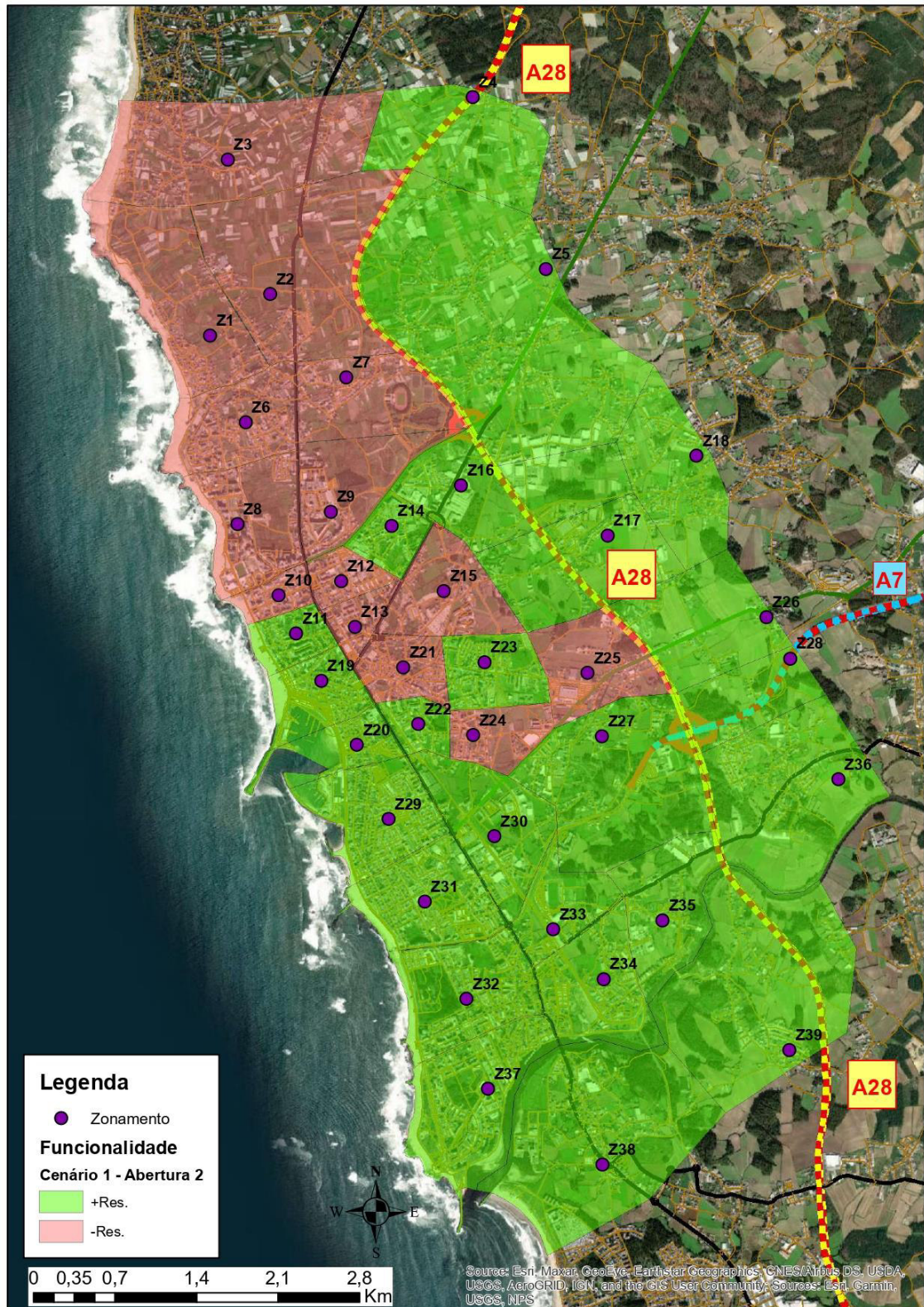


Figura 106 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 2 - Cenário 1

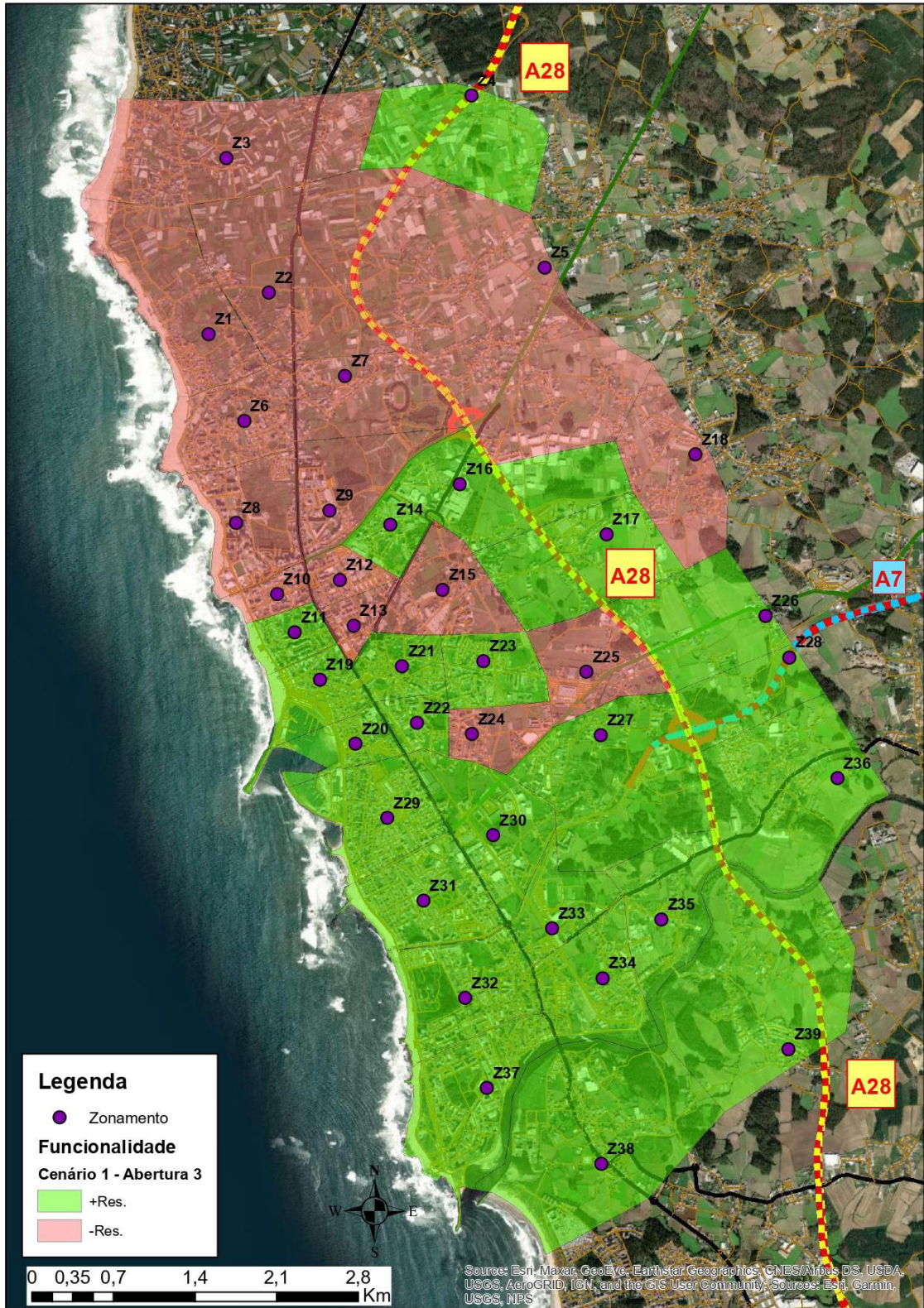


Figura 107 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 3 - Cenário 1

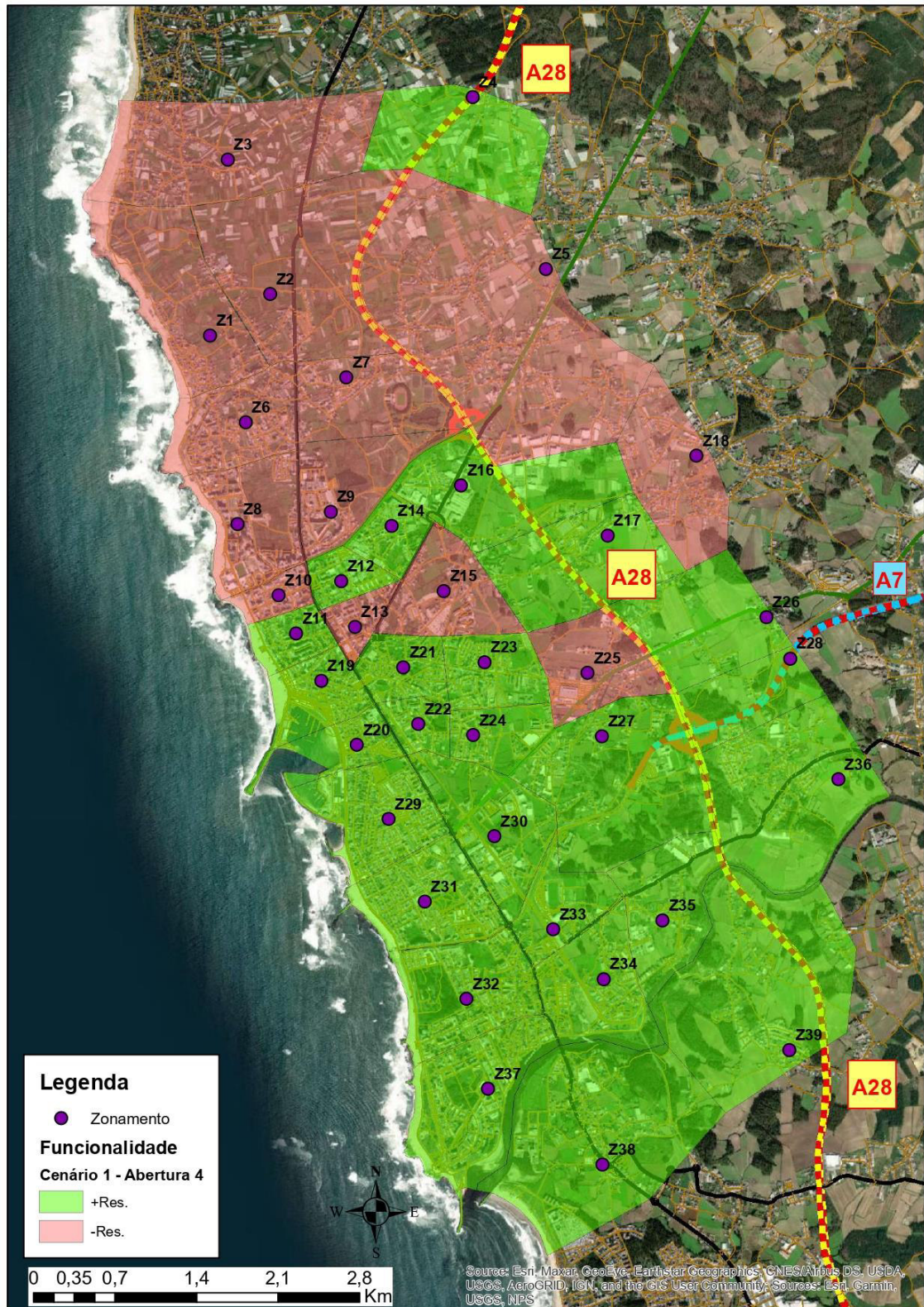


Figura 108 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 4 - Cenário 1

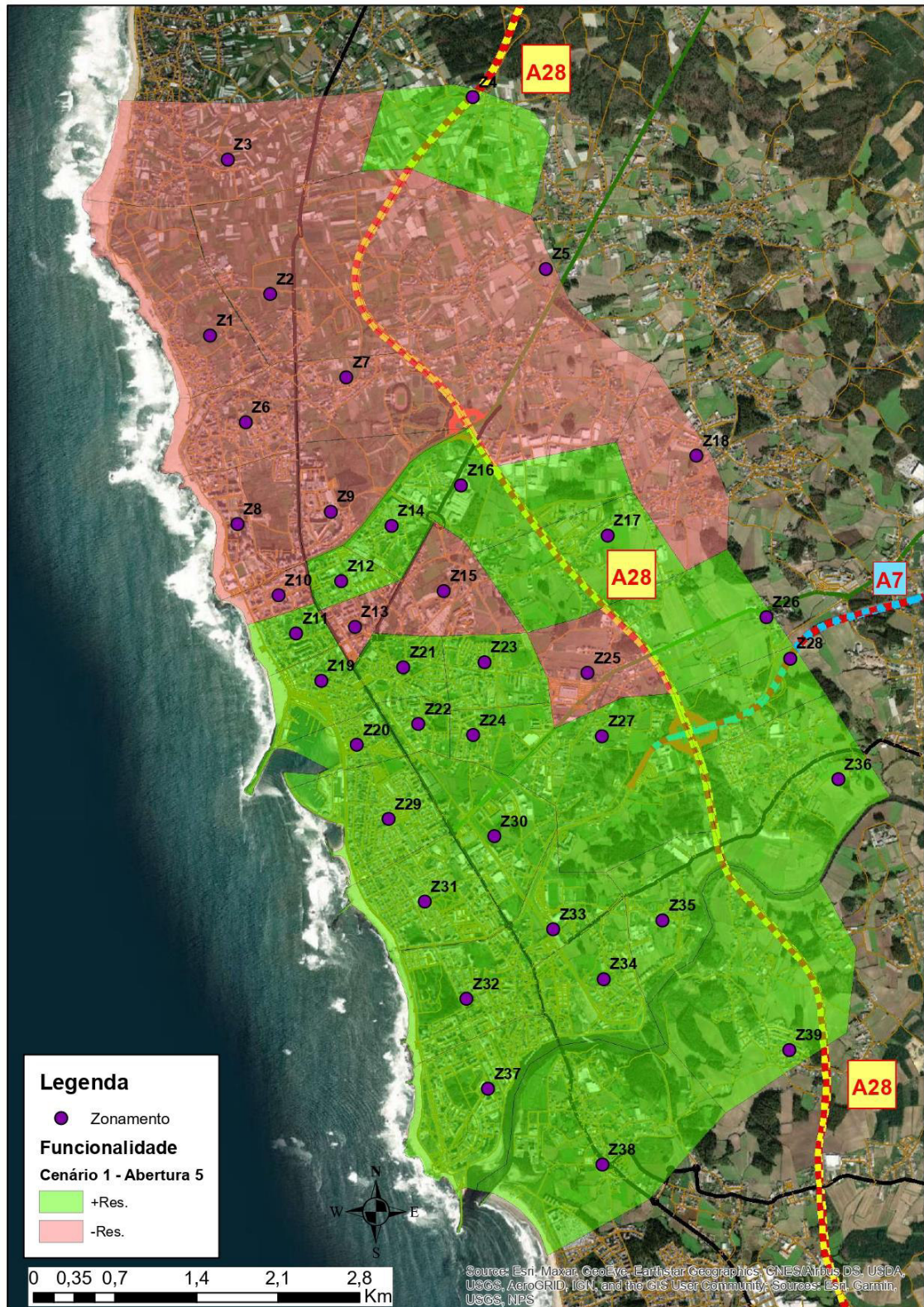


Figura 109 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 5 - Cenário 1

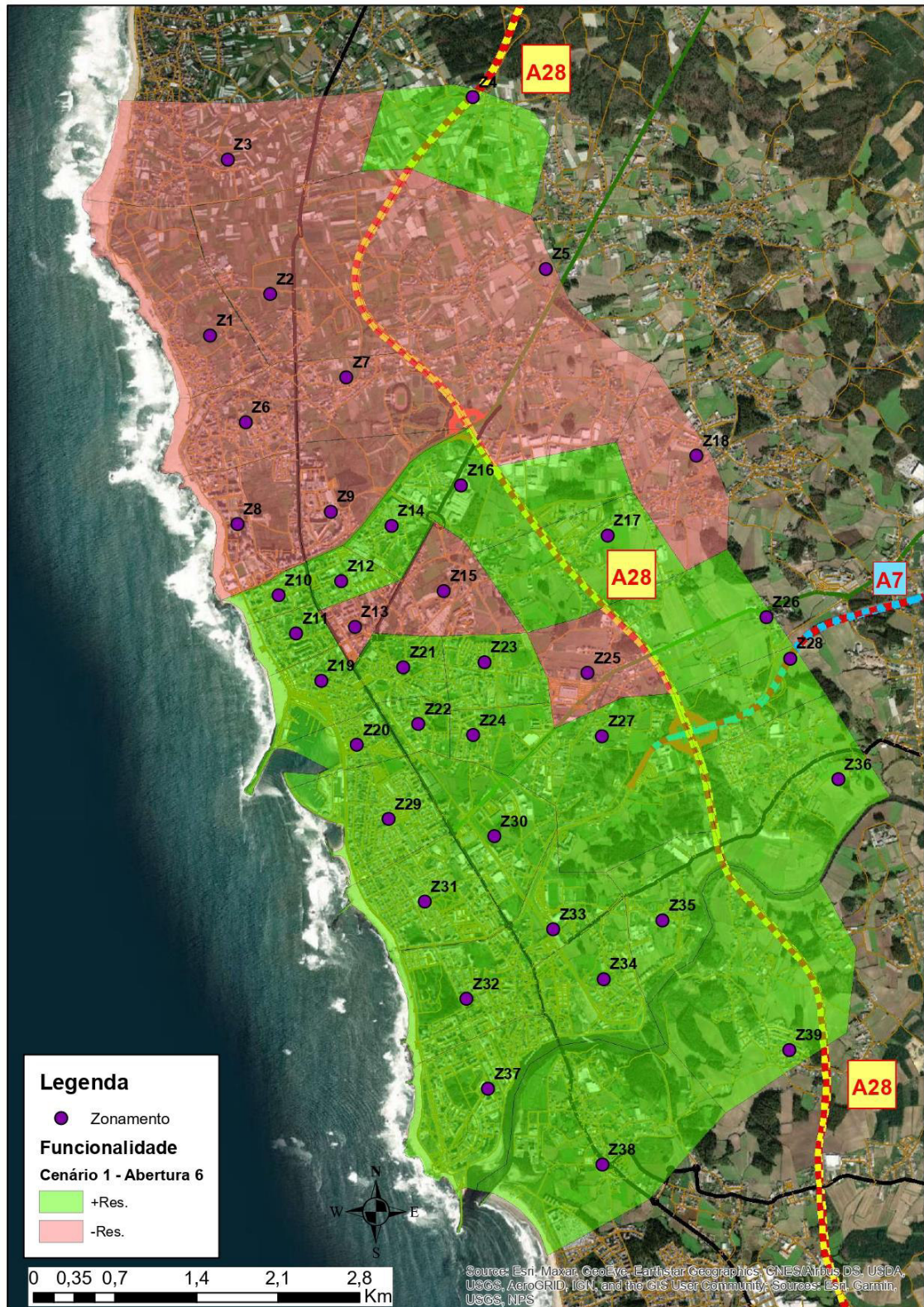


Figura 110 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 6 - Cenário 1

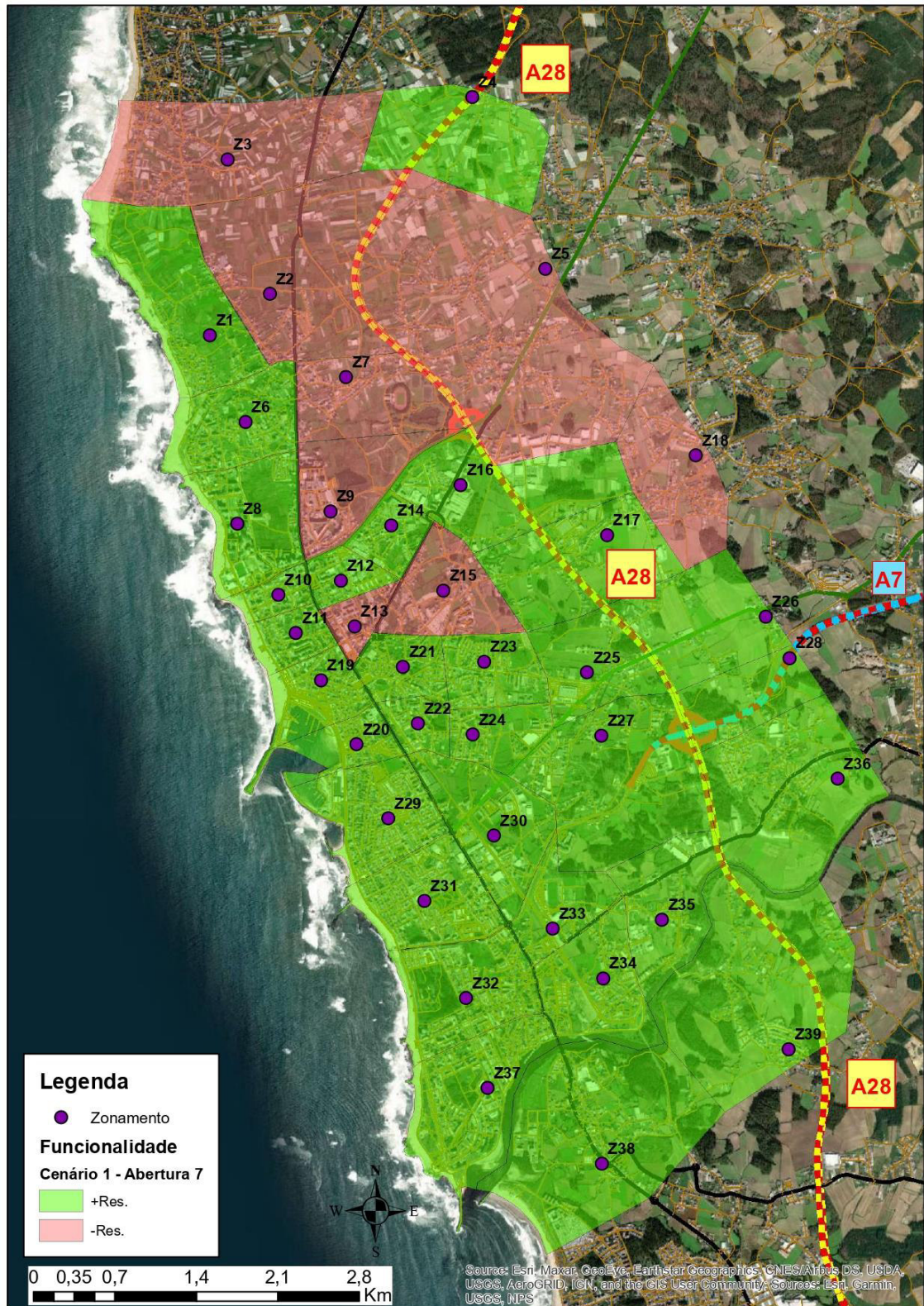


Figura 111 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 7 - Cenário 1



Figura 112 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes – Rede Base

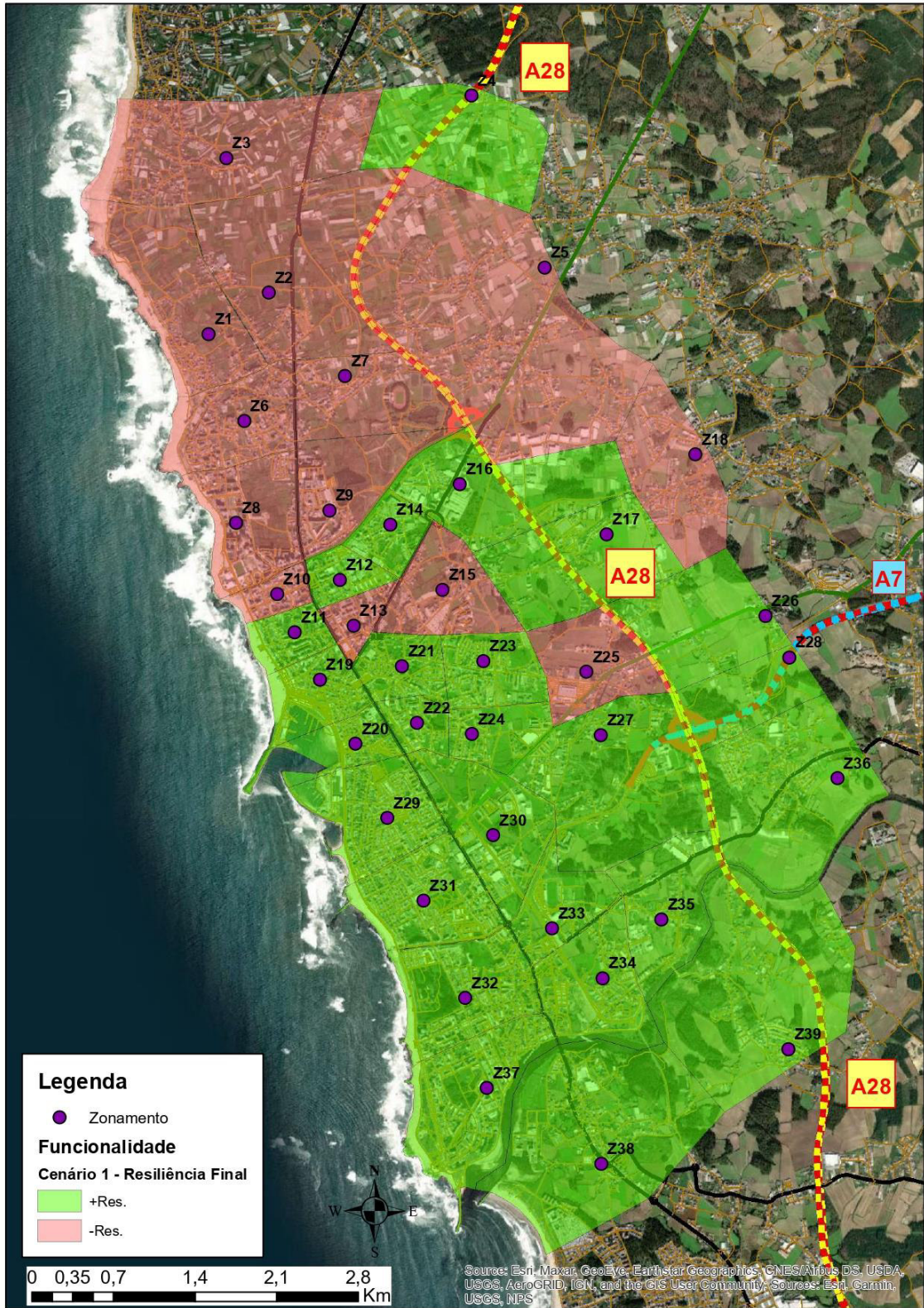


Figura 113 – Resiliência Final da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Cenário 1

