

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

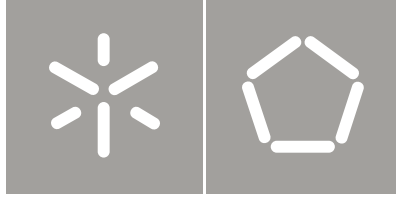
Marta Isabela Fernandes Oliveira

A influência da forma urbana
na propagação do ruído urbano

Marta Isabela Fernandes Oliveira
A influência da forma urbana
na propagação do ruído urbano

UMinho | 2011

Julho de 2011



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Marta Isabela Fernandes Oliveira

A influência da forma urbana
na propagação do ruído urbano

Tese de Mestrado em Engenharia Urbana
Área de Especialização Cidades Sustentáveis

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Doutora Lígia Torres Silva

Julho de 2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu marido e aos meus pais, pelo seu apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Gostava de agradecer a todos os que me motivaram de alguma forma na realização deste trabalho, nomeadamente amigos e restante família.

Em primeiro lugar, gostava de agradecer á pessoa quem a qual eu não tinha conseguido levar ao até ao fim este trabalho, nomeadamente á Professora Lígia Torres Silva, supervisor científico desta dissertação, pela constante motivação, interesse demonstrado e sobretudo pela orientação completa e incessante desde o primeiro dia de trabalho.

Gostava de agradecer a Dr^a Daniela Castro, responsável pela Biblioteca da Universidade do Minho, Campus de Azurém, pela oportunidade concedida, e a todos os colegas da biblioteca.

Ao Professor Paulo Mendonça, Vice - Presidente da Escola de Arquitectura, por tudo.

Á Anabela Sampaio, Secretária do Mestrado de Engenharia Urbana, por tudo e mais alguma coisa.

Ao meu caro colega de Laboratório Fernando Fonseca, pelo bom ambiente de trabalho.

Á Dra. Diana Pereira, Directora do Serviço de Pós-graduação de Universidade do Minho, Campus de Azurém, pela disponibilidade sempre prestada e a sua restante equipa (Á Dra. Verónica Covas, em particular pela nossa história em comum de muitos anos).

RESUMO

A forma urbana afecta todos os sistemas e todas as espécies em contexto urbano e influencia todo o comportamento do ruído, desde a emissão passando pelo trajecto até ao receptor afectando o clima global.

O presente trabalho pretende, abordar a problemática do ambiente urbano, enquanto espaço de interacção de formas urbanas e ruído urbano. Essa interacção, pretende ser monitorizada por indicadores urbanos, comparando os efeitos da propagação de ruído, nas formas urbanas tipo.

O modelo de previsão de ruído (NMPB96), permitiu desenvolver estudos de ruído em fachadas (Ld, Nível de ruído do período diurno), que resulta em cores associadas a classes de ruído. O estudo poderá permitir, com a criação de diferentes cenários, antever, já em fase de projecto, as fachadas expostas a um nível de ruído mais elevado, podendo minimizar assim antecipadamente os efeitos do ruído nas fachadas.

De forma a validar o modelo e seus resultados, procedeu-se à comparação dos valores obtidos na modelação com os valores das medições efectuadas em locais seleccionados. A validação das curvas teóricas foi feita em duas fases distintas. A primeira validação passa pela medição e modelação das formas reais comparando os seus pontos receptores. A segunda validação passa pelo cálculo do nível médio de ruído na fachada nos modelos reais modelados, previamente validados e comparando os resultados de cálculo dos indicadores de forma e o comportamento das formas teóricas face às suas homónimas retiradas e medidas de contexto real.

Palavras-chave: Forma urbana, layout urbano, Ruído urbano, Modelo

ABSTRACT

The urban form affects all systems and all species in an urban context and influences the behavior since the emission of noise through the course to the receiver affecting the global climate. This paper seeks to address the problems of the urban environment as an area of interaction between urban forms and urban noise. This interaction is intended to be monitored by urban indicators, comparing the effects of noise propagation in model of urban forms.

The model of noise prediction (NMPB96), allowed to develop studies about noise in façades (Ld, level of noise during the day), resulting in colors associated to noise categories. The study will allow the creation of different scenarios and to foresee still in the draft phase, the facades exposed to a higher noise level. The effects of noise in façades can be then minimized in advance, by adjusting the layout of their typology.

In order to validate the model and its results, we proceeded to compare the values obtained in modeling the values of measurements at selected locations. The validation of the theoretical curves was done in two phases. The first validation involves the measurement and modeling of real forms by comparing their receptor points. The second validation is by calculating the average noise level on the facade modeled on the real models, and previously validated by comparing the calculation results of the indicators of form and behavior of the theoretical forms face up to its homonymous removed and measures from the real context.

Keywords: urban form, urban layout, urban noise, models

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTO	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GERAL	xi
LISTA DE ACRÓNICOS E ABREVIATURAS	xv
ÍNDICE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
1. INTRODUÇÃO	
1.1. Conteúdo	3
1.2. Interesse	3
1.3. Limitações	4
1.4. No campo de aplicação	4
1.5. Nas exigências de desempenho	4
1.6. Métodos de definição	4
1.7. Forma de apresentação	5
2. ENQUADRAMENTO	7
3. DADOS DA FORMA URBANA	13
3.1. Definição forma urbana	15
3.1.1. Morfológica segundo Luz Valente Pereira	15
3.2. Definição e caracterização de tipologia	15
3.3. Indicadores quantitativos	16
3.3.1. Métricas espaciais_ índices	17
3.3.1.1. Ocupação do Solo	17
3.3.1.2. Volume de Construção	18
3.3.1.3. Compacidade	18
3.3.1.4. Porosidade	19
3.3.2. Métricas Espaciais_ análises digitais	20
3.3.2.1. Complexidade do perímetro (fractal)	21

3.3.2.2. Forma da mancha urbana	22
3.4. Exigências do estudo forma urbana	23
3.5. Modelos teóricos	23
3.5.1. Modelo vizinhança próxima	24
3.5.1.1. Classificação programática	24
3.5.1.2. Classificação morfológica	25
3.5.1.3. Exigências de projecto	28
4. DADOS DO RUÍDO URBANO	31
4.1. Definição	33
4.1.1. Onomástica Etimológica	33
4.2. Definição de ruído em ambiente urbano	33
4.3. Exigências do estudo ruído urbano	35
4.3.1. Enquadramento Legal em Portugal	35
4.3.2. Indicadores de Ruído Urbano	36
4.4. Caracterização do ruído	37
4.4.1. Tipos de Ruído	37
4.4.2. Fontes de ruído	38
4.5. Factores que influencia a propagação do som	39
4.6. Efeitos do ruído	41
4.6.1. Ruído tráfego automóvel	43
4.7. Medição do ruído ambiental	43
4.7.1. Equipamentos de medição do ruído ambiental	43
4.8. Métodos de previsão de ruído ambiental	44
4.8.1. Modelo de Previsão de Ruído	44
5. FORMA URBANA VS RUÍDO (influência da forma urbana na propagação do ruído)	47
5.1. Formas Urbanas	49
5.2. Cálculo Índices de Forma	57
5.3. Cálculo Ruído Urbano	59
5.4. Forma urbana vs ruído	62
5.5. Análise sensibilidade	69

6. VALIDAÇÃO DO MODELO	87
6.1. Formas Tipo para a Validação	89
6.1.1. Dados das Formas Reais Modeladas	90
6.2. Medições “in situ”	92
6.2.1. Selecção e descrição dos equipamentos utilizados	92
6.2.2. Selecção dos pontos de medição “in situ”	93
6.2.3. Contagem de Tráfego Automóvel	93
6.2.4. Parâmetros de medição	93
6.2.5. Folhas de Registo das Medições	95
6.3. Validação de modelos reais	99
6.4. Validação das curvas teóricas	103
7. ANÁLISES E CONCLUSÕES	111
7.1 Sugestões para futuros trabalhos	116
8. BIBLIOGRAFIA	119
9. ANEXOS	125

LISTA DE ACRÓNICOS E ABREVIATURAS

dB(A) – decibéis com ponderação A

Ln - indicador de ruído noturno

Ldia – indicador de ruído diurno

Lentardecer – indicador de ruído de fim de tarde

Lden – indicador de ruído diurno – entardecer – noturno

LAr – nível de avaliação que corrige o valor de LAeq determinado durante a ocorrência do ruído particular, de acordo com as características tonais ou impulsivas do ruído particular.

LAeq – nível sonoro contínuo equivalente

LIT - indicador de velocidade de integração *impulse*

Lp – nível de pressão sonora em dB

P: - pressão sonora em Pa

Pmed – pressão medida

Pref – pressão de referência

OMS- Organização Mundial de Saúde

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

RGR – Regulamento Geral de Ruído

RRAE – Regulamento Legal sobre Poluição

RLPS – Regime Legal sobre Poluição Sonora

Adiv – atenuação proveniente da divergência geométrica

Aatm – absorção pelo ar

Adiff – difracção

Asolo – efeitos devido ao solo

Aref – absorção das superfícies verticais

NMPB – Novo Método de Previsão de Ruído de Tráfego

NPS – Nível de Pressão Sonora

Hz- Hertz

á – Coeficiente de absorção

CadnaA – Computer Aided Noise Abatement

L – Comprimento de onda

L5 – Percentil 5

L50 – Percentil 50

L95 – Percentil 95

Lmax – Valor máximo de L

Lmin - Valor mínimo de L

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Ilustração Índice de Ocupação	17
Figura 2. Ilustração Índice de Volume de Construção	18
Figura 3. Ilustração Índice de “Compacidade”	19
Figura 4. Ilustração do índice de porosidade	20
Figura 5. Ilustração de dimensões fractais	20
Figura 6. Ilustração de manchas de formas urbanas	20
Figura 7. Curvas de ponderação de frequências	34
Figura 8. Gama de frequências	35
Figura 9. Indicadores de ruído ambiente	37
Figura 10. Propagação do ruído emitido de uma estrada na presença de uma barreira acústica	41
Figura 11 – Ilustração da Relação de Danos Causados pelo Ruído	43
Figura 12. Ilustração Tipo de Implantação, fechada (a) linear (b) e pontual (c)	49
Figura 13. Ilustração Tipo de Acesso contínuo (a) impasse (b) e anel (c)	50
Figura 14. Ilustração da Forma 1	50
Figura 15. Ilustração da Forma 2	51
Figura 16. Ilustração da Forma 3	52
Figura 17. Ilustração da Forma 4	52
Figura 18. Ilustração da Forma 5	53
Figura 19. Ilustração da Forma 6	54
Figura 20. Ilustração da Forma 7	54
Figura 21. Ilustração da Forma 8	55
Figura 22. Ilustração da Forma 9	56
Figura 23. Ilustração da Forma 10	56
Figura 24. Ilustração da grelha quadrangular de cálculo da Forma 1	61
Figura 25. Ilustração do grupo constituído pelas Formas 1,2 e 8	68
Figura 26. Ilustração do grupo constituído pelas Formas 3,4 e 6	68
Figura 27. Ilustração do grupo constituído pelas Formas 5,7 e 9	68
Figura 28. Ilustração da Forma 10	69
Figura 29. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 4	100
Figura 30. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 9	101
Figura 31. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 10	102
Figura 32. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 1	112
Figura 33 Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) Modelada 2	112

Figura 34. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 3	113
Figura 35. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 4	113
Figura 36. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada-5	114
Figura 37. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 6	114
Figura 38. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 7	115
Figura 39. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 8	115
Figura 40. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 9	116
Figura 41. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 10	116
Figura 42. Ilustração do edifício de forma a privilegiar a criação de zonas calmas/zonas sombra	118

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Dimensões da Forma 1	51
Tabela 2. Dimensões da Forma 2	51
Tabela 3. Dimensões da Forma 3	52
Tabela 4. Dimensões da Forma 4	53
Tabela 5. Dimensões da Forma 5	53
Tabela 6. Dimensões da Forma 6	54
Tabela 7. Dimensões da Forma 7	55
Tabela 8. Dimensões da Forma 8	55
Tabela 9. Dimensões da Forma 9	56
Tabela 10. Dimensões da Forma 10	57
Tabela 11. Resumo do Resultado do Cálculo dos Indicadores de Forma	58
Tabela 12. Níveis de ruído nas fachadas dos edifícios	62
Tabela 13. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído	63
Tabela 14. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído	63
Tabela 15. Relação entre o Índice de Compacidade e o Nível de Ruído	64
Tabela 16. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído	64
Tabela 17. Relação entre a Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído	65
Tabela 18. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído	65
Tabela 19. Tabela Resumo do Resultado do Cálculo dos Indicadores de Ruído nas 10 Formas	66
Tabela 20. Fluxo de tráfico de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído	71
Tabela 21. Fluxo de tráfico de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído	71
Tabela 22. Fluxo de tráfico de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído	71
Tabela 23. Fluxo de tráfico de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído	72
Tabela 24. Fluxo de tráfico de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Compacidade das 10 Formas e Respectivo Nível de Ruído	72
Tabela 25. Fluxo de tráfico de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Compacidade das 10 Formas e Respectivo Nível de Ruído	73
Tabela 26. Fluxo de tráfico de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído	73
Tabela 27. Fluxo de tráfico de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído	74

Tabela 28. Fluxo de tráfico de 200 veic/h. Relação entre o índice de Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído	74
Tabela 29. Fluxo de tráfico de 400 veic/h. Relação entre o índice de Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído	74
Tabela 30. Fluxo de tráfico de 200 veic/h. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído	75
Tabela 31. Fluxo de tráfico de 400 veic/h. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído	75
Tabela 32. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído	76
Tabela 33. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído	77
Tabela 34. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído	77
Tabela 35. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído	78
Tabela 36. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Compacidade e o Nível de Ruído	78
Tabela 37. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Compacidade e o Nível de Ruído	78
Tabela 38. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído	79
Tabela 39. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído	79
Tabela 40. Pavimento drenante. Relação entre a Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído	79
Tabela 41. Pavimento de cubo de granito. Relação entre a Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído	80
Tabela 42. Pavimento drenante. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído	80
Tabela 43. Pavimento de cubo de granito. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído	81
Tabela 44. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índices de Ocupação de Solo e Volume de Construção	81
Tabela 45. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índices de Compacidade e de Porosidade	82
Tabela 46. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índice de Fractal	82
Tabela 47. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índice de Forma da Mancha	82
Tabela 48. Resumo dos Resultados da Variação do Número de Veículos /H na Análise Sensibilidade	83
Tabela 49. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índices de Ocupação de Solo e de Volume de Construção	83
Tabela 50. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índices Compacidade e de Porosidade	84
Tabela 51. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índice de Fractal	84

Tabela 52. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índice de Forma da Mancha	84
Tabela 53. Resumo dos Resultados da Variação do Tipo de Pavimento da Via na Análise Sensibilidade	85
Tabela 54. Caracterização Física da Forma Real Modelada 4	90
Tabela 55. Caracterização Física da Forma Real Modelada 9	91
Tabela 56. Caracterização Física da Forma Real Modelada 10	91
Tabela 57. Indicadores de Forma da Forma Real Modelada 4	91
Tabela 58. Indicadores de Forma da Forma Real Modelada 9	92
Tabela 59. Indicadores de Forma da Forma Real Modelada 10	92
Tabela 60. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 4	100
Tabela 61. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 9	102
Tabela 62. 1ªValidação do Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados	103
Tabela 63. Tabelas e Gráficos da Forma 4 Real inserida nas Curvas Teóricas de 262 veic/h	105
Tabela 64. Tabelas e Gráficos da Forma 9 Real inserida nas Curvas Teóricas de 1343 veic/h	106
Tabela 65. Tabelas e Gráficos da Forma 10 Real inserida nas Curvas Teóricas de 167 veic/h	107

CAPÍTULO 1.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Conteúdo

O presente trabalho pretende ser um estudo da interacção entre fontes sonoras e a forma urbana e a sua influência em determinado ambiente sonoro.

O estudo visa aplicar os modelos computacionais de simulação dos fenómenos associados à emissão e propagação do ruído.

Um dos objectivos do estudo é identificar indicadores quantitativos de forma e dimensão do layout urbano.

Por outro lado, pretende-se propor um modelo de avaliação quantitativa de formas urbanas tipo, considerando os diferentes indicadores quantitativos de forma e dimensão.

Por último, ambiciona-se estabelecer relações entre forma urbana e ruído ambiental, aplicando os conceitos, as técnicas e os modelos estudados e desenvolvidos de forma a validar o modelo proposto, num estudo de quarteirões da cidade de Braga.

1.2 Interesse

A relação de causa - efeito do layout urbano e o modo e o meio de propagação de ruído, geram interactividade e interdependência que normalmente não são levadas em consideração na fase de concepção. Só no pós-conflito é que normalmente a relação de causa-efeito entra como premissa.

Assim sendo, aponta-se 3 razões para a importância dessa consideração.

A primeira é a antecipação do conhecimento das possíveis incompatibilidades que poderão surgir e ter como acréscimo um custo (normalmente financeiro mas não só).

A segunda é a optimização dos diferentes componentes atribuídos a essa interactividade, reduzindo significativamente outros conflitos subjacentes a estes, como a saúde física e mental dos transeuntes.

A terceira razão são os exemplos de boas práticas como incentivo á concepção prévia dessa interligação.

1.3 Limitações

O estudo como já foi referido, pretende ser um instrumento de análise para o desenvolvimento de projectos de planeamento, enquanto sistema de alerta de pontos de conflito e como alguns poderão ser evitados.

A abrangência é um ponto limitativo, na medida em que e sem ter a pretensão de ser um manual de soluções tipo, não é possível contemplar todas as tipologias e respectivas variantes e conflitos.

A transposição é um outro ponto, pois o estudo necessita de modelos para os casos reais práticos como também é verdade o processo contrário, isto é onde os dados são representativos duma realidade e não uma transposição directa ou “realística” do real.

1.4 Parâmetros de definição

Por se considerar que não existe tipologias universais e transponíveis também não existem soluções ideais aplicáveis a qualquer caso específico, mas pode-se incentivar no modo como estas interactividades podem ser introduzidas desde logo na fase de concepção.

1.5 No campo de aplicação

Podemos quantificar as tipologias e algumas variantes como os materiais, as dimensões ou modo como a propagação do ruído vai ser induzido (gerado) de modo a estabelecer um conjunto de parâmetros reconhecíveis e comparáveis.

Por outro lado, podemos estipular mínimos de representatividade e de aceitabilidade nos diferentes parâmetros e variantes, bem como os mínimos de praticabilidade.

1.6 Métodos de definição

Deste modo, podemos indicar vários Modelos de layout urbano de modo a sistematizar a tipologia da forma urbana e seleccionar as tipologias mais frequentes. Adoptou-se o “Modelo de Vizinhanças Próximas” de João Branco Pedro [1] pela abordagem eloquente e pela sistematização do estudo.

O estudo pretendido quantifica a forma e a dimensão da forma urbana, cujo processo escolhido passa por seleccionar um conjunto de indicadores, que permitam quantificar e classificar as formas urbanas seleccionadas do estudo de João Branco Pedro [1], de modo a avaliar os layouts urbanos recorrendo aos indicadores quantitativos de forma e dimensão.

Por outro lado, pretende-se avaliar os níveis de ruído ambiental em fachadas, a partir do estudo do modelo de previsão de ruído ambiental NMPB96. Seguindo-se a criação de cenários, com base nos layouts seleccionados, e respectiva avaliação dos níveis de ruído ambiental nas fachadas.

Por último, pretende-se estabelecer relações entre os layouts urbanos seleccionados e o ruído ambiente modelado. Por último, validar as relações estabelecidas através da sua aplicação em quarteirões na cidade de Braga.

1.7 Forma de apresentação

O estudo divide-se em nove capítulos, no primeiro é o de introdução á abordagem do estudo, no segundo capítulo aborda-se o estado da arte, o terceiro capítulo aborda-se as variantes da forma urbana, no quarto capítulo expõe-se os diferentes parâmetros do ruído ambiental. O capítulo cinco é a análise comparativa do estudo, o sexto apresenta-se a validação dos resultados com um caso prático e no sétimo capítulo expõe-se algumas análise e conclusões. Os Capítulos oito e nove são dedicados á Bibliografia e ao Anexo respectivamente.

CAPÍTULO 2.

2- Enquadramento

A importância da forma urbana no desenvolvimento sustentável tem sido reconhecida nos últimos anos. Desde o fim do século XX que um número de países tem adoptado políticas de forma urbana no planeamento ambiental [2].

A forma urbana afecta directamente os habitats naturais, os ecossistemas e as diferentes espécies. Actualmente muitas espécies estão ameaçadas pela substituição dos recursos naturais por superfícies impermeáveis desmedidas e pelo excessivo consumo dos mesmos. Indirectamente a forma urbana influencia o comportamento do trajecto que, por sua vez, afecta a qualidade do ar, o clima global e naturalmente o ruído [3].

A United States Environmental Protection Agency [4] declarou em 1972, o ruído como um poluente e identificou-o como um dos problemas mais comuns que influenciam a qualidade de vida em ambiente urbano. Como consequência, nas últimas décadas, algumas acções importantes foram desenvolvidos para a avaliação do ruído urbano nas comunidades. A United States Environmental Protection Agency [4] em 1980, estabeleceu critérios para proteger a saúde e o bem-estar nas comunidades nos EUA, enquanto a World Health Organization [5], em 1993, também publicou algumas recomendações nesta direcção.

A Comissão Europeia criou em 1998, uma rede de peritos de ruído da UE de modo a prestar assistência no desenvolvimento da política europeia de ruído. Em 2002, o Parlamento Europeu e o Conselho adoptaram o Ruído de Ambiente Europeu (Directiva 2002/49/CE). Esta directiva foi um grande passo para monitorar ruído urbano, exigindo aos estados membros da EU a produção de mapas ruído estratégicos para as principais fontes de poluição sonora para as todas as aglomerações com mais de 250.000 habitantes [6].

O prazo para garantir a produção desses mapas foi marcada para 2007 e já hoje alguns resultados da presente directiva, bem como alguns planos de acção activa, são disponibilizadas on-line pela Comissão Europeia do Ambiente. Alguns exemplos destas transposições são os mapas de ruído das cidades de Augsburg, Birmingham, Bruxelas, Helsinki, Londres e Paris [6].

Em Portugal, com a recente transposição da Directiva 2001/42/CE, relativa à Avaliação Ambiental Estratégica, coloca novos desafios e oportunidades no domínio do Ruído Ambiental, e com a introdução do Regulamento Geral do Ruído [7] iniciou-se a elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído, de acordo com o mesmo regulamento e mais de 200 municípios dispõem já de um Mapa de Ruído Municipal.

Actualmente, a United States Environmental Protection Agency [4] considera a poluição sonora, como um dos problemas ambientais que atinge o maior número de pessoas no planeta, depois da poluição do ar e da água. O problema tem-se mostrado de difícil controlo, perante uma grande variedade de fontes sonoras, de métodos de avaliação de exposição ao ruído e de indicadores que possam descrever indubitavelmente o ruído [5].

Contudo, só alguns estudos se focam na modelação da poluição do ar e do ruído nas diferentes formas urbanas [8]; [9]; [10]; [11]; [12]; e [13].

Borrego, C. et al [12] considera as avaliações de ruído ambiental por meio de mapeamento e predição acústica úteis, na medida em que permitem visualizar e quantificar o ruído ambiental, contribuindo para um planeamento adequado do ambiente sonoro urbano. O objectivo principal do estudo foi verificar de que maneira a interacção entre fontes sonoras e a forma urbana exerce influência em determinado ambiente sonoro.

Borrego, C. et al [12] propõe um estudo baseado na aplicação de um software para mapeamento e predição acústica em que se analisou, primeiramente, o cenário acústico actual e, em seguida, os cenários hipotéticos criados e simulados em sectores ainda não ocupados da região. Os resultados mostraram que as características físicas da forma urbana como a densidade construtiva, a existência de áreas livres, a forma e a disposição das edificações, influenciam a propagação sonora ao ar livre e, portanto, no ambiente sonoro de uma determinada região [12].

Guedes [13], por sua vez propõe um protótipo dum sistema para a modelação do ruído e da poluição atmosférica. O sistema integra um modelo de ruído de tráfego, um modelo operacional de poluição do ar, um mapa digital, um modelo de paisagem urbana e um sistema de

informação geográfica (SIG). O estudo tem uma elevada resolução espacial sobre os edifícios individuais dos dois lados da via. Aplicando o sistema desenvolvido, o estudo preliminar verifica que as quatro formas urbanas existentes, hoje em dia na península de Macau, influenciam o transporte de veículos e o ambiente da via. Guedes [13] concluiu que as formas urbanas, com vias mais estreitas, com redes viárias complexas e intersecções mais densas levam a uma diminuição do volume de tráfego que por sua vez diminui a poluição sonora.

No entanto Guedes [13] considera necessárias correcções adicionais a considerar, como os efeitos absorventes do coberto vegetal, as configurações de rua, a distância entre a linha da fonte e do receptor localizado na frente de um edifício.

Os estudos desenvolvidos como o de Borrego [12] o de Guedes [13] mostram a necessidade de realizar mais estudos sobre a poluição sonora e suas consequências no ambiente e no homem. Nas décadas passadas, muitos outros autores acordaram que o ruído e as suas variabilidades devem ser tidos em conta na investigação ambiental. [3], [14], [15], [16], [17] e [18].

Scholes [19] considera que não só os níveis de ruído, devem ser estudados mas também outros factores potenciais, tais como distribuição da população ou o uso do solo circundante. Esses estudos sofrem influências diante da densidade construtiva e da forma das edificações, e de toda a configuração do espaço urbano [20].

Já existem estudos onde é comprovado que o ruído é o grande responsável de muitos factores de risco à saúde física e mental do homem, onde a perda temporária ou permanente da audição é uma realidade. A perda de sono, o stress, a irritabilidade são outros desconfortos subsequentes à sua exposição como refere Björkman [21] e Lercher [22].

O Ruído ambiental é entendido como um factor de impacto significativo no bem-estar pessoal. Um dos principais desafios do planeamento urbano é a criação de espaços urbanos capazes de proporcionar aos seus habitantes uma elevada qualidade de vida [23].

Embora o ruído seja uma preocupação mundial, a maioria das cidades ainda estão sujeitas a níveis de ruído que perturbam a actividade humana [6].

Assim, o carácter inovador e precursor do estudo é evidenciado pela integração de técnicas emergentes, nomeadamente *software* de simulação e modelação de ruído, e representa um esforço para modelar a realidade territorial num ambiente computacional, explorando melhor a complexidade da forma urbana, de forma a minimizar os seus efeitos na propagação do ruído.

CAPÍTULO 3.

3 - Dados da forma urbana

3.1 Definição

3.1.1 Morfológica segundo Luz Valente Pereira [24]

A forma urbana define-se na relação estabelecida entre espaço exterior e massa edificada que existam num dado solo ou paisagem. São estes elementos que temos que analisar em si, entre si e nas suas relações com outros elementos do sistema urbano.

A influência do solo ou paisagem em termos morfológicos situa-se principalmente ao nível da sua localização, topografia, exposição solar e eólica, na qualidade e aptidão do seu solo e subsolo e da sua composição da paisagem. Estes dados influenciam as grandes distribuições de cheios e vazios das edificações, bem como as definições das tipologias e das formas de agregação das mesmas, ou o traçado das infra-estruturas sobretudo a viária. A composição urbana e o sistema geral de leitura também influenciam igualmente a legibilidade do espaço resultante da configuração topográfica e das características da paisagem.