J.2. Cenário 2

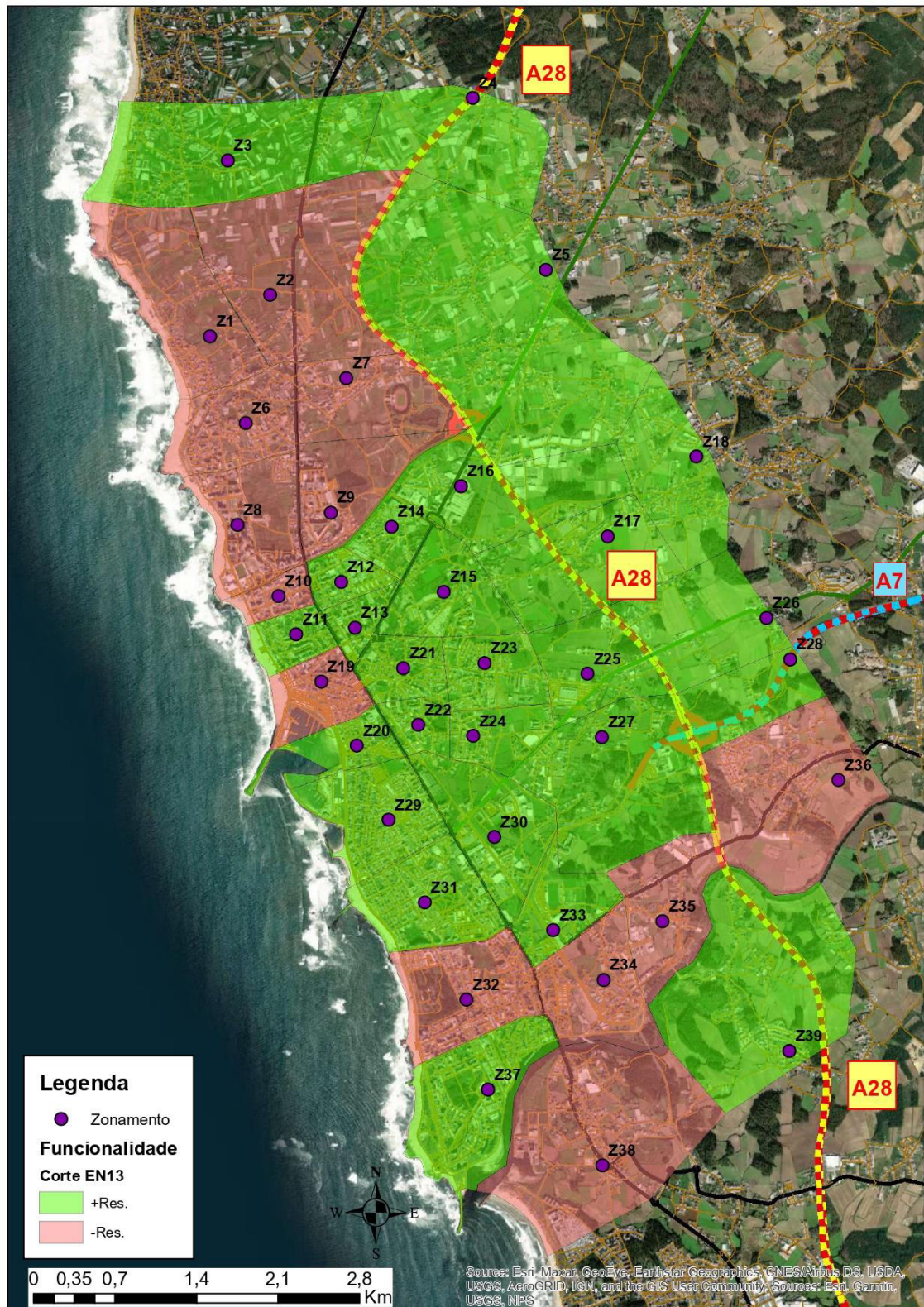


Figura 114 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Corte EN 13

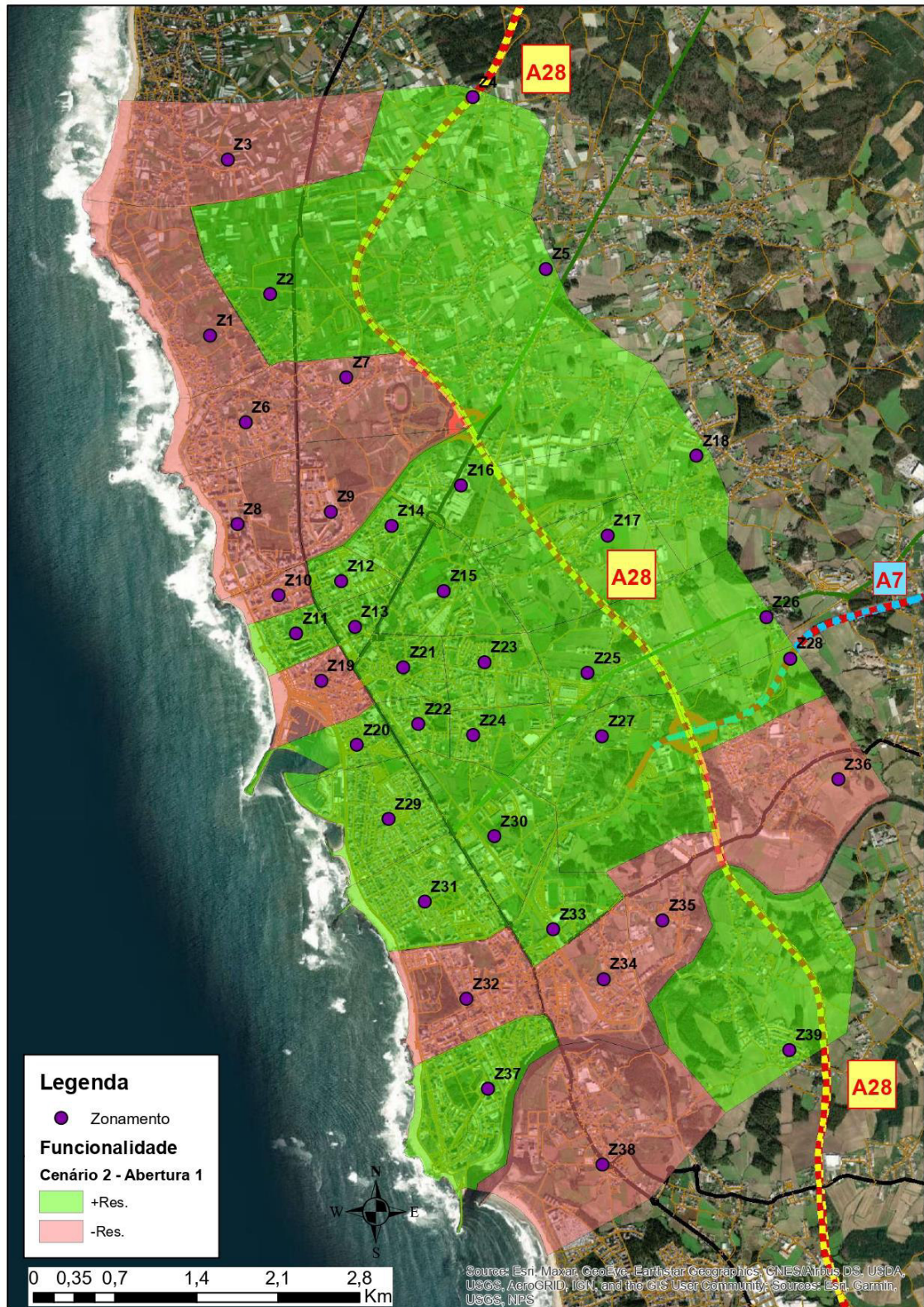


Figura 115 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 1 - Cenário 2

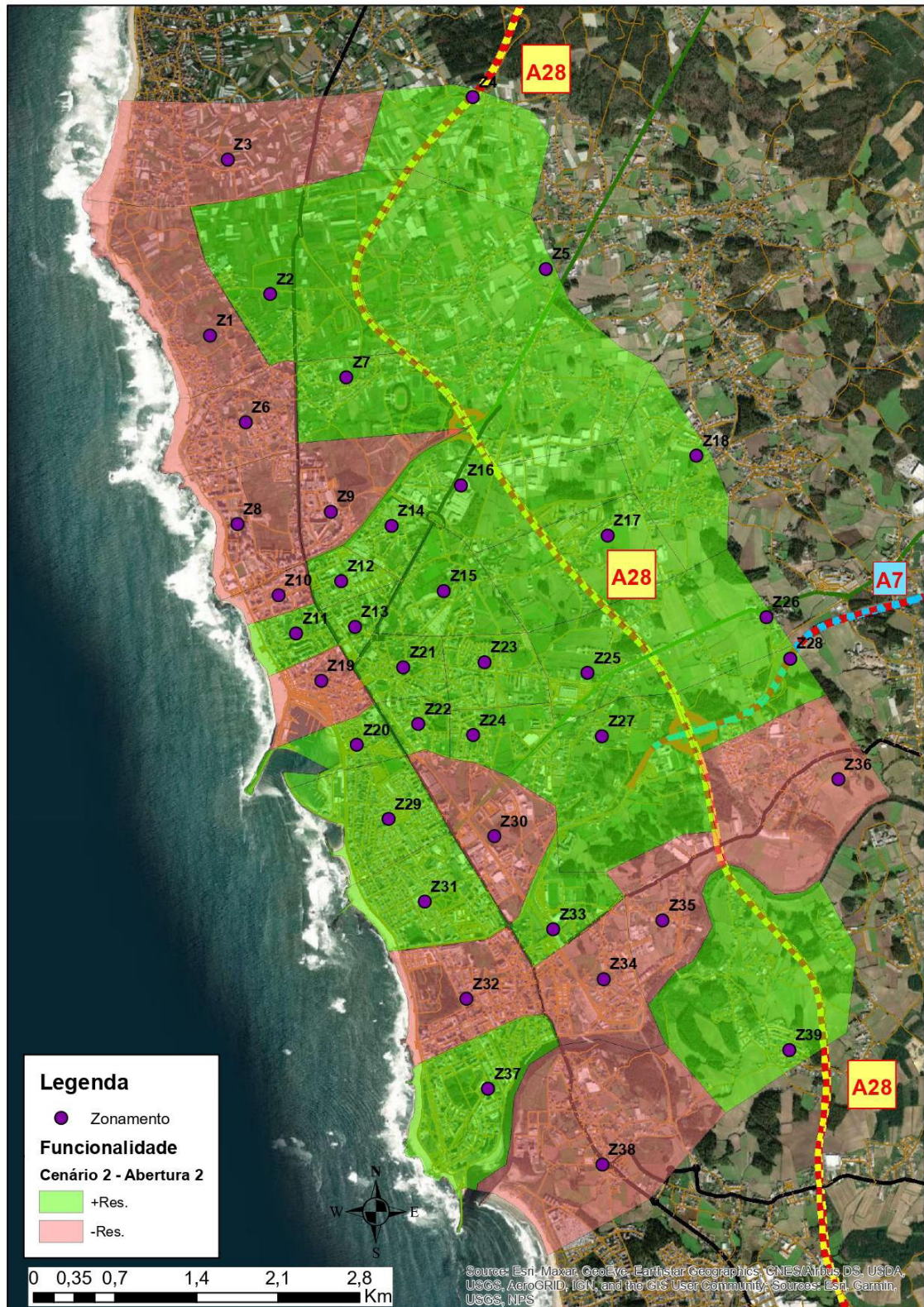


Figura 116 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 2 - Cenário 2

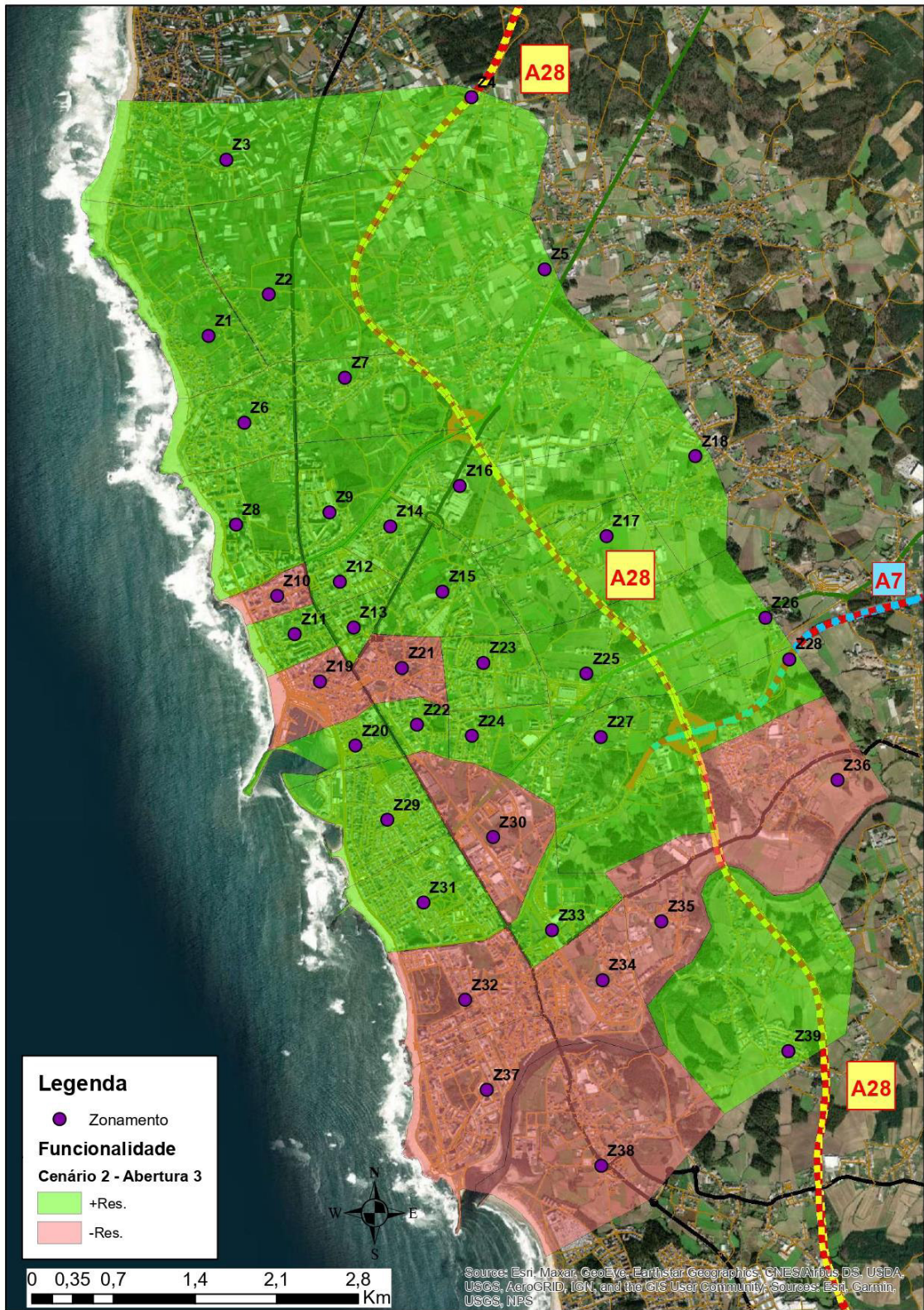


Figura 117 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 3 - Cenário 2

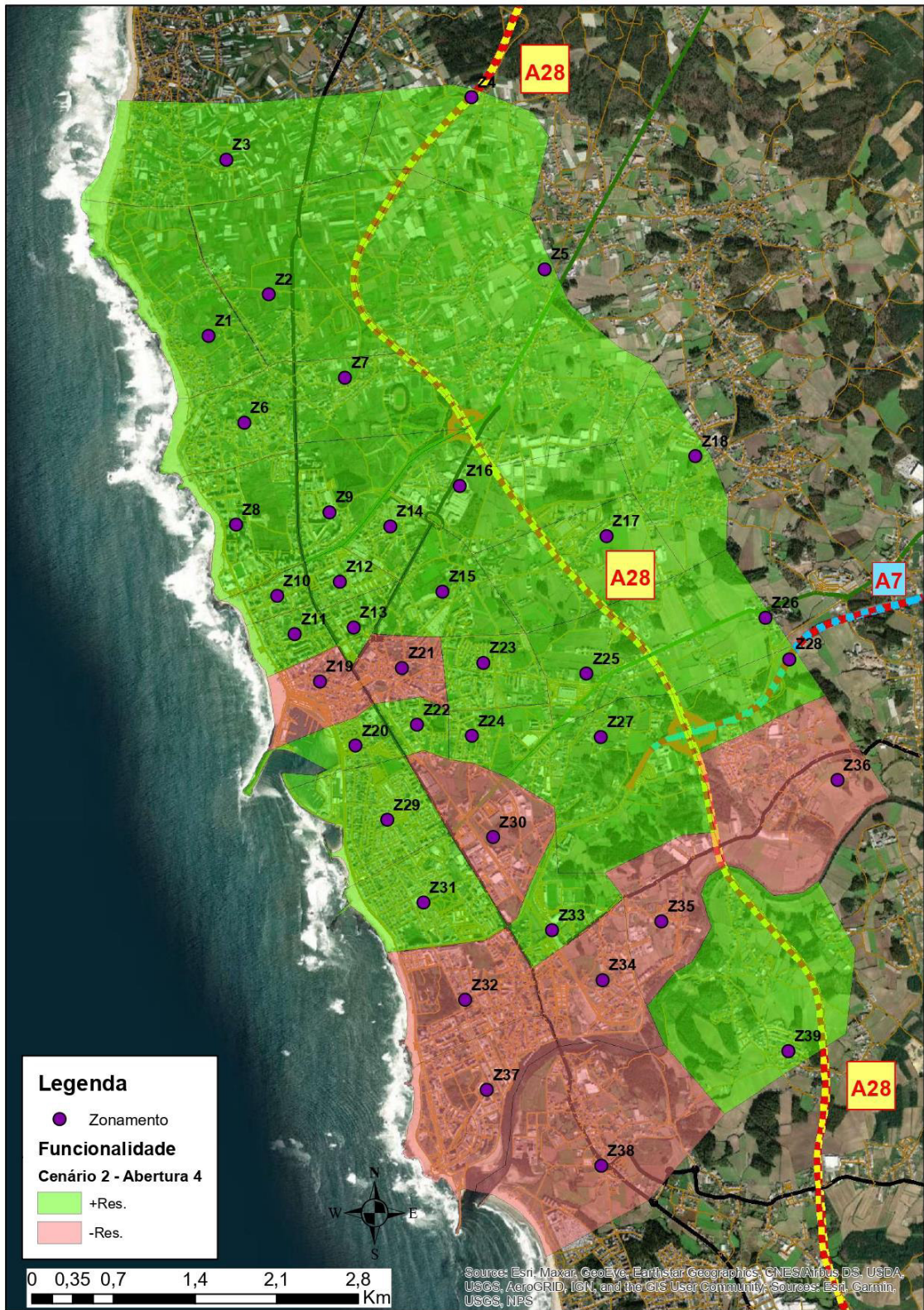


Figura 118 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 4 - Cenário 2

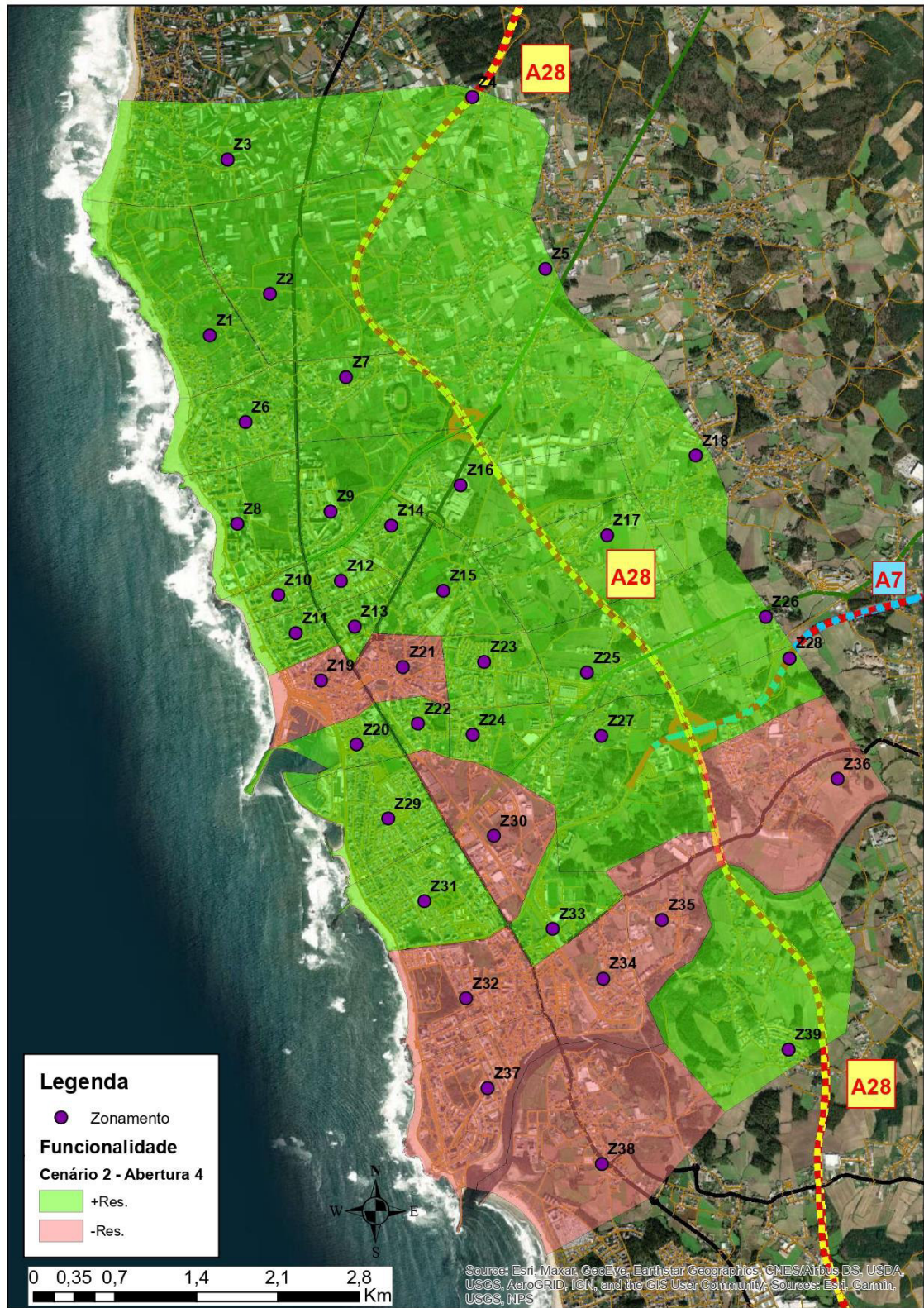


Figura 119 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 5 - Cenário 2

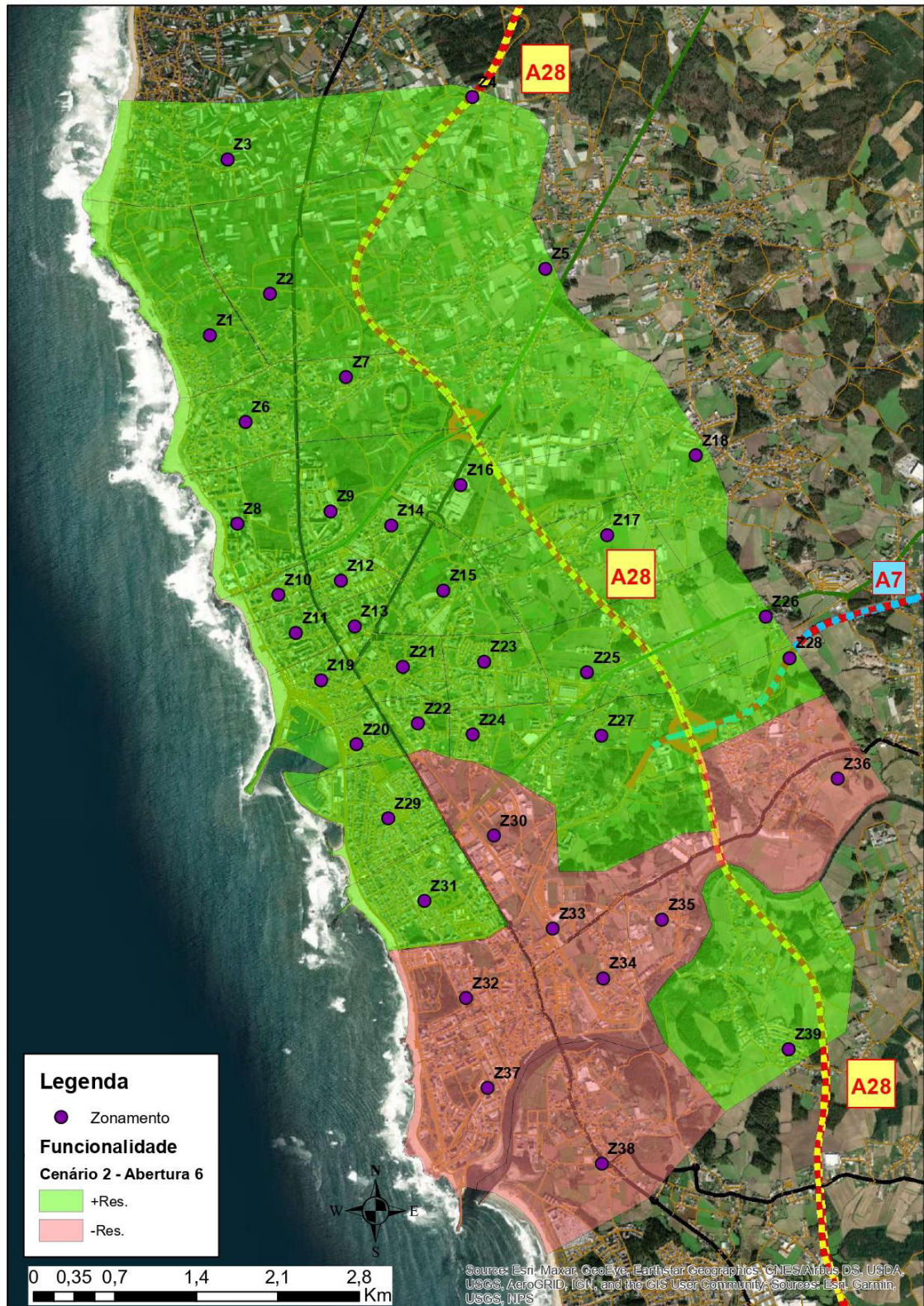


Figura 120 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 6 - Cenário 2

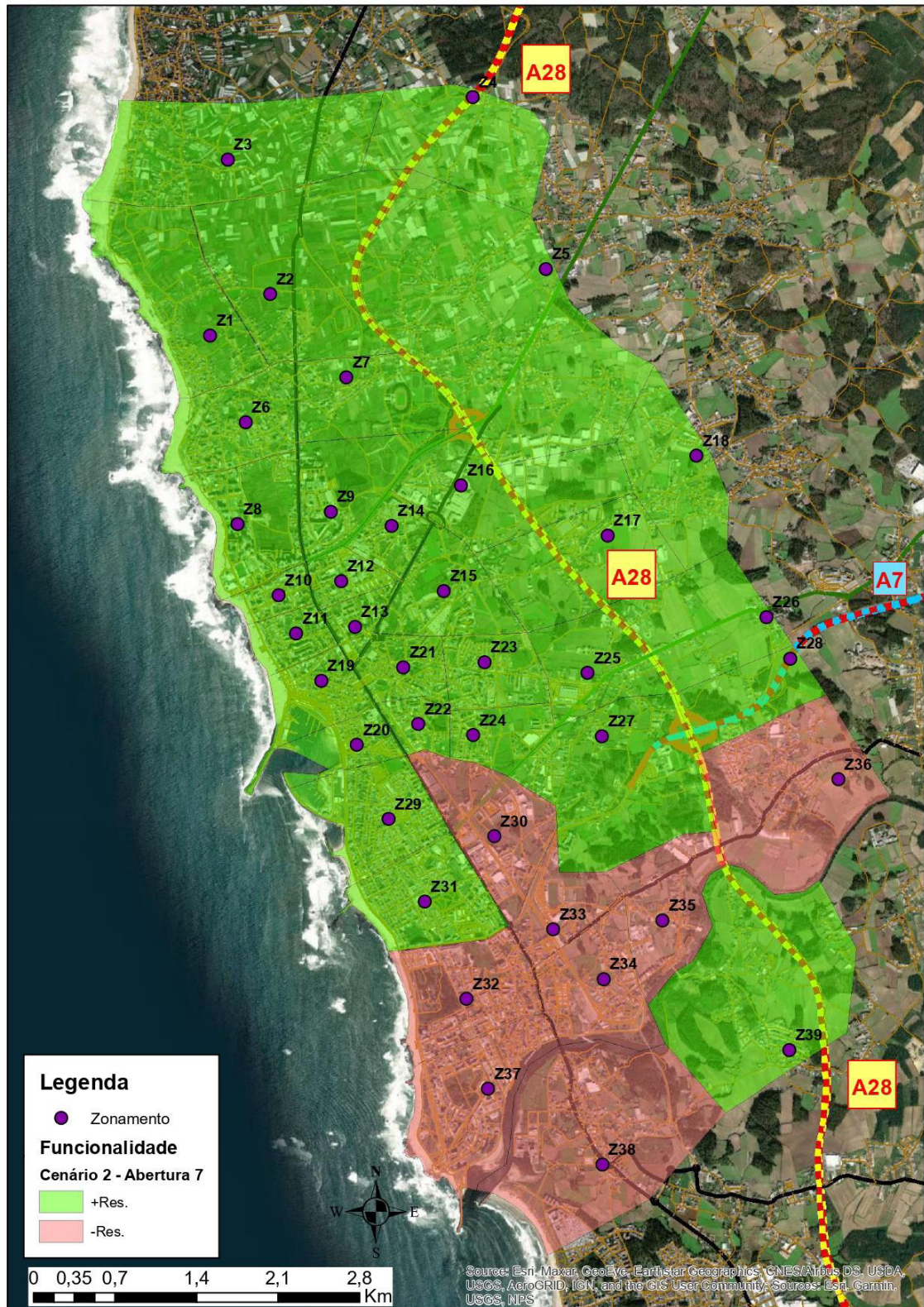


Figura 121 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 7 - Cenário 2



Figura 122 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes – Rede Base

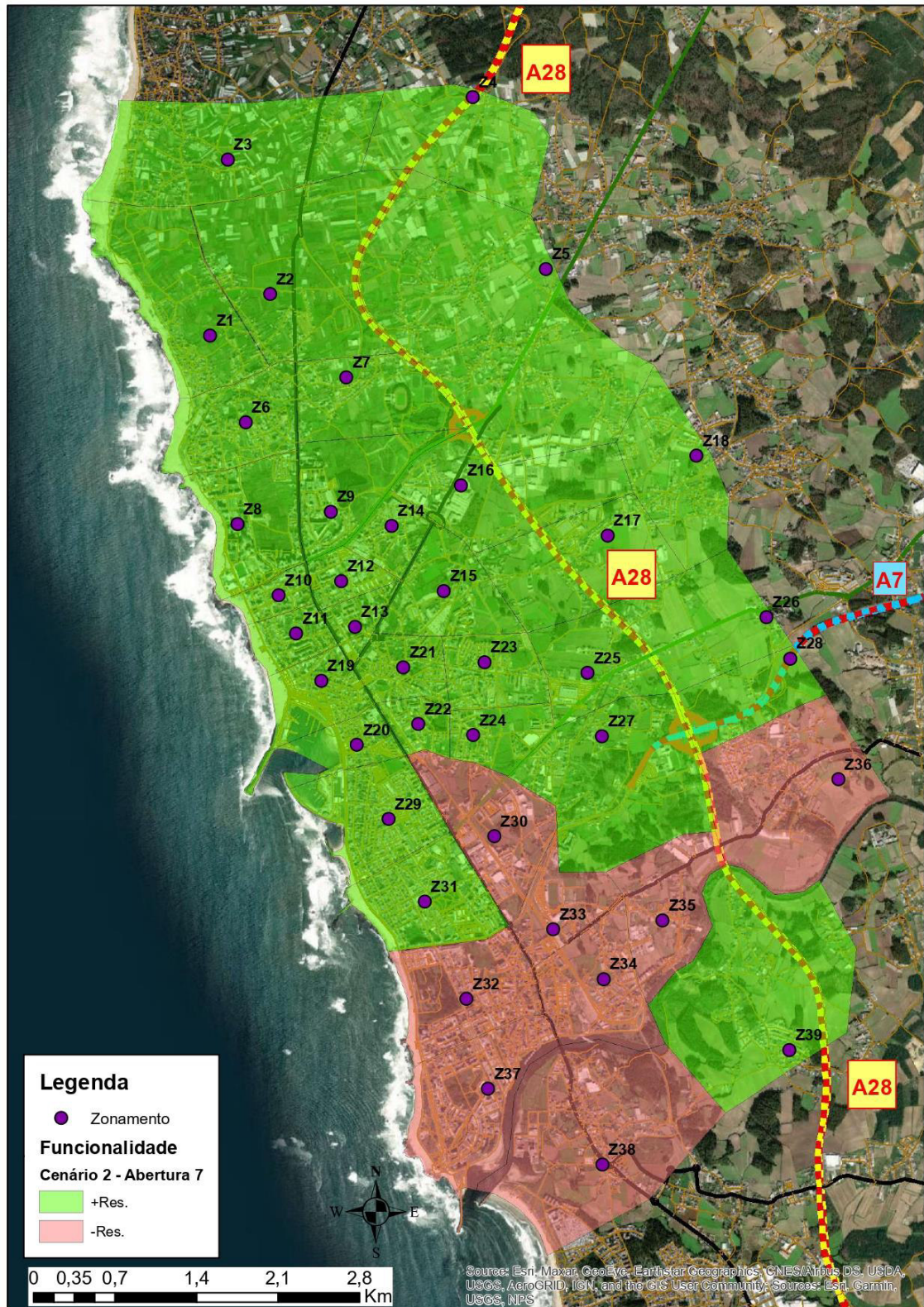


Figura 123 – Resiliência Final da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Cenário 2

J.3. Cenário 3

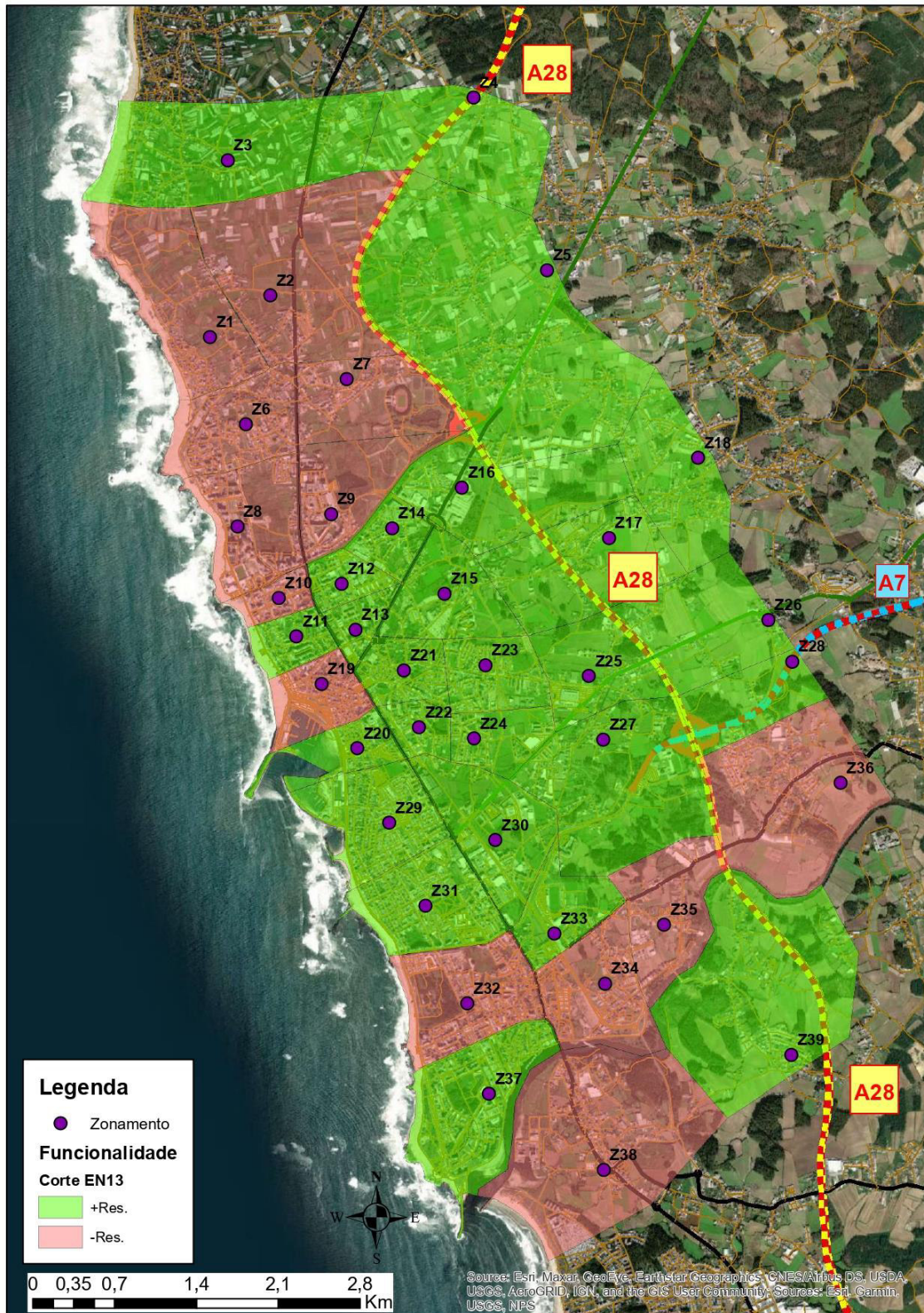


Figura 124 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Corte EN 13

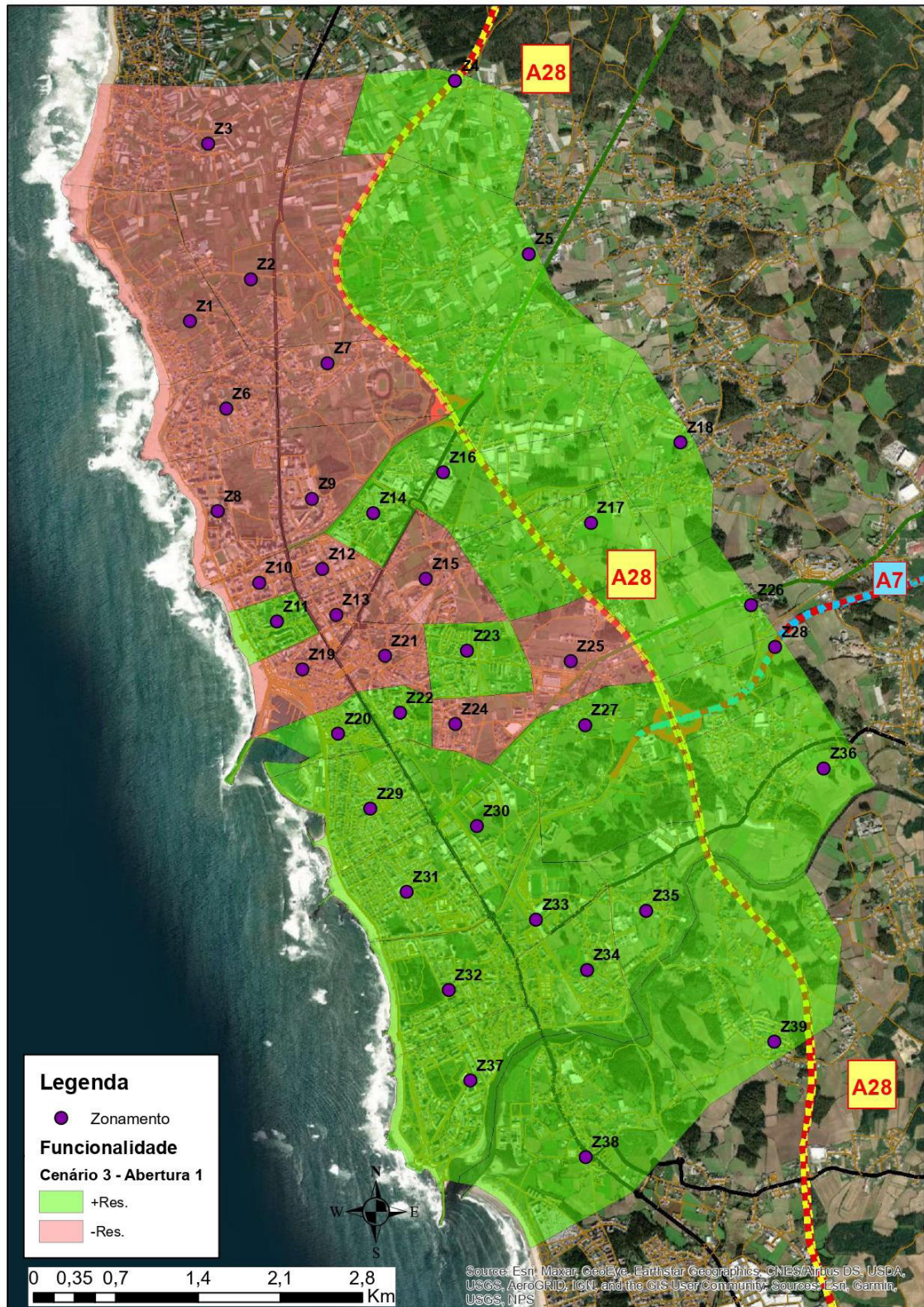


Figura 125 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 1 - Cenário 3

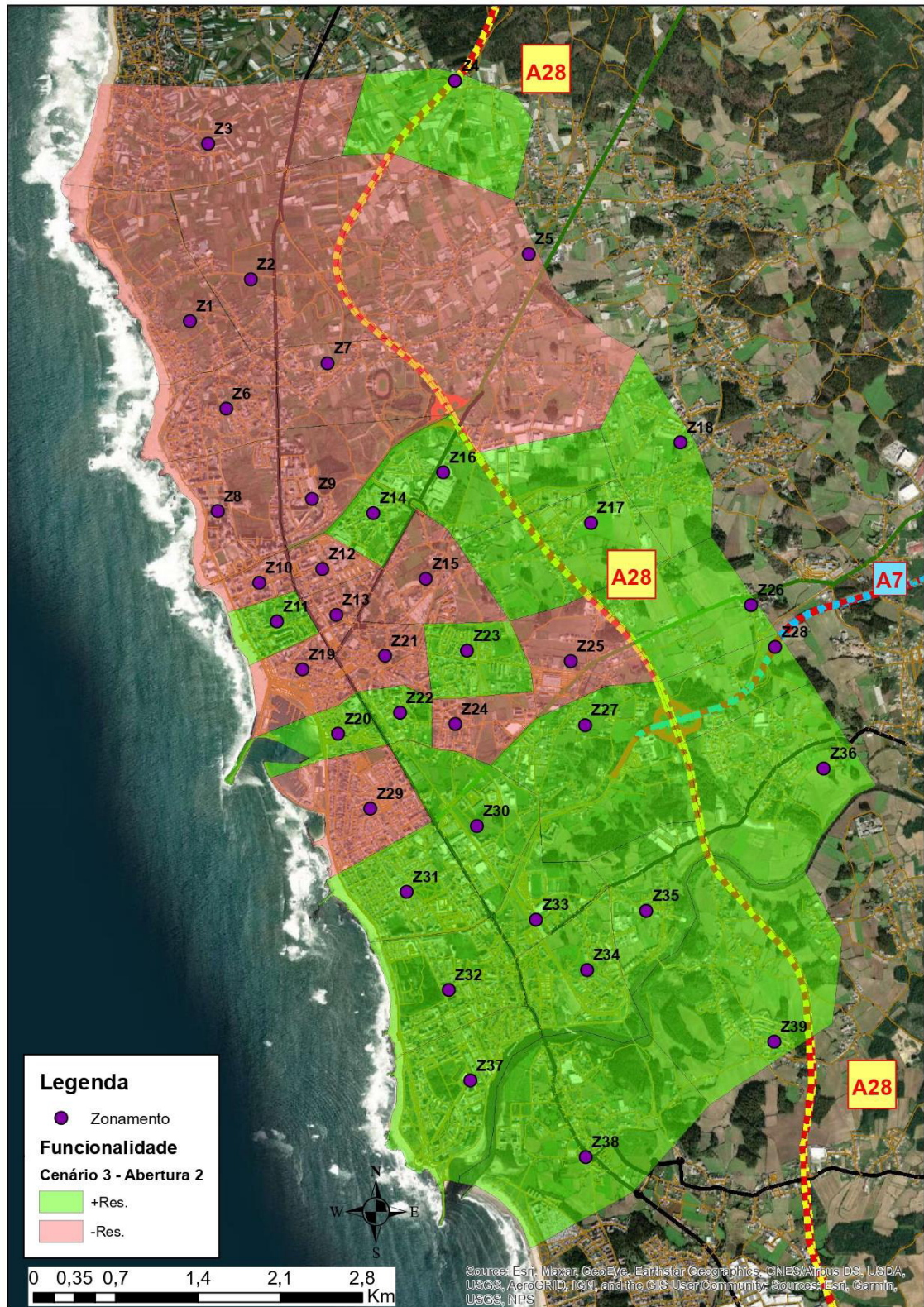


Figura 126 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 2 - Cenário 3

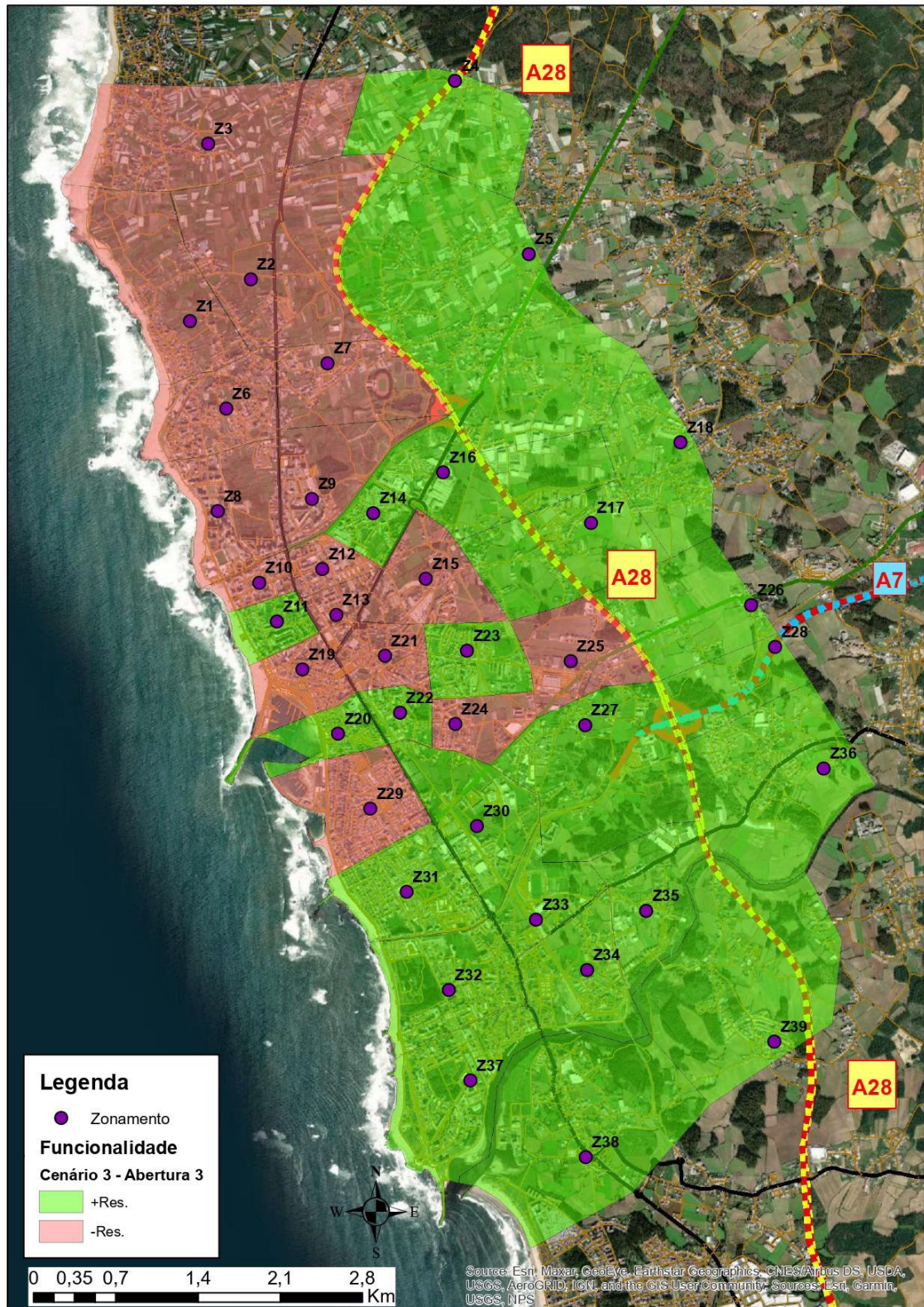


Figura 127 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 3 - Cenário 3

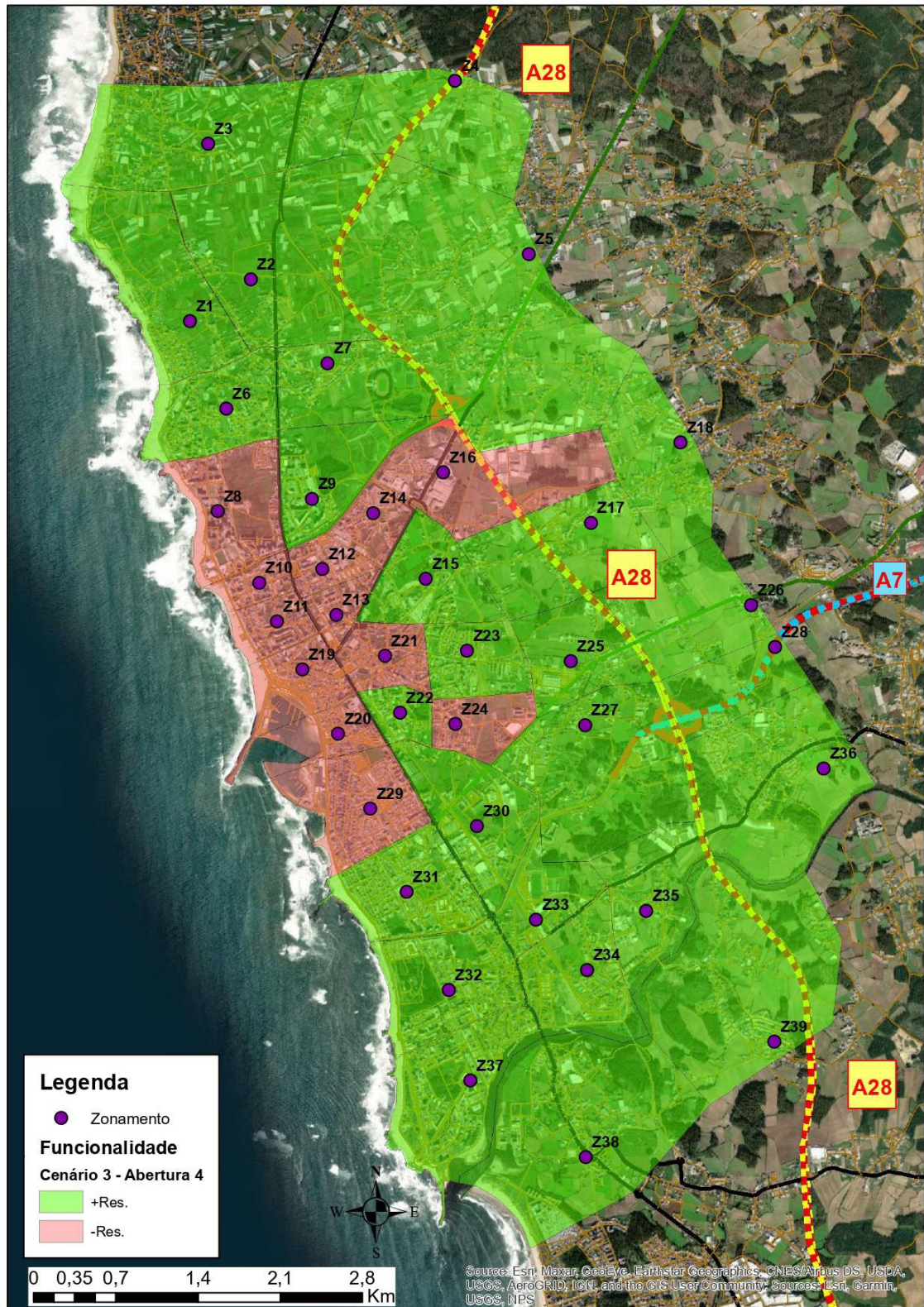


Figura 128 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 4 - Cenário 3

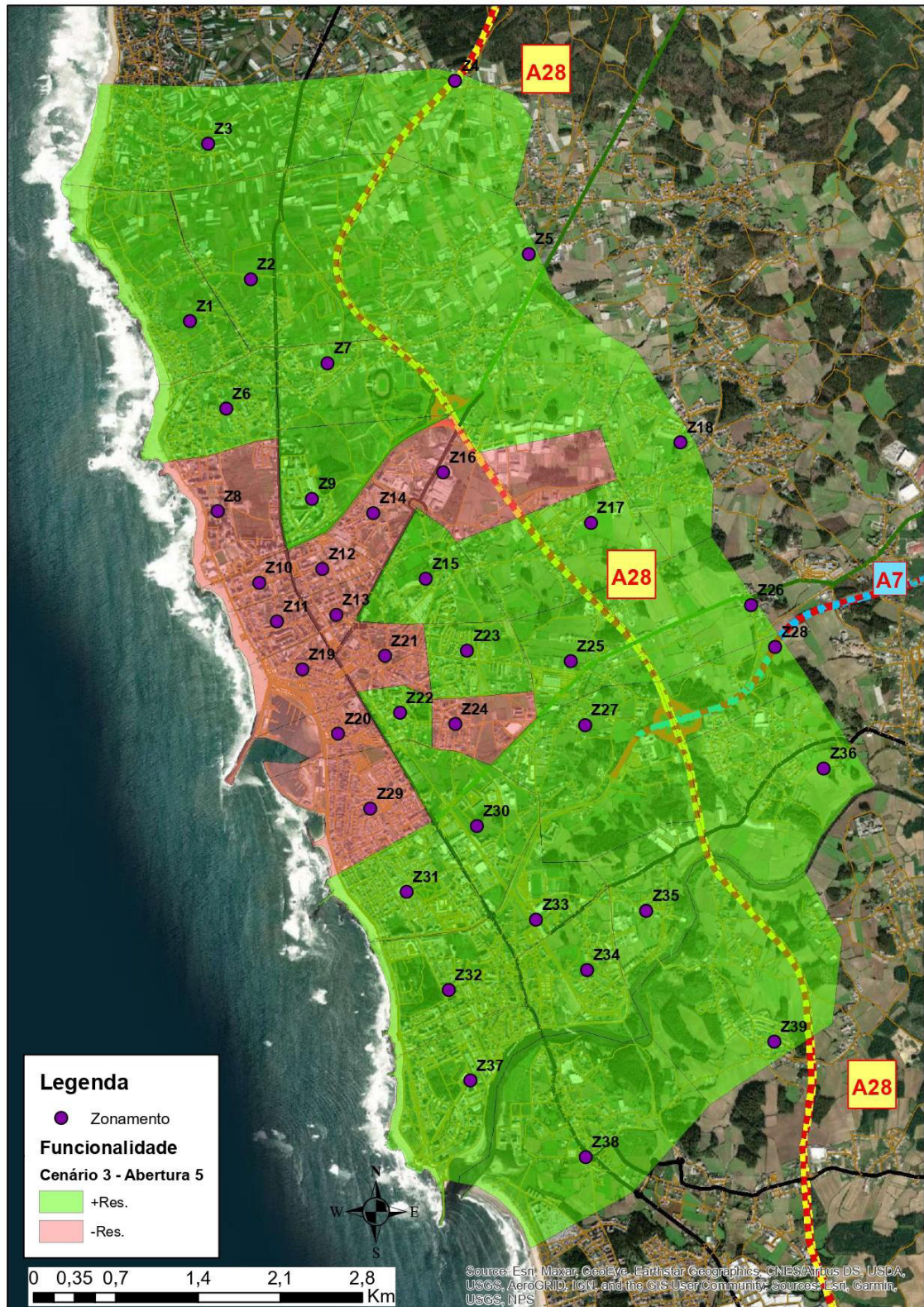


Figura 129 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 5 - Cenário 3

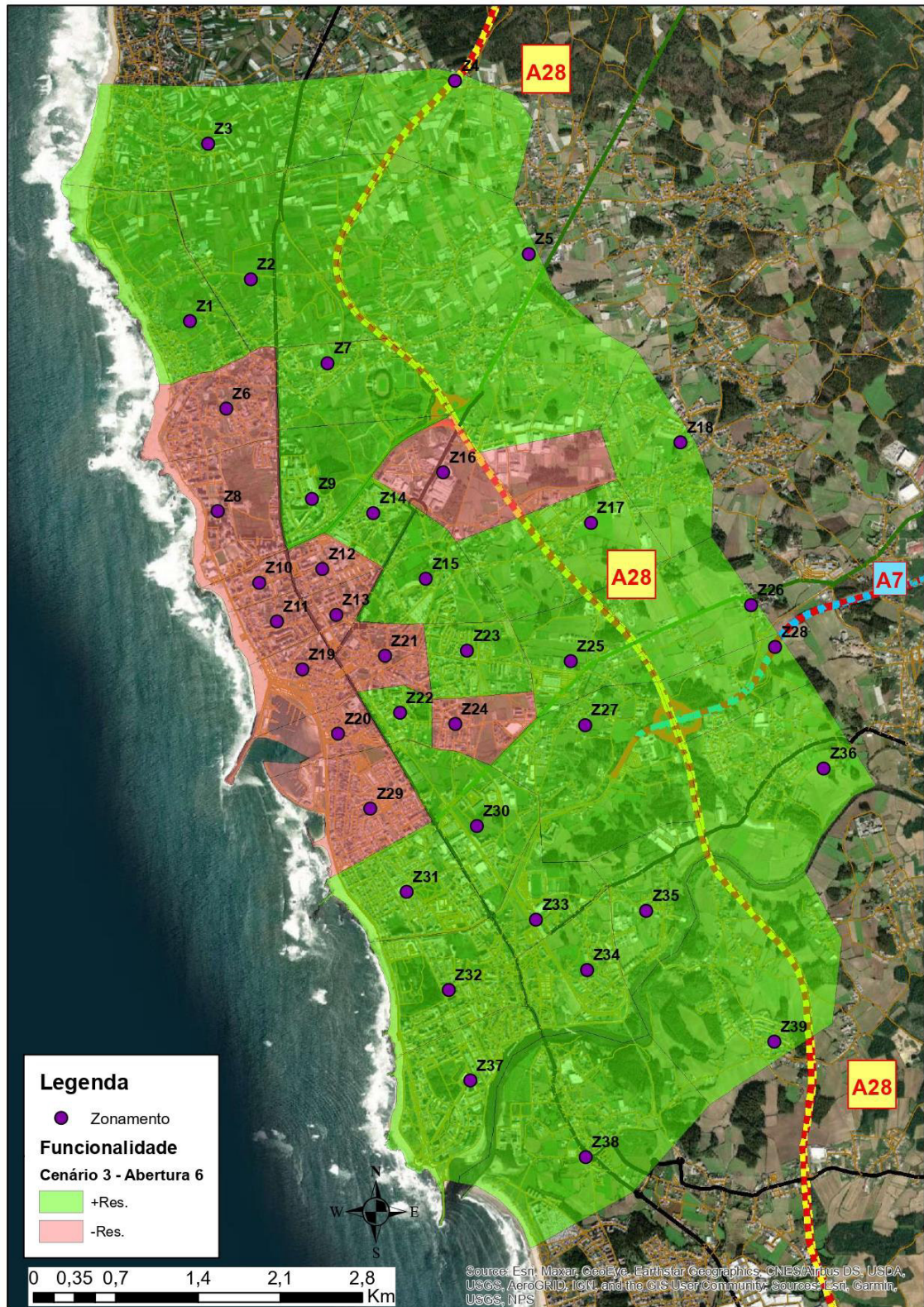


Figura 130 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 6 - Cenário 2

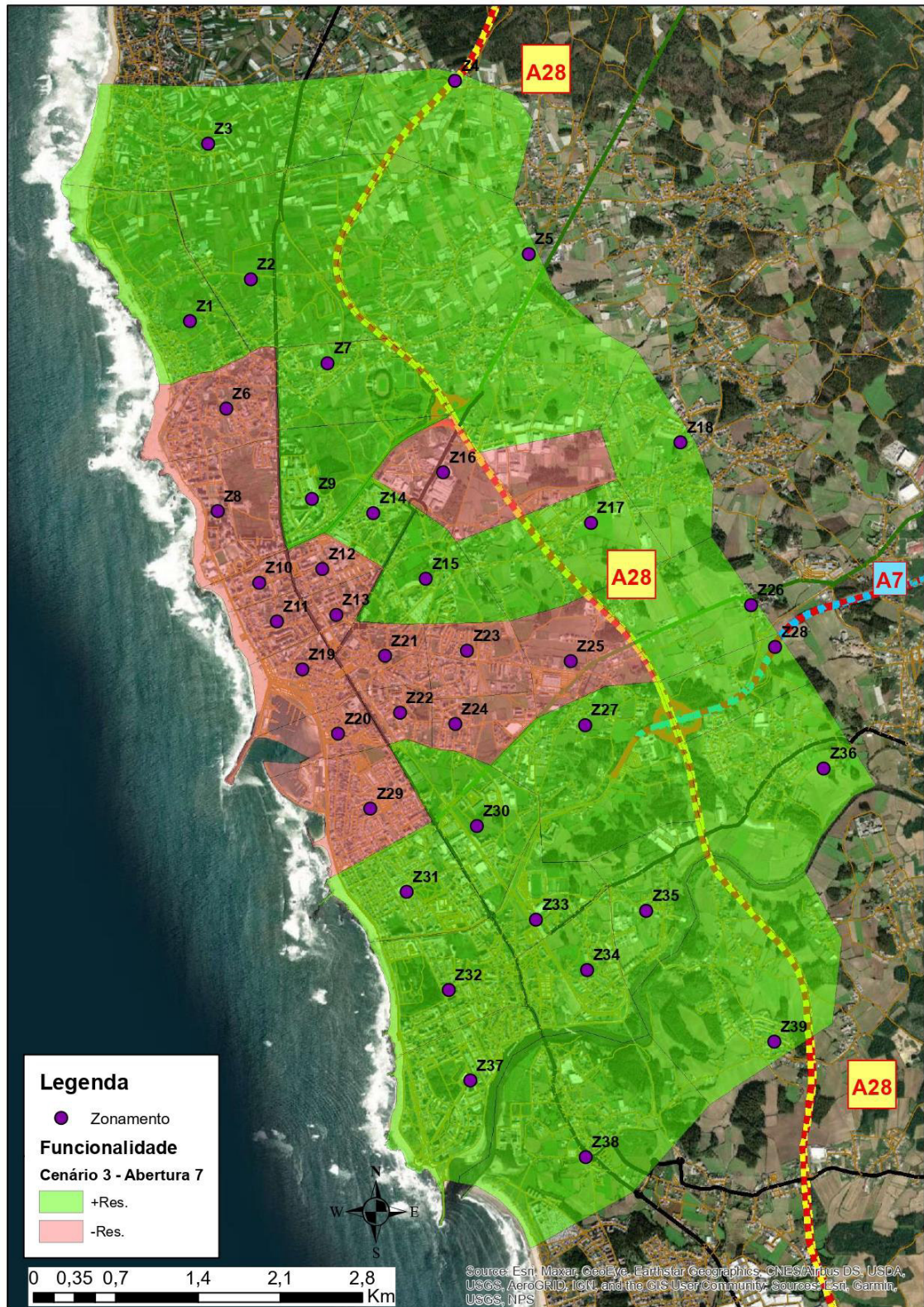


Figura 131 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Abertura 7 - Cenário 3



Figura 132 – Resiliência da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes – Rede Base

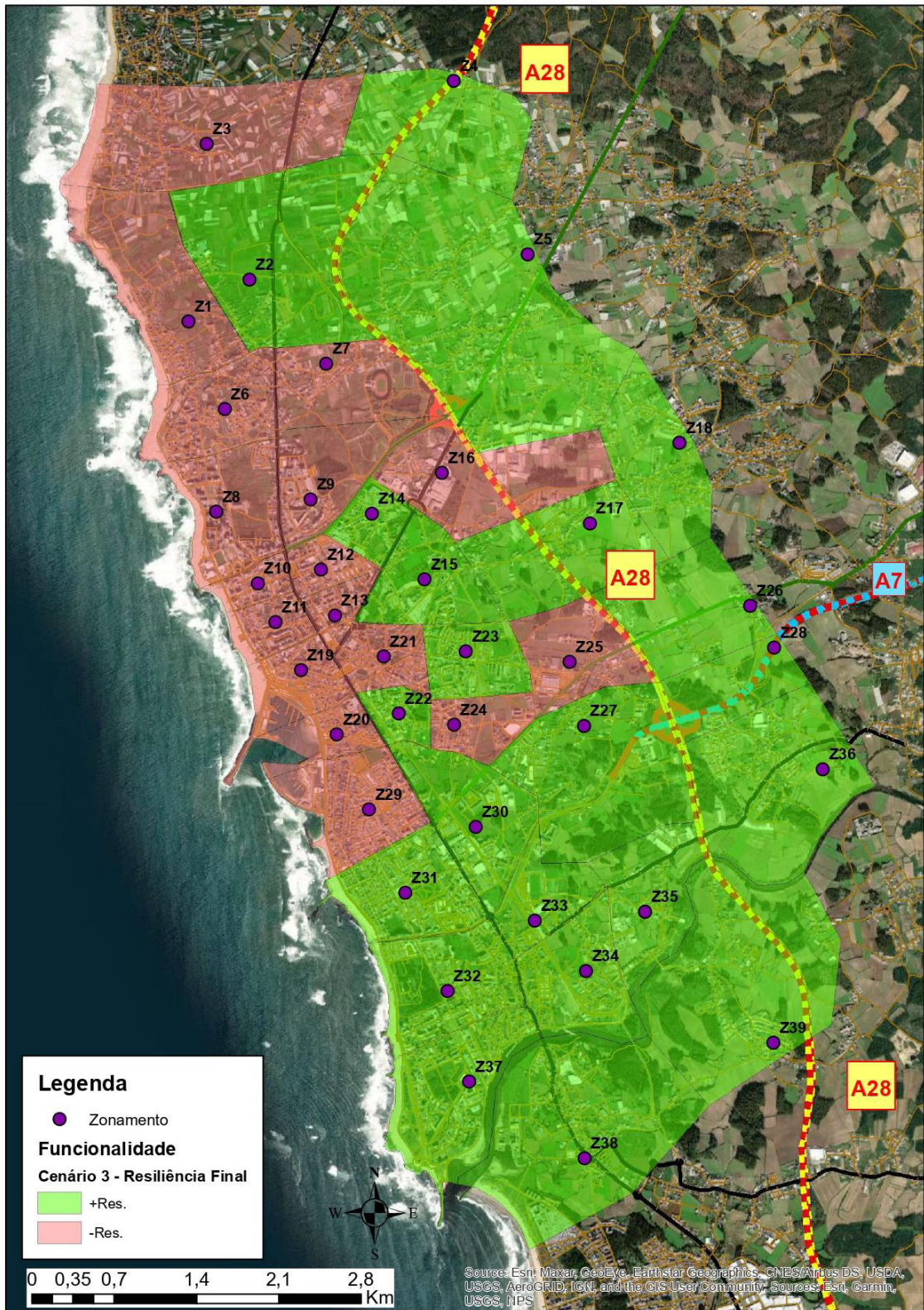


Figura 133 – Resiliência Final da Funcionalidade da Infraestrutura de Transportes - Cenário 3

Anexo K.