Para a definição morfológica do espaço exterior temos de considerar o espaço de circulação, que é o esquema viário e a circulação de peões quer na expressão formal do espaço, quer nas relações de acesso que estabelece, bem como o tipo de rede de acessibilidade que as vias formam entre si, bem como a relação que estabelecem com a massa edificada e com os espaços de permanência.

Os espaços de permanência são espaços de estar urbanos analisáveis segundo categorias dimensionais, relacionadas com o tipo de permanência pública e privada e ainda o modo como se articulam entre si, com a massa edificada e com o sistema espacial de circulação. Nos espaços de permanência interessa distinguir como categorias de análise, os espaços de permanência pavimentados e não pavimentados (espaços verdes).

A caracterização morfológica da massa edificada passa pela definição tipológica dos edifícios, das formas de agregação, dos edifícios e do modo como se estabelece o acesso quer dos edifícios ao espaço exterior, quer aos espaços exteriores situados entre os conjuntos edificados. Portanto é perceptível ver todo um conjunto de elementos que definem o layout urbano e o que lhe é intrínseco.

3.2 Definição e caracterização de tipologias

A concepção de tipologias urbanas diz respeito ao arranjo, aparência e funcionalidade das cidades e, em particular, à concepção e utilização do espaço público urbano. Ela tem sido tradicionalmente considerada como um subconjunto disciplinar do planeamento urbano, da arquitectura e do paisagismo, e em tempos mais recentes tem sido associada às disciplinas emergentes, como o urbanismo da paisagem.

No entanto, com a sua crescente importância nas actividades destas disciplinas, é entendida como uma prática de design, que opera na intersecção de todos intervenientes do planeamento, e requer uma boa compreensão de uma série de outros, além disso, interage com a economia urbana, economia política e teoria social.

Mas a definição exacta de Tipologia em planeamento urbano e arquitectura é a classificação taxonómica (geralmente física), que detêm características comuns encontradas nos edifícios e lugares urbanos, de acordo com a sua associação e com as diferentes categorias, como a intensidade de desenvolvimento (naturais ou rurais altamente urbana), com os graus de formalidade, e com o desenvolvimento ou não de planos ao longo da história (modernista ou tradicional).

Pode ser ainda entendida como características individuais de padrões de forma, padrões relacionais de elementos hierárquicos através de escalas físicas, que operam desde os pequenos detalhes até aos sistemas de grande porte (Plano de Urbanização, Plano Director Municipal, Plano Pormenor, Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial, Unidade Operativa de Planeamento e Gestão, ...).

3.3 Indicadores quantitativos

Assim sendo, caracterizar a forma urbana com recurso a indicadores é, apesar do crescente interesse, uma exploração de reais diferenças é ilustrada em estudos incipientes.

Só recentemente têm surgido métodos quantitativos como meio para sistematizar mais as classificações e as análises das questões relativas a estes debates [25]; [26]; [27]; [28]; [29].

Até agora, estes métodos permaneceram limitados a casos individuais e estudos ou de contextos nacionais específicos, geralmente desenvolvidos dentro dos países.

No entanto, Torrens *et al* [25] distinguiram variedades da forma urbana por indicadores de densidade, dispersão, picos, intervalos, e acessibilidade. Por sua vez, Wassmer [26] tentou introduzir métodos consensuais para medir e comparar a expansão urbana na área metropolitana.

Já Torrens *et al* [25] capturou oito dimensões de expansão: densidade, continuidade, concentração, clustering, centralidade, nuclearity, usos mistos, e proximidade. Wassmer [26], criou um índice de expansão baseada em quatro factores (ou seja, densidade residencial, bairro misto, actividade força e acessibilidade) para as cidades dos E.U. Galster *et al* [27] utilizaram quatro variáveis quantitativas (ou seja tamanho metropolitano, actividade, intensidade, grau de distribuição e grau de agrupamento) para diferenciar “compacidade” de expansão. Outros como Ewing *et al* [28], Tsai [29], Longley *et al* [30], empregaram indicadores multidimensionais para medir as “compacidades” específicas dentro de bairros ou cidades.

Os indicadores que se pretende estudar têm um cariz dimensional e apesar de baseados nos estudos dos autores anteriormente referidos, são métricas espaciais, divididos em índices quantitativos e índices de análises digitais, ambos usados com o intuito de extrapolar tipologias com especificidades fora dos modelos pré-definidos.

3.3.1 Métricas espaciais

O espaço métrico é um conceito que generaliza a ideia geométrica de distância. Um conjunto em que há uma métrica ou grelha cuja base é similar.

3.3.1.1 Índice de Ocupação ou Percentagem de Ocupação de Solo (P%) – É o quociente entre a superfície de implantação e a área do terreno e é ilustrado na Figura 1.

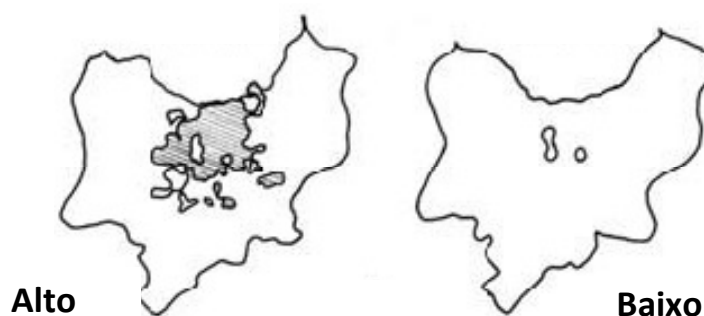


Figura 1. Ilustração Índice de Ocupação

O cálculo da Percentagem de Ocupação (% p) é feito através da Equação 1:

$$\%P = \frac{A_{imp}}{A_t} \quad (1)$$

Em que:

A_{imp} : área de implantação

A_t : Área total

3.3.1.2 Índice de Volume de construção ou **Volúmico (IV)** – Representa o espaço acima do solo correspondente a todos os edifícios que existem ou possam ser realizados no prédio, exceptuando elementos ou saliências com fins exclusivamente decorativos, ou estritamente destinados a instalações técnicas e chaminés, mas incluindo o volume da cobertura, expresso em metros cúbicos (m³) e ilustrado na Figura 2.

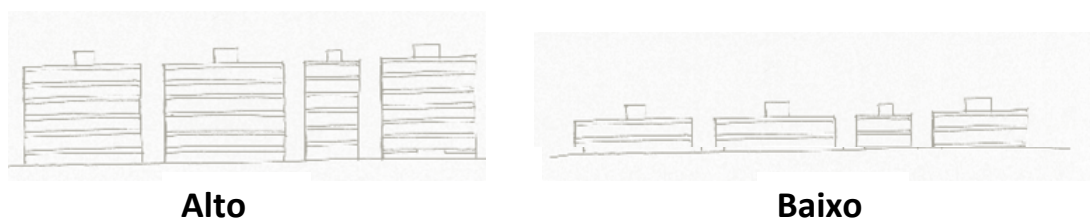


Figura 2. Ilustração Índice de Volume de Construção

Para calcular Índice Volumétrico (Iv), expresso em m³, recorreremos à Equação 2:

$$Iv = P \times N \times H \quad (2)$$

Em que:

P : área de implantação (m²)

N : número de pisos

H : pé direito (m)

As métricas espaciais enunciadas de seguida, são empregues como uma série de índices quantitativos que possam representar as características físicas das formas urbanas tipo, que se pretende estudar usando-se para tal os seguintes indicadores urbanos [33].

3.3.1.3 Índice de Compacidade (CI) - Mede não só a forma do patch individual mas também o problema da fragmentação da paisagem urbana global [34].

A forma mais regular do patch é quanto menor o número do patch, maior o valor do CI, como é possível ilustrar na Figura 3. Segundo Huang *et al* [33]; frequentemente a mancha maior é responsável pela maior parte da área urbana total. Especialmente nas cidades dos países em desenvolvimento, o maior índice de patch de “compacidade”(CILP), representa principalmente a forma global do centro urbano.

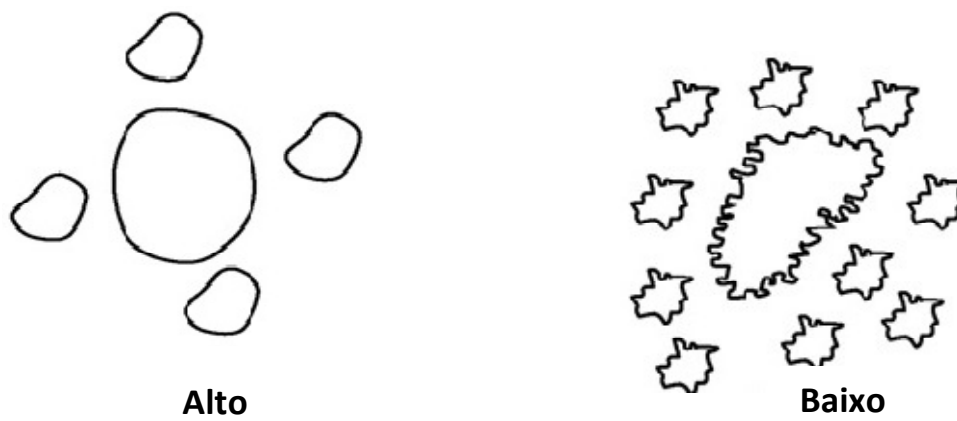


Figura 3. Ilustração Índice de “Compacidade”

O índice de “compacidade” (CI) é calculado através da seguinte equação:

$$CI = \frac{\sum i \frac{P_i}{p_i}}{N} = \frac{\sum i 2\pi \sqrt{\frac{s_i}{\pi}} / p_i}{N} \quad (3)$$

Em que:

s_i : área do patch, m²

p_i : perímetro da mancha urbana, m

P_i : perímetro do círculo com área s_i , m

N : número total de manchas urbanas

Obtém-se valores mais elevados de CI para formas mais regulares e para baixo número de manchas urbanas.

3.3.1.2 Porosidade - Um outro indicador é o de "porosidade" ou de permeabilidade que mede a proporção de espaço aberto, em comparação com o total da área urbana.

O espaço aberto é fundamental tanto para os moradores como para a amenidade e para a sustentabilidade das cidades. O indicador mede a porosidade da área total de estes "buracos" em relação ao total do cálculo da área urbanizada e exemplificado na Figura 4. Este indicador de porosidade é também designado de "Rácio de espaço aberto" (ROS).



Figura 4. Ilustração do índice de porosidade

O Índice de Porosidade ou de Permeabilidade é calculado através da Equação 4 apresentada a baixo:

$$ROS = \frac{s'}{s} \times 100 \% \quad (4)$$

Em que:

s' : somatório da área de todos os "buracos" dentro da área urbana extraída

s : somatório da área de todos os patches (área construída)

Este indicador é também denominado como o rácio de espaços abertos. O índice de permeabilidade aumenta com o aumento de espaços vazios.

3.3.2 Métricas Espaciais_ análises digitais

As métricas espaciais, são indicadores quantitativos provenientes de análises digitais de mapas temáticos, desenvolvidos no campo da ecologia de paisagem na década de 1980 [35]. Esses indicadores permitem mensurar a estrutura urbana numa escala de análise específica.

Uma grande diversidade de métricas espaciais tem sido empregada em diferentes áreas de estudo. Riitters *et al* [36], por exemplo, descreve 55 métricas e avalia comparativamente os resultados obtidos com a aplicação das diferentes alternativas. Herold *et al* [37] explora a aplicação combinada de sensor remoto e métricas espaciais para modelar o crescimento urbano na cidade de Santa Bárbara, Califórnia.

Para esta pesquisa, foram utilizadas duas métricas espaciais que capturam diferentes dimensões da forma urbana: complexidade do perímetro e a forma da mancha urbana, por serem métricas que captam as protuberâncias e as complexidades das formas urbanas.

3.3.2.1 Complexidade do perímetro (Fractal) - A complexidade do perímetro é definida pela dimensão fractal. Este índice descreve a complexidade do perímetro de uma mancha urbana através da relação entre o perímetro e a área [38], [39].

Para a pesquisa foi utilizada a dimensão fractal média ponderada das manchas urbanas ilustrada na Figura 5 e calculada pela Equação 1.

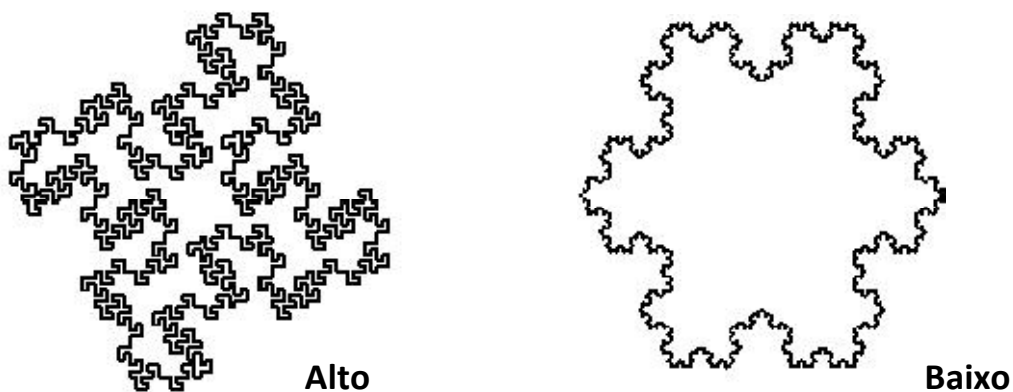


Figura 5. Ilustração de dimensões fractais

O valor da dimensão fractal varia entre 1 e 2. Valores mais baixos são obtidos quando a mancha tem uma forma mais simples (a dimensão fractal de um círculo é igual a 1).

Se o perímetro for mais complexo e irregular a dimensão fractal é maior que 1 (Figura 1).

$$fractal = \sum_{j=1}^n \left(\left(\frac{2 \ln \left(\frac{pi}{2\sqrt{\pi} l} \right)}{\ln ai} \right) \left(\frac{aj}{\sum_{j=1}^n aj} \right) \right) \quad (5)$$

Em que:

p_i = perímetro da mancha i

a_i = área da mancha i

a_j = área total

n = número de manchas urbanizadas que compõem a zona urbana

3.3.2.2 Forma da mancha urbana - A forma da mancha urbana duma cidade foi avaliada pelo Índice de Forma de Baass [40] e Sanches [39] e ilustrada na figura seguinte:



Figura 6. Ilustração de manchas de formas urbanas

Para uma forma circular, o valor desse índice é igual a 1, aumentando à medida que a forma se torna mais alongada e não circular (Figura 2). Quando há mais de uma mancha urbana, o indicador utilizado considera uma ponderação em função do tamanho das manchas.

O índice de forma é calculado através da seguinte equação:

$$forma = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{r_i p_i}{2a_i} \right) \left(\frac{a_j}{\sum_{j=1}^n a_j} \right) \right) \quad (6)$$

Em que:

r_i = raio do menor círculo circundante ao polígono

p_i = perímetro da mancha i

a_i = área da mancha i

a_j = área total

n = número de manchas urbanizadas que compõem a zona urbana

As expressões matemáticas referenciadas anteriormente vão ser aplicadas às tipologias de formas urbanas apresentadas de seguida e consoante um modelo teórico, neste caso o “ Modelo de Vizinhança Próxima “ de João Branco Pedro [1].

3.4 Exigências do estudo forma urbana

O estudo levado a cabo exige padrões de fácil análise e comparação, em concordância com esse facto pensou-se ser importante o uso de um modelo teórico como suporte a uma metodologia que possa padronizar todos os dados (input e output), todos os indicadores empregues e todas as formas urbanas a serem utilizadas.

3.5 Modelos teóricos

De modo geral, os modelos podem ser classificados de acordo com as seguintes tipologias [41], [42]:

- Modelo descritivo: objectiva apenas o entendimento do funcionamento de um sistema.
- Modelo exploratório: é um modelo descritivo que envolve a análise paramétrica de vários estados, por meio de variações nos elementos dos sistemas e nos seus relacionamentos, sem interferência externa sobre ele.
- Modelo preditivo: é um modelo exploratório que envolve a variável tempo, compreendendo a projecção de alguns elementos básicos.
- Modelo operacional: possibilita a interferência do modelador, o qual pode introduzir factores exógenos nos componentes do sistema e nos seus relacionamentos, de modo a alterar o seu comportamento.

Uma ramificação de modelos operacionais diz respeito a modelos prescritivos ou normativos, os quais procuram modificar o sistema em análise, de forma a se atingir um estado óptimo.

Os primeiros modelos apontados podem apenas descrever a estrutura urbana num instante no tempo, ou no melhor dos casos, comparar estruturas estáticas, incorporando um equilíbrio artificial de longo prazo, o que os torna por vezes em simulações de estruturas urbanas meramente estáticas e observáveis [43].

Por outro lado, o uso de modelos vem de encontro à facilidade inerente a este, isto é, de fácil análise, comparação, cuja recolha de dados e respectiva padronização são factores que contrapõem aos fenómenos naturais ligados à consequente imprevisibilidade que os caracteriza.

O modelo proposto é uma disposição dos descritos anteriormente, nomeadamente a combinação do descritivo, preditivo e operacional.

3.5.1 Modelo vizinhança próxima

Uma vizinhança próxima constitui uma unidade residencial, organizada funcionalmente e espacialmente em torno de um espaço exterior, onde se tendem a estabelecer relações de vizinhança entre moradores [44], [45].

A definição de tipologias e tipos de vizinhança próxima iniciou-se pela definição de critérios de classificação, sendo seguida pela aplicação dos critérios a uma amostra alargada de exemplos, da qual resultaram grupos com características idênticas designados de tipologias e descritos concretamente por tipos. A amostra que fundamentou a presente classificação tipológica foi elaborada por João Branco Pedro [1], onde as tipologias de vizinhança próxima foram definidas segundo as duas perspectivas de classificação seguintes:

Perspectiva programática que se define como sendo conjuntos de vizinhanças próximas com programas funcionais idênticos (por exemplo, um número de fogos semelhante)

Perspectiva morfológica que se entende como um conjunto de vizinhanças próximas com características formais idênticas (por exemplo, a mesma forma de implantação do conjunto de edifícios)

3.5.1.1 Classificação programática

A classificação dum Programa consiste num instrumento de organização que articula um conjunto de acções que concorrem para um objectivo comum preestabelecido, mensurado por indicadores estabelecidos, visando a solução de um problema, mas sobretudo atender uma necessidade de sintetizar parâmetros classificativos como os seguintes:

- Número de fogos

- Inferior a 40 habitações (aproximadamente 200 habitantes) entende-se como uma vizinhança próxima de pequena dimensão
- Entre 40 a 70 habitações (aproximadamente 200 a 350 habitantes) entende-se como uma vizinhança próxima de média dimensão
- Entre 70 a 100 habitações (aproximadamente 350 a 500 habitantes) entende-se como uma vizinhança próxima de grande dimensão
- Número de habitantes
 - Inferior a 200 habitantes por hectare entende-se como uma vizinhança próxima de baixa densidade
 - Entre 200 a 500 habitantes por hectare entende-se como uma vizinhança próxima média densidade
 - Superior a 500 habitantes por hectare entende-se como uma vizinhança próxima de elevada densidade
- Índice de ocupação
 - Inferior a 50% entende-se como uma vizinhança próxima de baixa ocupação
 - Entre 50% a 100% entende-se como uma vizinhança próxima de média ocupação
 - Superior a 50% entende-se como uma vizinhança próxima de elevada ocupação

3.5.1.2 Classificação morfológica

A classificação morfológica é uma instrução que, de acordo com o Dicionário Terminológico, vai no sentido de se querer indicar os constituintes morfológicos isto é, de modo a restringir a sua amplitude. Assim os critérios utilizados na classificação morfológica foram os seguintes:

- Forma de implantação do conjunto de edifícios:
 - Implantação fechada (os edifícios delimitam claramente a forma do espaço exterior, os edifícios interrompem-se numa distancia igual ou inferior á quarta parte do comprimento total do perímetro do espaço exterior)



- Implantação linear (os edifícios apenas sugerem a forma do espaço exterior, os edifícios interrompem-se numa distancia superior á quarta parte e inferior a metade do comprimento total do perímetro do espaço exterior)

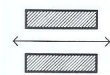


- Implantação pontual (os edifícios não delimitam o espaço exterior, os edifícios interrompem-se numa distancia superior a metade do comprimento total do perímetro do espaço exterior)

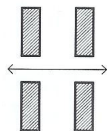


- Forma de implantação dos edifícios relativamente às ruas:

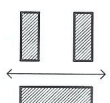
- Implantação alinhada (implantação de edifícios ao longo de ruas)



- Implantação não alinhada (implantação livre dos edifícios relativamente ás ruas)

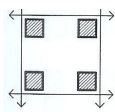


- Implantação mista (implantação alinhada e não alinhada)

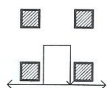


- Forma de acesso viário local

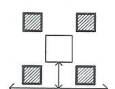
- Acesso com continuidade



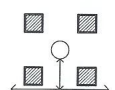
- Acesso em anel



- Acesso em praça



- Acesso em impasse



- Número de pisos acima do nível de entrada principal dos edifícios da vizinhança próxima

- Edifícios térreos (R/C a R/C + 1 piso, ou até 4,00m de altura)
- Edifícios de baixa altura (R/C + 2 a R/C + 3 pisos, ou até 9,00m de altura)
- Edifícios de média altura (R/C +4 a R/C + 9 pisos, ou até 28,00m de altura)
- Edifícios altos (mais que R/C +9 pisos, ou altura superior a 28,00m de altura)

- Número de habitações dos edifícios da vizinhança próxima:

- Unifamiliar (uma habitação por edifício)



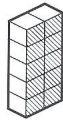
- Bifamiliar (duas habitações por edifício)



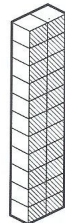
- Multifamiliar pequenos (3 a 8 habitações por edifício)



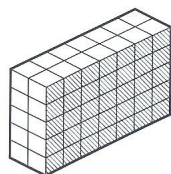
- Multifamiliar médios (9 a 20 habitações por edifício)



- Multifamiliar grandes (21 a 60 habitações por edifício)



- Multifamiliar muito grandes (mais de 60 habitações por edifício)



3.5.1.3 Exigências de projecto aplicáveis aos espaços da vizinhança próxima

Nesta fase apresentou-se os parâmetros aplicáveis na concepção de cada um dos espaços que compõem a vizinhança próxima. Isto é o, os espaços de circulação que têm em consideração a

hierarquia viária mínima, a largura da via mínima e os componentes impermeáveis mínimos da infra-estrutura.

Por sua vez, o sistema edificado leva em consideração a altura máxima dos edifícios e a distância mínima entre fachadas. Os espaços verdes ou não urbanizáveis também leva em atenção as áreas mínimas. Deste modo, no capítulo 5, apresenta-se os resultados comparativos de como a forma urbana baseando-se no modelo de João Branco Pedro [1], influencia a propagação do ruído urbano.

CAPÍTULO 4.

4 DADOS DO RUÍDO URBANO

4.1 Definição Onomástica Etimológica

A libertação de energia emitida por uma fonte sonora que se propaga sobre a forma de ondas mecânicas designa-se de som. Pode definir-se som como qualquer variação da pressão atmosférica que o ouvido humano tem capacidade de detectar, em qualquer meio de propagação.

4.2 Definição de Ruído Ambiente

“A distinção entre som e ruído é frequentemente associada à sensação de desagradabilidade” [46].

O conceito de ruído é definido como a variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e banda de frequências aos quais o ouvido humano responde. Como o ouvido humano é mais sensível a certas frequências do que a outras, o nível de distúrbio é dependente do conteúdo espectral do ruído.

A percepção do ruído depende das pessoas, dos momentos e dos locais. Entende-se por ruído um som desagradável ou incomodativo para o ser humano e é por isso que é difícil determinar objectivamente a incomodidade.

Assim o ruído ambiental é expresso por um logaritmo da relação entre os quadrados da pressão sonora medida (P_{med}) e a pressão de referência (P_{ref}). Denomina-se nível de pressão sonora L_p e é expresso em Bel (B) ou multiplicando-se por 10 é expresso em decibel (dB).

A escala de valores de nível de pressão sonora varia entre 0 dB, que corresponde ao limiar da audição, e 120 dB, que corresponde ao limiar da dor.

O nível de pressão sonora é dado pela seguinte expressão:

$$L_p = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \times \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (7)$$

Em que:

L_p é o nível de pressão sonora expresso em dB

p é o valor eficaz da pressão sonora, expresso em Pascal.

p₀ é a pressão sonora de referência e corresponde ao limiar mínimo da audição humana ($p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa)

Como o ouvido humano não possui a mesma sensibilidade ao longo do espectro de frequências, o nível de pressão sonora L_p não é verdadeiramente representativo da forma como é recebido pelo Homem. De forma a caracterizar o nível de pressão sonora não o emitido, mas o recebido pelo ouvido humano, o nível de pressão sonora expresso em dB é ponderado por um coeficiente que depende da frequência. O nível de pressão sonora é ponderado pelas curvas de ponderação A, B, C e D ilustradas no gráfico da Figura 7.

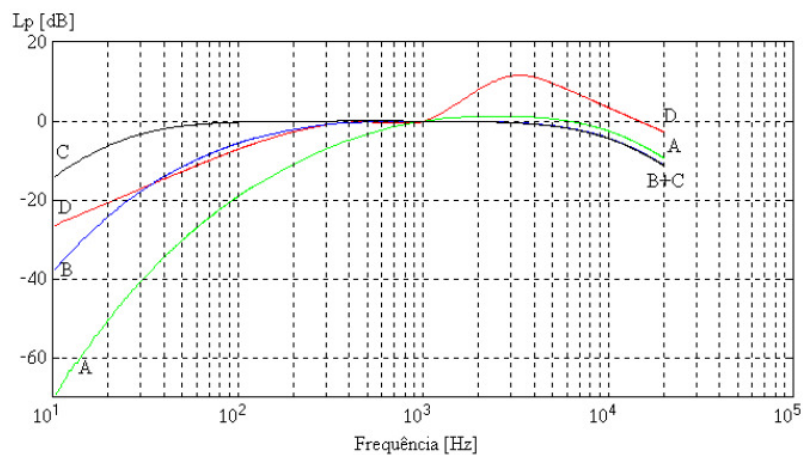


Figura 7. Curvas de ponderação de frequências

Para a medida de ruído ambiente e medida de incomodidade a ponderação usualmente utilizada é a ponderação de frequência A, pois trata-se daquela que melhor correlaciona os valores medidos com a incomodidade do sinal sonoro. Assim, em estudos de ruído ambiente o nível de pressão sonora é normalmente expresso em dB(A).

Duas das características do ruído são a intensidade e a frequência, a **intensidade** pode ser definida como a quantidade de energia vibratória que se propaga nas áreas próximas, a partir da fonte emissora, podendo ser expressa em termos de energia (watt/m²) ou em termos de

pressão (N/m² ou Pascal), por sua vez a **frequência** é representada pelo número de vibrações completas num segundo, sendo a sua unidade de medida expressa em hertz (Hz).

A aptidão do ouvido humano para a captação das ondas sonoras com a mesma energia mas com distintas frequências é diferente, onde a gama audível varia entre 20Hz e 20 000 Hz. A sensibilidade do ouvido diminui para frequências acima (ultra-sons) de 4000 HZ e abaixo (infra-sons) de 500 Hz., como é possível verificar na Figura 8.