Mapas da Resiliência na Mobilidade Urbana

K.1. Cenário 1

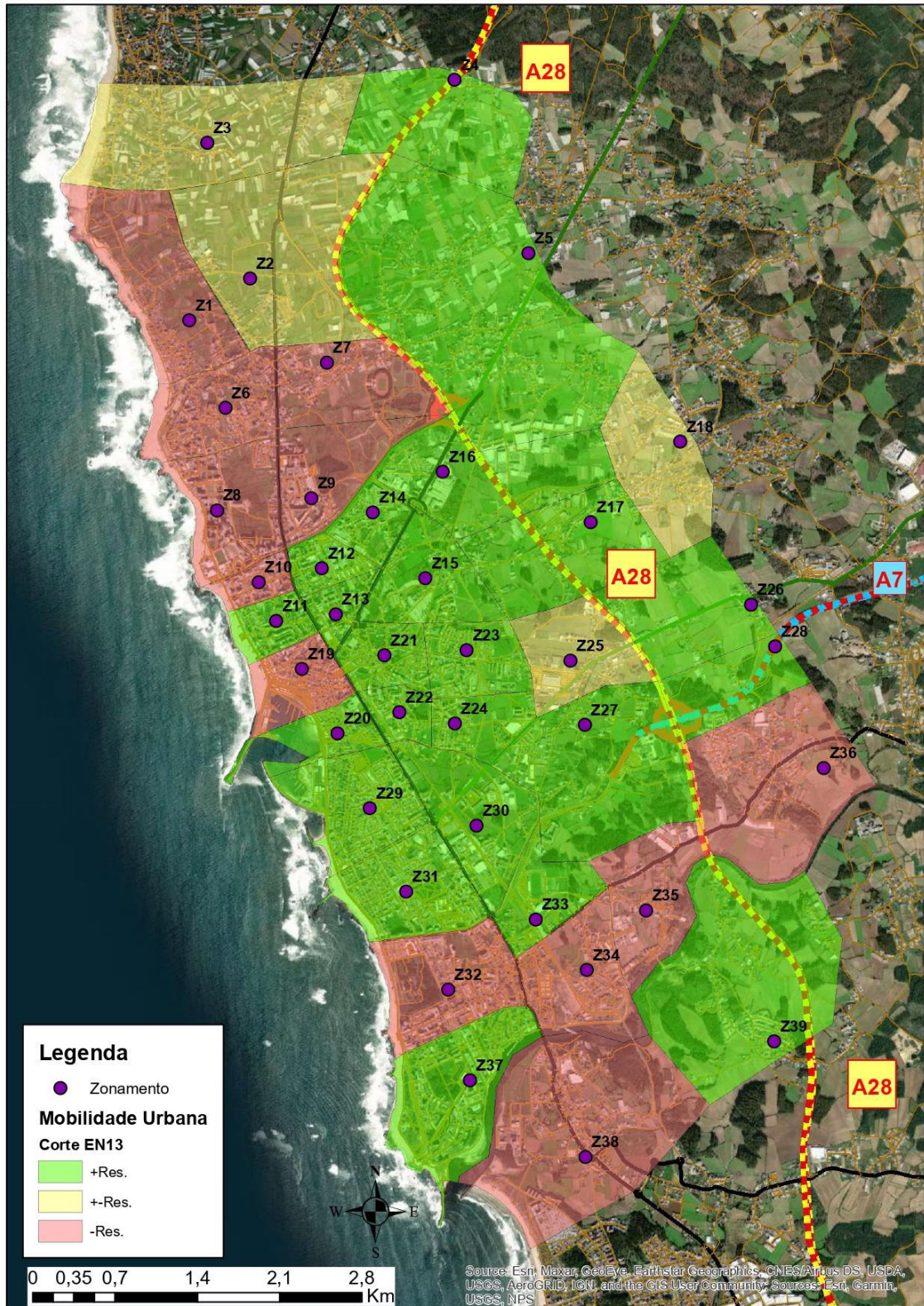


Figura 134 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Corte EN 13

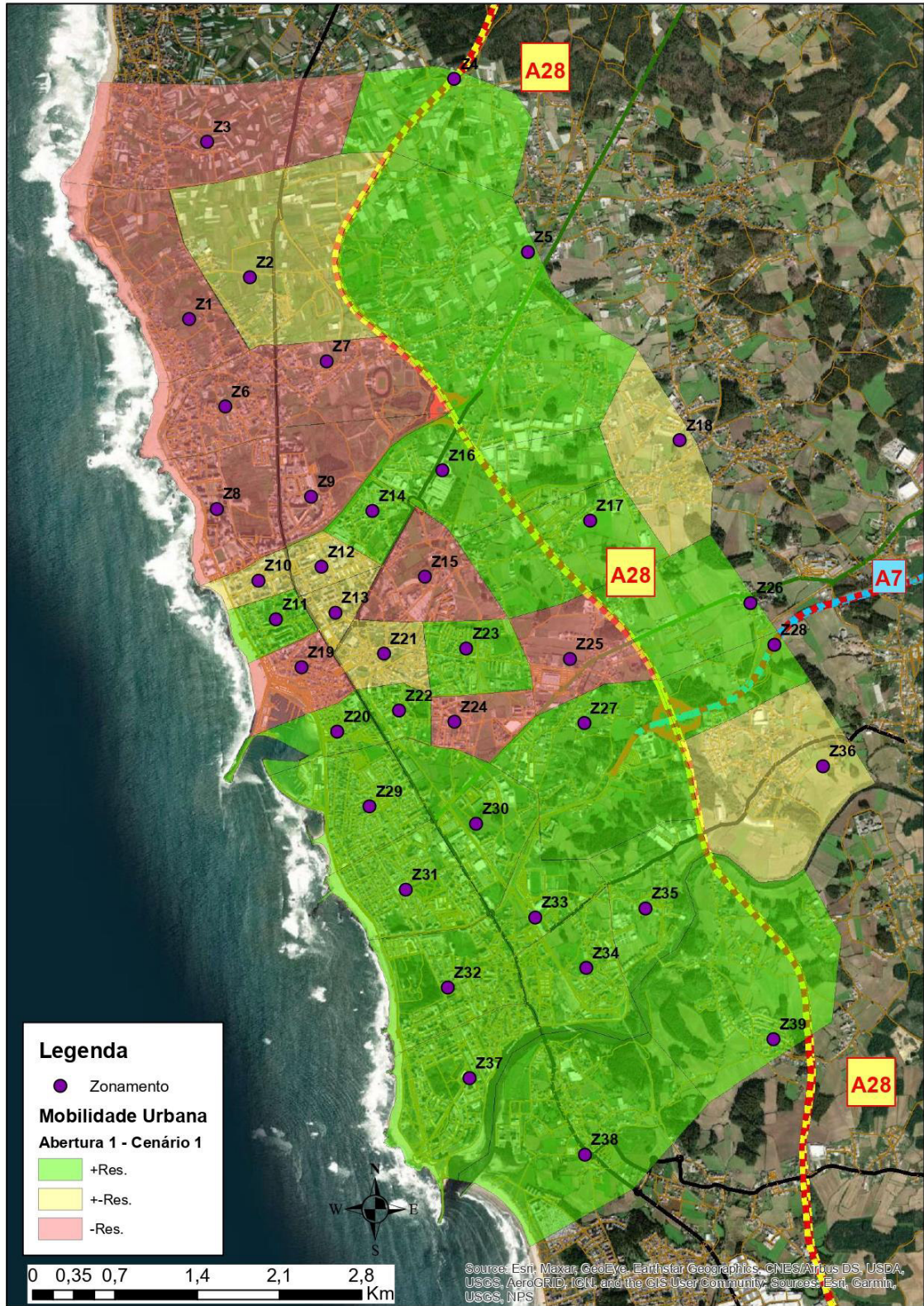


Figura 135 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 1 - Cenário 1

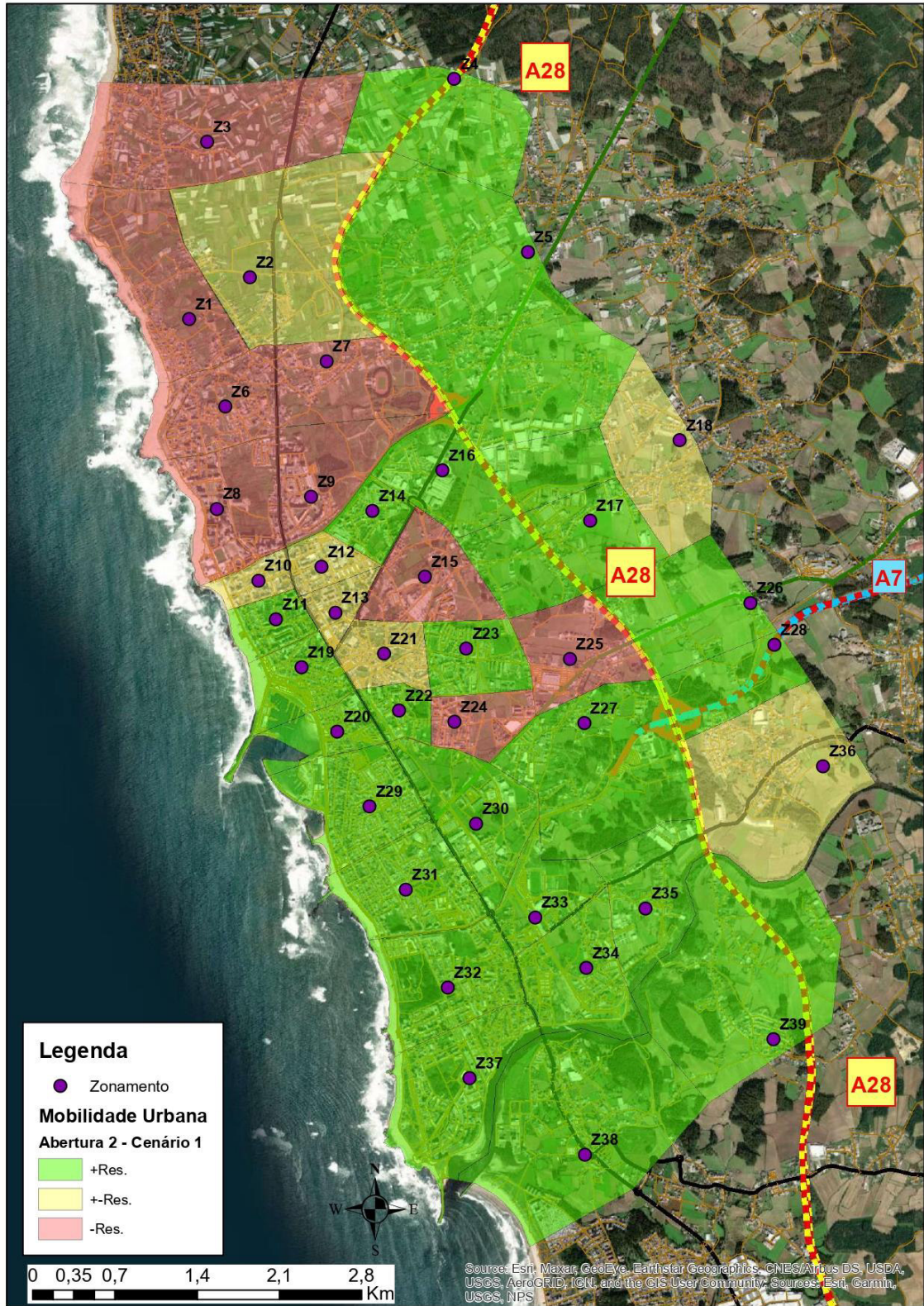


Figura 136 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 2 - Cenário 1

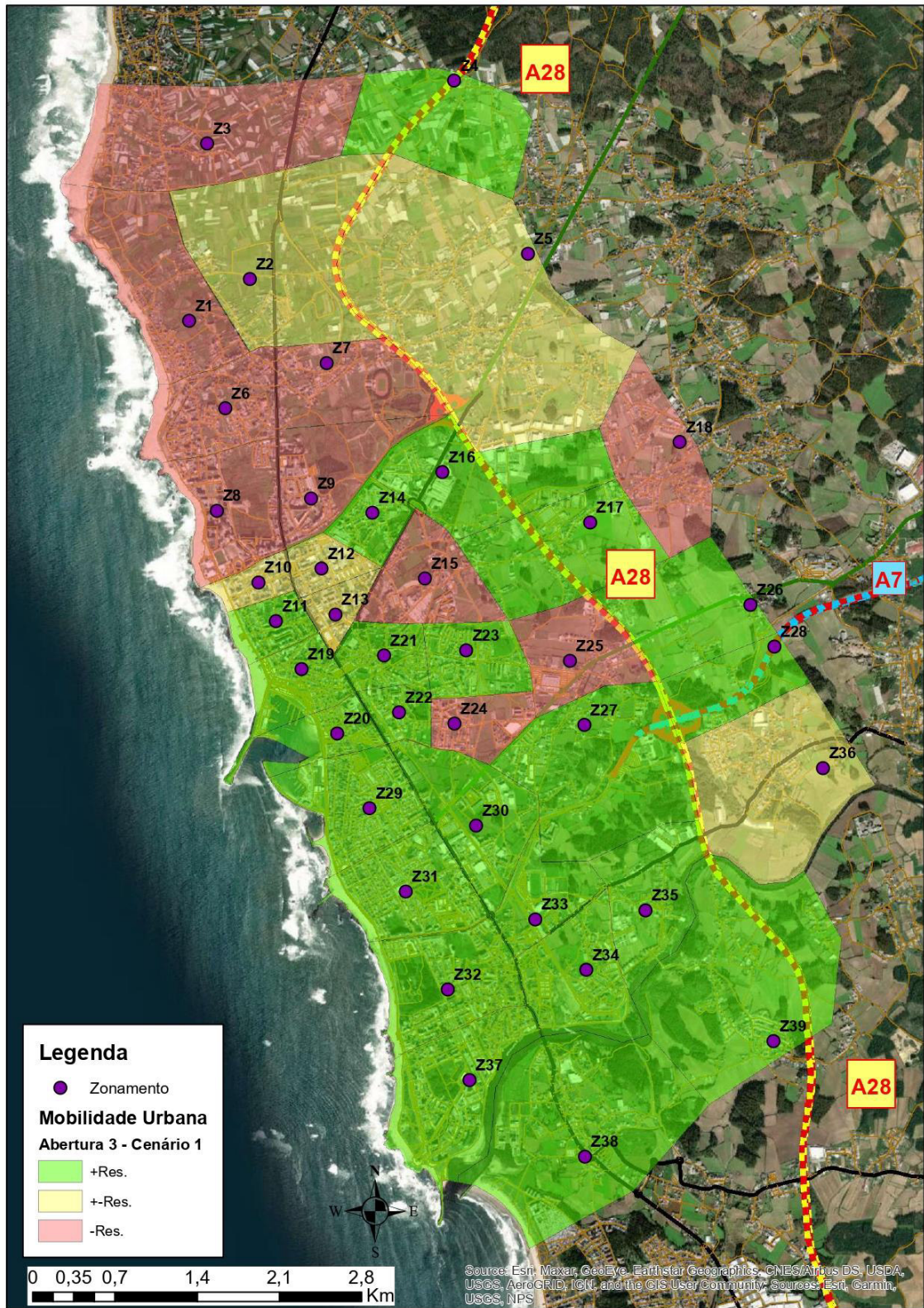


Figura 137 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 3 - Cenário 1

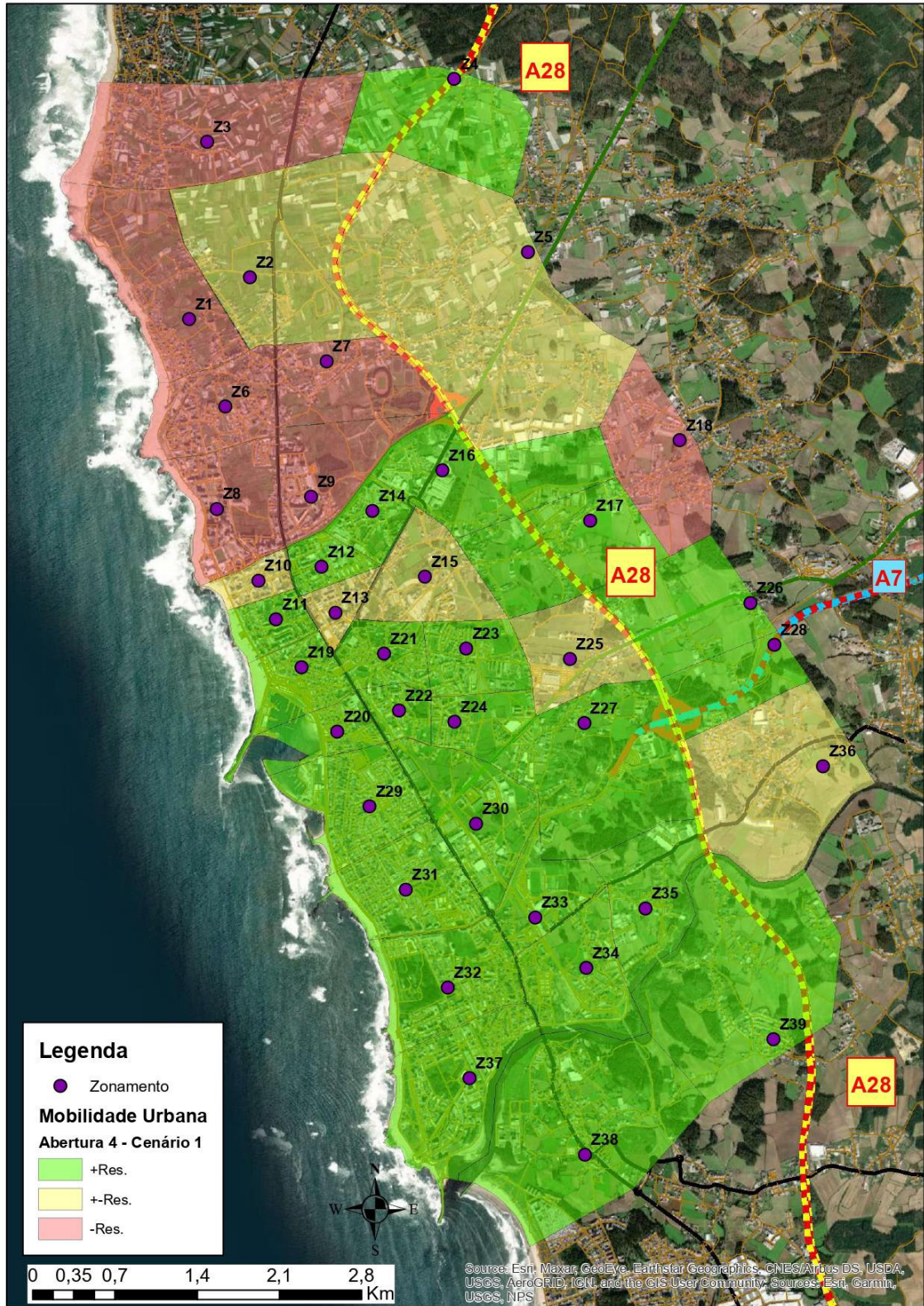


Figura 138 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 4 - Cenário 1

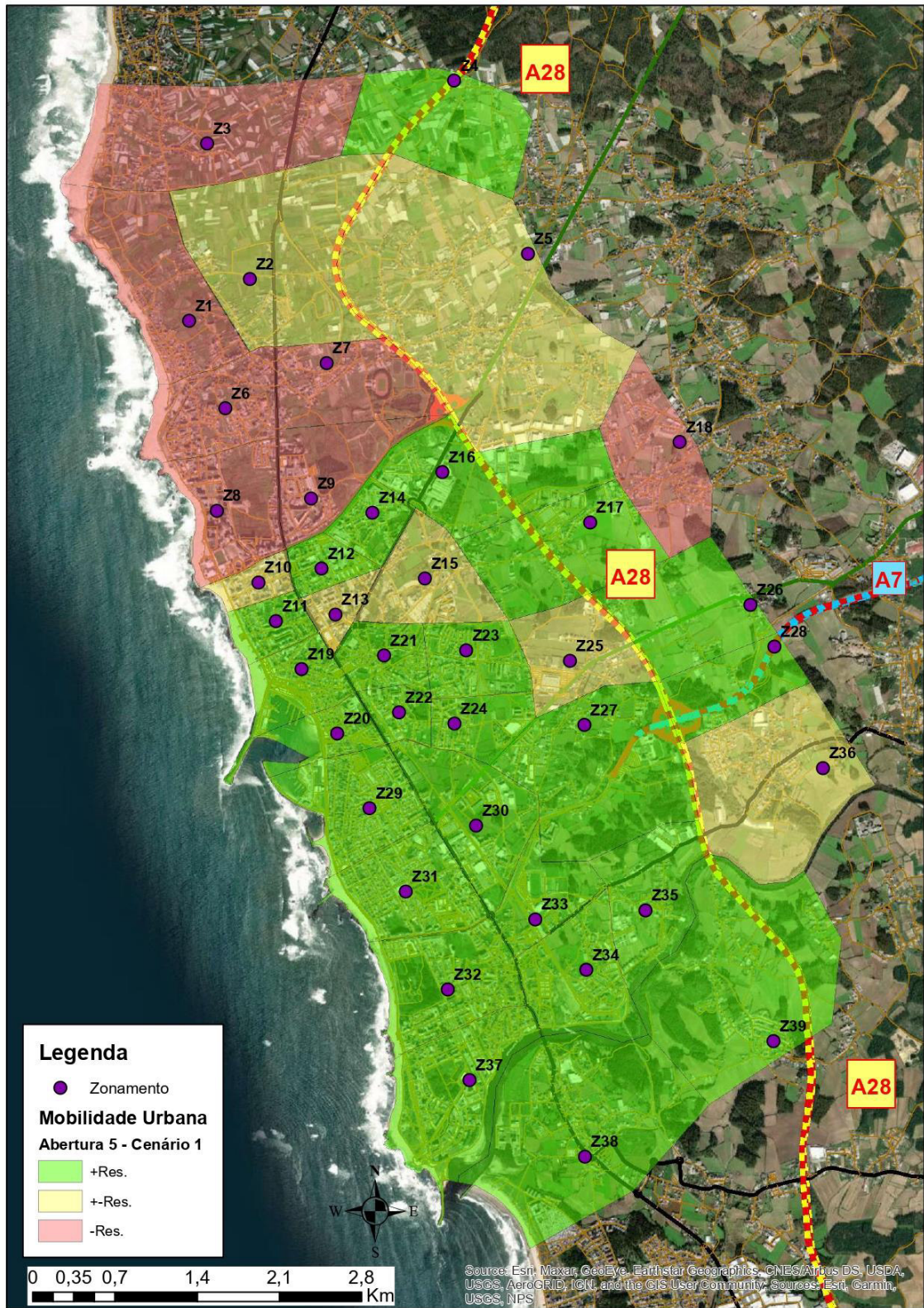