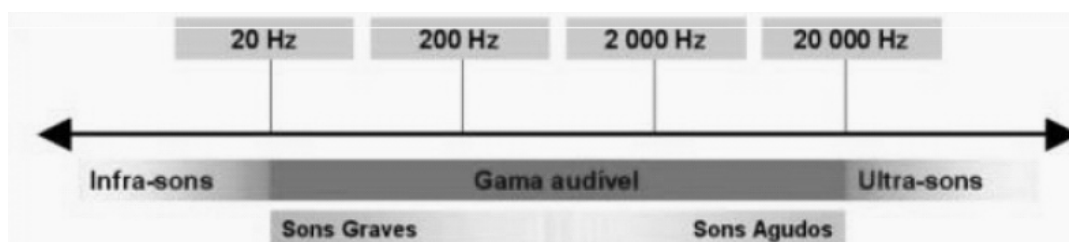


Figura 8. Gama de frequências

4.3 Exigências do estudo ruído urbano

4.3.1. Enquadramento legal do ruído ambiental em Portugal

Em Portugal, o ruído está regulamentado através do recente Regulamento Geral do Ruído (RGR), publicado no [7]. Este diploma legal introduz, à semelhança do seu precursor [47], a consideração da variável do ruído urbano em sede de planeamento.

O mesmo diploma define as áreas vocacionadas para os usos habitacionais existentes ou previstos, bem como as áreas para escolas, hospitais, espaços de recreio, lazer e outros equipamentos colectivos, que são classificadas de **zonas sensíveis**. As áreas cuja vocação seja afectada em simultâneo às utilizações referidas, bem como a outras utilizações, nomeadamente a comércio e serviços, são classificadas de **zonas mistas**.

O regulamento define três períodos de dia, o período diurno compreendido entre as 7.00h e as 20.00h, o período entardecer compreendido entre as 20.00 e 23.00 horas e o período nocturno compreendido entre as 23.00h e as 7.00h. Este regulamento define os indicadores de ruído ambiente de longo termo que são o **Ldia** (indicador de ruído diurno), **Lentardecer** (indicador

de fimde- tarde, período intermédio), o **Lnoite** (indicador nocturno) e o **Lden**.(indicador composto dos três períodos: dia-entardecer-noite).

Os **Ldia** , **Lentardecer** e **Lnoite** devem constituir níveis de ruído de longo período nos termos da norma [48]. Estes indicadores são determinados para o conjunto dos períodos diurnos, intermédios e nocturnos de um ano. O indicador de ruído ambiente composto, **Lden**, corresponde a um nível sonoro contínuo equivalente de 24 horas ponderado distintamente nos períodos de entardecer e noite, de forma a traduzir de uma forma mais aproximada o incómodo global associado.

Às zonas sensíveis e mistas estão associados valores máximos admissíveis de ruído ambiente no exterior. Nos termos do RGR, a aplicação do critério de exposição máxima obriga a que: as zonas sensíveis não devem ficar expostas a um **Lden (A)**, superior a 55 dB(A) e a um **Ln (A)** superior a 45 dB(A); as zonas mistas não devem ficar expostas a um **Lden (A)** superior a 65 dB(A), e a um **Ln** superior a 55 dB(A).

O ruído ambiente proveniente do meio urbano, qualquer que seja o local, não é estacionário, apresenta variações no tempo que se revelam no sinal produzido através de quebras e picos. Quando se pretende, por exemplo, caracterizar o ruído produzido pelo tráfego rodoviário, dado o seu ruído ser flutuante, uma simples medição pontual do seu valor não é suficiente. Será necessário recorrer ao cálculo duma média, obtida após um tempo de medição representativo, bem como a indicadores que possam revelar os picos máximos e mínimos ocorridos durante o período de tempo de medição.

4.3.2 Indicadores de ruído

Na avaliação do ruído ambiente são em geral utilizados determinados indicadores de ruído que caracterizam o ambiente acústico exterior. São eles os indicadores médios, através do nível sonoro contínuo equivalente (**Leq**), que se define como o nível de pressão sonora constante, no qual a quantidade de energia acústica emitida durante um determinado período de tempo é a mesma do que o ruído flutuante efectivo emitido [46].

Os indicadores máximos e mínimos através do nível de pressão sonora máxima (**Lmax**) e do nível de pressão sonora mínimo (**Lmin**), e os indicadores estatísticos ou níveis percentis através, por exemplo, do nível de pressão sonora que foi excedido durante 10% do tempo de medição (**L10**), do nível de pressão sonora que foi excedido durante 50% do tempo de medição (**L50**) e do nível de pressão sonora que foi excedido durante 95% do tempo de medição (**L95**) Estes indicadores de ruído ambiente estão ilustrados na Figura 9.

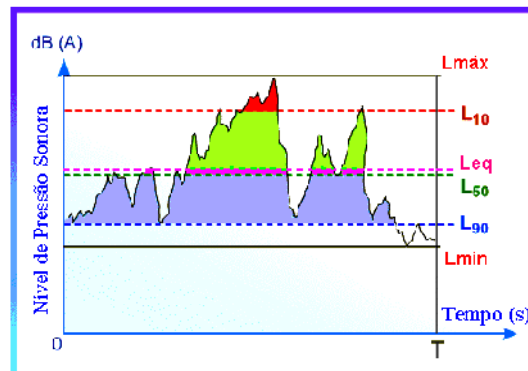


Figura 9. Indicadores de ruído ambiente

O **Leq** é o indicador internacionalmente adoptado por ser o mais representativo do ruído observado num determinado local e durante um certo intervalo de tempo e é expresso em dB. O **Leq** é definido pela seguinte equação:

$$L_{eq} = 10 \times \text{Log} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right) \quad (8)$$

Onde :

T é o tempo de medição

P(t) é a pressão sonora instantânea em Pa

P0 é a pressão sonora de referência em Pa

4.4 Caracterização do ruído

O nosso ouvido reconhece informações nos sons que ouvimos, e as informações que nos incomodam são ruídos. O ruído tem características próprias que nos incomodam, que é o seu timbre e alterações no nível sonoro. Dependendo destas e de outras características, o ruído vai ser diferente. Os diferentes tipos de ruído requerem diferentes tipos de estratégias na sua medição.

4.4.1 Classificação dos tipos de ruído

O ruído pode ser classificado como **contínuo ou estacionário**: ruído com pequenas variações dos níveis (até ± 3 dB) durante o período de observação, que não deve ser inferior a 15 minutos e é produzido por máquinas que funcionam sem interrupção. A medição do ruído pode ser feita com equipamento normal (sonómetro manual).

O ruído **contínuo flutuante ou intermitente** é o ruído cujo nível varia continuamente de um valor apreciável durante um período de observação (superior a ± 3 dB) e está associado à medição de máquinas que operam em ciclos. O ciclo de tempo em que o ruído aumenta pode ser medido da mesma forma que o ruído contínuo, no entanto o período de tempo desse ciclo deverá ser apontado.

O ruído provocado por explosões ou impactos, é chamado de ruído de impacto ou impulsivo, e é breve e abrupto. Apresenta picos de energia acústica, de duração inferior a um segundo e entre picos, inferiores a 1 segundo. Para medir este tipo de ruído, poderá ser feita a diferença entre a resposta "slow" e "fast" do sonómetro, assim como deverão ser apontados a média de repetições dos impulsos (nº de explosões p.e. em determinado tempo).

O Ruído Ambiente é o ruído provocado por todo um conjunto de fontes juntas, como sendo o do tráfego, de maquinaria ou dos pássaros. O Ruído Específico é o ruído da fonte que se pretende medir, ou investigar e é um dos componentes do ruído ambiente. O Ruído residual ou ruído de fundo é composto pelos elementos do ruído ambiente que não são ruídos específicos e é perceptível quando o ruído específico é suprimido [46].

4.4.2 Definição de fontes de ruído

O ruído é emitido por uma fonte sonora ou um conjunto de fontes e propaga-se, a partir da fonte, sobre a forma de ondas mecânicas concêntricas e de forma aproximadamente esférica. Dependendo do tipo de fonte estas ondas poderão obter uma forma esférica, cilíndrica ou planar. O ruído vai diminuindo de energia com a distância do receptor à fonte emissora sonora [46].

Para uma fonte tipo pontual a energia sonora emitida em qualquer direcção é inversamente proporcional ao aumento da área superficial da esfera. O comportamento de cada é baseado no

pressuposto de que, num meio homogéneo, a propagação de uma fonte pontual é puramente esférica. Esta lei é conhecida pela e para fontes pontuais e resulta numa redução de 6 dB no nível sonoro relativo por dobro da distância. Se o solo é rígido e reflectivo, deve ser feita uma compensação para as reflexões.

As fontes lineares e planares podem ser consideradas como sendo constituídas por um número infinito de fontes pontuais distribuídas uniformemente. O comportamento geral é então determinado através da integração dos efeitos individuais de cada fonte pontual através do comprimento ou da área total. No caso de uma linha ideal de comprimento infinito, o resultado aproxima-se a uma propagação cilíndrica pura. Portanto a energia sonora em qualquer direcção perpendicular é inversamente proporcional ao aumento da circunferência do cilindro. Isto resulta numa redução de somente 3 dB no nível sonoro relativo por dobro da distância.

Para uma fonte planar, integrando um número infinito de fontes pontuais distribuídas em duas dimensões produz uma superfície plana. A propagação através de uma fonte planar aproxima-se a uma onda plana. A energia sonora de cada fonte pontual é no entanto assumida a propagar através de uma linha recta perpendicular ao plano, o que significa que não será necessário considerar uma propagação geométrica dado que não há alterações ao longo da área superficial que propaga a onda sonora.

4.5 Os factores mais importantes que afectam a propagação do som

O ruído vai diminuindo com o aumento da distância entre a fonte emissora e o receptor.

Essa redução depende de vários factores, como sendo o tipo de fonte, as características de absorção do solo envolvente, a existência de barreiras ou obstáculos.

Para além do já referido, as condições atmosféricas também têm forte influência na propagação do ruído, em que o vento e a temperatura são os factores com maior preponderância. O vento faz aumentar o som na sua direcção e diminuir o som na direcção contrária.

Por sua vez a temperatura esta relacionada com a velocidade do som, isto é quanto maior é a velocidade do som maior será a temperatura, isto explica-se pela propagação do som no ar se

dar a partir da fonte geradora, com a formação de ondas. Essas ondas terão um comprimento de onda e uma velocidade de propagação. A **velocidade de propagação** do som depende da densidade e da pressão do ar. Devemos levar em consideração que a densidade do ar é bastante influenciada pela humidade.

Outro factor importante na propagação do som é a atenuação. O som ao se propagar sofre uma diminuição na sua intensidade, causada por dois factores, a dispersão das ondas onde o som ao se propagar ao ar livre (ondas esféricas) tem a sua área de propagação aumentada, em função do aumento da área da esfera. Como a energia sonora (energia de vibração das moléculas de ar) é a mesma, ocorre uma diluição dessa energia, causando uma atenuação na intensidade. A outra causa de diminuição da intensidade é por Perdas entrópicas isto é, sempre que se aumenta a pressão de um gás, a sua temperatura aumenta; ao se expandir o gás, a temperatura diminui (Boyle) [50].

Numa onda sonora, onde acontecem sucessivas compressões e rarefações, ocorrem pequenos aumentos e diminuições na temperatura do ar. Pela 2ª Lei da Termodinâmica, sempre que se realiza uma transformação energética, acontece uma perda, ou seja, parte da energia se perde em forma de calor. É a chamada perda entrópica. Assim, na propagação do som, parte da energia se transforma em calor, atenuação esta que depende da frequência do som, da temperatura e da humidade relativa do ar.

Assim a Atenuação do som na propagação é directamente proporcional à frequência, ou seja, o som agudo falece em poucos metros, enquanto o som grave se pode ouvir a quilómetros de distância, também é inversamente proporcional à temperatura e inversamente proporcional à humidade. A poluição do ar, principalmente o monóxido e dióxido de Carbono, são muito absorventes, atenuando bastante o som, já a pressão atmosférica não influencia a propagação.

Portanto, na propagação o ar oferece maior resistência à transmissão de altas frequências, que causa uma distorção no espectro de frequências. Por isso essa razão é que nos sons produzidos a grandes distâncias, nós ouvimos com maior nível os sons graves e os sons agudos são atenuados na propagação.

Na presença de um obstáculo à propagação do ruído podem ocorrer vários fenómenos como sendo a **reflexão**, a **absorção**, a **transmissão** e a **difracção**. Quando se interpõe, por exemplo, uma barreira acústica ou um edifício entre a fonte sonora e o receptor, a propagação sonora é fortemente alterada, e vários percursos da onda sonora se podem diferenciar como ilustrado na Figura 10.

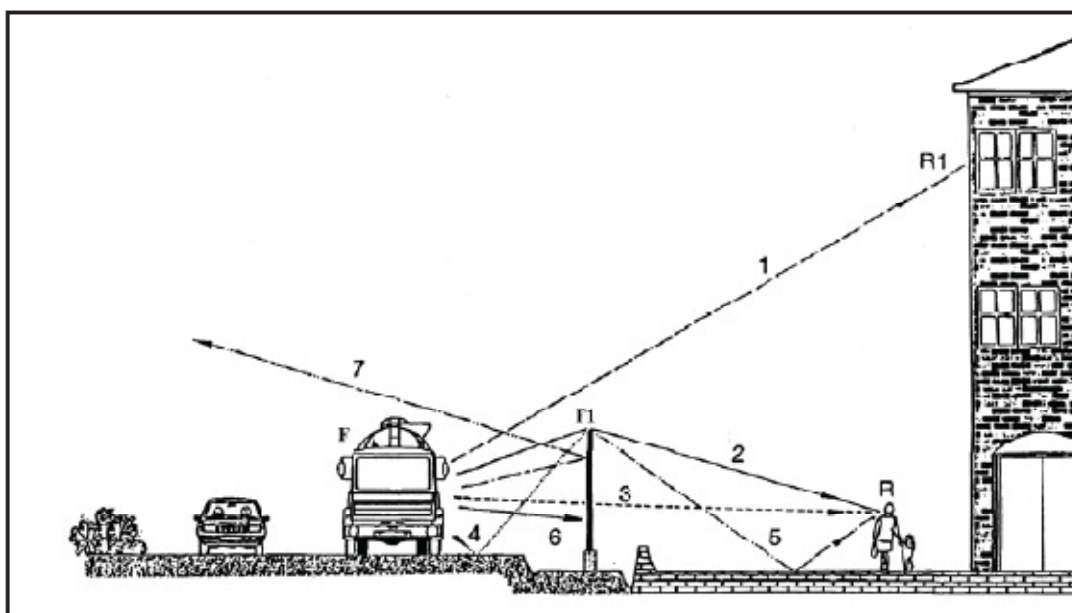


Figura 10. Propagação do ruído emitido de uma estrada na presença de uma barreira acústica

Onde:

- 1 – Onda sonora emitida directamente da fonte F e que atinge o receptor R1
- 2 – Onda sonora devida ao efeito de difracção ocorrida nos bordos da barreira acústica que atinge o receptor R
- 3 – Onda sonora devida ao efeito de transmissão através da barreira acústica que atinge o receptor R
- 4 – Onda sonora reflectida no solo proveniente da fonte F
- 5 - Onda sonora reflectida no solo, proveniente do efeito de difracção ocorrida nos bordos da barreira acústica que atinge o receptor R
- 6 – Onda sonora absorvida pela barreira acústica
- 7 – Onda sonora reflectida pela barreira acústica

4.6 Os efeitos do ruído

Segundo o *Health Council Committee on Noise and Health* o ruído-induzido, a incomodidade geral e as perturbações no sono são os efeitos mais comuns provocados pelo ruído ambiental na população [46].

O ruído afecta o homem a nível físico, psíquico e mesmo social. De uma forma directa pode dar origem a diminuição da capacidade auditiva; redução da capacidade de comunicação, incomodidade, fadiga física e psíquica, redução do rendimento.

A consequência mais evidente á exposição ao ruído é a SURDEZ, que depende de alguns factores, como: Intensidade, tipo de ruído contínuo, intermitente ou impacto, sua qualidade (sons agudos) (são mais prejudiciais que os graves), susceptibilidade individual, tempo de exposição e a idade. A surdez pode ser dividida em três grupos a **Temporária, a Permanente e o Trauma acústico.**

A surdez temporária: é caracterizada pela dificuldade de audição, embora passageira, que notamos após exposição pôr algum tempo a ruído intenso. A exposição prolongada é repetida ao ruído é capaz não só de causar a surdez temporária como, potencialmente, provocar a surdez permanente. Se a exposição for repetida antes de uma completa recuperação, pode tornar-se surdez permanente. Podendo ainda ocorrer à fadiga dos músculos do ouvido médio.

A surdez permanente: É a perda irreversível da capacidade auditiva, devido à exposição contínua, ou seja o trabalhador fica exposto ao ruído de intensidade excessiva, sem protecção auditiva. No princípio, ocorre a destruição das células no início do caracol, sensível a sons de 4.000 Hz, e a alteração não é percebida pôr não atingir a frequência da fala. As perdas progredem até atingir frequências da comunicação oral, entre 250 e 2.000 Hz, quando a vibração chega ao ouvido, mas não consegue ser transmitida.

O trauma acústico: É de instalação repentina, após a exposição a ruído intenso como de explosões e impactos, que podem causar perfurações no tímpano e mesmo deslocamento dos ossículos, causando a surdez temporária ou permanente.

Outros efeitos possíveis: Além destes, podem ser causados efeitos nos demais sistemas orgânicos, como acções no sistema cardiovascular, aumento da pressão sanguínea., aceleração da pulsação, aumento da liberação de hormónios, condições idênticas às de situações de medo ou stress, contracção dos vasos dos vasos sanguíneos, dilatação das pupilas e músculos tensos, redução da velocidade de digestão, irritabilidade, desconforto, diminuição da eficiência do trabalho e prejuízo às actividades que dependam da comunicação oral, pois o ruído mascara a voz.

Além disso, a sensibilidade ao ruído varia significativamente de individuo para individuo. Há pessoas que podem ser afectadas ao fim de relativamente pouco tempo, enquanto outras trabalham durante muitos anos em ambientes caracterizados por níveis de ruído elevados, sem apresentarem perdas auditivas significativas. A Figura 11 demonstra diferentes possibilidades de ruídos e seus níveis de agressividade.

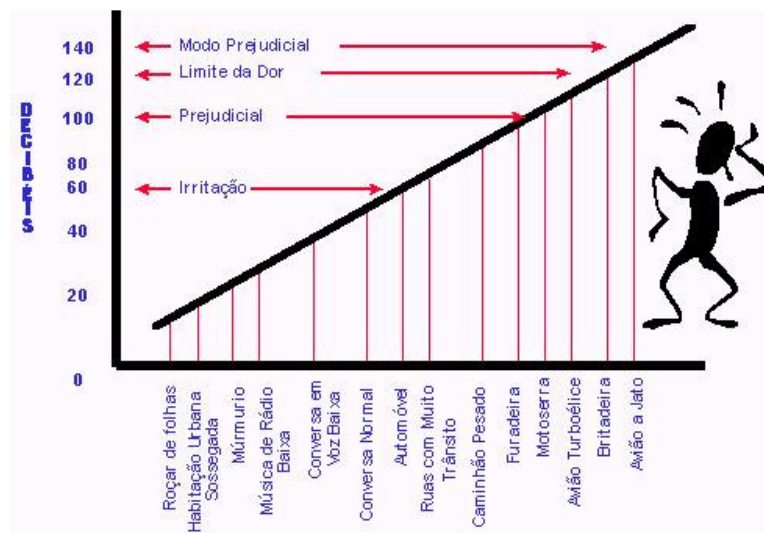


Figura 11 – Ilustração da Relação de Danos Causados pelo Ruído

4.6.1 Ruído tráfego automóvel

O tráfego de veículos motorizados é uma das principais fontes destes e de outros *poluentes atmosféricos*. O ruído nas zonas urbanas é também um problema grave e crescente sendo de notar que 80% é devido ao tráfego rodoviário. Pelo menos 100 milhões de pessoas na Europa, que vivem em aglomerações ou na proximidade de infra-estruturas de transporte, estão expostas a níveis de ruído do tráfego rodoviário superiores ao nível recomendado pela OMS de 55 dB(A) [46].

4.7 Medição de ruído ambiental

4.7.1 Equipamentos de medição de ruído ambiental

Existem no mercado vários aparelhos que permitem realizar medições de som/ruído exterior. Entre os aparelhos de medição acústica (do som aéreo) distinguem-se aqueles que medem pressões sonoras que são os sonómetros e dosímetros e aqueles que medem intensidades sonoras que são as sondas de intensidade. Dos equipamentos mais utilizados na caracterização do ruído ambiente destaca-se o **Sonómetro** ou o **Fonómetro** com análise de frequência.

O sonómetro mede o nível de pressão sonora e foram concebidos para adquirir sons de forma semelhante ao ouvido humano, podendo no entanto, não considerar, caso se pretenda, as ponderações em frequência por exemplo a ponderação A.

4.8 Métodos de previsão de ruído ambiental

Os métodos de previsão, de um ponto de vista técnico são melhores para determinar de forma contínua no espaço os níveis sonoros devidos ao tráfego rodoviário. Torna-se ainda possível gerar vários cenários com fluxos de tráfego diferentes, vários tipos de pavimento, etc. Ao invés, os resultados oriundos de medições dão-nos somente uma informação pontual sobre uma situação limitada em concreto – as condições específicas em que as medidas são feitas.

O método utilizado para a previsão do ruído do tráfego deve fornecer resultados seguros que representem a situação real existente dos níveis de ruído sob quaisquer condições de emissão e propagação [51]. A concretização deste objectivo depende da avaliação das emissões de ruído devido ao fluxo de tráfego, da avaliação da atenuação do ruído entre a fonte e o ponto de recepção.

Todos os modelos utilizam parâmetros que representam as diferentes variáveis envolvidas. Em todos os casos os parâmetros reproduzem as fontes de som (parâmetros de tráfego), condições topográficas, localização dos pontos receptores, atenuações devidas ao ar e ao solo e a presença de obstáculos entre a fonte e o receptor [51].

4.8.1 Modelo de Previsão de Ruído

Existem disponíveis no mercado numerosos modelos previsionais de ruído que constituem um importante instrumento de trabalho na modelação da situação acústica, como referido por [51]. O método utilizado, designado por *Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego* (NMPB 96) foi desenvolvido em França em 1996. Este é o método recomendado pela Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente [52].

No cálculo da propagação da potência acústica que chega a determinado receptor são considerados vários factores de atenuação: a atenuação devida à divergência geométrica; a atenuação devida à absorção pelo ar; a atenuação devida à difracção; os efeitos devidos ao solo; e a absorção das superfícies verticais [53].

CAPÍTULO 5.

5 FORMA URBANA VS RUÍDO (Influência da forma na propagação do ruído)

As formas escolhidas do modelo de vizinhança próxima de João Branco Pedro [1], pretendem diversificar a amostra de modo a estudar diferentes efeitos da propagação do ruído. Nesse sentido, as formas escolhidas apresentam concavidades, convexidades e linearidades ou ausência de saliências.

Partindo do modelo já referenciado, optou-se pelos edifícios multifamiliares de 4 pisos, por serem diversificados e por conterem formas similares às empregues em contexto real.

Assim sendo, nas figuras seguintes apresentam-se todas as formas a empregar no estudo proposto. Cada uma das áreas é ajustada a uma área de estudo a que chama-mos de **Área de Referência**. A essa área de referência a que definimos como sendo uma reticula de 97,72mx 252,84m, que perfaz uma área total bruta de 24 707,52 m² e um perímetro de 701,13 m lineares.

Cada uma das áreas de referência apresentadas é servida por duas vias distribuidoras locais e por várias vias de acesso local. Para o presente cálculo foi unicamente incluída na avaliação, as vias distribuidoras locais. Cada distribuidora local tem como especificação de largura de via 2,5m como sendo a distância das linhas centrais às vias externas.

5.1 Formas

As formas apresentadas e ilustradas nas figuras seguintes, como haviam sido anunciadas no capítulo dois, apresentam formas distintas de implantação. O primeiro grupo de formas é representativo da implantação designada de implantação fechada, o segundo grupo apresenta as tipologias de implantação mais usuais denominada implantação linear. Por último e exemplo único mas representativo, temos o de implantação pontual representado na Figura 12.



Figura 12. Ilustração Tipo de Implantação, fechada (a) linear (b) e pontual (c)

Todas as formas apresentadas para além do tipo de implantação também apresentam diferentes tipos de acesso, neste caso as formas propostas apresentam o acesso contínuo, em impasse e em anel, como é possível ver na figura seguinte.

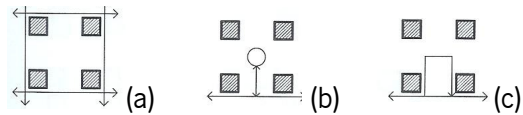


Figura 13. Ilustração Tipo de Acesso contínuo (a) impasse (b) e anel (c)

A todas as formas é dada uma designação nominal numérica, com o intuito de ser de fácil leitura. Todas as formas vão ser apresentadas destacando o seu protótipo e depois o preenchimento por repetição de toda a Área de Referência, como sendo a área comum a todas as formas abordadas.

A seguir a cada ilustração de forma ou patch (como sendo a mancha da forma urbana), apresenta-se uma tabela com todos os dados referentes às dimensões das formas expostas.

Assim sendo, a primeira forma denomina-mos de Forma 1, insere-se no grupo das implantações fechadas e é o exemplo mais significativo do mesmo e está representada na Figura 14. Como já referido, o sistema viário de cada Forma e Área de Referência, dispõe de duas distribuidoras locais que se desenvolvem sempre no trecho mais longo. As restantes vias fazem parte do sistema viário da Área de Referência, mas não são tidas em conta nos cálculos seguintes.

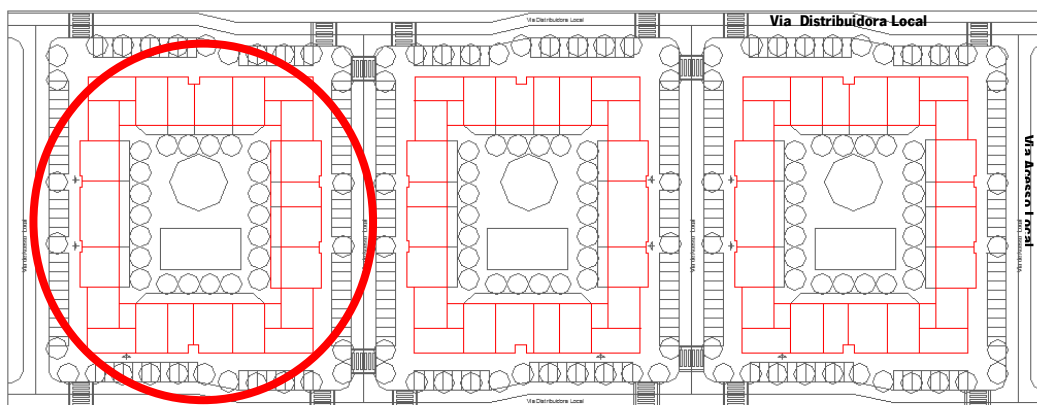


Figura 14. Ilustração da Forma 1

	Forma 1	
Área do Patch (m ²)	2110,69	
Nº Patch (n≥1)	3,00	
Área de Implantação (m ²)	6332,07	
Perímetro do Patch (m)	430,14	
Raio circundante (m)	43,48	
Área de Referência (m ²)	24707,52	

Tabela1. Dimensões da Forma 1

A forma seguinte é similar à anterior, mas já contém perfurações laterais permitindo o acesso ao interior do “quarteirão” visível na Figura 15. O protótipo da Forma 2 possibilitou repetir integralmente 3 formas pela Área de Referência.

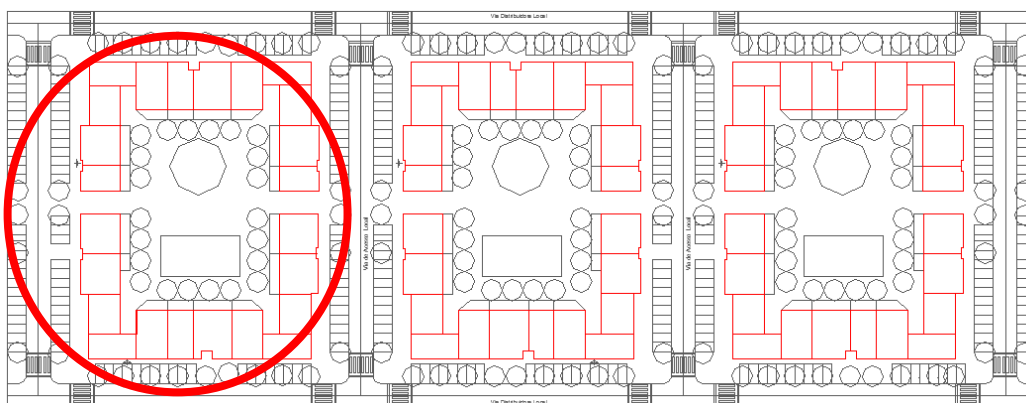


Figura 15. Ilustração da Forma 2

	Forma 2	
Área do Patch (m ²)	1099,13	1012,80
Nº Patch (n≥1)	3,00	3,00
Área de Implantação (m ²)	6335,79	
Perímetro do Patch (m)	242,37	227,20
Raio circundante (m)	36,67	35,70
Área de Referência (m ²)	24707,52	

Tabela 2. Dimensões da Forma 2

A Forma 3 em relação às anteriores permite aberturas no interior do quarteirão pelas arestas de topo, como é possível verificar na Figura 16. O preenchimento da Área de Referência foi possível duplicar um protótipo integralmente, só a forma parcial maior foi tida em consideração nos cálculos, mas apresentamos na totalidade os valores da Forma 3, na Tabela 3.

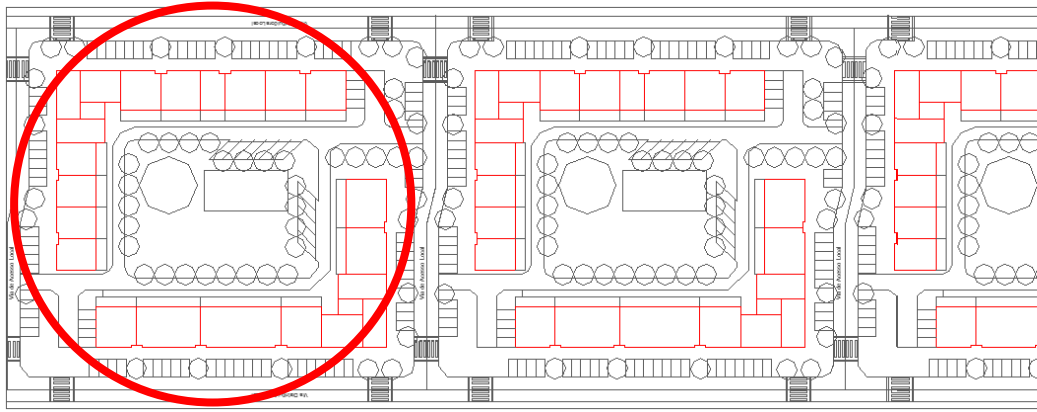


Figura 16. Ilustração da Forma 3

	Forma 3			
Área do Patch (m ²)	1061,62	1000,8	722,5	247,7
Nº Patch (n≥1)	2,00	2,00	1,00	1,00
Área de Implantação (m ²)	5095,01			
Perímetro do Patch (m)	248,00	231,60	174,8	71,59
Raio circundante (m)	42,98	40,92	30,03	13,64
Área de Referência (m ²)	24707,52			

Tabela 3. Dimensões da Forma 3

A Forma 4, em relação às anteriores permite uma abertura total numa das frentes do quarteirão. Como ilustra a Figura 17, foi possível replicar 3 vezes o protótipo pela Área de Referência.

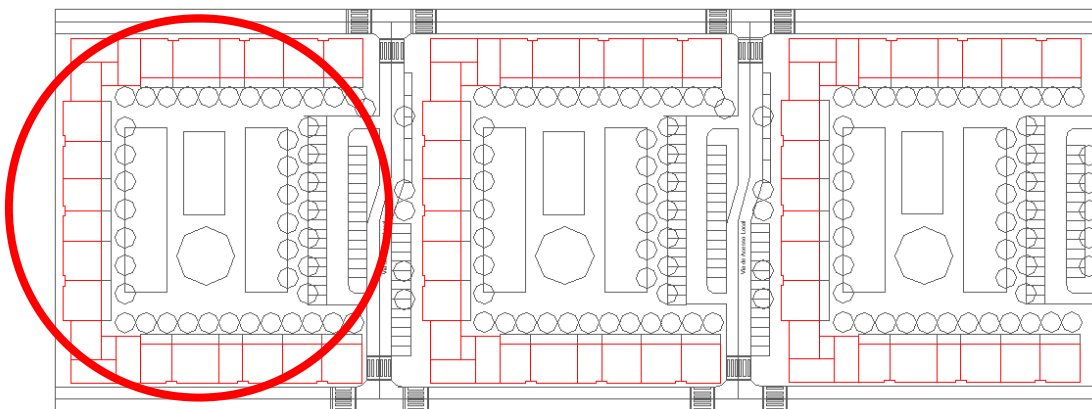


Figura 17. Ilustração da Forma 4

	Forma 4
Área do Patch (m ²)	1951,05
Nº Patch (n≥1)	3
Área de Implantação (m ²)	5853,15
Perímetro do Patch (m)	447,83
Raio circundante (m)	54,73
Área de Referência (m ²)	24707,52

Tabela 4. Dimensões da Forma 4

A Forma 5 permite aberturas em todas as extremidades do quarteirão, visível na Figura 18. A duplicação do protótipo é integral e soma um parcial pela Área de Referência. Todas as formas anteriores e a Forma 5 inclusive são implantações fechadas, mas com acesso contínuo.

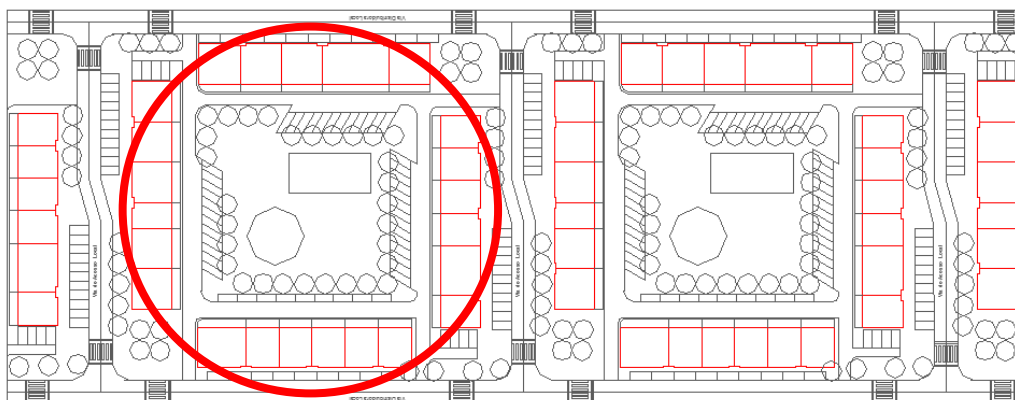


Figura 18. Ilustração da Forma 5

	Forma 5			
Área do Patch (m ²)	559,95	520,95	527,95	567,95
Nº Patch (n≥1)	3,00	3,00	2,00	2,00
Área de Implantação (m ²)	5434,50			
Perímetro do Patch (m)	135,80	128,00	129,40	137,40
Raio circundante (m)	28,64	26,72	27,07	29,03
Área de Referência (m ²)	24707,2			

Tabela 5. Dimensões da Forma 5

A Forma 6 detém uma implantação fechada, mas é de acesso em impasse, contrariando as suas antecedentes, isto obriga a uma paragem ou um retorno na circulação viária como é possível observar na Figura 19, bem como a duplicação integral do protótipo pela Área de Referência.

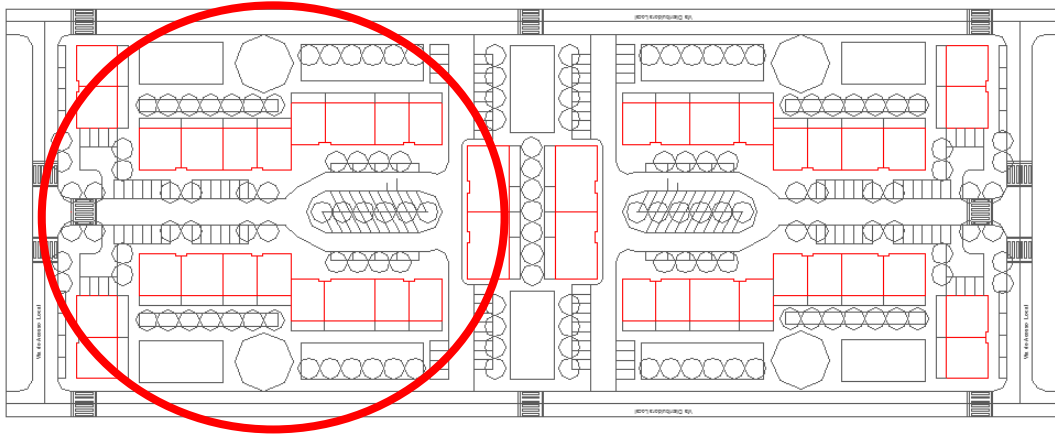


Figura 19. Ilustração da Forma 6

	Forma 6		
Área do Patch (m ²)	198,65	722,60	316,30
Nº Patch (n≥1)	4,00	4,00	2,00
Área de Implantação (m ²)	4317,60		
Perímetro do Patch (m)	61,00	181,58	85,80
Raio circundante (m)	11,18	37,37	16,72
Área de Referência (m ²)	24707,52		

Tabela 6. Dimensões da Forma 6

A Forma 7 é a última forma de implantação fechada e de acesso em anel, isto é com obrigatoriedade de retorno. A transposição do protótipo para a Área de Referência, permitiu a sua duplicação, cuja ilustração está representada pela Figura 20.

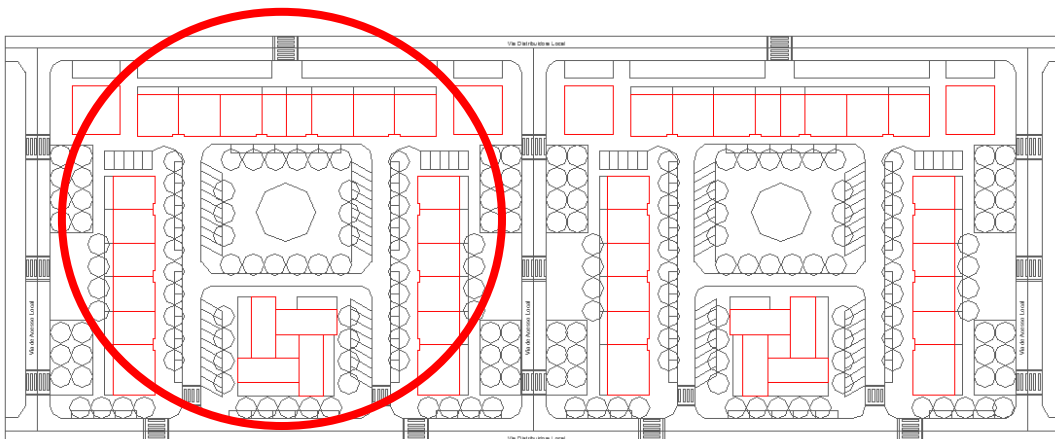


Figura 20. Ilustração da Forma 7

	Forma 7			
Área do Patch (m ²)	520,95	133,69	710,60	383,00
Nº Patch (n≥1)	4,00	4,00	2,00	2,00
Área de Implantação (m ²)	4805,76			
Perímetro do Patch (m)	128,00	46,25	167,20	95,00
Raio circundante (m)	26,72	8,18	36,15	14,75
Área de Referência (m ²)	24707,52			

Tabela 7. Dimensões da Forma 7

A Forma 8 é a primeira das duas formas de implantação do tipo linear e está representada na Figura 21. Este tipo de implantação permite a circulação ao longo do edificado. A transposição do protótipo para a Área de Referência permitiu duplicar o mesmo.

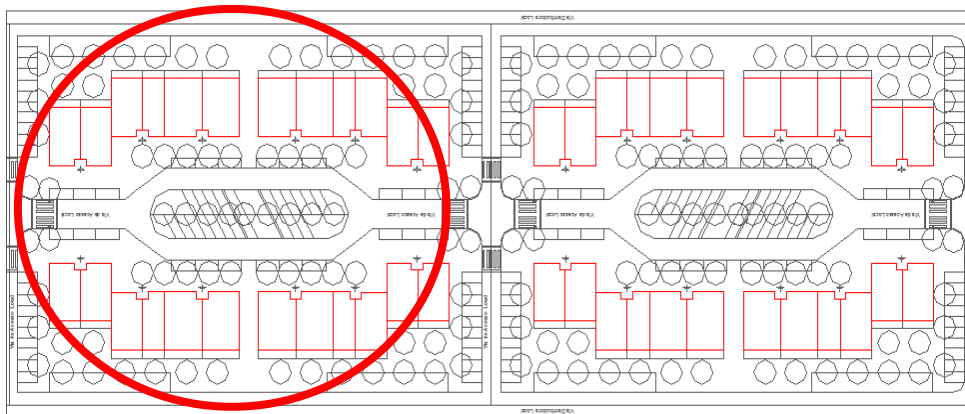


Figura 21. Ilustração da Forma 8

	Forma 8
Área do Patch (m ²)	679,01
Nº Patch (n≥1)	8,00
Área de Implantação (m ²)	5432,08
Perímetro do Patch (m)	151,08
Raio circundante (m)	26,92
Área de Referência (m ²)	24707,52

Tabela 8. Dimensões da Forma 8

A Forma 9, ilustrada na Figura 22, para além da implantação linear similar à anterior também é de acesso contínuo e a transposição do protótipo para a Área de Referência é semelhante.

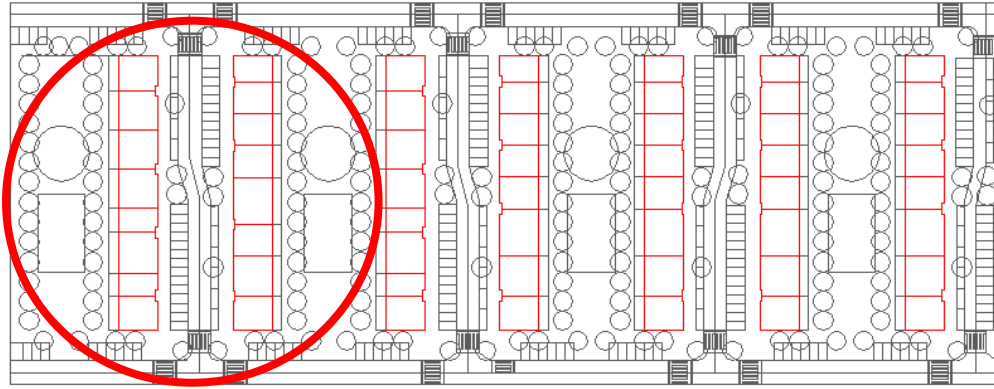


Figura 22. Ilustração da Forma 9

	Forma 9
Área do Patch (m ²)	696,21
Nº Patch (n≥1)	7,00
Área de Implantação (m ²)	4873,47
Perímetro do Patch (m)	164,32
Raio circundante (m)	35,44
Área de Referência (m ²)	24707,52

Tabela 9. Dimensões da Forma 9

A última forma é a de implantação pontual, isto é uma implantação com edificações fragmentadas observável na Figura 23. O acesso é contínuo e neste caso o acesso é permitido em todas as frentes. O preenchimento da Área de Referência, permitiu duplicar integralmente o protótipo da Forma 10.

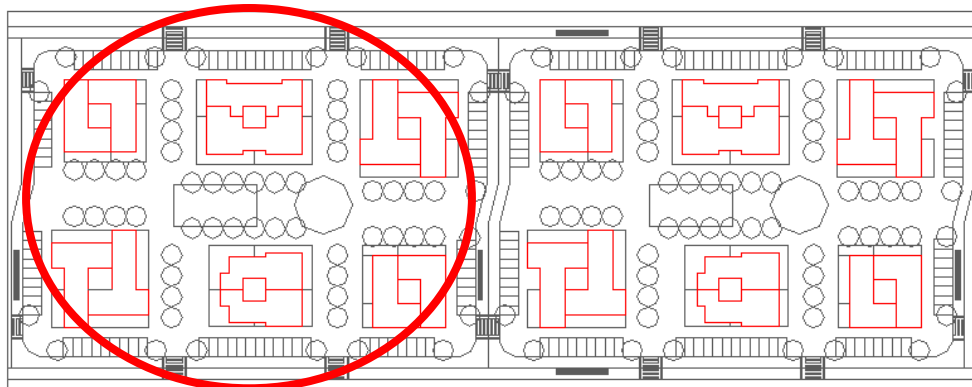


Figura 23. Ilustração da Forma 10

	Forma 10			
Área do Patch (m ²)	351,66	438,20	361,96	459,95
Nº Patch (n≥1)	4,00	4,00	2,00	2,00
Área de Implantação (m ²)	4803,26			
Perímetro do Patch (m)	75,01	101,00	80,40	92,40
Raio circundante (m)	13,26	15,80	13,50	15,76
Área de Referência (m ²)	24707,52			

Tabela 10. Dimensões da Forma 10

Todas as formas seleccionadas e acima descritas, foram baseadas no modelo de vizinhança próxima de João Branco Pedro [1] e nos respectivos parâmetros aplicáveis, na concepção de cada um dos espaços que compõem a vizinhança próxima e respeitando a reticula proposta da Área de Referência (Área = 24 707,52 m²).

5.2 Cálculo dos Indicadores de Forma

De modo a avaliar os layouts urbanos, seleccionou-se um conjunto de indicadores quantitativos de forma e dimensão, que permitissem quantificar e classificar as formas urbanas seleccionadas.

Deste modo propõem-se um conjunto de indicadores de forma sub-divididos em dois grupos, os índices quantitativos e os índices de análises digitais. O primeiro grupo inclui o **Índice de Ocupação ou Percentagem de Ocupação de Solo (P%)**, o **Índice de Volume de Construção (IV)**, o **Índice de Compacidade (CI)**, e o **Índice de Porosidade (ROS)**, o segundo grupo a **Complexidade do Perímetro (Fractal)** e a **Forma da Mancha Urbana (Forma)**.

Os resultados dos cálculos dos Indicadores de Forma anteriormente expostos estão apresentados nos Quadros Resumo seguintes:

Forma Tipo	P	Iv	CI	ROS	Fractal	Forma
	[%]	[m ³] x10-3	[-]	[%]	m-1	[-]
1	25,63	75984,84	0,38	74,37	1,25	4,43
2	24,64	76029,48	0,49	74,36	1,20	4,02
3	19,62	58168,08	0,48	80,38	1,21	4,70
4	23,69	70237,80	0,35	76,31	1,28	6,28
5	22,00	65214,00	0,62	78,00	1,15	3,40
6	17,47	51811,20	0,68	82,53	1,16	3,79
7	19,45	57669,12	0,72	80,55	1,14	3,25
8	21,99	65184,96	0,61	78,01	1,15	2,99
9	19,72	58481,64	0,57	80,28	1,17	4,18
10	19,44	57639,12	0,82	80,56	1,07	1,61

Tabela 11. Resumo do Resultado do Cálculo dos Indicadores de Forma

Como é possível verificar a Forma 1 é a que apresenta o maior **Índice de Ocupação (P)**, por ser a Forma que tem uma maior Área de Implantação, que é directamente proporcional ao índice de ocupação. Por sua vez a Forma 6 é a que apresenta o menor índice de (P) pela razão inversa.

O **Índice de Volume de Construção (Iv)** tal como no Índice de Ocupação de Solo, sendo a Área de Implantação que determina a variabilidade dos valores, a Forma 1 apresenta o valor máximo de Iv e a Forma 6 o valor mínimo.

Por outro lado, o **Índice de Compacidade (CI)** é função de um novo parâmetro, neste caso o perímetro das formas ou patches. Esta dependência faz com que a Forma 1 apresente o valor máximo de CI mas o valor mínimo já é atribuído à Forma 7. Este facto explica-se pela relação de Área e Perímetro, quer a forma seja mais compacta ou mais longa o que influencia o índice de compacidade é a regularidade da forma. Isto é quanto mais proporcional for a relação do perímetro e da respectiva área do conjunto de patches ou formas que compõem a Área de Referência maior será o seu valor de CI.

A porosidade é medida pelo **Índice ROS**, que tem em linha de conta a relação de cheios e vazios formados pelo edificado, medindo sempre a relação do espaço não edificado sobre a Área

de Referência. Assim sendo, a Forma 6 é a que apresenta mais espaços vazios em relação às restantes formas, por sua vez a Forma 1 é a que tem um maior aproveitamento da Área de Referência, logo é a que têm um valor de ROS menor. Podemos dizer que o índice de Porosidade é inversamente proporcional ao índice de Ocupação de Solo.

O **Índice de Complexidade do Perímetro** ou Fractal, cuja denominação significa irregular ou quebrado, isto é o índice que mede a variabilidade ou o número de quebras das diferentes formas, assim a forma com menos quebras é a Forma 4. Por sua vez, a forma com mais quebras é a Forma 10, por ser a que na relação Forma/Área de Referência possui mais patches ou formas, mas simultaneamente de menor dimensão.

O **índice de Forma da Mancha Urbana** é o índice que estuda a “extensão” ou comprimento das formas, isto é, quanto mais longas forem as formas, maior será o índice de Forma. Assim como é possível verificar, a Forma 4 é a mais longa e como também seria expectável a Forma 10 é a que apresenta o valor menor, por ser a menos longa.

5.3 Cálculo do Ruído Urbano

O ruído ambiente proveniente do meio urbano, qualquer que seja o local, apresenta variações e quando se pretende caracterizar o ruído produzido pelo tráfego rodoviário, dado o seu ruído ser flutuante, será necessário recorrer ao cálculo duma média, bem como a indicadores que possam revelar os picos máximos e mínimos, ocorridos durante o período de tempo de medição, como se pretende fazer nas tipologias apresentadas.

Para a avaliação dos níveis de ruído nas fachadas, e tendo o método de previsão de ruído NMPB 96 como base, e sendo este o método recomendado pela Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente [53].

O método de previsão do ruído deve fornecer resultados seguros e representar os níveis de ruído reais existentes, sob quaisquer condições de emissão e propagação [51]. A concretização deste objectivo, depende da avaliação das emissões de ruído devido ao fluxo de tráfego e da avaliação da atenuação do ruído, entre a fonte e o ponto receptor.

No cálculo da propagação da potência acústica que chega a determinado receptor são considerados vários factores de atenuação: a atenuação devida à divergência geométrica; a atenuação devida à absorção pelo ar; a atenuação devida à difracção; os efeitos devidos ao solo; e a absorção das superfícies verticais [46].

Para a avaliação do ruído nas fachadas dos edifícios de formas seleccionadas recorreu-se à modelação matemática através de um modelo de previsão de ruído. O desenvolvimento das bases geográficas incluiu a configuração do terreno, todas as componentes que potenciam a emissão do som (fontes de ruído), bem como os obstáculos à sua propagação, como sejam os edifícios.

Na avaliação do ruído ambiente são em geral utilizados determinados indicadores de ruído, que caracterizam o ambiente acústico exterior. São eles os indicadores médios, normalmente representado pelo nível sonoro contínuo equivalente (L_{eq}), os indicadores máximo, pelo nível de pressão sonora máxima (L_{max}) e os indicadores mínimos representados, pelo nível de pressão sonora mínimo (L_{min}).

O indicador de ruído utilizado na elaboração destes estudos foi o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado com o filtro A – L_{eqA} .

Desenvolveu-se uma grelha quadrangular de cálculo, ao longo de todas as fachadas com uma dimensão de 1,5 m x 1,5 m e um afastamento à fachada de 0,5 m. O número de pisos exposto ao ruído é de 4 pisos e com um pé direito de 3m, Rés-do-chão inclusive, perfazendo um total de 12m de altura.

Como é possível ver na figura seguinte, ilustra-se a grelha quadrangular de cálculo, neste caso da Forma 1, nas restantes formas o método foi similar.

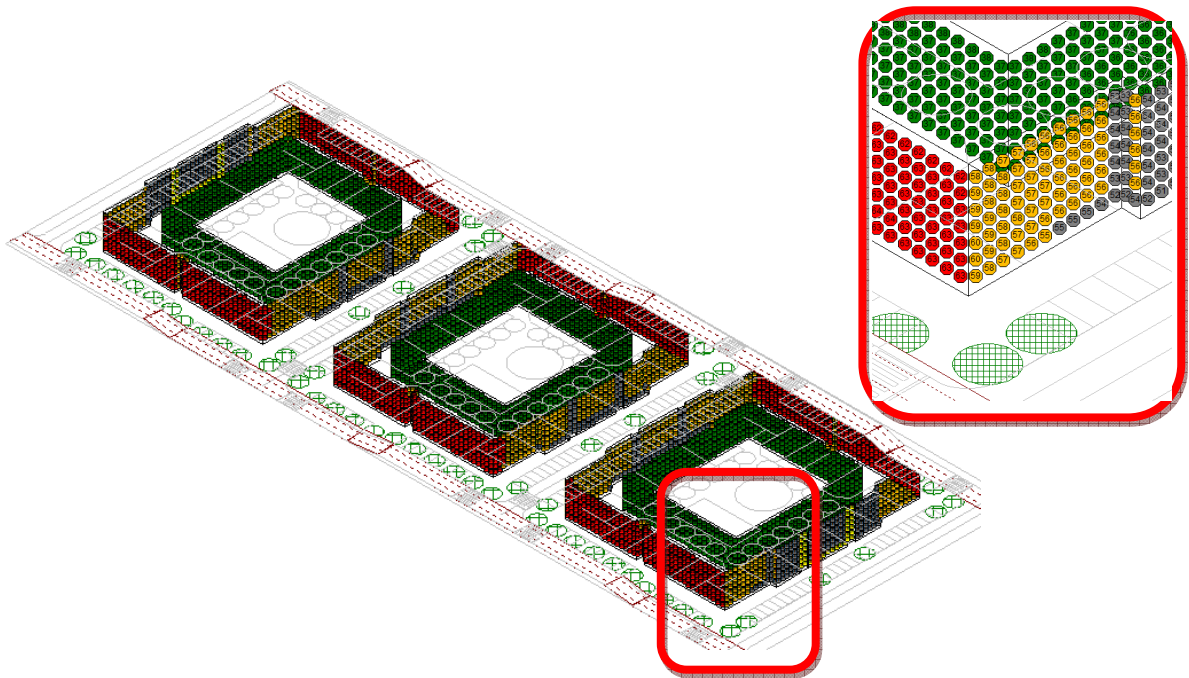


Figura 24. Ilustração da grelha quadrangular de cálculo da Forma 1

Para proceder ao cálculo e à simulação do ruído nas fachadas e para os valores serem comparáveis procedeu-se às seguintes condições de via e de tráfego automóvel:

As vias consideradas, em cada um dos cenários desenvolvidos, possuem as seguintes características:

- Pavimento: Asfáltico;
- Inclinação: 0%;
- Fluxo do tráfego rodoviário: Fluido;
- Fluxo de tráfego horário: 300 total de veículos/h, 5% pesados;
- Velocidade de circulação: 50 km/h para os veículos ligeiros e de 40 km/h para os veículos pesados

O nível de ruído nas fachadas dos edifícios, com as formas urbanas seleccionadas, foi calculado para cada um dos nós da grelha de cálculo criada para o efeito. Determinaram-se as médias aritméticas dos níveis de ruído nas dez formas urbanas e os valores resultantes resumem-se na Tabela 12 que se segue.