Figura 139 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 5 - Cenário 1

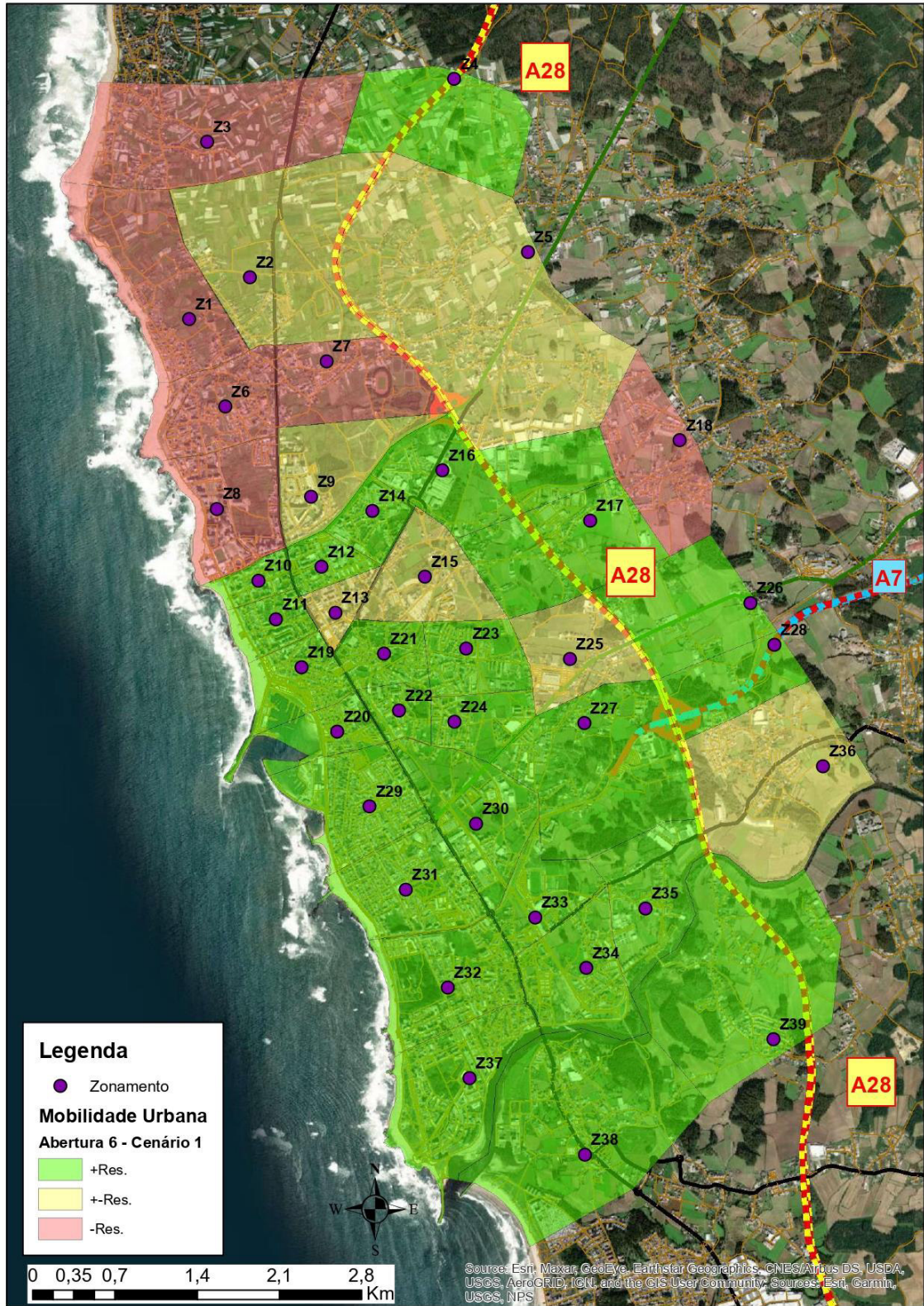


Figura 140 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 6 - Cenário 1

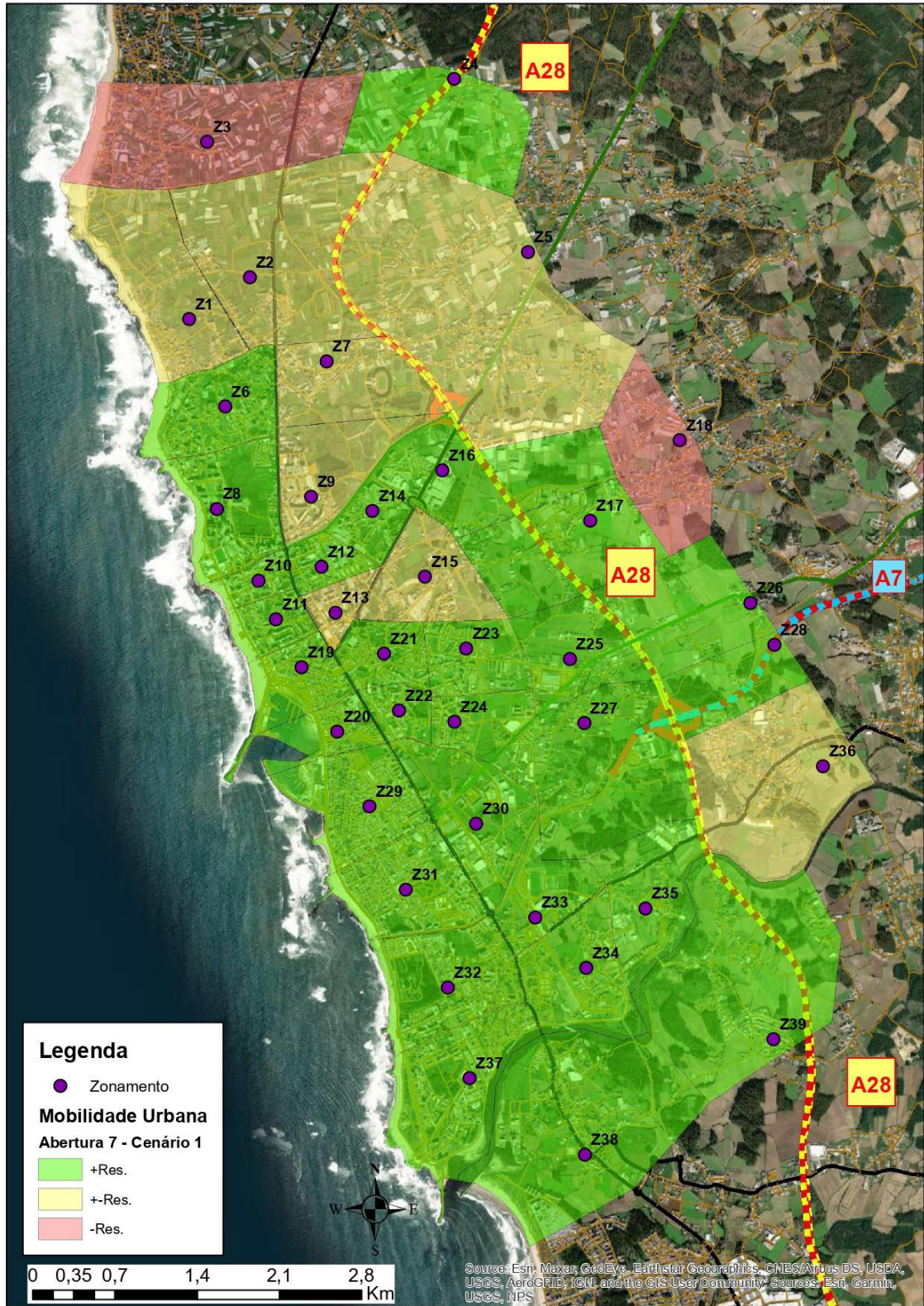


Figura 141 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 7 - Cenário 1

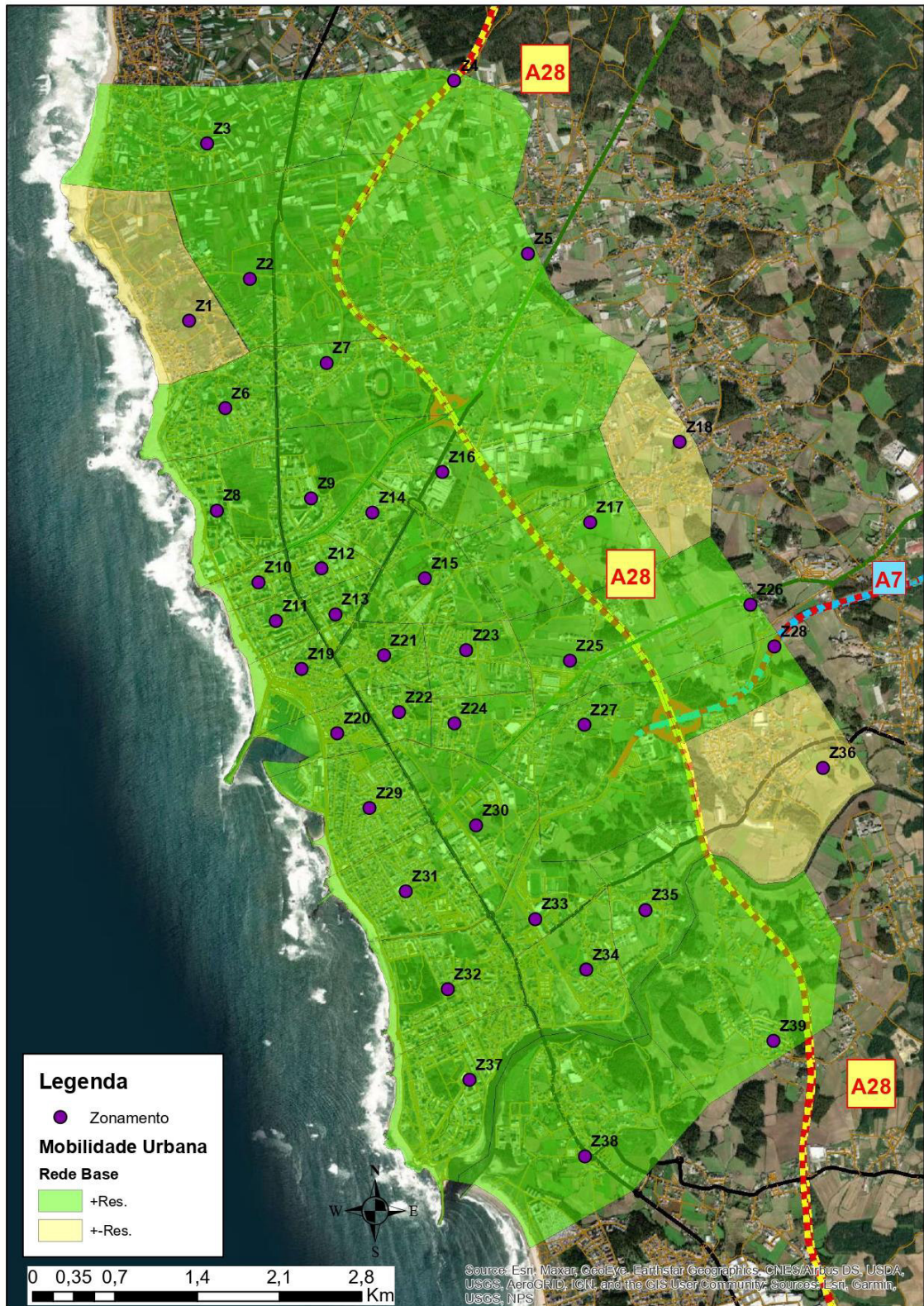


Figura 142 – Resiliência na Mobilidade Urbana – Rede Base

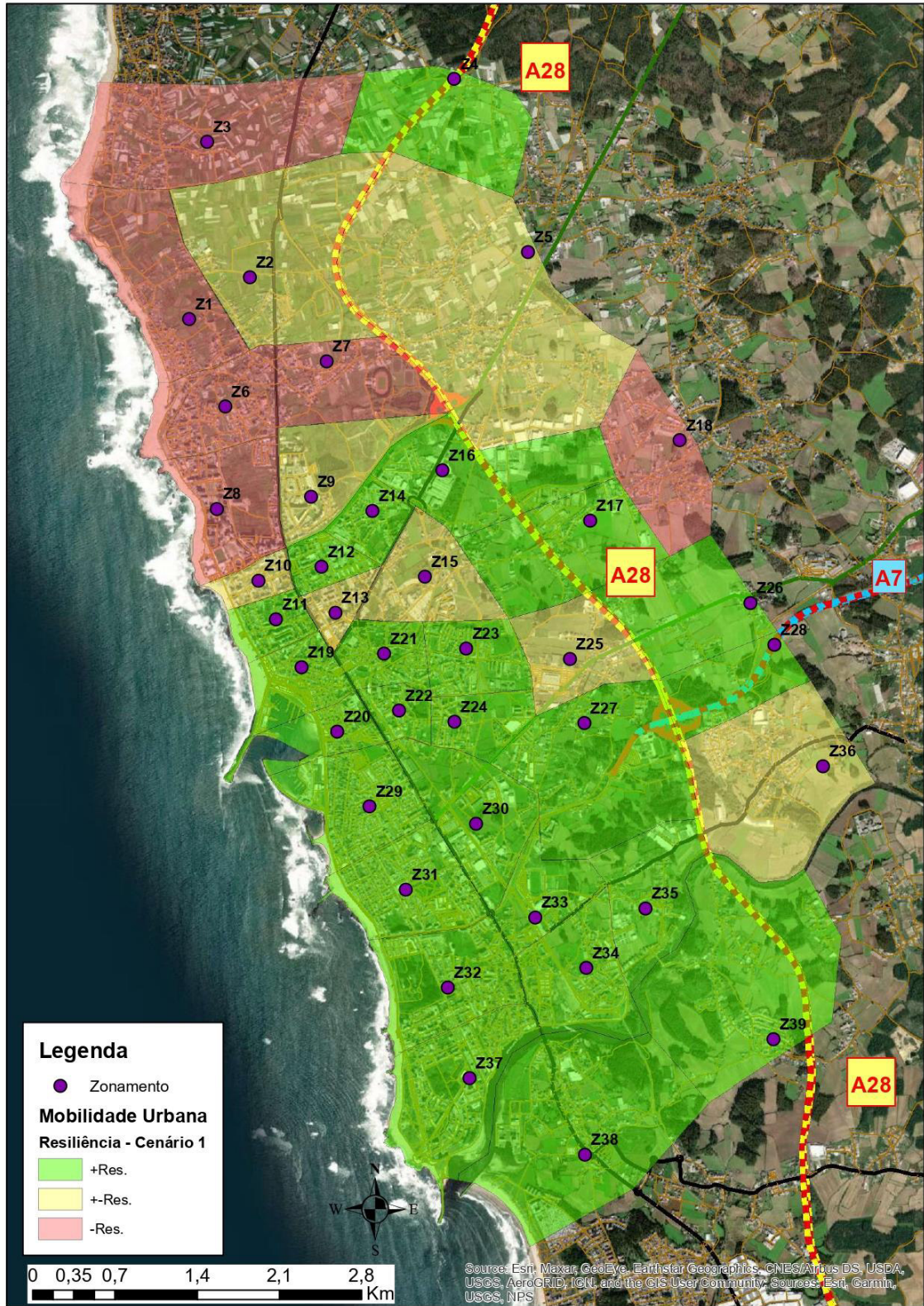


Figura 143 – Resiliência Final na Mobilidade Urbana - Cenário 1

K.2. Cenário 2

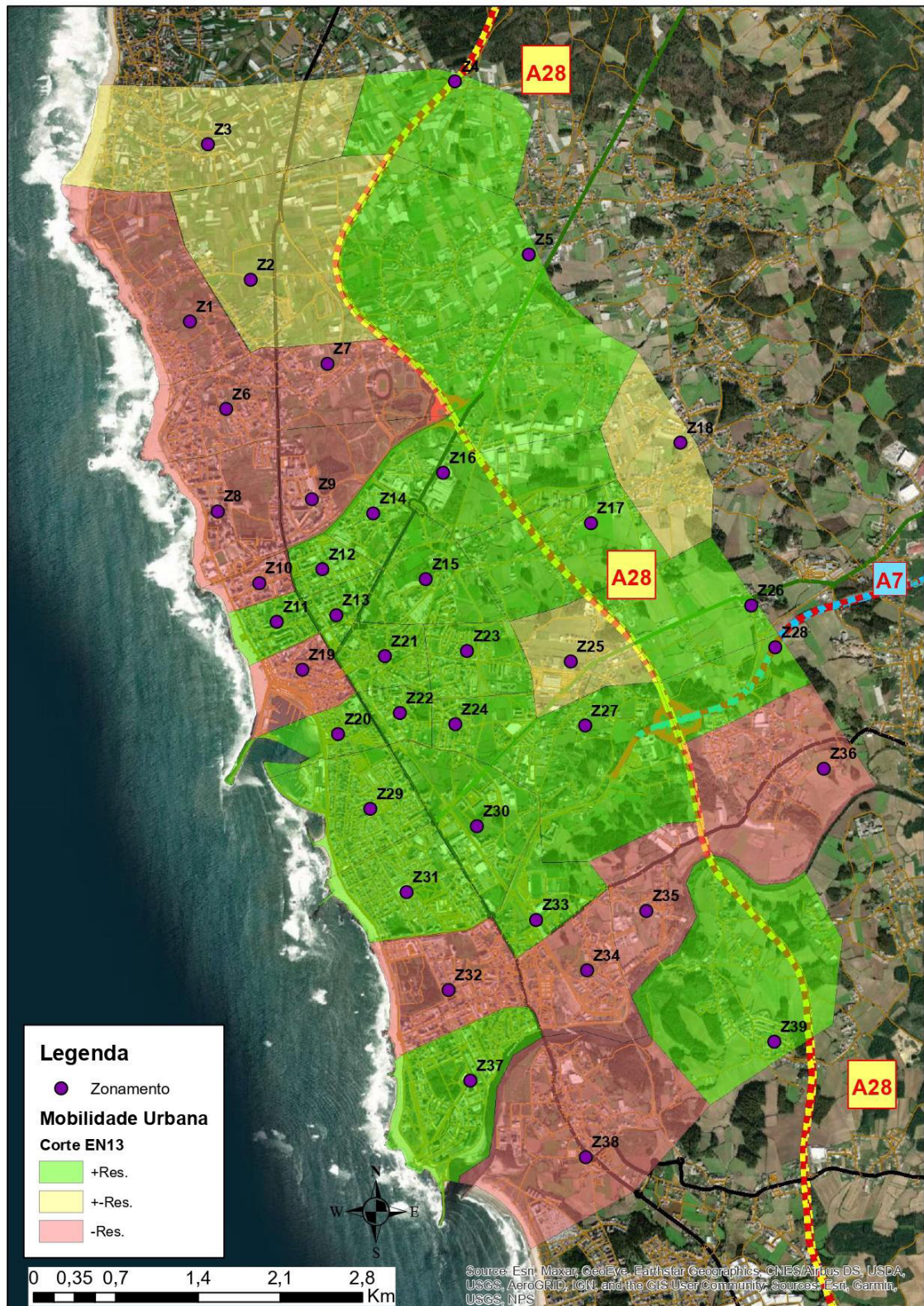


Figura 144 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Corte EN 13

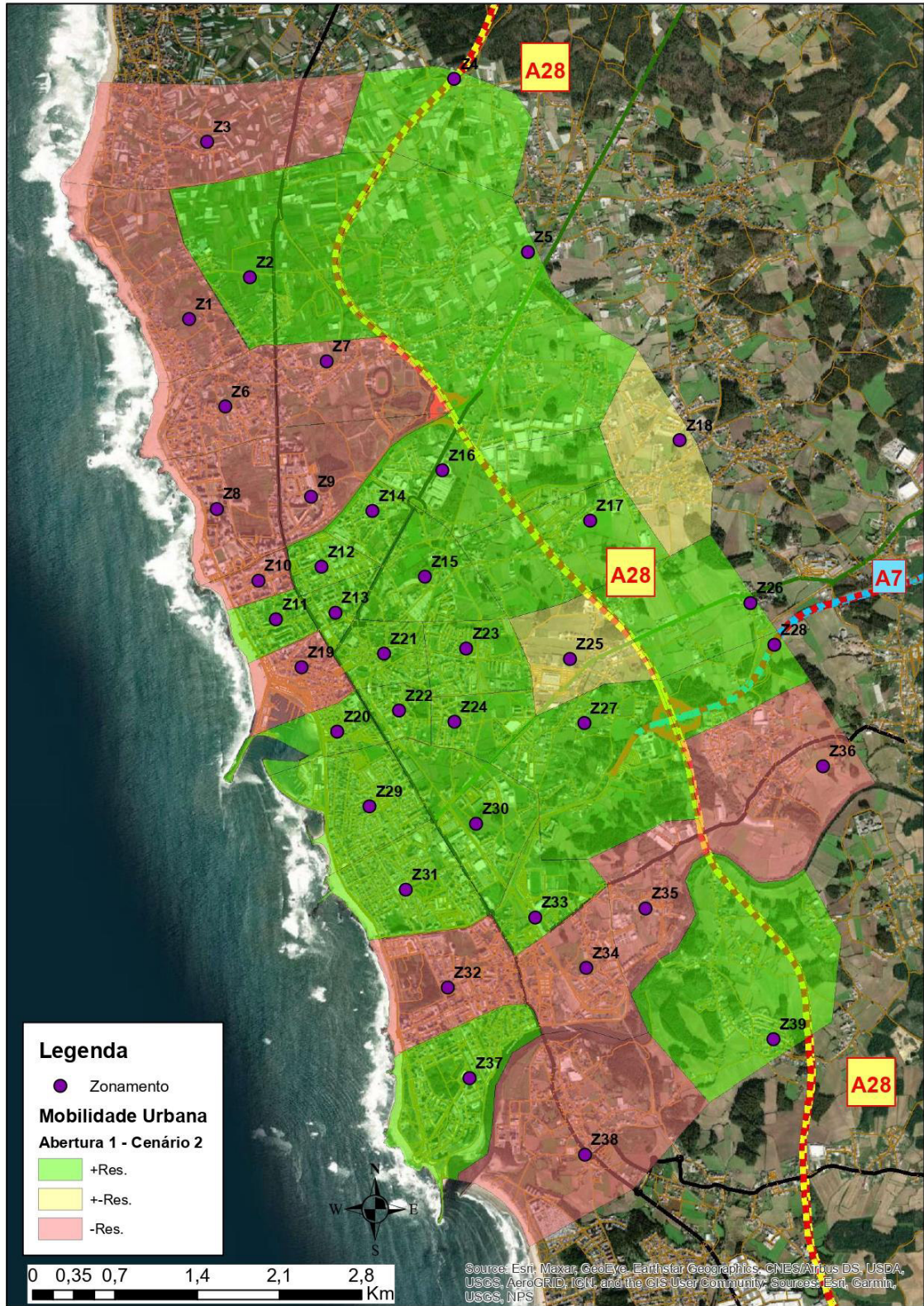