Formas Urbanas	Leq	Lmax	Lmin	Nº de nós de cálculo
Forma 1	50,67	64,33	35,90	6216
Forma 2	50,27	64,80	35,58	6909
Forma 3	52,90	64,22	38,02	5439
Forma 4	52,70	68,83	35,93	6489
Forma 5	54,79	63,77	44,17	6272
Forma 6	54,72	63,08	41,08	5474
Forma 7	55,94	64,85	44,35	5866
Forma 8	51,70	63,15	35,80	6273
Forma 9	57,14	64,07	48,90	5411
Forma 10	56,68	64,04	44,99	5250

Tabela 12. Níveis de ruído nas fachadas dos edifícios

5.4 Ruído vs Forma Urbana

O presente trabalho pretende, abordar a problemática do ambiente urbano, enquanto espaço de interacção de formas urbanas e ruído urbano. Essa interacção, foi monitorizada por indicadores urbanos, comparando os efeitos da propagação de ruído, nas formas urbanas tipo. A modelação do ruído, permitiu quantificar o ruído nas fachadas e calcular os níveis de ruído associado a cada uma das 10 Formas seleccionadas.

Apresenta-se de seguida, todos os índices de forma aplicados às 10 formas urbanas e os respectivos níveis de exposição ao ruído. Espera-se deste modo obter resultados comparativos, permitindo assim extrair algumas conclusões, de como a forma urbana poderá influenciar, a propagação do ruído urbano.

Para o **Índice de Ocupação de Solo**, bem como para todos os subsequentes indicadores, apresentamos uma tabela de resultados de cálculo de cada uma das formas e o correspondente nível de ruído, com as características de procedimento anteriormente descritas, o respectivo gráfico e a respectiva linha de tendência das 10 formas em estudo e apresentado na Tabela 13.

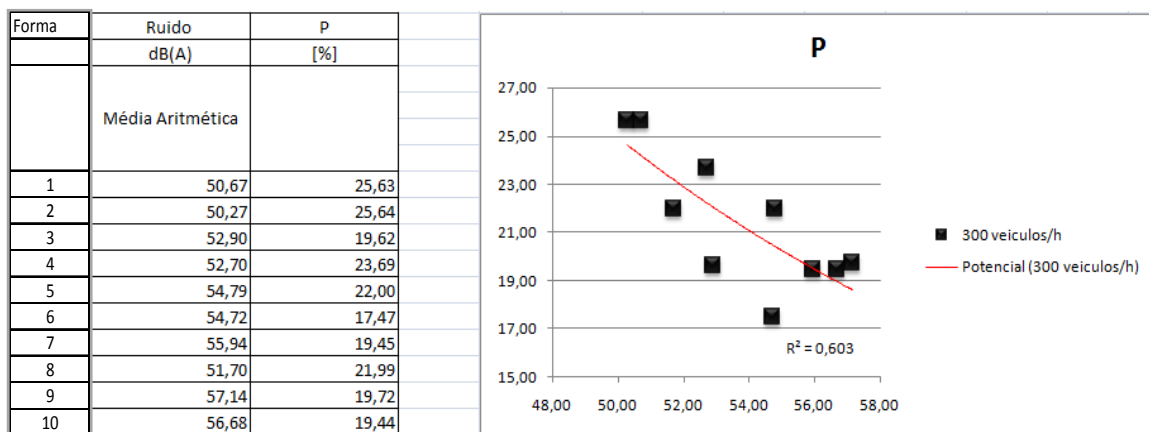


Tabela 13. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído

Para **Índice de Volume de Construção**, representado na Tabela 14, onde se apresenta a tabela de resultados de cálculo das 10 formas, o nível de ruído, as características de procedimento, o gráfico e a linha de tendência.

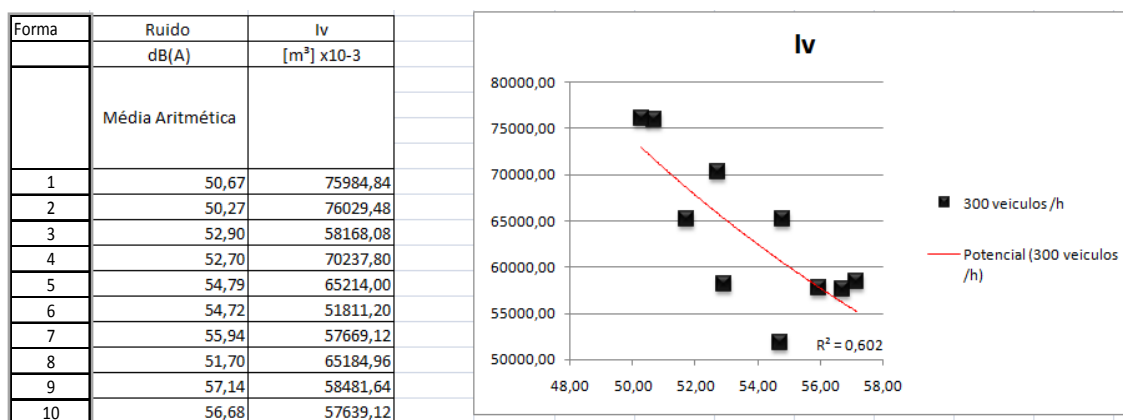


Tabela 14. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído

O **Índice de Compacidade** está representado na Tabela 15 de resultados de cálculo das 10 formas e o correspondente nível de ruído, o respectivo gráfico e a respectiva linha de tendência.

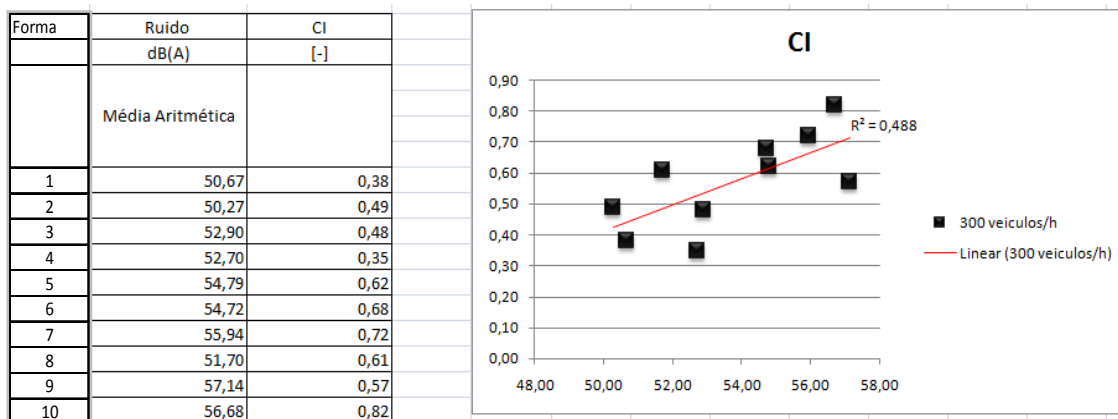


Tabela 15. Relação entre o Índice de Compacidade e o Nível de Ruído

Apresentamos na Tabela 16 de resultados o **Índice de Porosidade** para cada uma das 10 formas e o respectivo nível de ruído, com as características de procedimento, o gráfico e a correspondente linha de tendência.

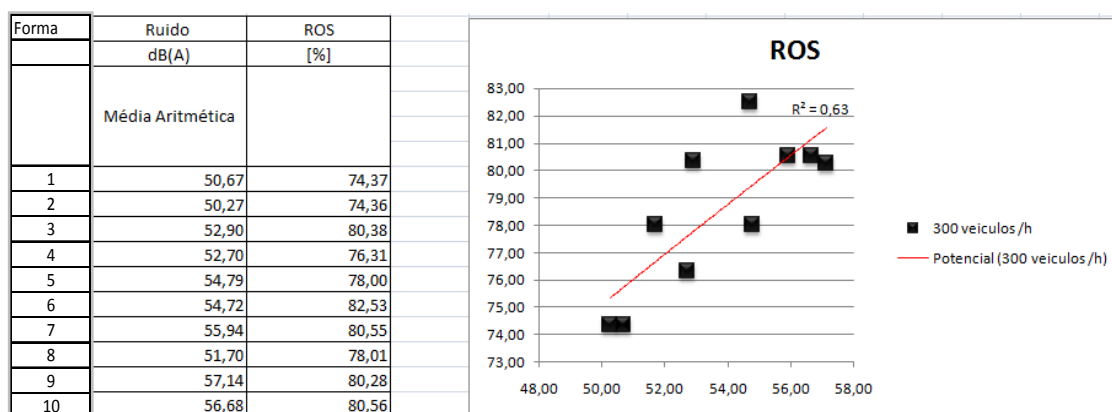


Tabela 16. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído

Para a **Complexidade do Perímetro**, apresenta-se igualmente na Tabela 17 os resultados de cálculo de cada uma das formas e o correspondente nível de ruído. As características de procedimento são as anteriormente descritas, o gráfico e a linha de tendência ilustram os resultados das 10 formas em estudo.

Forma	Ruído dB(A)	Fractal m-1
	Média Aritmética	
1	50,67	1,25
2	50,27	1,20
3	52,90	1,21
4	52,70	1,28
5	54,79	1,15
6	54,72	1,16
7	55,94	1,14
8	51,70	1,15
9	57,14	1,17
10	56,68	1,07

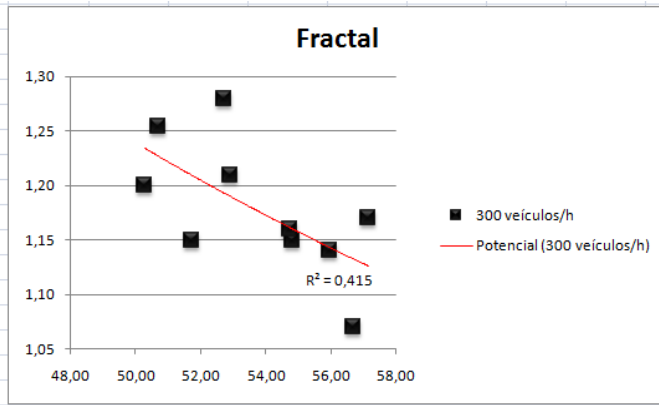


Tabela 17. Relação entre a Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído

Apresentamos na Tabela 18 os resultados do índice de **Forma da Mancha Urbana** não para cada uma das 10 formas mas sim para 9 das 10 formas. Explica-se a seguir a seguir á tabela Resumo a opção das 9 formas e a respectiva subdivisão.

No entanto, as características de procedimento mantêm-se as anteriormente descritas, bem como a ilustração gráfica.

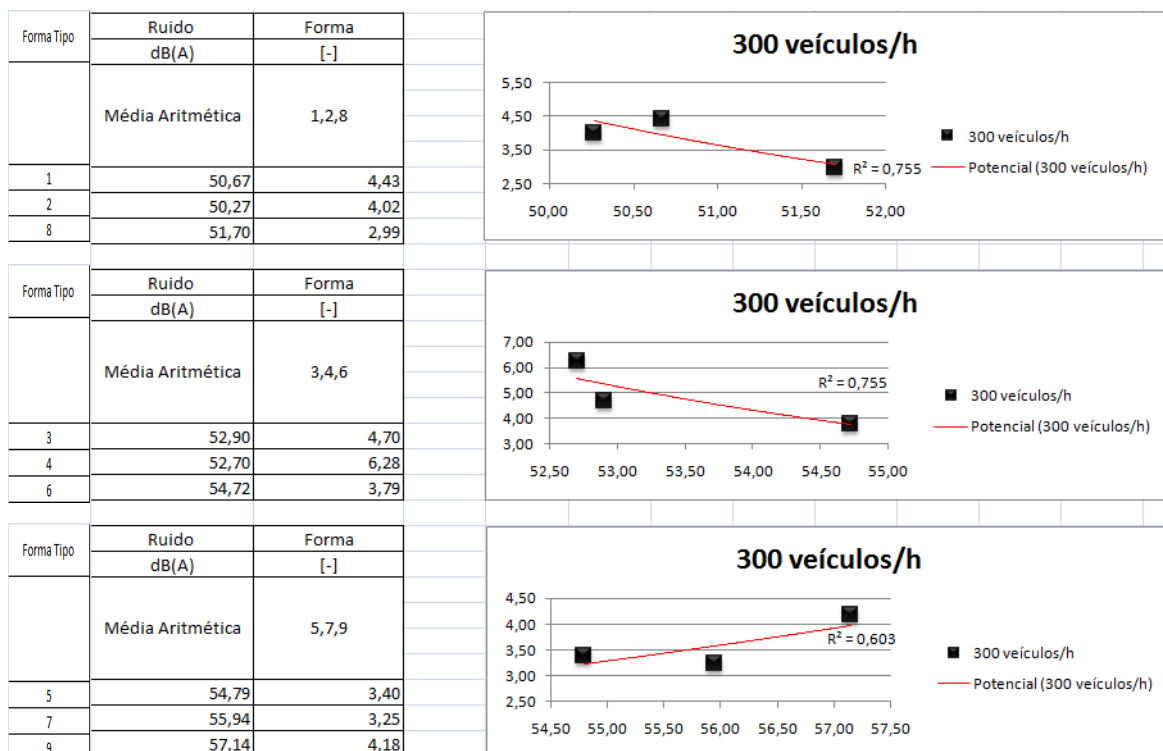


Tabela 18. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído

Na Tabela Resumo 19 sintetizam-se todos os resultados de todos os indicadores anteriormente apresentados e onde é possível já tirar algumas conclusões.

Forma Tipo	Ruido	P	Iv	CI	ROS	Fractal	Forma
	dB(A)	[%]	[m ³] x10-3	[-]	[%]	m-1	[-]
	Média Aritmética						
1	50,67	25,63	75984,84	0,38	74,37	1,25	4,43
2	50,27	24,64	76029,48	0,49	74,36	1,20	4,02
3	52,90	19,62	58168,08	0,48	80,38	1,21	4,70
4	52,70	23,69	70237,80	0,35	76,31	1,28	6,28
5	54,79	22,00	65214,00	0,62	78,00	1,15	3,40
6	54,72	17,47	51811,20	0,68	82,53	1,16	3,79
7	55,94	19,45	57669,12	0,72	80,55	1,14	3,25
8	51,70	21,99	65184,96	0,61	78,01	1,15	2,99
9	57,14	19,72	58481,64	0,57	80,28	1,17	4,18
10	56,68	19,44	57639,12	0,82	80,56	1,07	1,61

Tabela 19. Tabela Resumo do Resultado do Cálculo dos Indicadores de Ruído nas 10 Formas

Como é possível verificar Na Tabela Resumo 19, a Forma 1 é a que apresenta o maior **Índice de Ocupação (P)**, mas no entanto é praticamente a forma com o nível de ruído menor. Por sua vez a Forma 6 é a que apresenta o menor índice de P mas apesar de não apresentar o maior nível de ruído caminha para esse valor. É então possível afirmar que, tendencialmente, à medida que o índice de ocupação diminui o nível de ruído aumenta.

Quanto mais preenchido estiver o solo mais obstáculos existem e por conseguinte maior a possibilidade de se formarem zonas protegidas, ou por outras palavras, menor a possibilidade de penetração do ruído no interior do tecido urbano. A diminuição de (P) gera fachadas com níveis de ruído mais elevados.

O **Índice de Volume de Construção (IV)** tal como o Índice de Ocupação de Solo apresenta o valor máximo de Iv na Forma 1 e a Forma 6 o valor mínimo, tendo o mesmo comportamento em relação os níveis de ruído do índice de ocupação, isto é com o aumento do índice de volume aumentam os níveis de ruído.

O **Índice de Compacidade (CI)** da Tabela Resumo 19, apresenta o valor mínimo para a Forma 4 e a 1, mas o valor máximo já é atribuído à Forma 10, sendo este o mais regular. O que influencia o CI é a regularidade da forma e apesar da regularidade nas 10 Formas ser diferente, a linha de tendência denota uma tendência para o aumento do ruído à medida que a regularidade aumenta. Pois quanto maior a regularidade das formas urbanas, menor é a possibilidade de se formarem zonas de sombra, isto é zonas protegidas à exposição do ruído. Assim sendo e como seria expectável o ruído aumenta à medida que a regularidade das formas também aumenta.

O **índice de porosidade (ROS)**, mede a relação do espaço não edificado sobre a Área de Referência, onde a Forma 6 é a que apresenta mais espaços vazios, a relação com o ruído é directamente proporcional, isto é, à medida que se aumenta o ROS aumenta os respectivos níveis de ruído. Isto explica-se pelo facto de quanto maior é a permeabilidade da forma urbana, mais facilmente as ondas sonoras conseguem atingir os edifícios, no seu interior.

Em relação às restantes formas, a Forma 1 é a que tem um maior aproveitamento da Área de Referência, logo um menor valor de ROS.

O **Índice de Complexidade do Perímetro** ou **Fractal**, mede a regularidade e a complexidade das formas, onde a Forma 4 é a que apresenta o maior valor e a Forma 10 o menor valor. À medida que o nível de ruído aumenta o valor de fractal diminui, isto é quanto mais complexas forem as formas mais espaços sombra são criados logo a permeabilidade e a exposição ao ruído é menor.

O **índice de Forma da Mancha Urbana** é o índice que estuda a “extensão” ou comprimento das formas, isto é, quanto mais longas forem as formas, maior será o índice de Forma.

O nível de ruído é variável, pois o índice de forma da mancha alberga mais uma variável, o raio circundante da forma ou patch, o que significa que não dá para retirar conclusões das 10 formas em simultâneo, mas sim agrupá-los pela sua dimensão.

Dividiu-se em 3 grupos e ilustrou-se na Figura 25, o primeiro grupo alberga as formas 1,2,8 por serem as formas mais fechadas, isto é com menos espaços de propagação de ruído. Assim

sendo, á medida que as formas se abrem, isto é, permitem entradas no interior do quarteirão, as zonas sombra diminuem o que proporciona o aumento dos níveis de ruído.

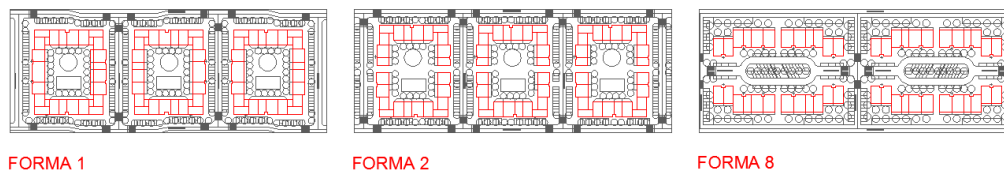


Figura 25. Ilustração do grupo constituído pelas Formas 1,2 e 8

O segundo grupo está representado na Figura 26 e alberga as formas 3,4,6 por serem o grupo intermédio, isto é, com tipos de implantação que favorecem algumas áreas sombra, mas menos áreas protegidas que o primeiro grupo. No entanto, o comportamento do grupo proposto face á propagação do ruído é similar ao anterior, isto é á medida que a abre ou fragmenta o interior do quarteirão proporciona o aumento da propagação do ruído no interior do mesmo e consequentemente nos níveis de ruído resultantes.

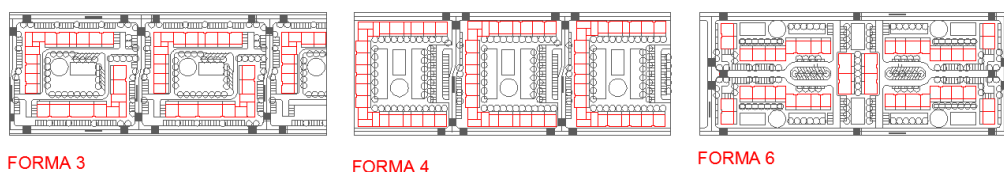


Figura 26. Ilustração do grupo constituído pelas Formas 3,4 e 6

O último grupo é constituído pelas formas 5,7,9, e é o mais linear, isto é com menos zonas sombra ou a inexistência delas. Ao contrário das implantações anteriores em forma de L ou U, as apresentadas neste último grupo vão dissipando a ideia de interior de quarteirão, com sucessivas aberturas ao ponto de nos depararmos com a implantação da Forma 9, como é possível ver na Figura 27, onde não há possibilidade de criar zonas de sombra. Por essa razão este último grupo, têm um comportamento inverso aos dois anteriores, como é possível ver na Tabela 17, á medida que o índice de forma da mancha aumenta o ruído aumenta.

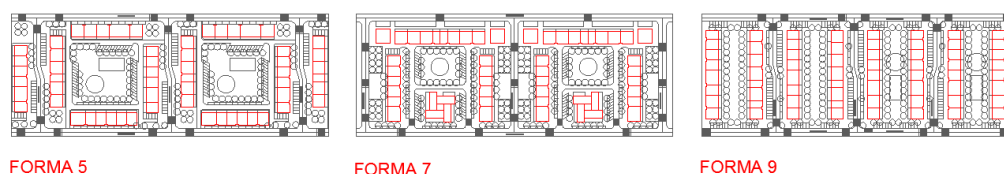
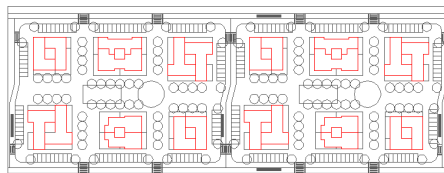


Figura 27. Ilustração do grupo constituído pelas Formas 5,7 e 9

A forma 10 não se insere em qualquer grupo anterior por ser uma forma atípica, no sentido em que não é similar a nenhuma das anteriores, quer em dimensão quer no tipo de implantação. Assim sendo e como é possível ver na Figura 28 não se alberga em nenhum dos grupos criados.



FORMA 10

Figura 28. Ilustração da Forma 10

Como foi possível constatar existem diferentes premissas que podem influenciar a relação da forma urbana e o ruído urbano mantendo as condições da via e do tráfego inalteráveis. As premissas como a regularidade, a complexidade, a compacidade, a permeabilidade, mas sobretudo a disposição das formas em relação á via e ao interior do quarteirão, suscitam variações dos níveis de ruído.

Seria pertinente estudar a variação das condições da via e do tráfego para averiguar se o comportamento da propagação do ruído se mantém similar aos resultados anteriores, onde só as premissas das formas foram postas em causa.

Assim, o item seguinte pretende averiguar essa eventual oscilação de valores na avaliação do ruído mantendo as condicionantes das 10 Formas inalteráveis.

5.5 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade procura determinar o efeito de uma variação de um determinado item no seu valor total. Pode ser um instrumento útil em diferentes áreas para determinar a importância de uma variável sobre o resultado final de outra.

Assim, a análise de sensibilidade ao identificar as variáveis que determinam o sucesso duma análise, possibilita avaliar diferentes tipos de cenários e com isso minimizar riscos ou erros quando se parte para contextos reais.

De modo a averiguar as possíveis oscilações dos níveis de ruído, na introdução e alteração de novas variáveis, estabeleceu-se diferentes cenários.

Para o estudo das 10 Formas, criou-se um primeiro cenário, alterando o número de veículos por hora (veic/h) nas duas vias distribuidoras locais, que cada uma das 10 Formas detém. Por outro lado, para um segundo cenário pretendeu-se alterar o tipo de pavimento das já referidas vias, intuindo as possíveis flutuações que possam daí advir.

Assim sendo, nas tabelas seguintes e na Tabela Resumo apresenta-se os resultados dos dois cenários propostos para as 10 Formas estudadas, para as seguintes condições de via e de tráfego automóvel:

As vias consideradas, em cada um dos cenários desenvolvidos, possuem as seguintes características:

- Pavimento: Asfáltico betuminoso, sem inclinação;
- Fluxo do tráfego rodoviário: Fluido (**200 total de veículos/h** com 5% pesados e 400total de veículos/h com 5% de pesados)
- Velocidade de circulação: 50 km/h os veículos ligeiros e de 40 km/h os veículos pesados.

Para o **Índice de Ocupação de Solo**, bem como para todos os subseqüentes indicadores, apresenta-se nas Tabelas de Resultados 20 e 21, o cálculo de cada uma das formas e o correspondente nível de ruído, com as características de procedimento anteriormente descritas, o respectivo gráfico e a respectiva linha de tendência das 10 formas em estudo.

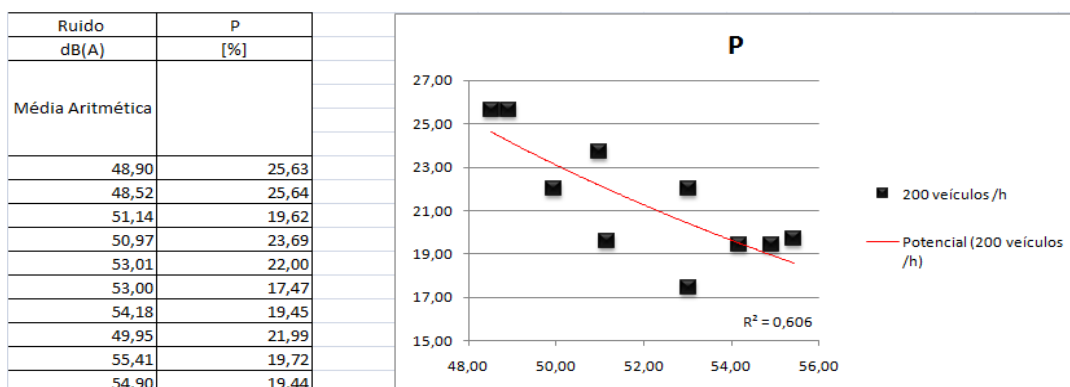


Tabela 20. Fluxo de tráfego de 200 veic/h. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído

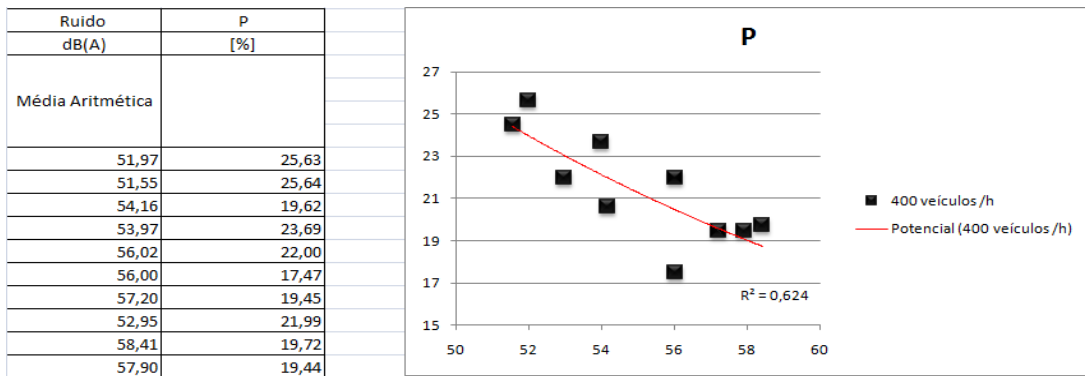


Tabela 21. Fluxo de tráfego de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído

Anuncia-se nas Tabelas 22 e 23 os resultados do **Índice de Volume de Construção** e os valores para cada uma das 10 formas.

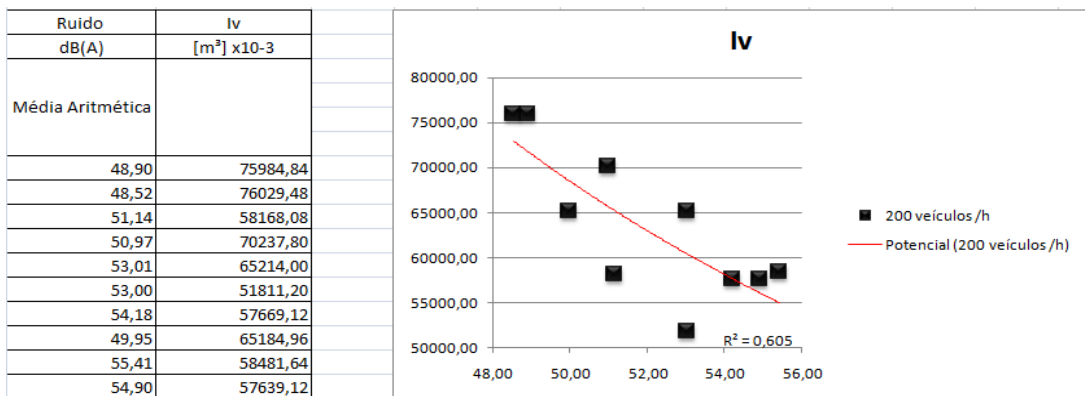


Tabela 22. Fluxo de tráfego de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído

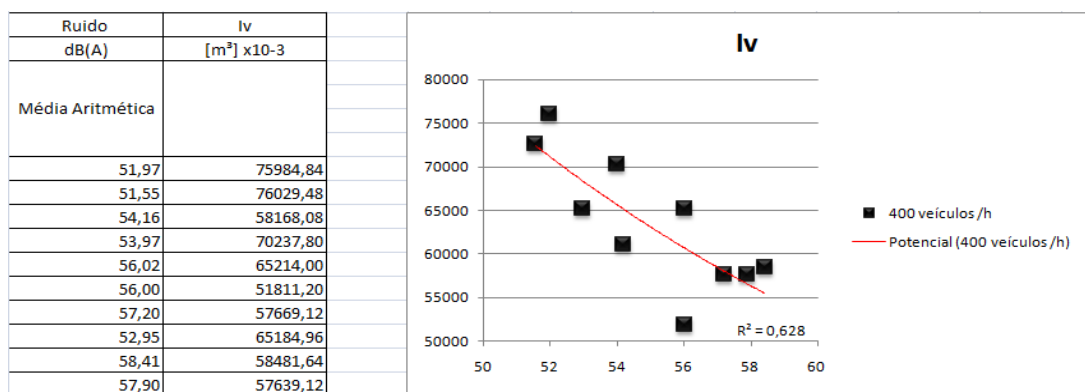


Tabela 23. Fluxo de tráfego de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído

Para o **Índice de Compacidade**, apresenta-se nas Tabelas 24 e 25, os resultados de cálculo de todas as formas.

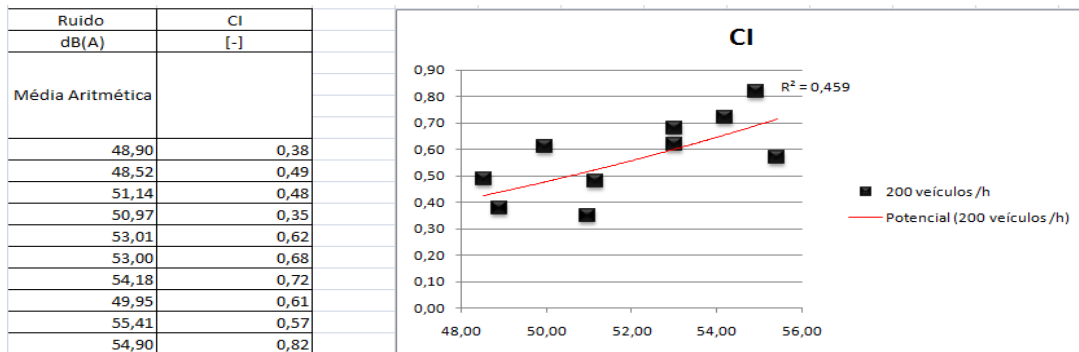


Tabela 24. Fluxo de tráfego de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Compacidade das 10 Formas e Respetivo Nível de Ruído

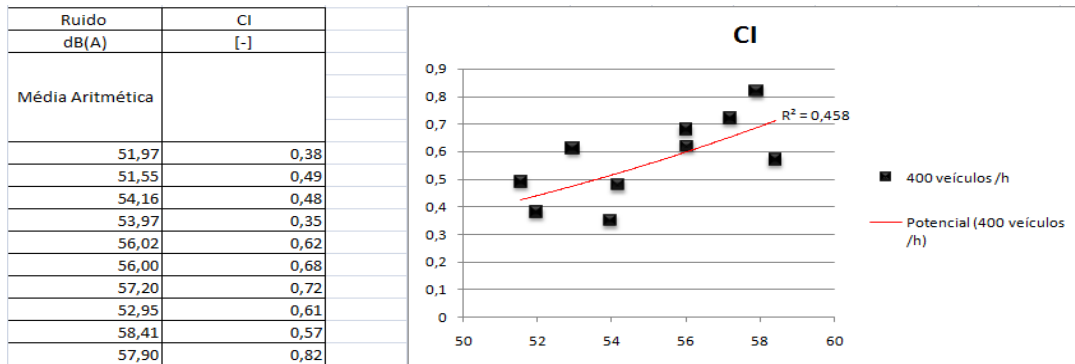


Tabela 25. Fluxo de tráfego de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Compacidade das 10 Formas e Respetivo Nível de Ruído

Expõe-se na Tabela 26 e 27 os resultados do **Índice de Porosidade** das 10 formas com as características de procedimento previamente descritas.

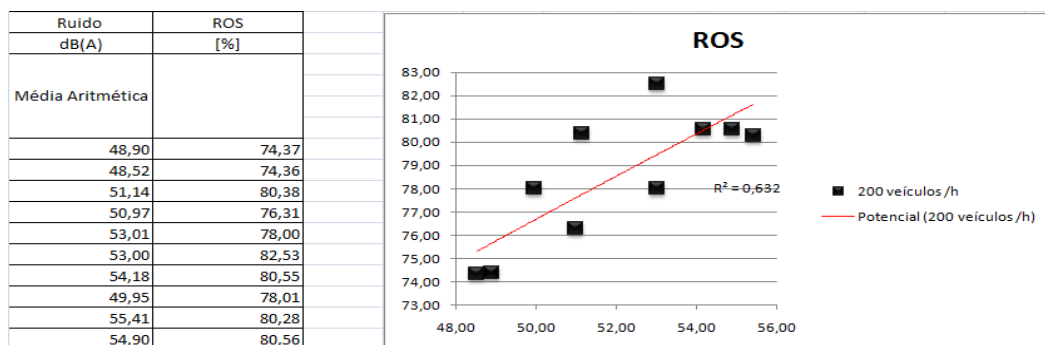


Tabela 26. Fluxo de tráfego de 200 veíc/h. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído

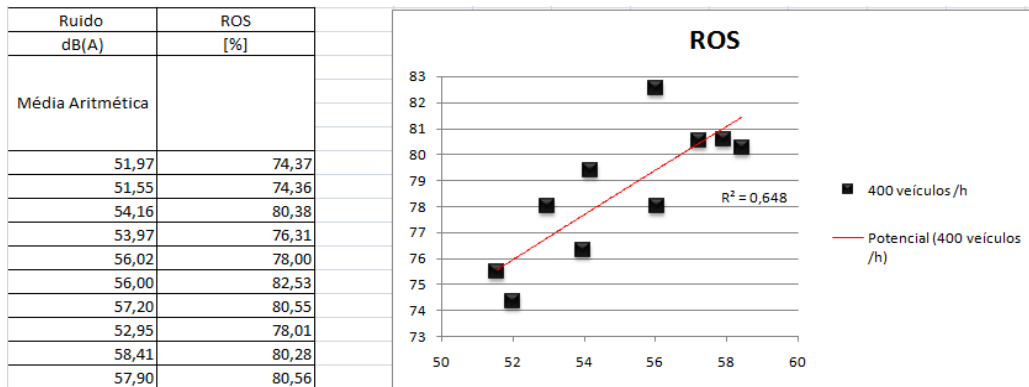


Tabela 27. Fluxo de tráfego de 400 veíc/h. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído

Para o índice de **Complexidade do Perímetro**, bem como para todos os restantes indicadores, mostra-se nas Tabelas 28 e 29 os resultados de cálculo, o correspondente nível de ruído, as características de procedimento, o gráfico e a respectiva linha de tendência das 10 formas em estudo.

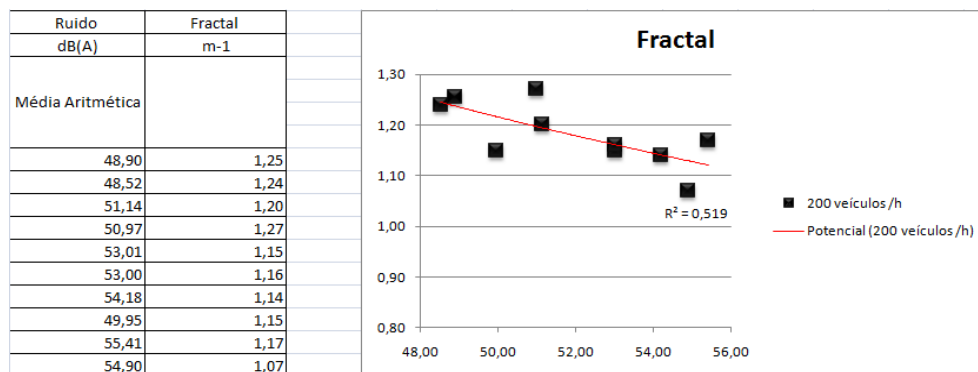


Tabela 28. Fluxo de tráfego de 200 veíc/h. Relação entre o índice de Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído

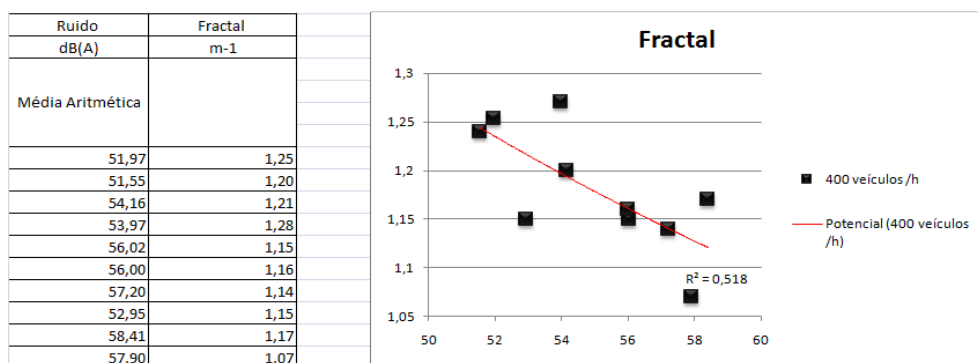


Tabela 29. Fluxo de tráfego de 400 veíc/h. Relação entre o índice de Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído

Exibe-se nas tabelas 30 e 31 os resultados da **Forma da Mancha Urbana** dos 200veic/h e 400 veic/h das nove e não dez formas, mas com as características de procedimento anteriormente descritas, os correspondentes gráficos e as respectivas linhas de tendência.

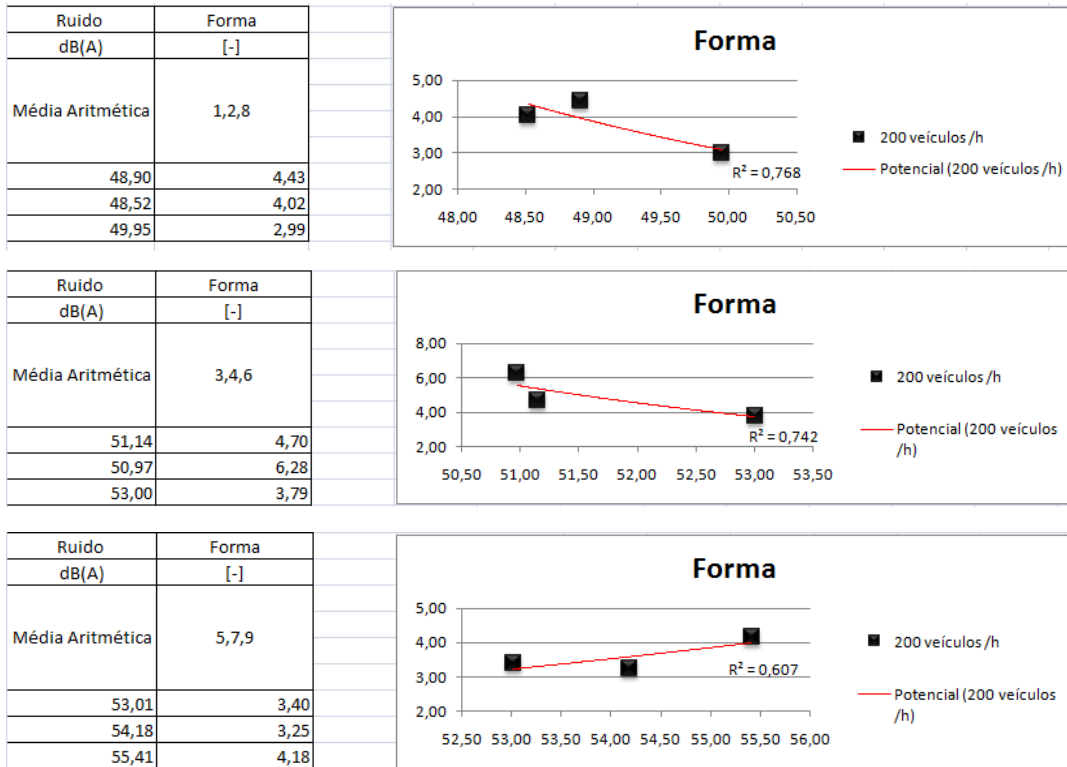
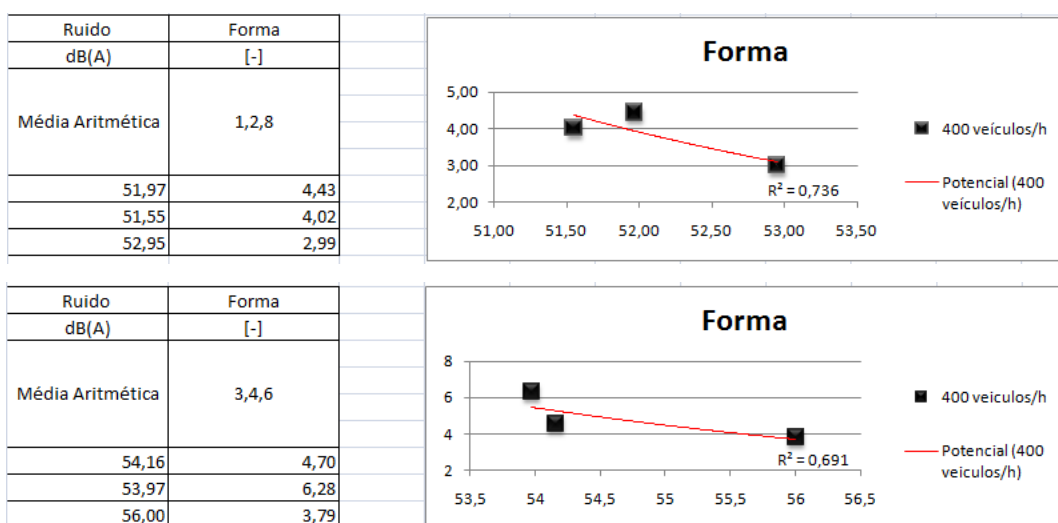


Tabela 30. Fluxo de tráfico de 200 veíc/h. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído



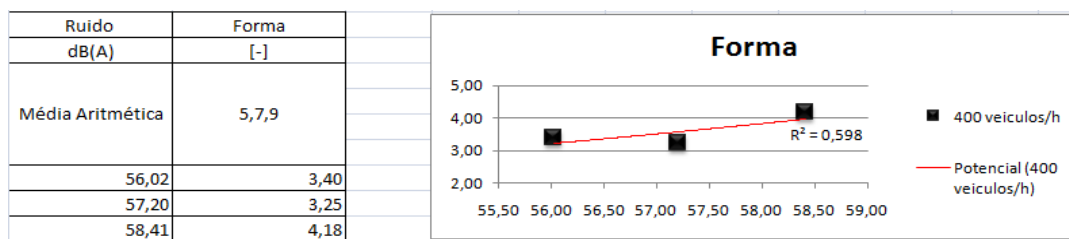


Tabela 31. Fluxo de tráfego de 400 veíc/h. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído

Em cada um dos cenários desenvolvidos anteriormente, só se alterou a premissa do número de veículos /hora de forma a avaliar o comportamento das 10 formas urbanas, mas nas duas situações seguintes vai-se avaliar novas possibilidades de flutuações dos níveis de ruído, recorrendo á alteração do tipo de pavimento.

Assim sendo, em cada um dos cenários desenvolvidos, as duas vias distribuidoras locais possuem as seguintes características:

- Pavimento asfáltico **betuminoso drenante** e pavimento **de cubo de granito**, sem inclinação;
- Fluxo do tráfego rodoviário fluido (300 total de veículos/h com 5% pesados);
- Velocidade de circulação de 50 km/h os veículos ligeiros e de 40 km/h os veículos pesados.

Para o **Índice de Ocupação de Solo**, bem como para todos os restantes indicadores, apresenta-se os resultados em forma de tabelas, em particular as Tabelas 32 e 33, com o nível de ruído exposto, com as características de procedimento previamente enumeradas, o correspondente gráfico e a respectiva linha de tendência das 10 formas em análise.

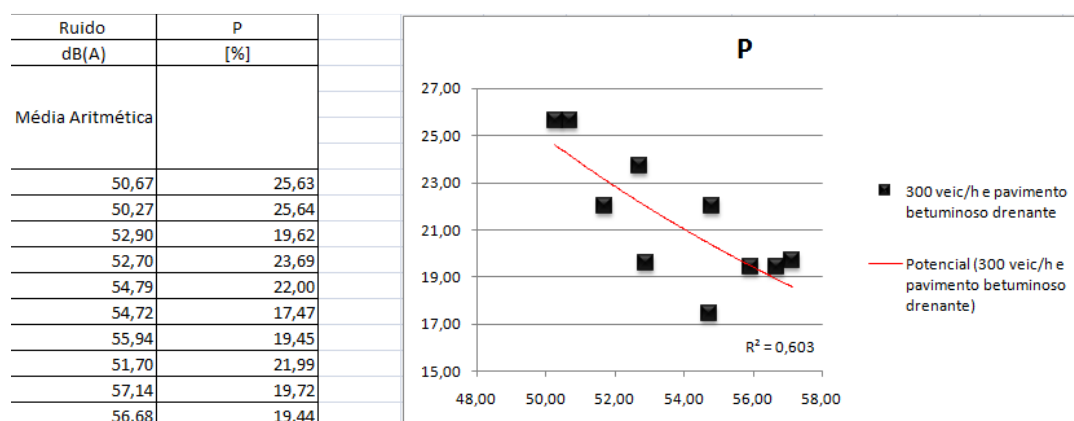


Tabela 32. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído

Ruído dB(A)	P [%]
Média Aritmética	
53,67	25,63
53,27	25,64
55,90	19,62
55,70	23,69
57,79	22,00
57,72	17,47
58,94	19,45
54,70	21,99
60,14	19,72
59,68	19,44

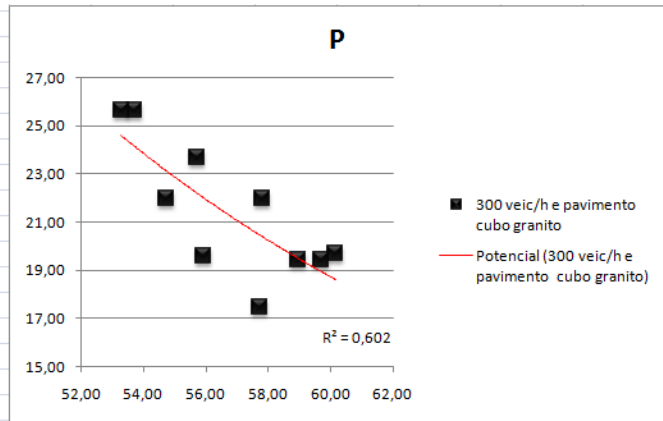


Tabela 33. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Ocupação de Solo e o Nível de Ruído

Apresenta-se nas Tabelas 34 e 35, os resultados do **Índice de Volume de Construção** cada uma das 10 formas e o correspondente nível de ruído, com as características de procedimento anteriormente descritas, o respectivo gráfico e a respectiva linha de tendência.

Ruído dB(A)	Iv [m³] x10-3
Média Aritmética	
50,67	75984,84
50,27	76029,48
52,90	58168,08
52,70	70237,80
54,79	65214,00
54,72	51811,20
55,94	57669,12
51,70	65184,96
57,14	58481,64
56,68	57639,12

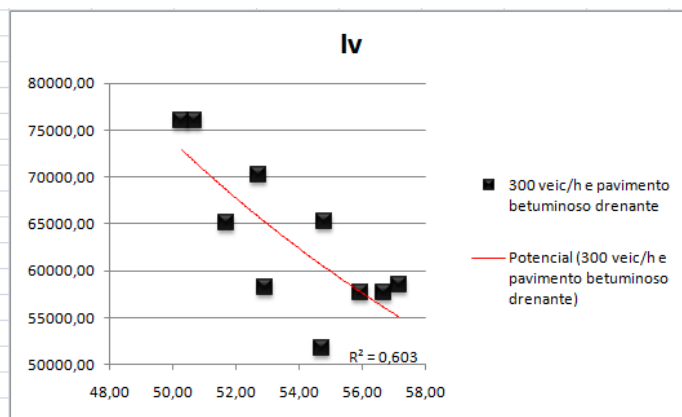


Tabela 34. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído

Ruído dB(A)	Iv [m³] x10-3
Média Aritmética	
53,67	75984,84
53,27	76029,48
55,90	58168,08
55,70	70237,80
57,79	65214,00
57,72	51811,20
58,94	57669,12
54,70	65184,96
60,14	58481,64
59,68	57639,12

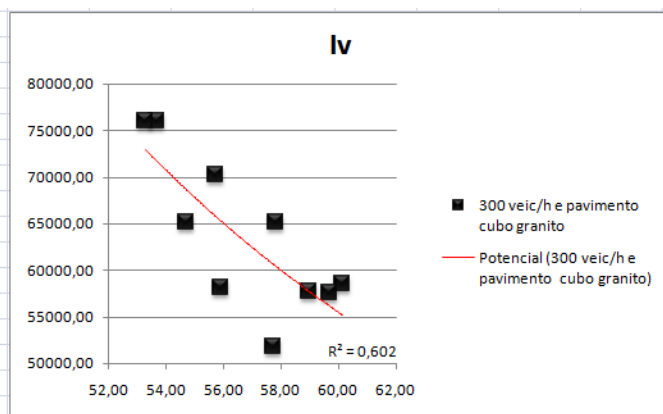


Tabela 35. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Volume de Construção e o Nível de Ruído

Para o **Índice de Compacidade**, exibe-se os resultados de cálculo de cada uma das formas e o correspondente nível de ruído, para além de todos os restantes procedimentos, visíveis nas Tabelas 36 e 37.

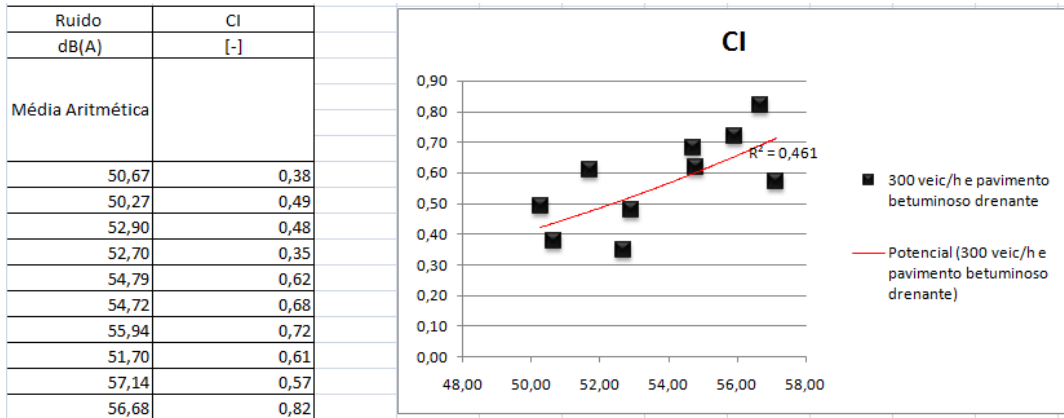


Tabela 36. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Compacidade e o Nível de Ruído

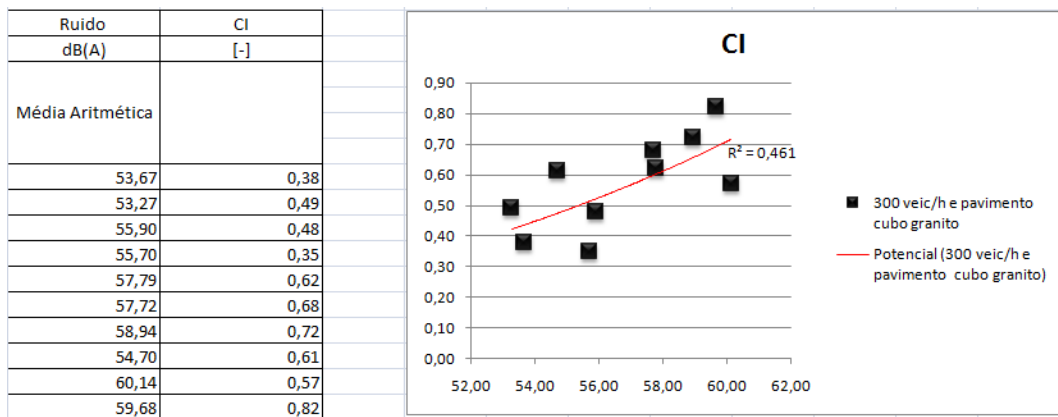


Tabela 37. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Compacidade e o Nível de Ruído

Expõe-se os de resultados o **Índice de Porosidade** para cada uma das 10 formas e o correspondente nível de ruído, nas Tabelas 38 e 39.