Figura 145 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 1 - Cenário 2

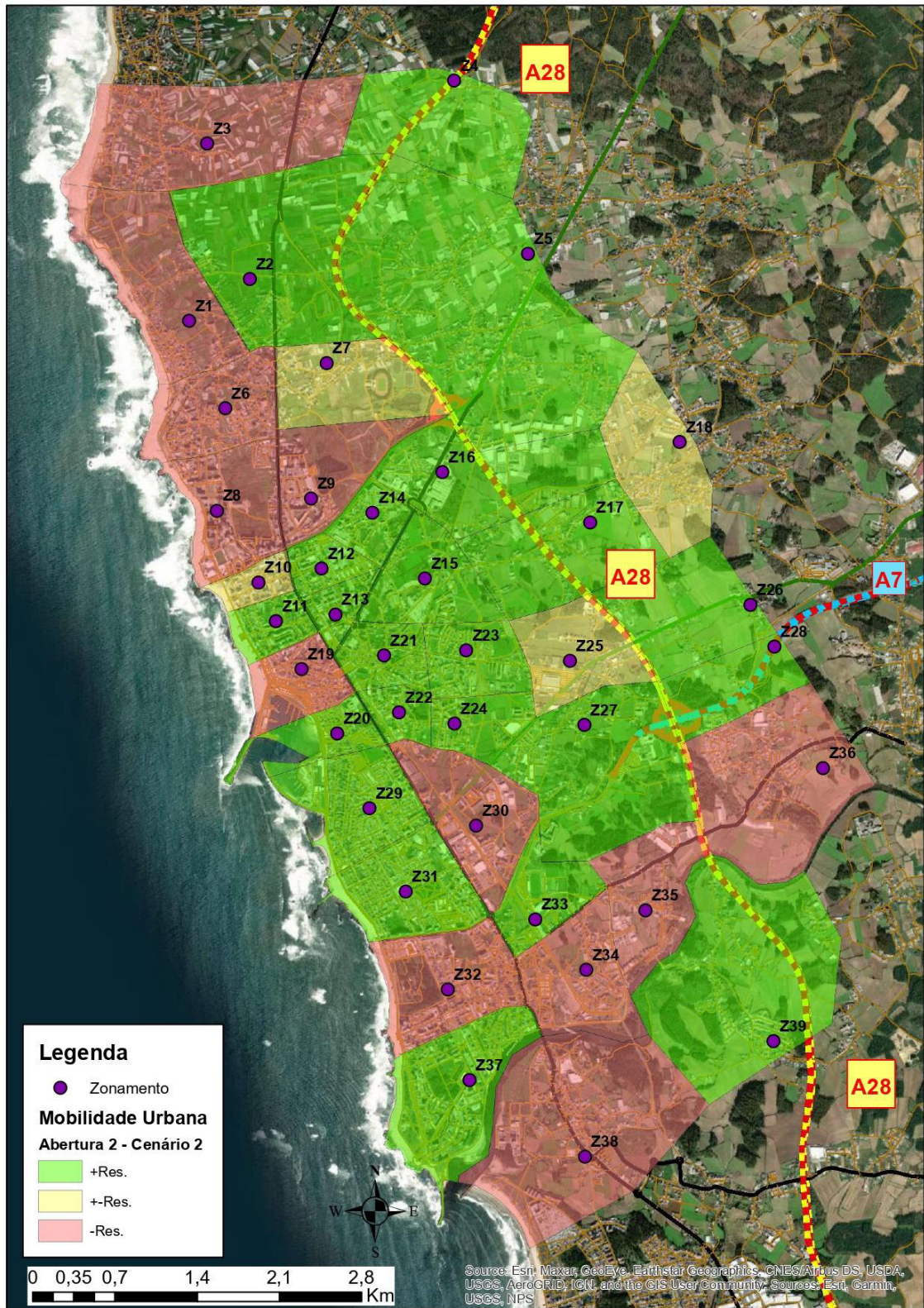


Figura 146 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 2 - Cenário 2

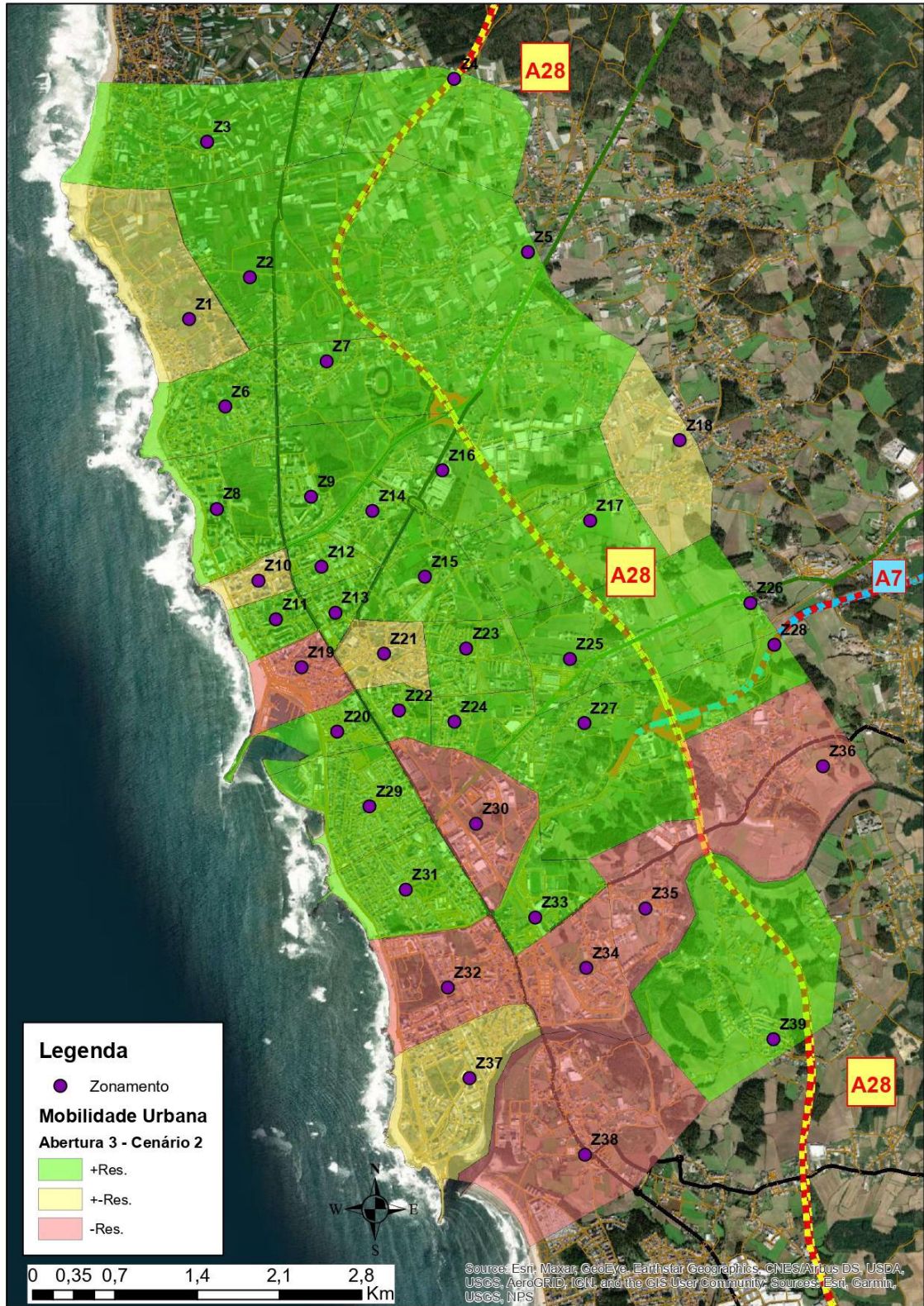


Figura 147 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 3 - Cenário 2

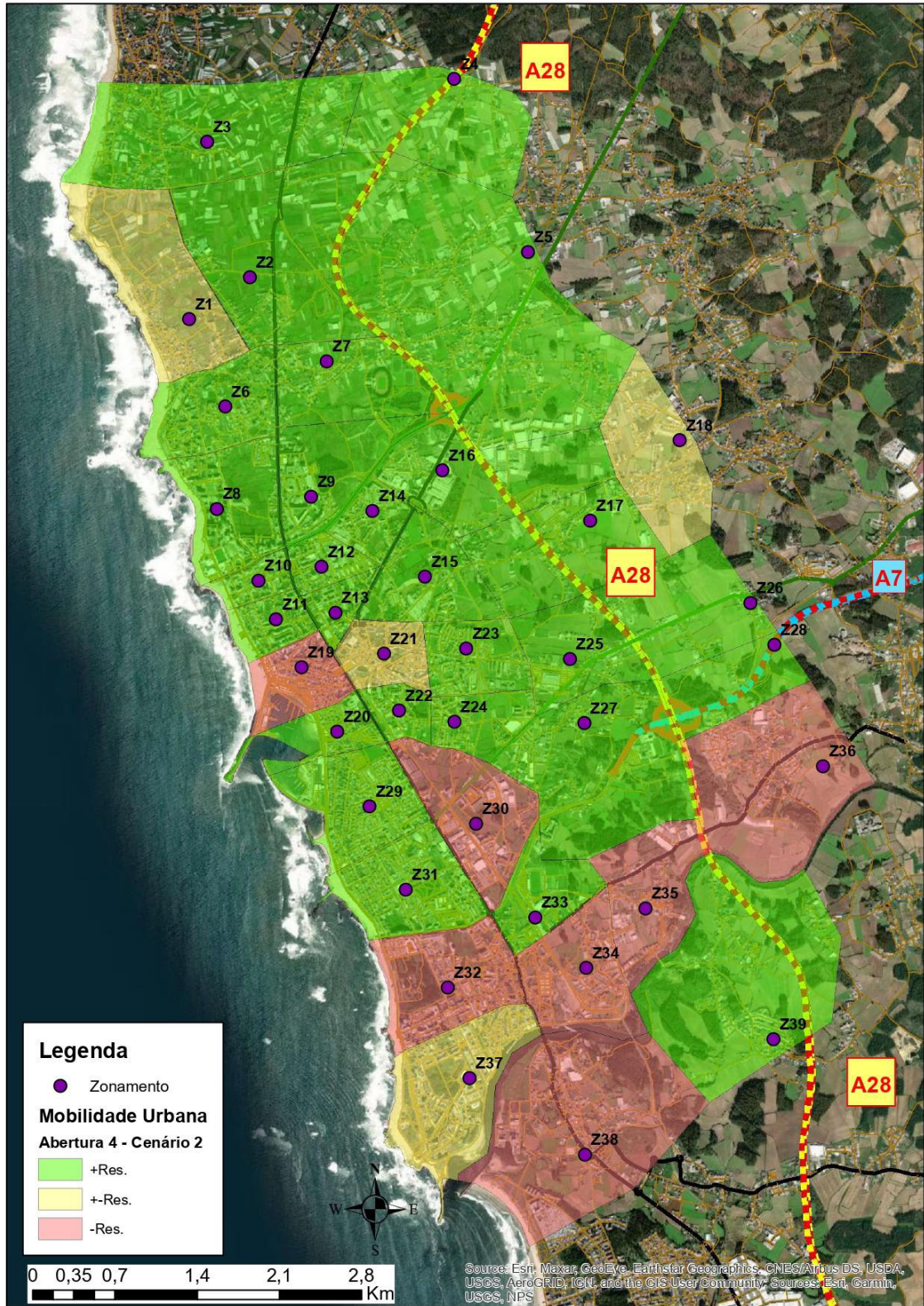


Figura 148 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 4 - Cenário 2

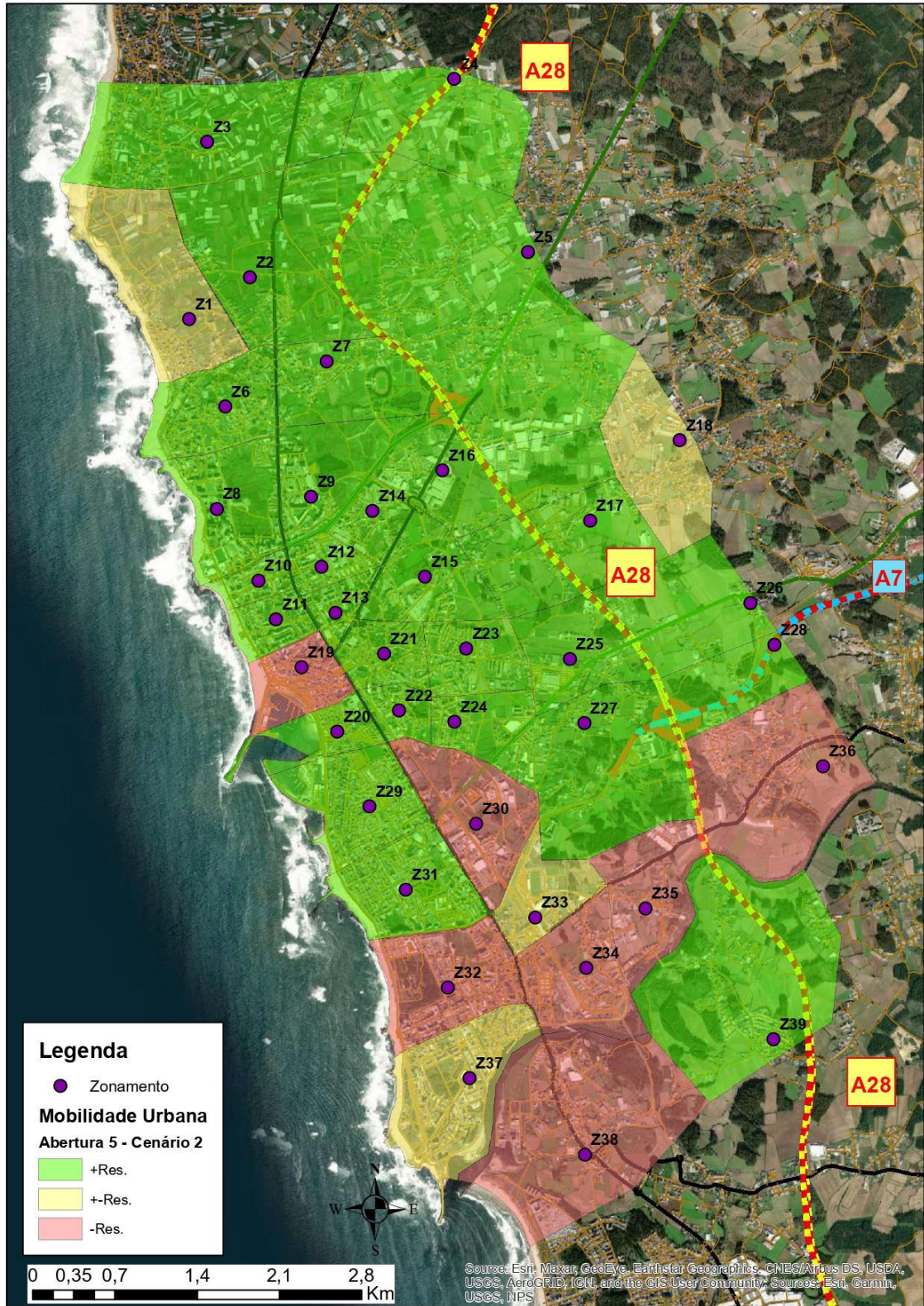


Figura 149 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 5 - Cenário 2

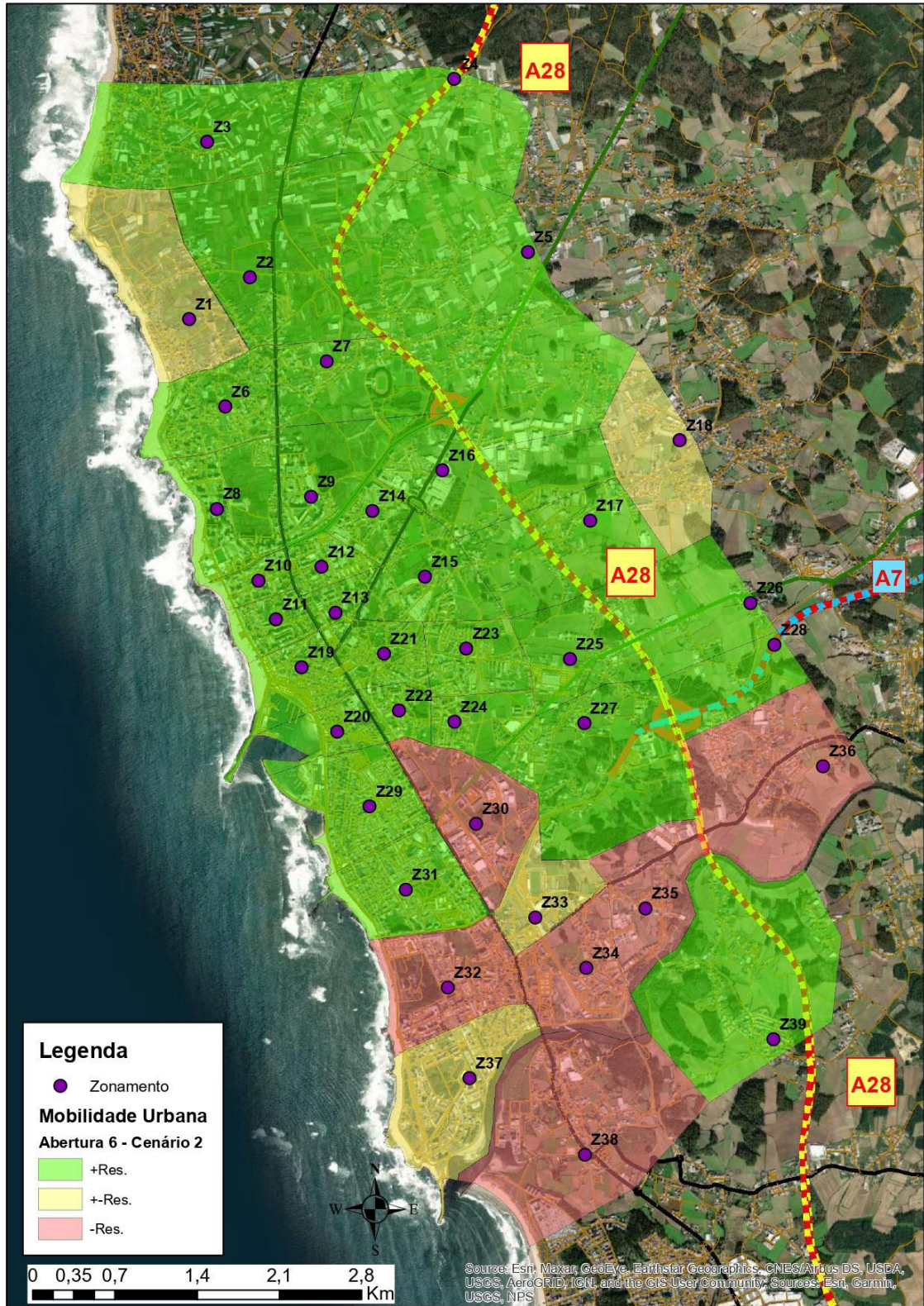


Figura 150 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 6 - Cenário 2

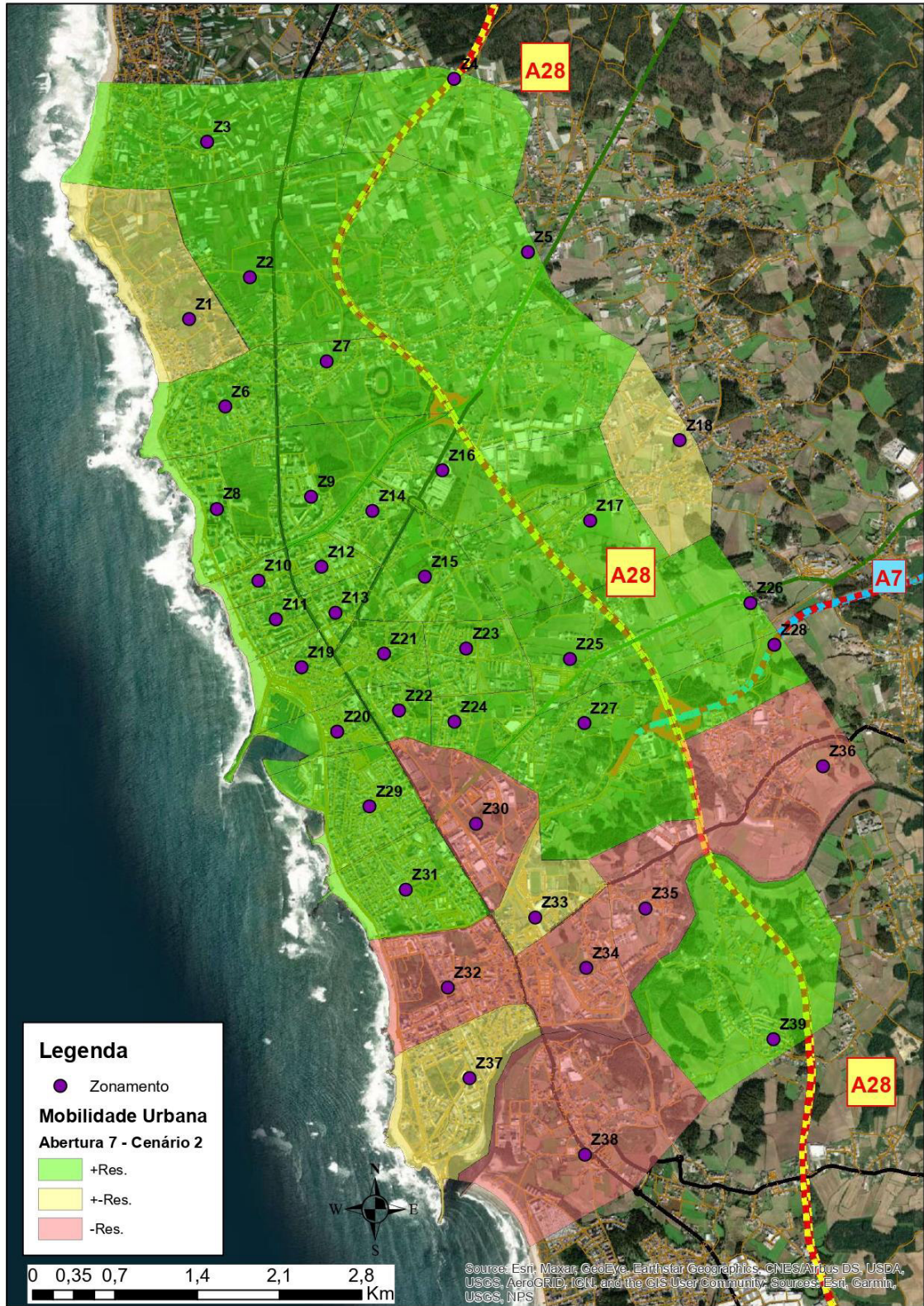