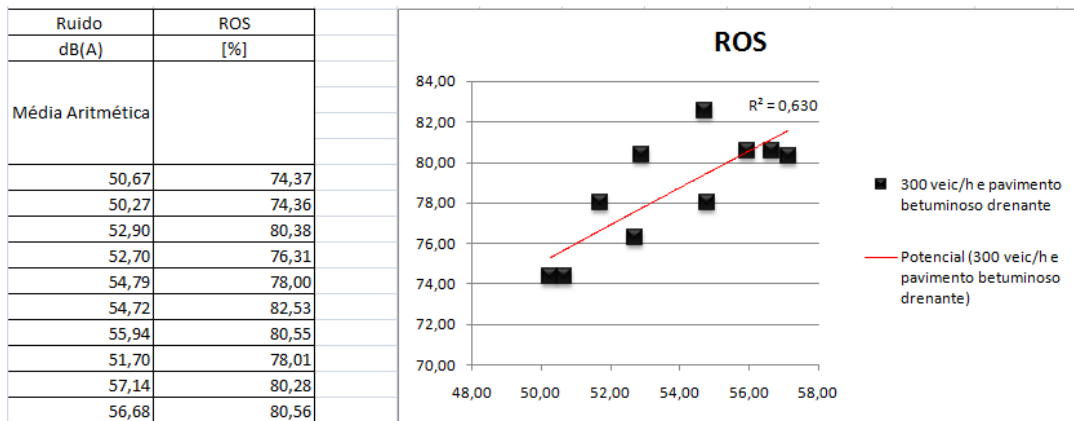


Tabela 38. Pavimento drenante. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído

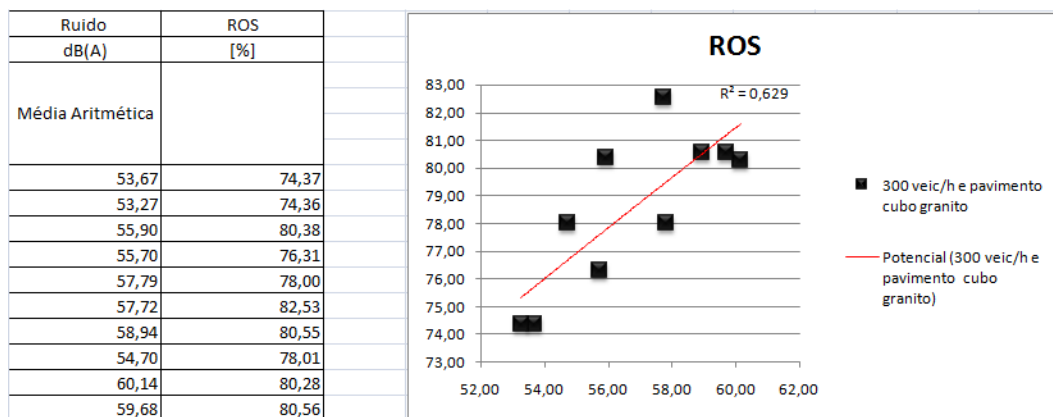


Tabela 39. Pavimento de cubo de granito. Relação entre o Índice de Porosidade e o Nível de Ruído

Para o **Complexidade do Perímetro**, bem como para todos os seguintes indicadores, desenvolve-se nas Tabelas 40 e 41, os resultados das formas e o respectivo nível de ruído, com o procedimento descrito, o gráfico e a respectiva linha de tendência das 10 formas em estudo.

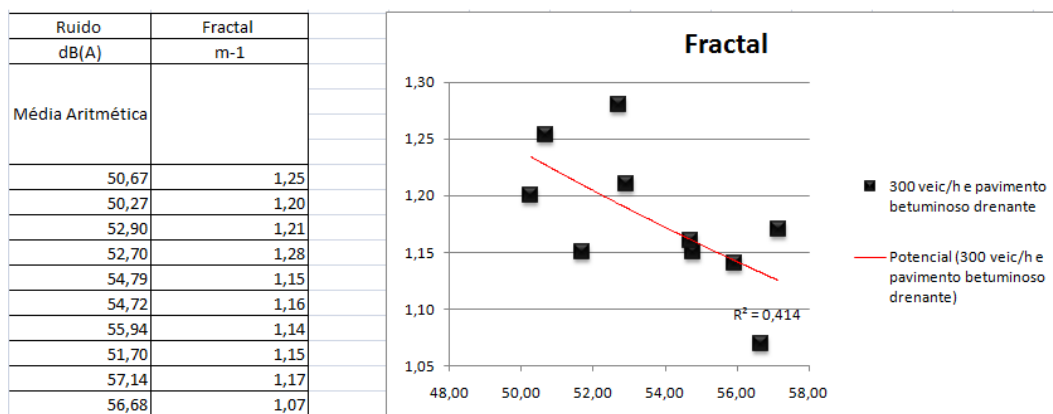


Tabela 40. Pavimento drenante. Relação entre a Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído

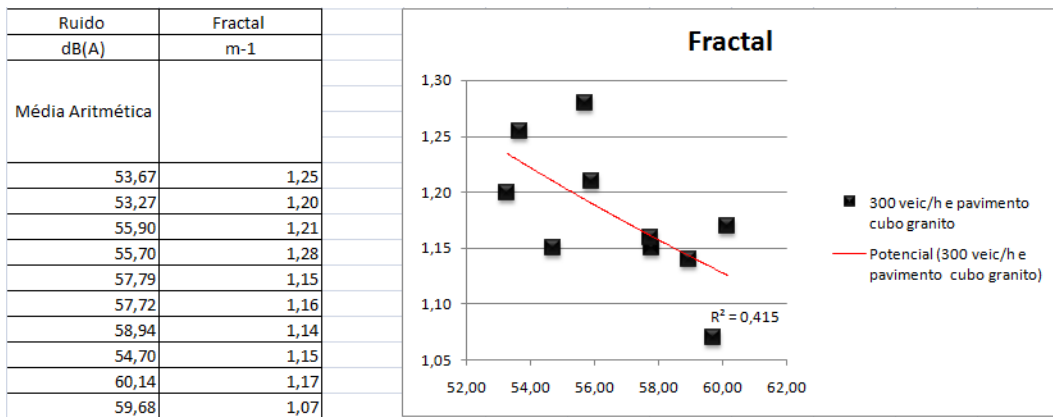


Tabela 41. Pavimento de cubo de granito. Relação entre a Complexidade do Perímetro e o Nível de Ruído

Apresenta-se nas Tabelas 42 e 43 os resultados da **Forma da Mancha Urbana** dos 300veic/h expomos 9 e não 10 formas, mas igualmente com o respectivo nível de ruído, com as características de procedimento anteriormente descritas, o correspondente gráfico e a respectiva linha de tendência.

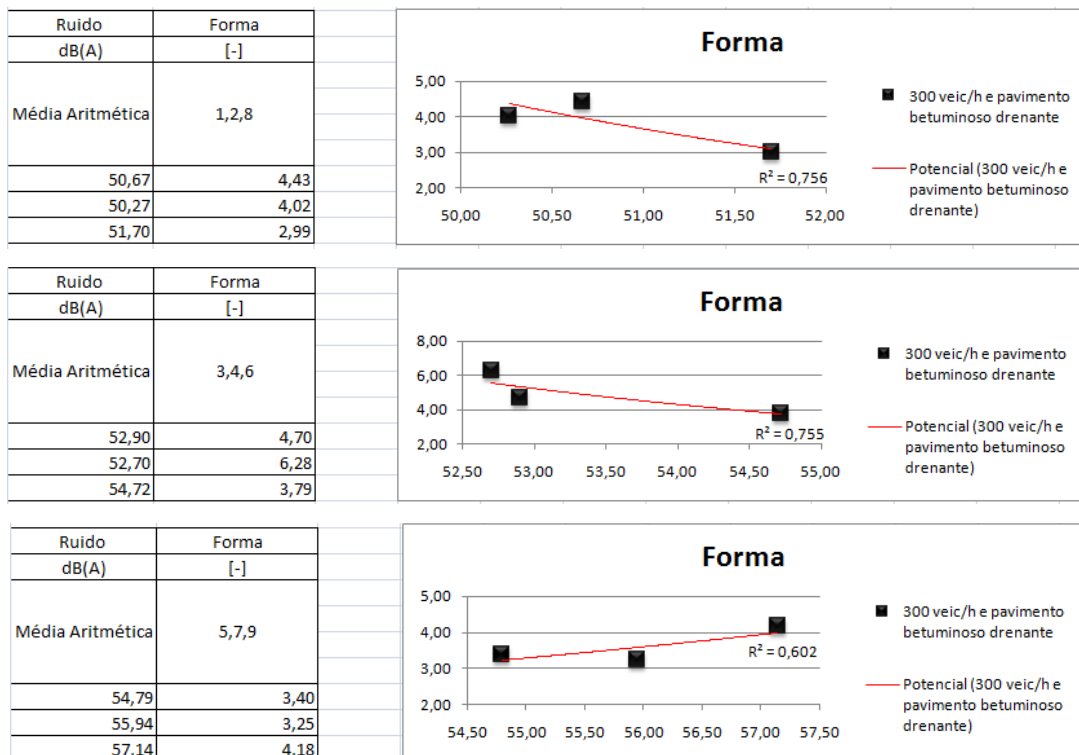


Tabela 42. Pavimento drenante. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído

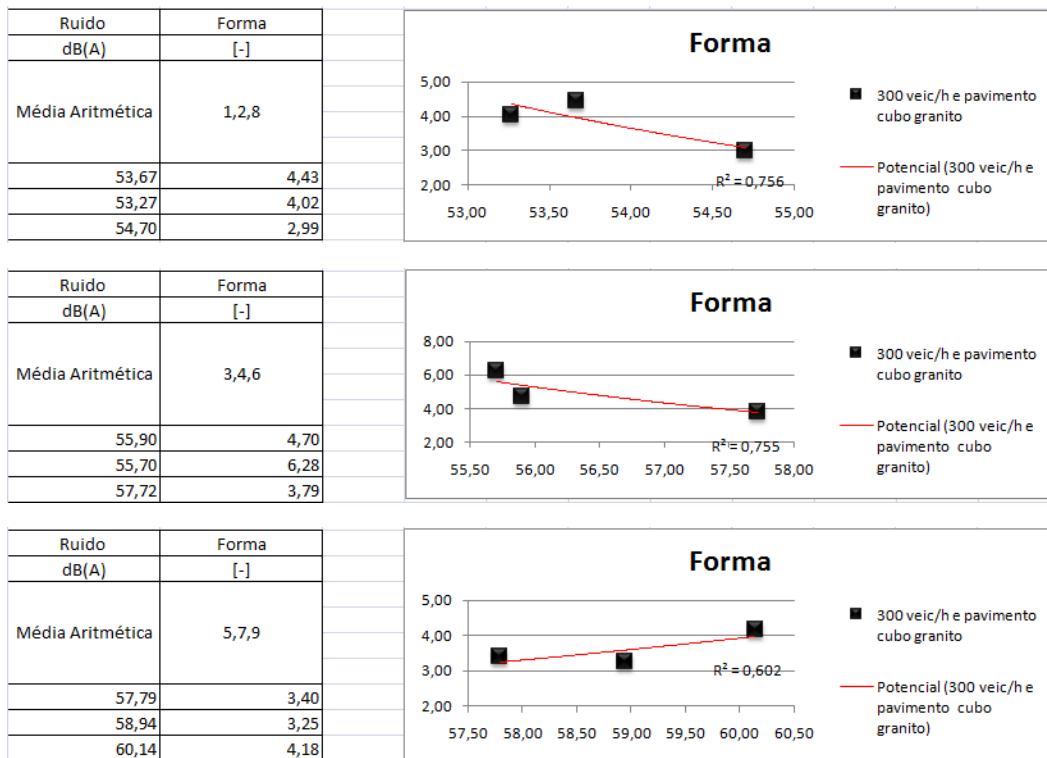


Tabela 43. Pavimento de cubo de granito. Relação entre a Forma da Mancha Urbana e o Nível de Ruído

Nas 10 formas urbanas estudadas, a análise de sensibilidade, possibilitou averiguar algumas flutuações dos níveis de ruído, por um lado e por outro realçar as variáveis que realmente influenciam o comportamento da propagação do ruído, como é possível visualizar nos gráficos seguintes e na Tabela Resumo 48 os Resultados da variação do número de veículos /h na Análise Sensibilidade.

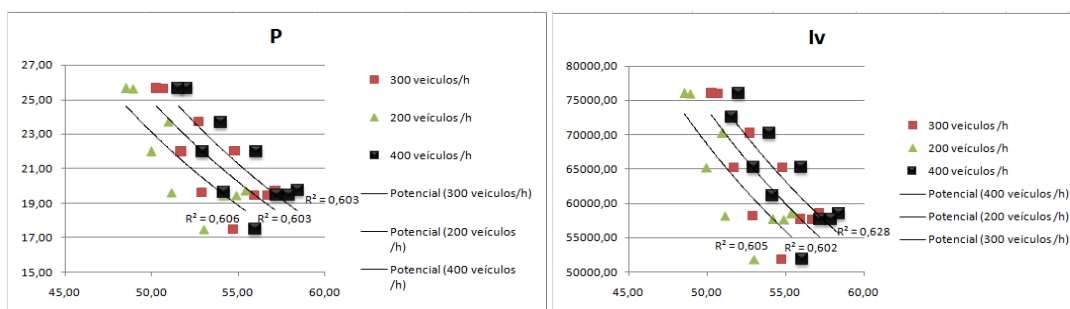


Tabela 44. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índices de Ocupação de Solo e Volume de Construção

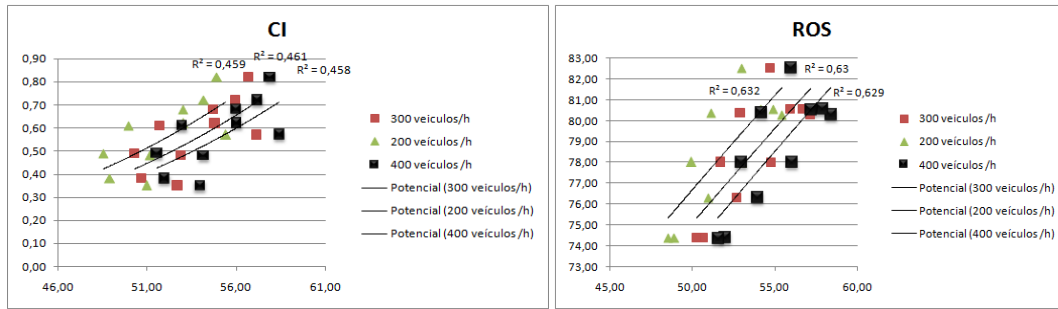


Tabela 45. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índices de Compacidade e de Porosidade

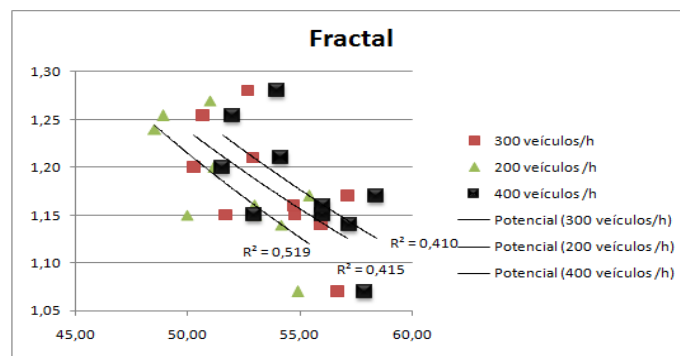


Tabela 46. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índice de Fractal

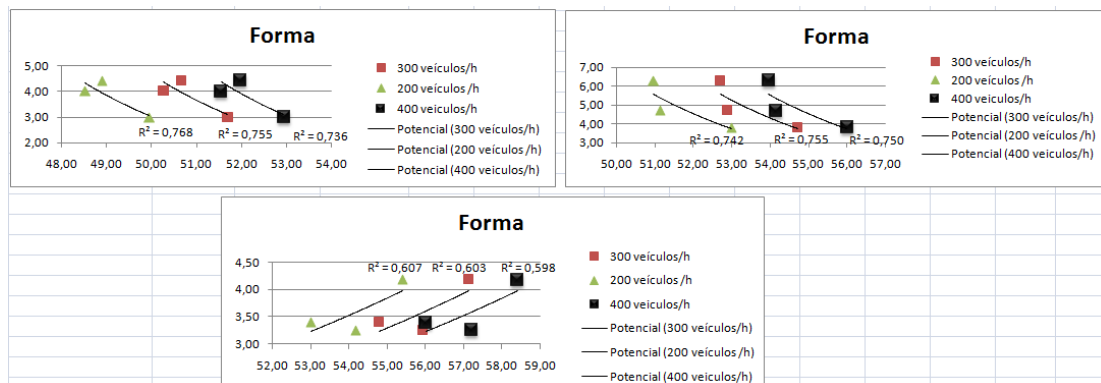


Tabela 47. Curvas de Variação do Número de Veículos /H vs Índice de Forma da Mancha

Forma Tipo	Ruído			P	Iv	CI	ROS	Fractal	Forma
				[%]	[m³] x10-3	[-]	[%]	m-1	[-]
	Média Aritmética								
	200 veic/h	300 veic/h	400 veic/h						
1	48,90	50,67	51,97	25,63	75984,84	0,38	74,37	1,25	4,43
2	48,52	50,27	51,55	25,64	76029,48	0,49	74,36	1,20	4,02
3	51,14	52,90	54,16	19,62	58168,08	0,48	80,38	1,21	4,70
4	50,97	52,70	53,97	23,69	70237,80	0,35	76,31	1,28	6,28
5	53,01	54,79	56,02	22,00	65214,00	0,62	78,00	1,15	3,40
6	53,00	54,72	56,00	17,47	51811,20	0,68	82,53	1,16	3,79
7	54,18	55,94	57,20	19,45	57669,12	0,72	80,55	1,14	3,25
8	49,95	51,70	52,95	21,99	65184,96	0,61	78,01	1,15	2,99
9	55,41	57,14	58,41	19,72	58481,64	0,57	80,28	1,17	4,18
10	54,90	56,68	57,90	19,44	57639,12	0,82	80,56	1,07	1,61

Tabela 48. Resumo dos Resultados da Variação do Número de Veículos /H na Análise Sensibilidade

Podemos concluir dos gráficos anteriores que, as maiores oscilações de valores se depreendem com a variação do número de veículos por hora, isto é quanto maior o número de veículos que introduzirmos no sistema viário, maior será o ruído provocado pelo mesmo nas fachadas circundantes.

A análise de sensibilidade possibilitou como também era esperado, verificar quais os tipos de pavimento que iriam oscilar os níveis de ruído nas fachadas expostas. Como é possível visualizar nos gráficos seguintes e na Tabela Resumo 53, os resultados da variação do Tipo de Pavimento da Via na Análise de Sensibilidade, existe uma variação nos níveis de ruído.

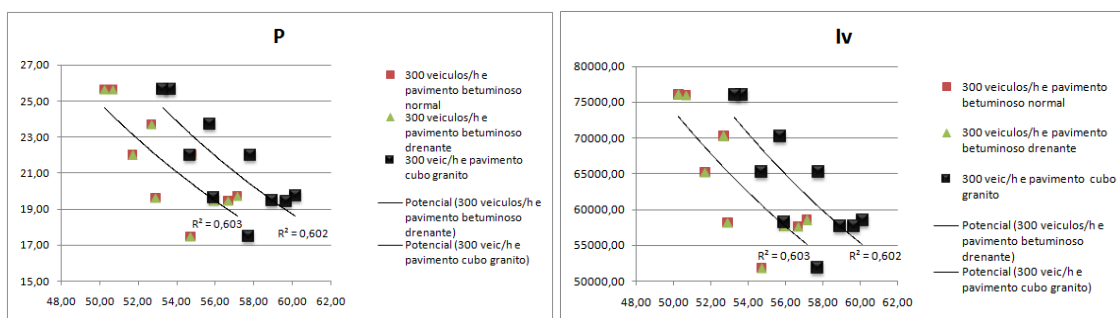


Tabela 49. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índices de Ocupação de Solo e de Volume de Construção

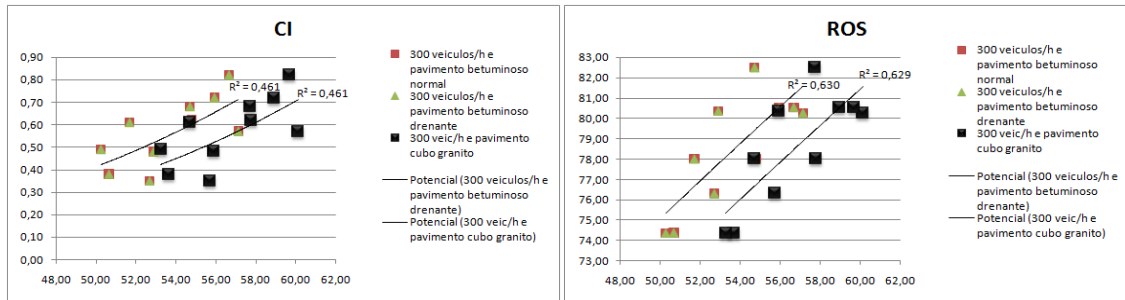


Tabela 50. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índices Compacidade e de Porosidade

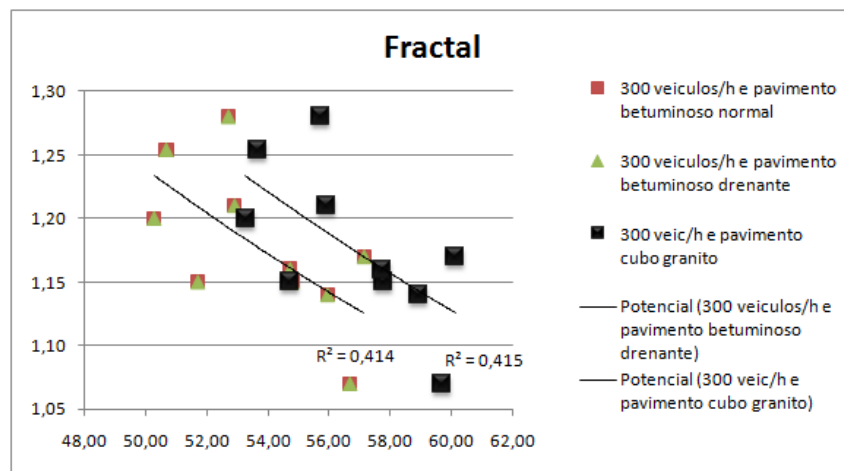


Tabela 51. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índice de Fractal

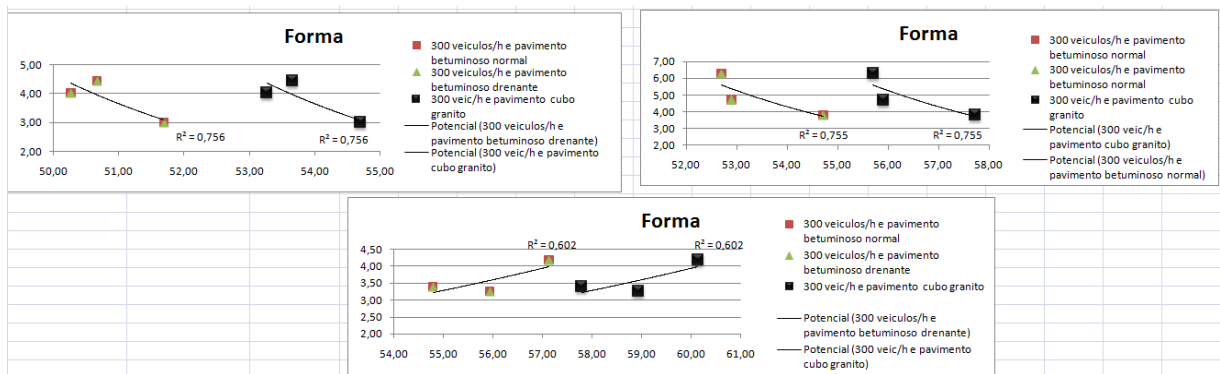


Tabela 52. Curvas de Variação do Tipo de Pavimento da Via vs Índice de Forma da Mancha

Forma Tipo	Ruido			P	Iv	Cl	ROS	Fractal	Forma
				[%]	[m ²] x10-3	[-]	[%]	m-1	[-]
	Média Aritmética								
	300 veic/h	300 veic/h	300 veic/h						
	Betuminoso Normal	Betuminoso Drenante	Cubo Granito						
1	50,67	50,67	53,67	25,63	75984,84	0,38	74,37	1,25	4,43
2	50,27	50,27	53,27	25,64	76029,48	0,49	74,36	1,20	4,02
3	52,90	52,90	55,90	19,62	58168,08	0,48	80,38	1,21	4,70
4	52,70	52,70	55,70	23,69	70237,80	0,35	76,31	1,28	6,28
5	54,79	54,79	57,79	22,00	65214,00	0,62	78,00	1,15	3,40
6	54,72	54,72	57,72	17,47	51811,20	0,68	82,53	1,16	3,79
7	55,94	55,94	58,94	19,45	57669,12	0,72	80,55	1,14	3,25
8	51,70	51,70	54,70	21,99	65184,96	0,61	78,01	1,15	2,99
9	57,14	57,14	60,14	19,72	58481,64	0,57	80,28	1,17	4,18
10	56,68	56,68	59,68	19,44	57639,12	0,82	80,56	1,07	1,61

Tabela 53. Resumo dos Resultados da Variação do Tipo de Pavimento da Via na Análise Sensibilidade

Como é possível verificar nas tabelas anteriores, o pavimento asfáltico betuminoso (Enrobé bitumé) tem um comportamento muito menos agressivo do que o pavimento de cubo de granito (Pavés Villé). Após o estudo efectuado torna-se claro que nas mesmas condições de previsão de ruído, a alteração do pavimento asfáltico betuminoso (Enrobé betume) para o asfáltico betuminoso drenante (Enrobé drainant) não sofreu qualquer tipo de efeito nos níveis de ruído das fachadas das 10 Formas de estudo.

Um dos objectivos do estudo proposto, foi identificar as variáveis que fazem oscilar os níveis de ruído das 10 Formas propostas. Assim, o estudo poderá ser útil na tomada de decisão ou na escolha do tipo de pavimento, a empregar em determinada via e a opção por si só já seria capaz de reduzir o nível de ruído em determinada via.

No entanto, não há pretensão de concluir o estudo como um manual de instruções sobre a relação das características da via ou do tráfego automóvel e as formas urbanas, pois existem muitas variáveis, como a densidade e a complexidade das redes viárias, que não entram em linha de conta no estudo apresentado. Mas pretendeu-se tirar conclusões como a diminuição do volume de tráfego proporciona uma diminuição da poluição sonora, ou como a escolha dum piso pode influenciar a propagação do ruído ou como uma disposição volumétrica por si só pode atrair ou expelir zonas de redução de ruído.

Todavia, o objectivo principal do estudo como inicialmente proposto, foi estudar o meio de propagação do ruído, mas tendo por base as características da fonte, neste caso as características da via, o volume e o fluxo de tráfego que entrem como premissas.

Por outro lado, na emissão do ruído considera-se necessário ter em linha de conta, os efeitos absorventes do meio, as configurações de rua, a distância entre a linha da fonte e do receptor ou a localização do ponto receptor na frente de um edifício. São todas estas premissas que interagem com o processo de propagação do ruído e como o nível de ruído é recebido e medido nas fachadas.

No próximo capítulo pretende-se validar essa interacção de emissão de ruído e recepção de ruído na forma urbana através de três estudos de quarteirões da cidade de Braga.

CAPÍTULO 6.