Figura 151 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 7 - Cenário 2

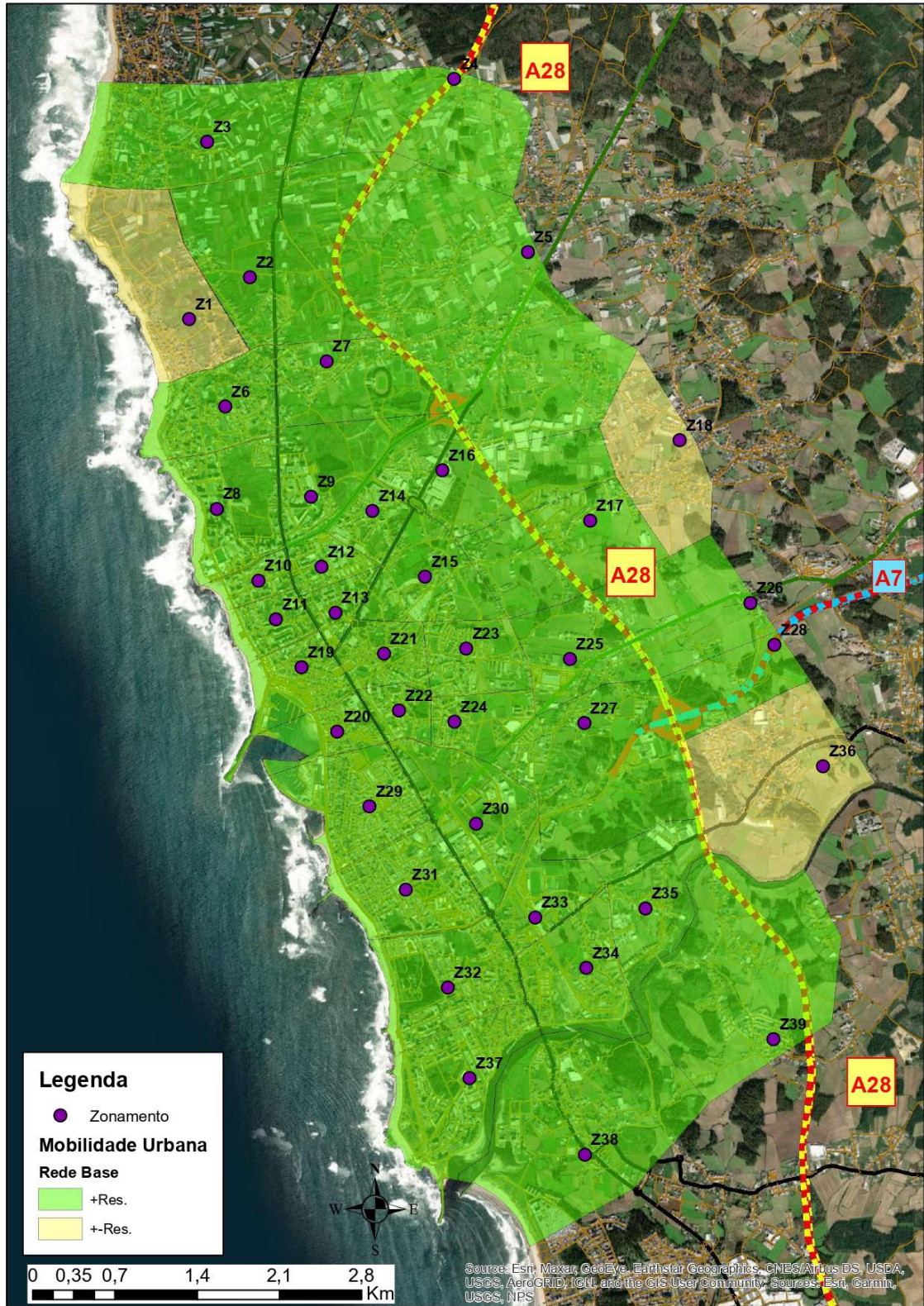


Figura 152 – Resiliência na Mobilidade Urbana – Rede Base

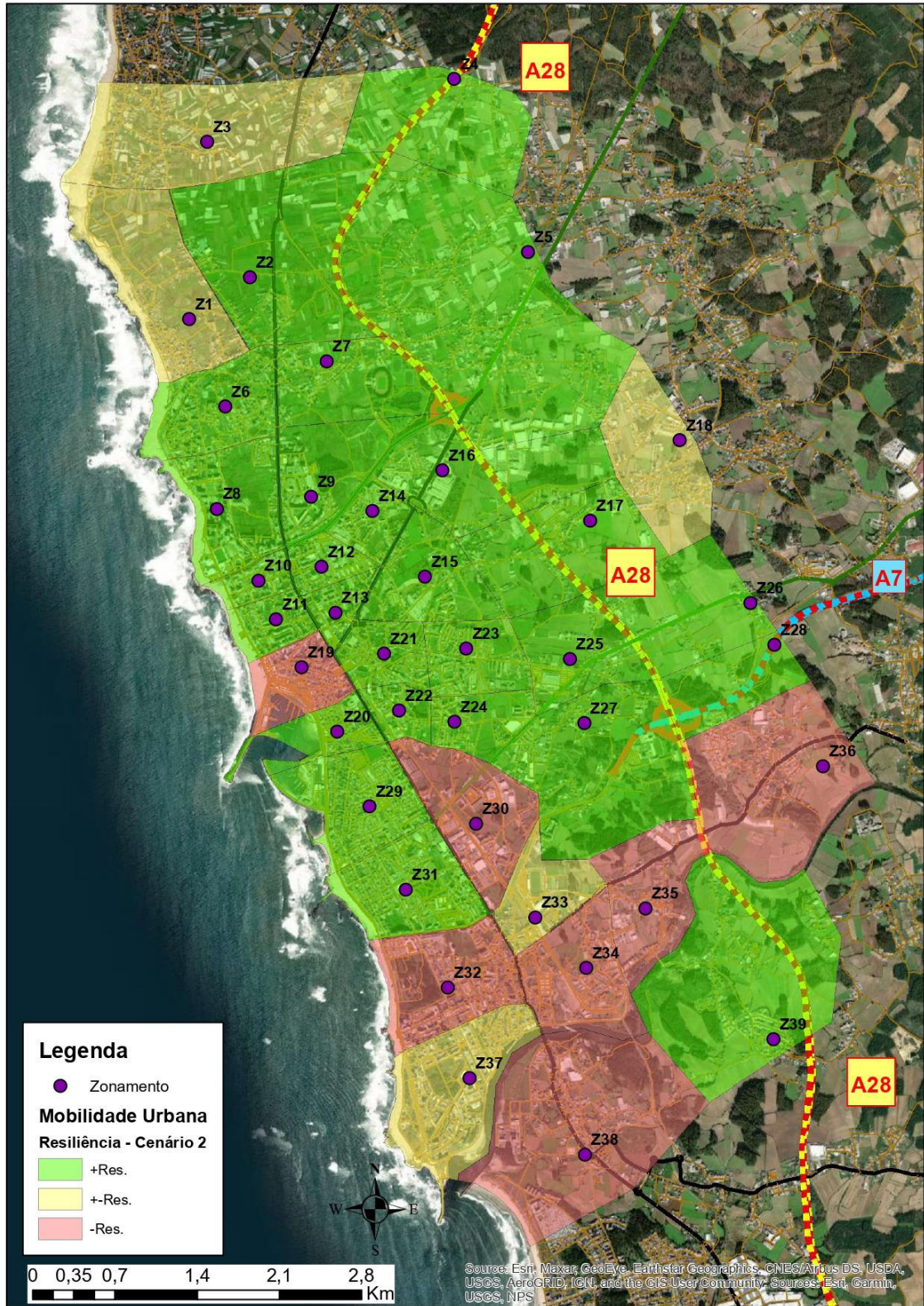


Figura 153 – Resiliência Final na Mobilidade Urbana - Cenário 2

K.3. Cenário 3

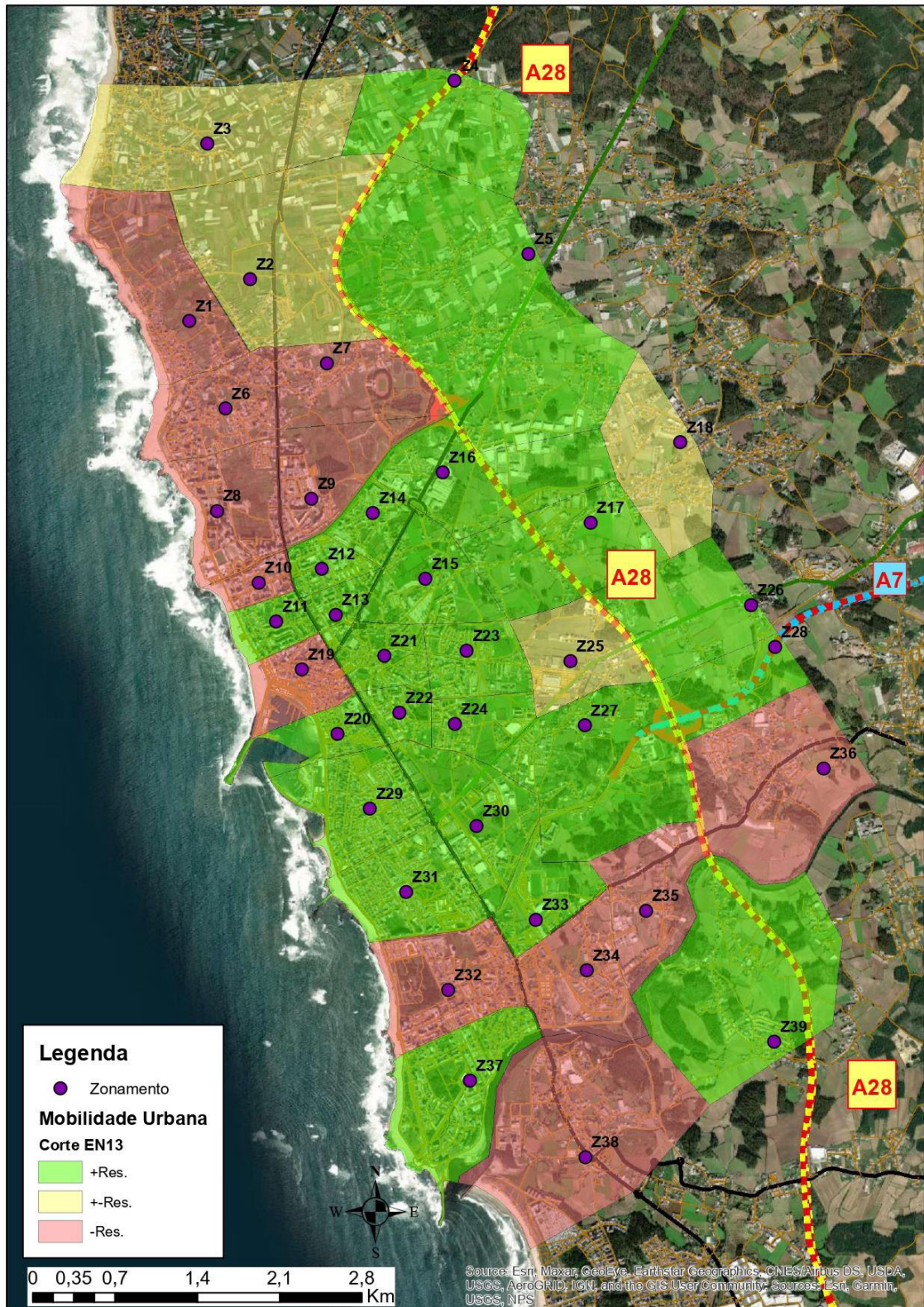


Figura 154 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Corte EN 13

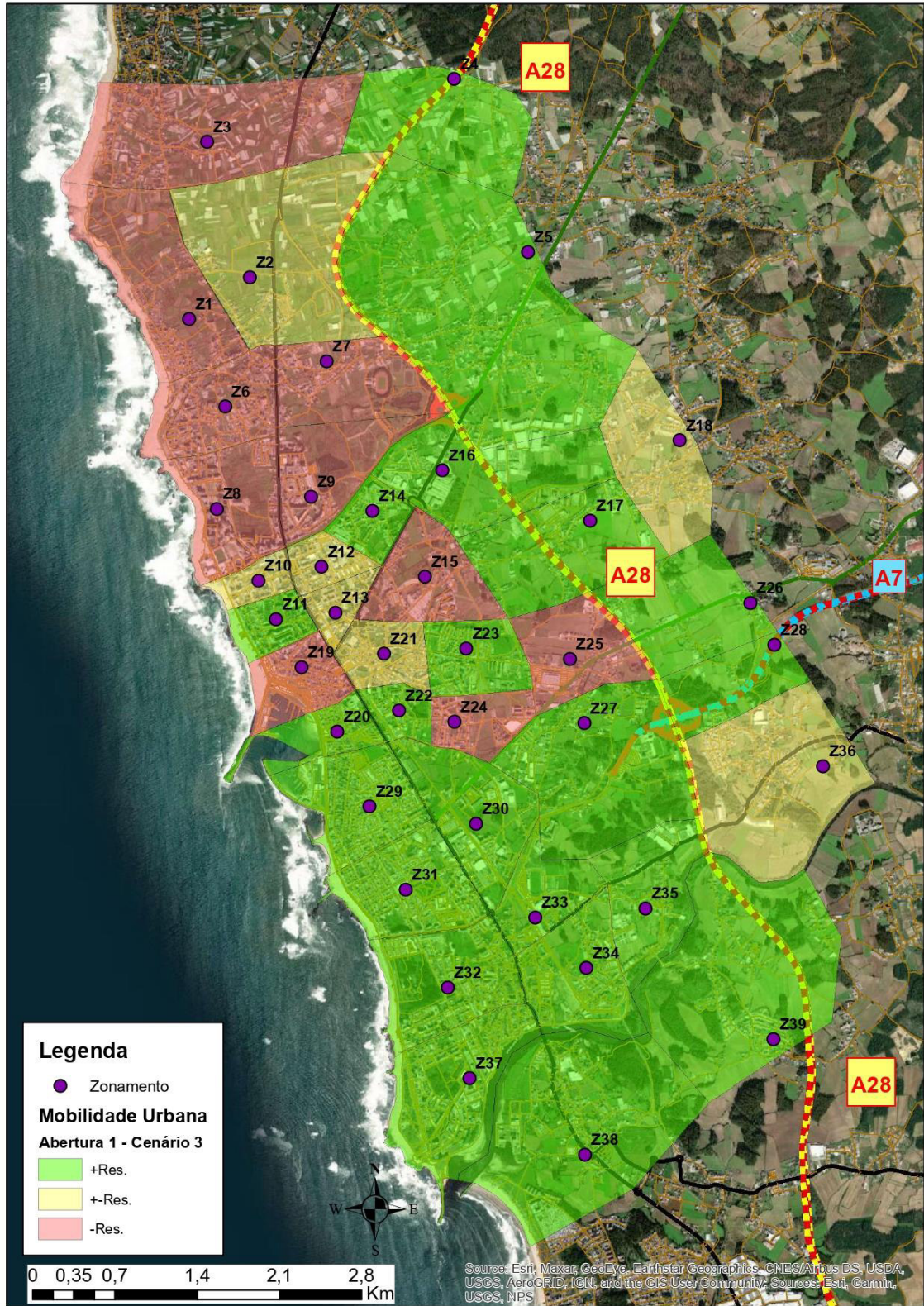


Figura 155 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 1 - Cenário 3

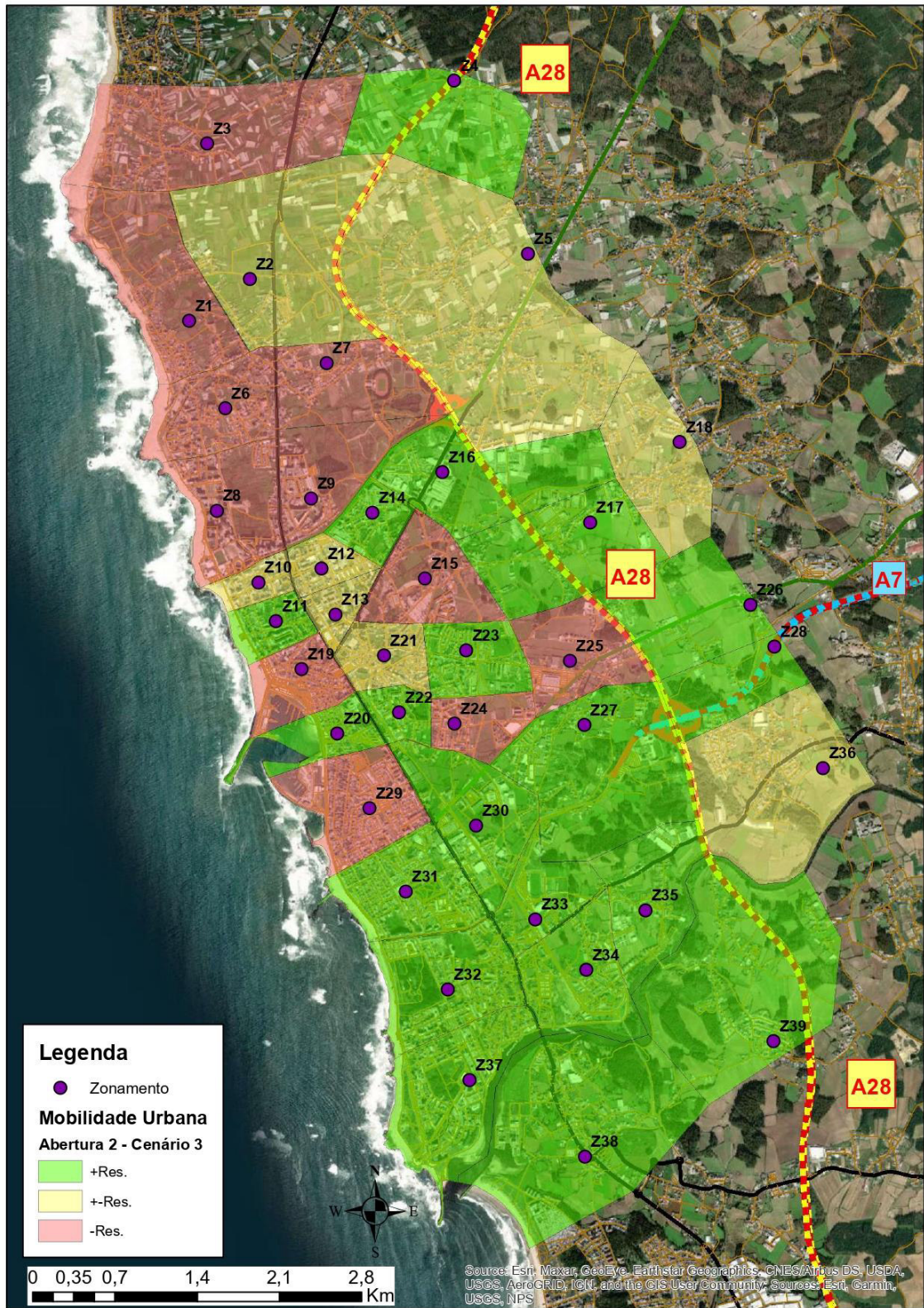


Figura 156 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 2 - Cenário 3

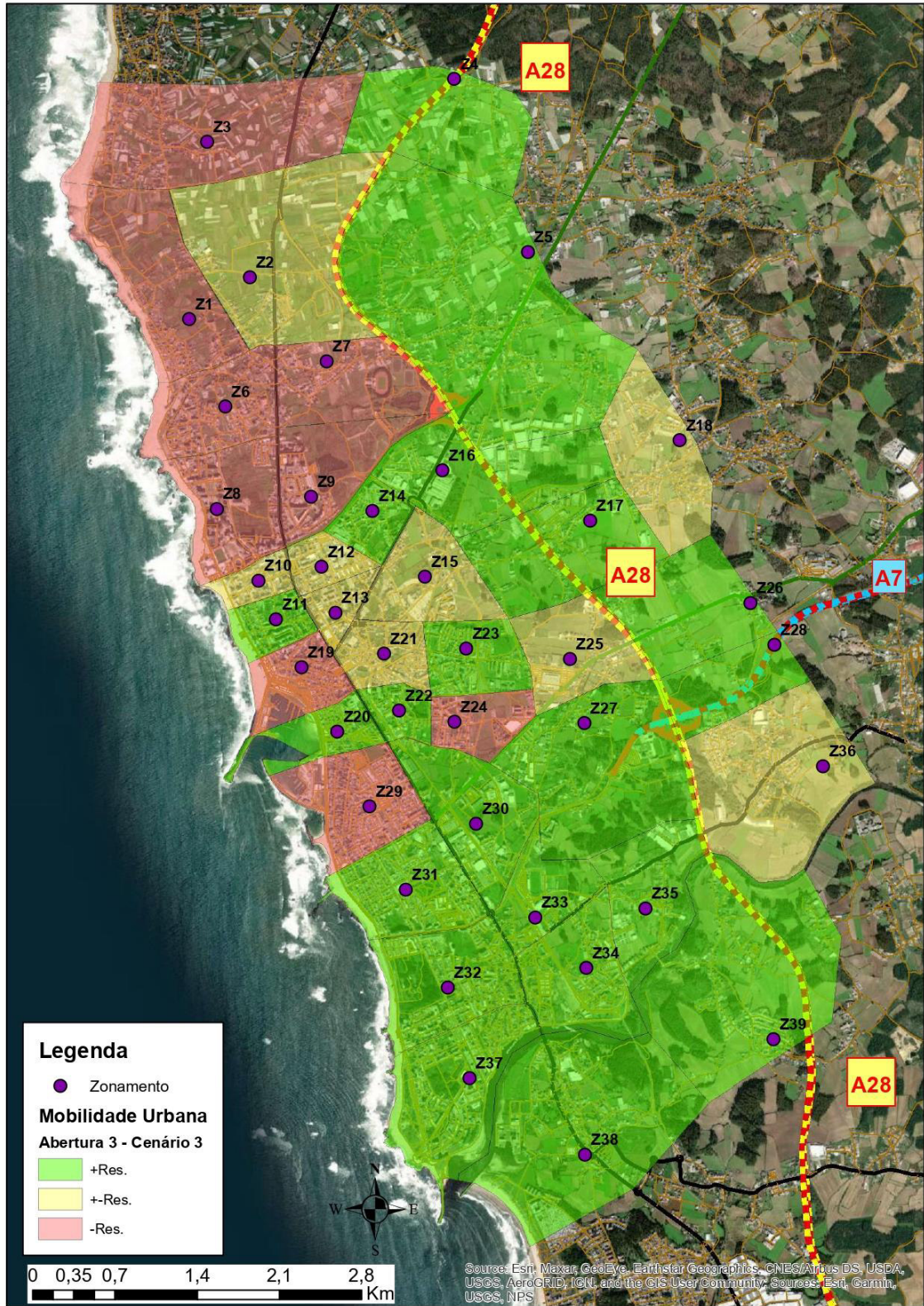


Figura 157 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 3 - Cenário 3

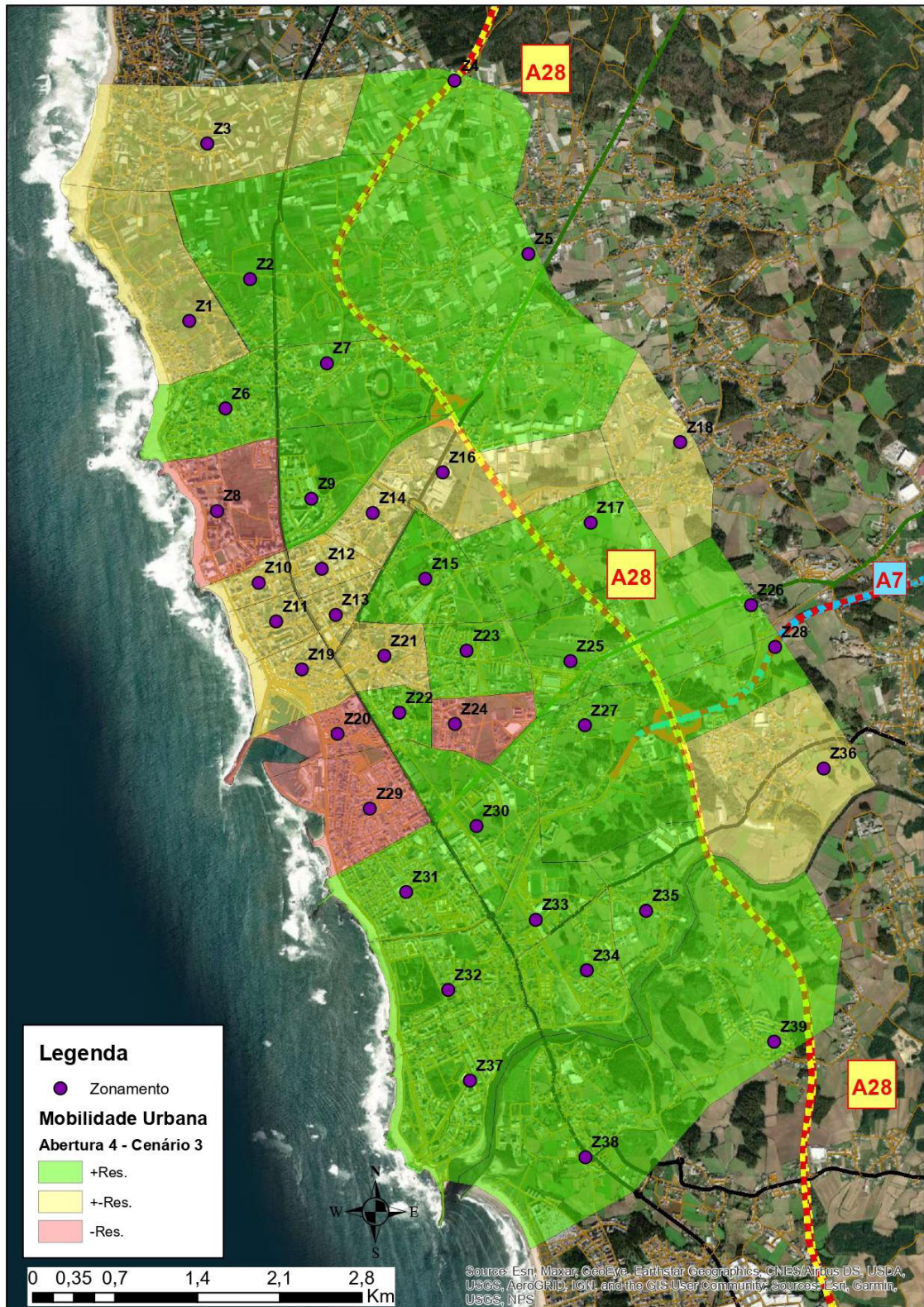


Figura 158 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 4 - Cenário 3

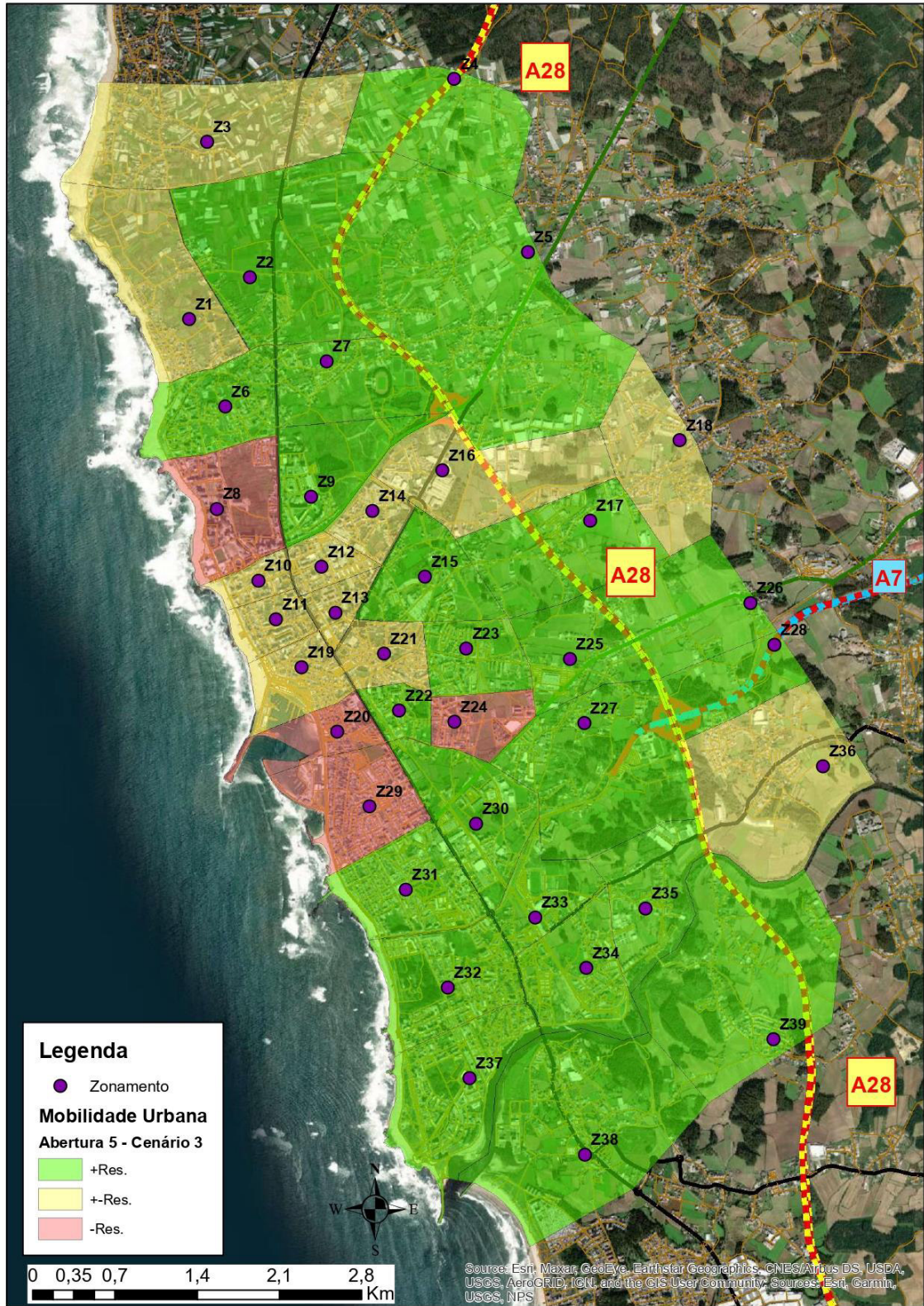


Figura 159 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 5 - Cenário 3

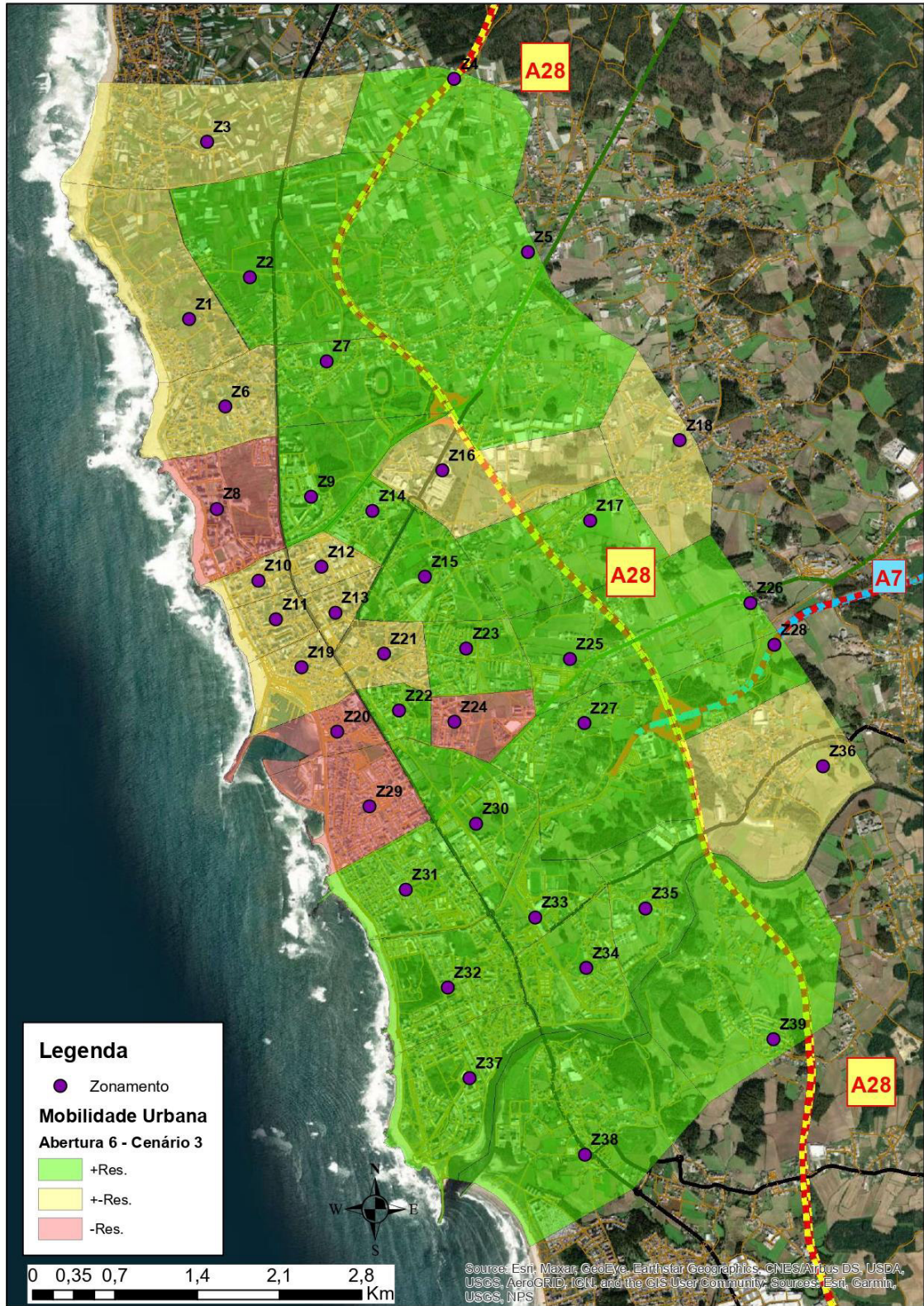


Figura 160 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 6 - Cenário 2

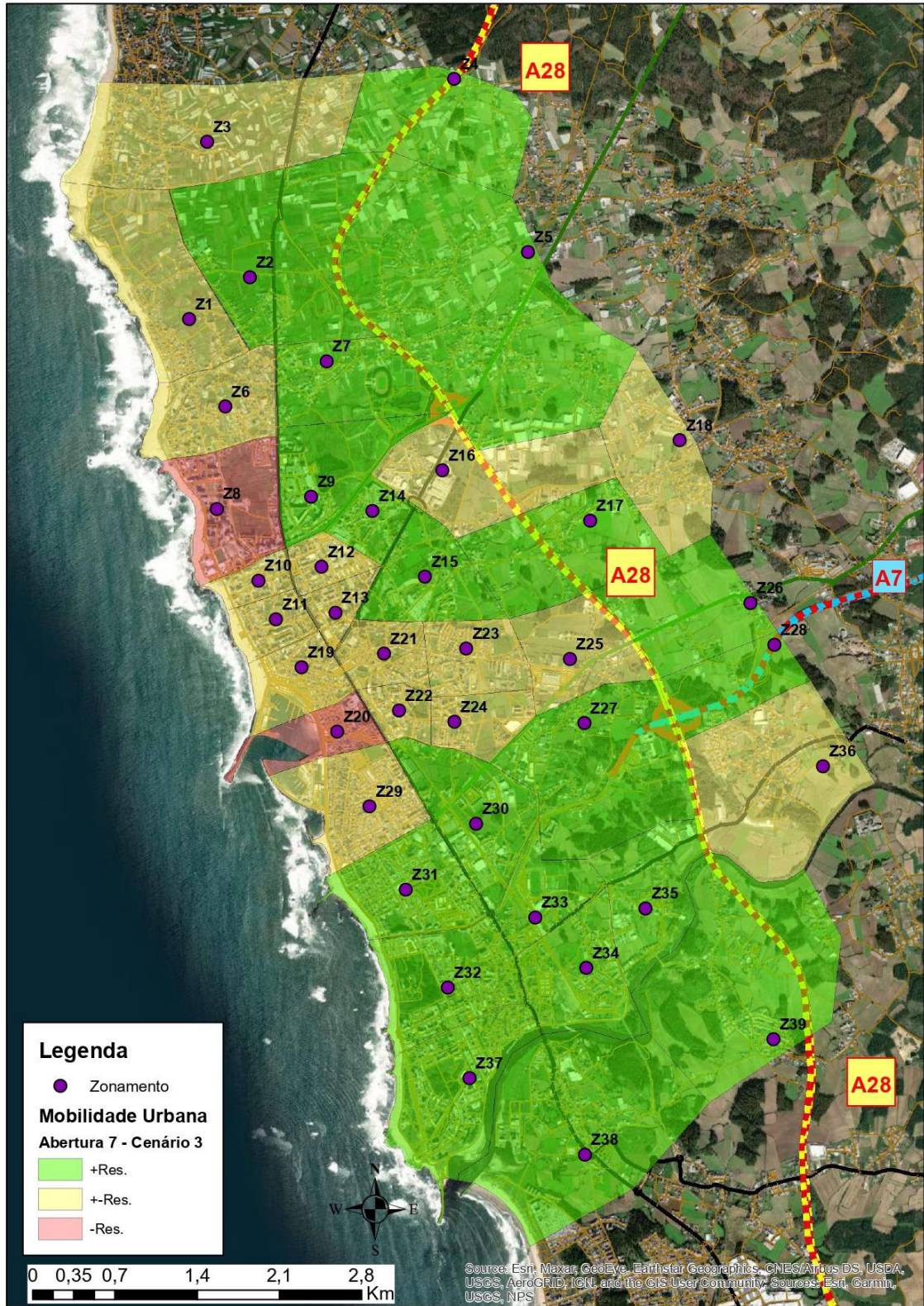


Figura 161 – Resiliência na Mobilidade Urbana - Abertura 7 - Cenário 3

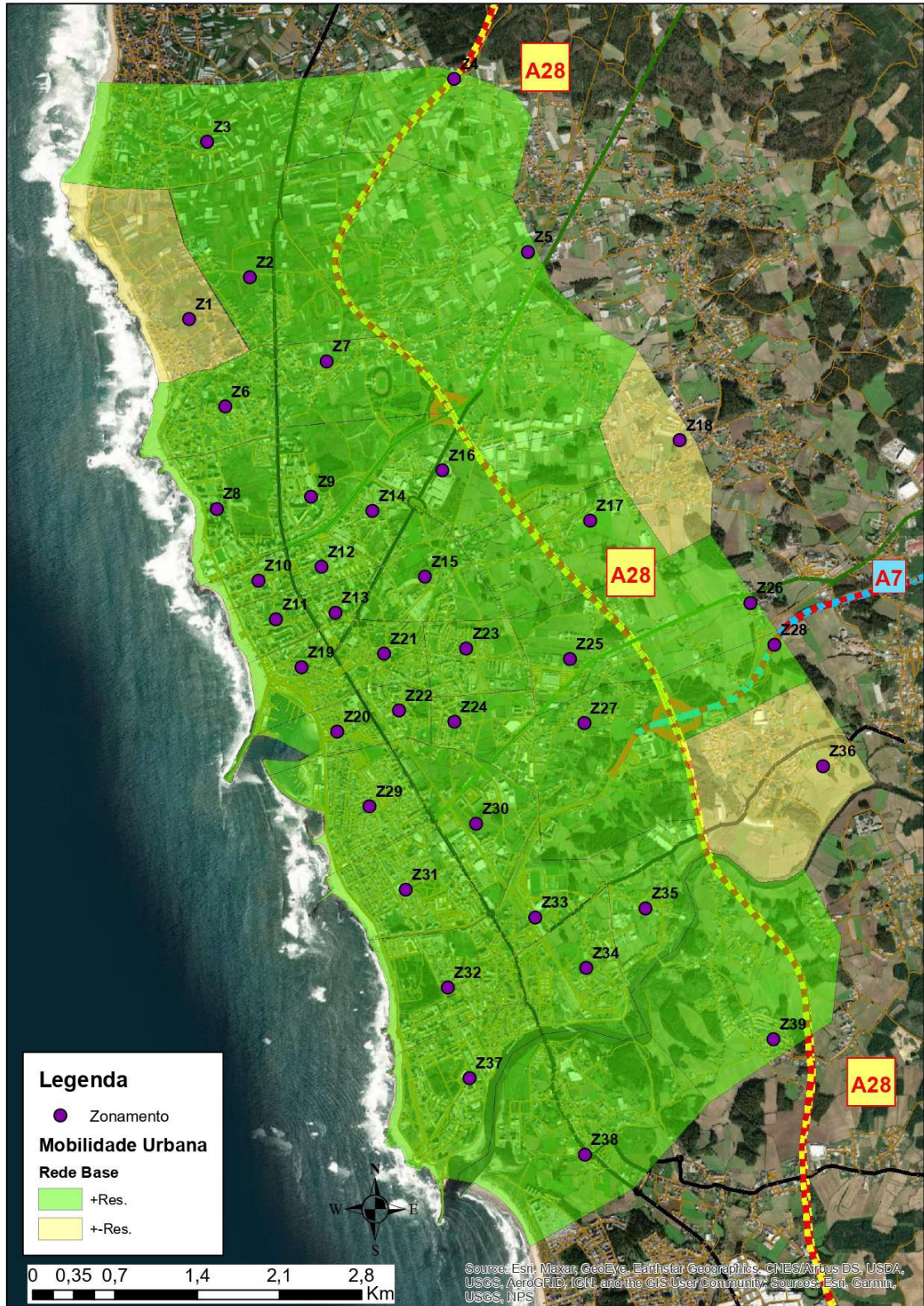


Figura 162 – Resiliência na Mobilidade Urbana – Rede Base

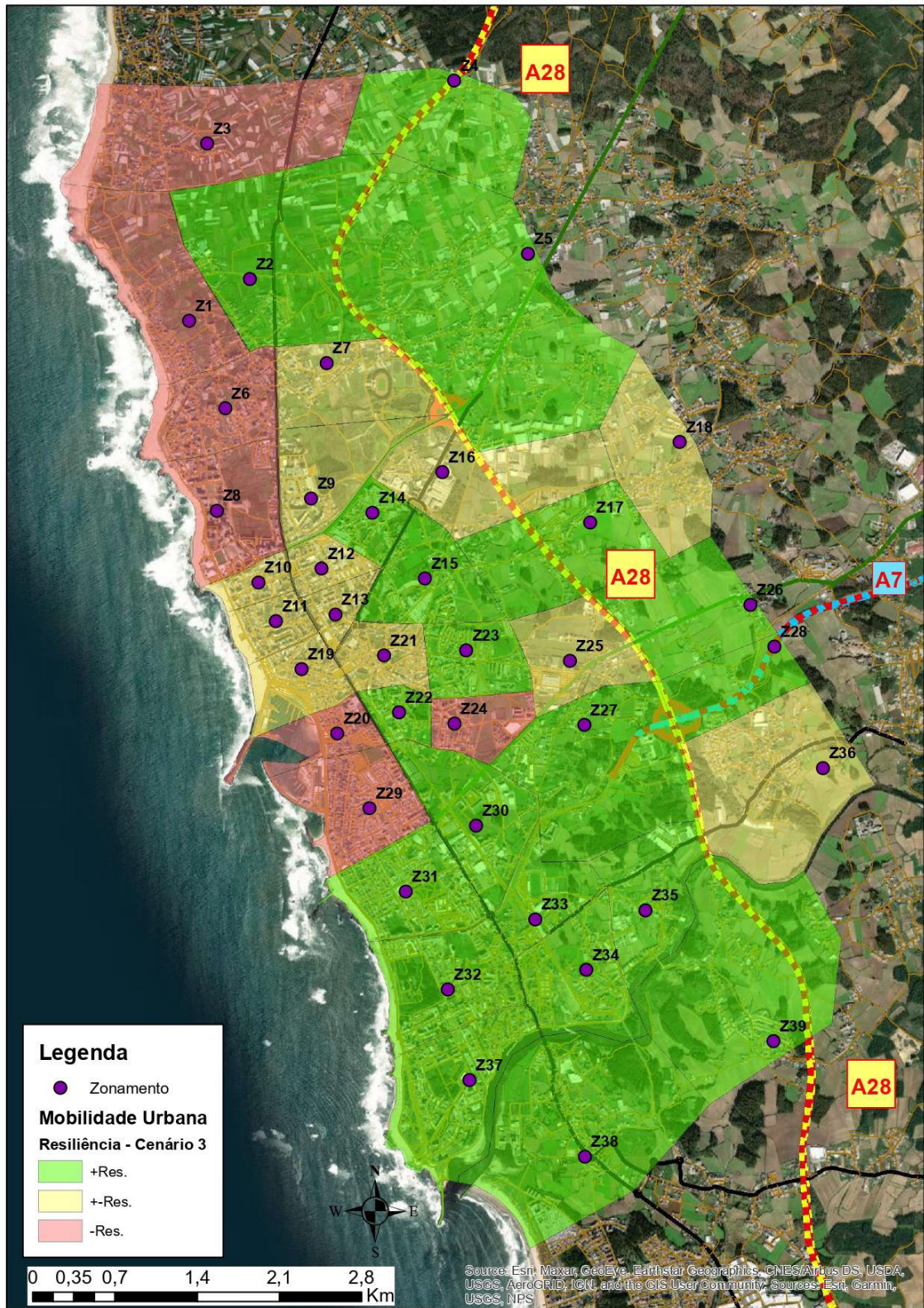


Figura 163 – Resiliência Final na Mobilidade Urbana - Cenário 3