6 VALIDAÇÃO DO MODELO

De forma a conferir robustez às curvas teóricas desenvolvidas, é essencial proceder à validação dos resultados. Este procedimento consiste na comparação dos valores obtidos na modelação com valores de medições efectuadas em locais seleccionados. A validação das curvas teóricas foi feita em duas fases distintas:

1. Validação de modelos reais:
 - a. Selecção de quarteirões com configuração semelhante aos modelos utilizados nas curvas teóricas (Formas Reais);
 - b. Recolha dos níveis de ruído em pontos de validação (pontos receptores). Contagem de tráfego nas vias envolventes;
 - c. Modelação dos modelos reais com introdução de pontos receptores localizados nos pontos de medição;
 - d. Validação dos modelos reais através da comparação dos valores obtidos na modelação com valores das medições efectuadas;
2. Validação das curvas teóricas:
 - a. Cálculo do nível médio de ruído na fachada nos modelos reais modelados e previamente validados (Formas Reais Modeladas). Cálculo dos indicadores de forma;
 - b. Ajuste das curvas teóricas aos modelos reais, no que diz respeito ao fluxo médio de tráfego, velocidades praticadas e tipo de pavimento. Cálculo dos indicadores de forma;
 - c. Validação da similaridade do comportamento das formas teóricas modeladas e das suas homónimas retiradas e medidas de contexto real.

6.1 Formas Tipo para a Validação

A escolha das Formas para a Validação do modelo, que se propôs para o estudo teve em linha de conta duas premissas, a diversidade da implantação de cada uma das formas e a similaridade com as formas reais retiradas do contexto urbano.

Assim sendo, foram seleccionadas uma forma de implantação fechada, outra de implantação linear e uma forma de implantação pontual. A denominação empregue visa facilitar a leitura e a interpretação das formas.

Desse modo, escolheu-se a Forma 4, a Forma 9 e a Forma 10 a que vamos denominar de seguida de Forma 4 modelada, Forma 9 modelada e Forma 10 modelada. As suas semelhantes reais, isto é, as retiradas de contexto real, vamos denomina-las de Forma 4 real modelada, Forma 9 real modelada e Forma 10 real modelada.

As formas reais em questão, são excertos de zonas habitacionais e mistas retiradas de diferentes freguesias do município de Braga, cada uma delas possui características de via e de circulação distintas, bem como áreas de implantação diversas, como poderá ser constatado nas tabelas 23.

No entanto, para que as formas fossem comparáveis utilizou-se a mesma área de abrangência, isto é a mesma Área de Referência empregue quer nas formas modeladas quer nas formas retiradas do contexto real, a que denomina-mos de reais modeladas.

Assim a retícula empregue nas formas modeladas e reais modeladas foi de 97,72m por 252,84m, que perfaz uma área total bruta de 24 707,52 m² e um perímetro total de 701,13 m lineares.

6.1.1 Dados das Formas Reais Modeladas

Para cada uma das formas reais modeladas calcularam-se as características dimensionais, dados necessários aos cálculos dos indicadores de forma para cada uma das 3 Formas Reais Modeladas (Tabelas 54 a 56).

Área do Patch (m ²)	2549,26	2561,54
Nº Patch (n ≥ 1)	1	1
Área de Implantação (m ²)	5110,8	
Perímetro do Patch (m)	348,25	383,92
Raio circundante (m)	48,03	49,4
Área de Referência (m ²)	24707,52	

Tabela 54. Caracterização Física da Forma Real Modelada 4

Área do Patch (m ²)	672,87	797,98	775,29	756,45
Nº Patch (n ≥ 1)	1	1	1	1
Área de Implantação (m ²)	3002,59			
Perímetro do Patch (m)	112,79	120,66	119,07	117,74
Raio circundante (m)	52,64	44,98	44,94	43,94
Área de Referência (m ²)	24707,52			

Tabela 55. Caracterização Física da Forma Real Modelada 9

Área do Patch (m ²)	285,77	285,87	285,65
Nº Patch (n ≥ 1)	6	1	1
Área de Implantação (m ²)	2286,14		
Perímetro do Patch (m)	68,45	68,46	68,43
Raio circundante (m)	12,25	12,26	12,24
Área de Referência (m ²)	12353,76 (1/2 da Área de Referência)		

Tabela 56. Caracterização Física da Forma Real Modelada 10

Para a Forma Real Modelada 10 usou-se uma percentagem da Área de Referência, neste caso 50% da área de Referência. No entanto, salvaguardou-se a relação das partes com o todo, sendo a Forma 10 proporcional e similar às anteriores, visível na Tabela 56.

Calculou-se para cada uma das Formas Reais Modeladas, os mesmos indicadores de forma calculados para as Formas Modeladas, assim nas Tabelas 57 à 59 apresentam-se os resultados de cada um desses indicadores.

Indicadores de Forma	Forma 4
Ocupação do Solo (P%)	20,65
Índice Volúmico (Iv)	122443,2
Compacidade (CI)	4,68
Porosidade (ROS)	79,35
Complexidade (Fractal)	1,18
Forma Mancha (Forma)	3,50

Tabela 57. Indicadores de Forma da Forma Real Modelada 4

Indicadores de Forma	Forma 9
Ocupação do Solo (P%)	12,15
Índice Volúmico (Iv)	36031,08
Compacidade (CI)	2,24
Porosidade (ROS)	87,85
Complexidade (Fractal)	1,06
Forma Mancha (Forma)	3,46

Tabela 58. Indicadores de Forma da Forma Real Modelada 9

Indicadores de Forma	Forma 10
Ocupação do Solo (P%)	18,51
Índice Volúmico (Iv)	54867,36
Compacidade (CI)	0,91
Porosidade (ROS)	81,49
Complexidade (Fractal)	1,05
Forma Mancha (Forma)	1,47

Tabela 59. Indicadores de Forma da Forma Real Modelada 10

De modo a ser possível comparar os níveis de ruído a que as fachadas das formas modeladas e as formas reais modeladas estão expostas, foi necessário proceder a medições de ruído “in situ” na envolvente das 3 Formas Reais cujos parâmetros e procedimentos se descrevem no subcapítulo seguinte.

6.2 Medições” in situ”

6.2.1 Selecção e descrição dos equipamentos utilizados

Para a realização das medições de ruído ambiente foi utilizado um analisador de ruído Cesva310, sonómetro de classe 1, devidamente calibrado, constituído pelos seguintes elementos: sonómetro, *software* de análise sonora, amplificador de entrada, um microfone e um tripé.

A calibração do equipamento utilizado nas medições de Ruído anteriormente produzidos foi efectuada pelo Laboratório Certificado LabMetro, em 2010, estando este, à data da realização das medições, em conformidade com a [54], [55] e [56] para a classe de exactidão 1.

Foi utilizado ainda um *software* de transferência dos dados do sonómetro para o suporte informático: *SFT Cesva Capture Studio Software*– que permitiu, após a realização de medições, transferir os resultados obtidos, guardá-los, visualizá-los e processá-los num PC.

6.2.2 Selecção de Pontos de Medição “ in situ”

Para a obtenção dos níveis de ruído nas fachadas, em termos de indicadores de ruído, neste caso o Leq (A) foram seleccionados pontos de medição nas três Áreas de Referência extraídas da cidade de Braga.

Nas medições efectuadas para além dos parâmetros e critérios anteriormente referenciados, todas as vias estão niveladas em relação à superfície natural do terreno.

As vias que servem as três áreas seleccionadas para validação possuem as seguintes características:

- vias simples de duplo sentido;
- vias de acesso local

6.2.3 Contagem de Tráfego Automóvel

De forma a avaliar o nível de ruído produzido procedeu-se a uma contagem de tráfego automóvel em simultâneo com a medição de ruído com o sonómetro nos pontos de validação. A contagem de tráfego foi feita de forma manual e com registo de início e fim de contagem.

Os veículos contados foram agrupados em duas categorias, isto é veículos ligeiros e veículos pesados, o ruído proveniente dos motociclos é desprezado por este ser absorvido pelo dos veículos ligeiros.

Para determinar o **Volume de Tráfego** contou-se o número de veículos que passam numa determinada secção da via na unidade de tempo. Neste caso, o volume de **fluxo** foi para um período que varia entre uma hora a 30 minutos.

A **Composição do Tráfego** teve em linha de conta a percentagem dos diferentes tipos de veículos que compõem a corrente de tráfego, no que diz respeito ao fluxo de veículos ligeiros e pesados.

6.2.4 Parâmetros de medição

As medições de ruído ambiente foram efectuadas durante o período diurno (7h00-20h00), uma vez que esse é o período no qual se encontra inserido o período de maior tráfego automóvel e consequentemente com maiores níveis de ruído.

As medições foram realizadas com o sonómetro montado a uma altura de 1,5 m do solo e afastado sempre que possível, a 3,5 m de qualquer estrutura reflectora, de acordo com alínea a), do n.º 4, do Artigo 11.º, do Capítulo III – Regulamento de Ruído através do DL 9/2007 [55].

Foi ainda utilizado um protector de vento de modo a evitar sinais espúrios de baixa frequência. O parâmetro de referência medido para a caracterização do ruído ambiente foi o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, LAeq.

Procedeu-se à verificação do estado de calibração do analisador, em campo, no início e no final de cada série de medições, não se tendo registado desvios das posições de calibração.

Para determinar, o contributo das diferentes fontes de ruído dentro de cada unidade de vizinhança próxima, foram efectuadas medições acústicas no perímetro envolvente, com tempos de amostragem de 30 minutos cada.

De seguida, apresenta-se as folhas de registo das medições de ruído dos pontos de medição das 3 Formas Reais Modeladas. Em cada folha de registo, é possível ver a localização dos pontos de medição no contexto urbano de Braga, as horas de medição e a respectiva contagem de tráfego automóvel de cada uma das vias, que compõem a Área de Referência.

6.2.5 Folhas de Registo das Medições

Por forma a identificar a localização exacta dos pontos de medição, fez-se o registo das distâncias do sonómetro à fachada mais próxima, bem como do nível da cota do sonómetro e da cota das vias de influência. Estes pontos, numa fase posterior, constituirão os pontos receptores de validação.

Todas as folhas de registo têm vistas aéreas das 3 áreas de estudo, retiradas do *Google Maps* e fotografias dos locais onde ocorreu a medição, com o intuito de facilitar a leitura e o processo de medição efectuado.

Assim, as folhas de registo seguintes são apresentadas por ordem numérica, isto é, começa na Forma Real Modelada 4, seguindo-se os registos da Forma Real Modelada 9 e por fim os dados de medição da Forma Real Modelada 10.

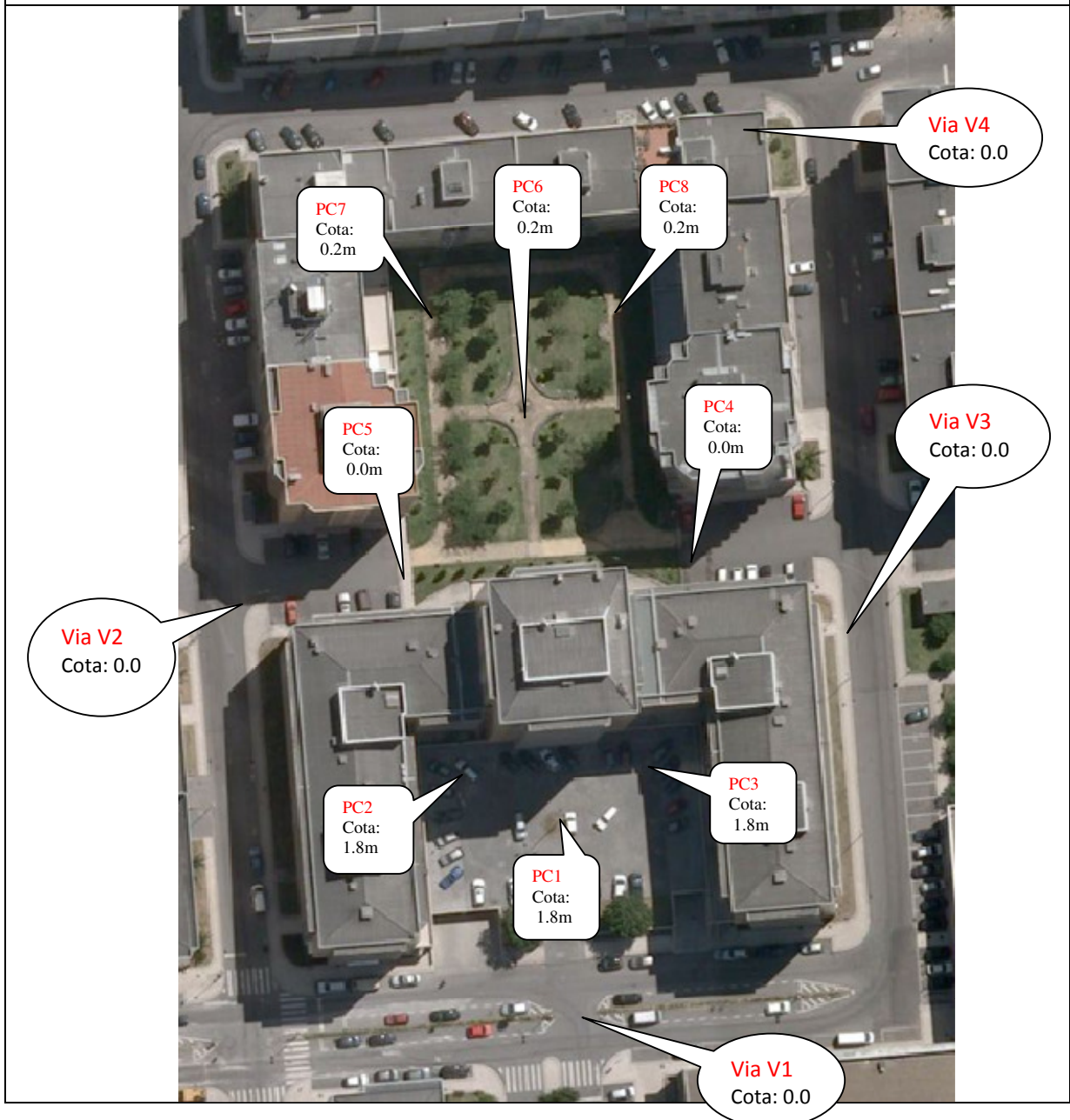
De forma a não perder o fio condutor da exposição proposta, colocou-se em anexo os restantes complementos dos registos das 3 Formas Reais Modeladas.

Forma 4 Real

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310



Para a Forma 9 foram efectuados os registos de medição assinalados na folha de registo apresentada seguidamente.

Forma Tipo 9

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310



Para a Forma 10 foram efectuados os registos de medição assinalados na folha de registo apresentada abaixo.

Forma Tipo 10

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310



Após as medições efectuadas “ in situ” procedeu-se á leitura dos dados e respectiva adaptação, de forma a introduzi-los no software de previsão de ruído.

6.3 Validação de modelos reais

As formas reais escolhidas, como já foi referido anteriormente inserem-se em diferentes quarteirões. Essas áreas, estão inseridas num estudo de medição de ruído já realizado para a Cidade de Braga, ao qual foi possível incorporar o nosso estudo.

O *software* de previsão de ruído usado utiliza o método de cálculo de propagação de ruído NMPB96. Foram criados três projectos a retratarem as três formas reais escolhidas. Iniciou-se por importar as curvas de nível, todas as componentes que potenciam a emissão do som, como sendo as fontes de ruído, bem como os obstáculos à sua propagação, como sejam os edifícios de diferentes formas. Finalmente foram introduzidos os pontos de medição em forma de pontos receptores, sendo estes os pontos de validação.

Deste modo foi possível incorporar todos os parâmetros e premissas dos pontos de medição “in situ” no *software*, e assim comparar os pontos de medição “in situ” com os correspondentes modelados.

Nas figuras seguintes ilustram-se os níveis de ruído das medições “in situ”, e os níveis de ruído obtidos na modelação e que nos permitirá a **1ª Validação / Comparação**.

Os indicadores de ruído utilizados na elaboração destes estudos foram o nível sonoro contínuo equivalente, apresentado na escala de ponderação A para o período de dia (Ld) por ser o indicador de ruído L_{Aeq} correspondente ao período diurno.

As Figuras 29,30 e 31 ilustram as três formas utilizadas para validação do modelo. Em cada figura representa-se à esquerda a fotografia aérea do quarteirão em estudo e à direita a sua representação no modelo de previsão de ruído. Assinalam-se ainda os pontos de medição na fotografia aérea e os respectivos pontos receptores no modelo geográfico.

Os pontos de medição e os modelados estão localizados segundo as coordenadas das medições “in situ”, de forma a serem comparáveis os níveis de ruído nos respectivos pontos receptores.

Forma Tipo 4

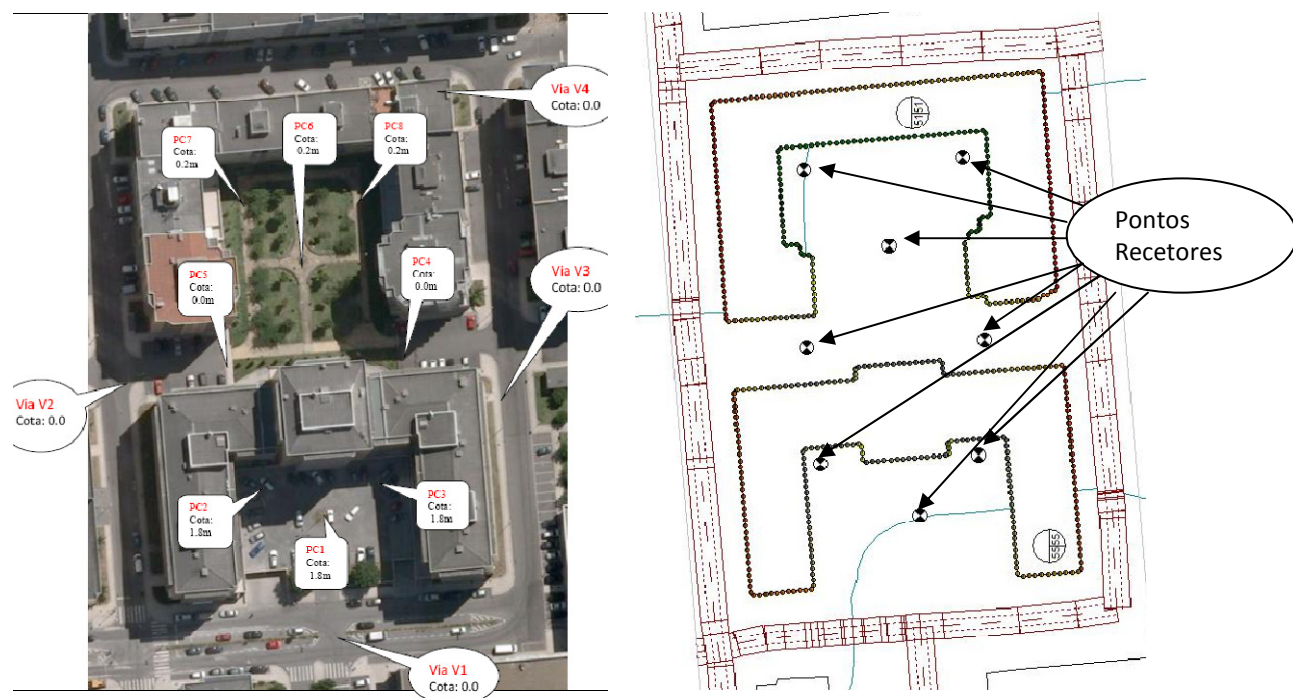


Figura 29. Visualização dos Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 4

Pontos Receptores Medidos	Pontos Receptores Modelados	Diferença Valor Absoluto
PC1 medido =57,5 (Leq)	PC1 modelado =57,9(Ld)	-0,4
PC2 medido =54,8 (Leq)	PC2 modelado =50,2(Ld)	4,6
PC3 medido =51,7 (Leq)	PC3 modelado =50,0(Ld)	1,7
PC4 medido =52,6 (Leq)	PC4 modelado =52,7(Ld)	0,1
PC5 medido =53,9 (Leq)	PC5 modelado =53,6(Ld)	0,3
PC6 medido =50,1 (Leq)	PC6 modelado =48,6(Ld)	1,5
PC7 medido =50,1 (Leq)	PC7 modelado =49,3(Ld)	0,8
PC8 medido =50,2 (Leq)	PC8 modelado =49,4(Ld)	0,8

Tabela 60. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 4

Como é possível constatar na Tabela 60, através da comparação dos valores medidos e modelados, em termos médios o modelo está a subavaliar o ruído muito ligeiramente. De uma forma geral poder-se-á dizer que o este modelo apresenta valores muito satisfatórios quando

comparados com os valores obtidos através da medição. O ponto PC2 é o único que apresenta diferenças elevadas devendo-se este facto à existência de outra fonte de ruído não contabilizada.

É possível averiguar que o comportamento das zonas de exposição e de sombra constatadas nas medições “in situ” também se constata nos valores calculados por modelação. Assim o PC1 é ponto receptor com maior exposição ao ruído, por ser o que está mais próximo da via com maior fluxo de tráfego, por sua vez os PC6, PC7 e o PC8 são os pontos receptores que apresentam níveis de ruído menores por serem os pontos receptores que se localizam no interior do quarteirão, numa zona sombra, por isso mesmo estarem menos sujeitos à exposição do ruído.

A Forma 9 ao contrário da Forma 4 dispõe de menos pontos receptores, esta opção foi tomada tendo por base o seu tipo implantação, isto é linear, que na ausência de protuberâncias entendeu-se serem desnecessários mais pontos receptores para circunscrever a área de estudo.

Como na forma anterior, são apresentadas de seguida as ilustrações e as tabelas que caracterizam os pontos receptores medidos e os modelados e os respectivos níveis de ruído.

Forma Tipo 9



Figura 30. Visualização dos Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados

Pontos Receptores Medidos	Pontos Receptores Modelados	Diferença Valor Absoluto
PC1 medido =65,0 (Leq)	PC1 modelado =65,1(Ld)	-0,1
PC2 medido =64,7 (Leq)	PC2 modelado =65,8(Ld)	-1,1
PC3 medido =59,5 (Leq)	PC3 modelado =58,9(Ld)	0,6
PC4 medido =66,1 (Leq)	PC4 modelado =66,7(Ld)	-0,6
PC5 medido =58,9 (Leq)	PC5 modelado =59,6(Ld)	-0,7

Tabela 61. Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados da Forma 9

Como é possível constatar nos dados Tabela 61, da Forma 9, há uma majoração dos valores modelados em relação aos medidos, contrariando o ocorrido na Forma 4. As discrepâncias dos valores apresentam-se menores (numa variação de 0,1 a 1,1 valores absolutos), mas os níveis de ruído aqui encontrados são muito superiores aos das restantes formas.

A Forma 9 detém uma implantação do tipo linear, onde as saliências são inexistentes, que promovem áreas protegidas, e ao não haverem zonas sombra os níveis de ruído dos pontos receptores são elevados. Onde o valor do PC4 até ultrapassa os 65dB (A) como sendo, o nível sonoro contínuo equivalente do ruído ambiente exterior, permitido pelo Regulamento Geral do Ruído, no período diurno.

Forma Tipo 10

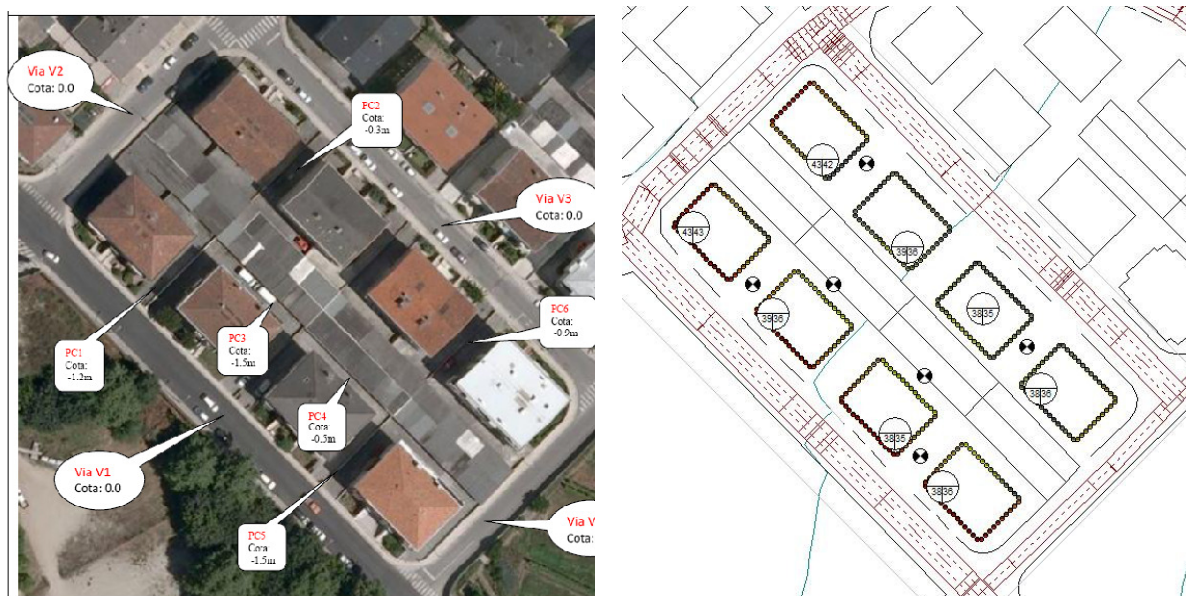


Figura 31. Visualização dos Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados

Pontos Receptores Medidos	Pontos Receptores Modelados	Diferença Valor Absoluto
PC1 medido =58,8 (Leq)	PC1 modelado =58,1(Ld)	0,7
PC2 medido =48,4 (Leq)	PC2 modelado =48,7(Ld)	-0,3
PC5 medido =53,0 (Leq)	PC5 modelado =54,6(Ld)	-1,6
PC6 medido =46,0 (Leq)	PC6 modelado =45,9(Ld)	0,1

Tabela 62. 1ªValidação do Pontos Receptores Medidos vs Pontos Receptores Modelados

Como é possível constatar nos dados Tabela 62, da Forma 10, foram seleccionados 6 pontos de medição mas só foram apresentados 4 para a validação do modelo. Os pontos receptores PC3 e PC4 por estarem localizados muito próximos da fachada dos edificios e das garagens apresentavam graves problemas de reflexão (configuração em U) por esse motivo não foram contemplados. Isto é, para qualquer ponto receptor ser válido necessita de estar afastado pelo menos 3,5m de uma superfície edificada e nesta caso a largura dos espaços não ultrapassavam os 5m, logo não era possível estar a 3,5m de cada uma das superfícies edificadas. No entanto, os valores das medições dos pontos receptores 3 e 4 estão expostos em anexo, com as respectivas distâncias e parâmetros.

Como é possível constatar, através da comparação dos valores medidos e modelados, em termos médios o modelo está a subavaliar o ruído muito ligeiramente. De uma forma geral poder-se-á dizer que o este modelo apresenta valores muito satisfatórios quando comparados com os valores obtidos através da medição.

O comportamento dos pontos receptores medidos e modelados nas zonas de exposição e de sombra constatadas nas 3 formas foi similar, apesar de seus valores serem diferentes. Precisamente pela redução das áreas de sombra da Forma 10, em relação à Forma 4, têm como consequência uma maior exposição ao ruído, que por sua vez apresenta valores superiores ao da Forma 4, mas menores que os da Forma 9.

Foi com base nos valores obtidos para os pontos receptores que se estabeleceu a primeira fase de validação através da comparação dos valores das medições “in situ” com os respectivos valores modelados. Podemos concluir que os três modelos das formas reais modeladas apresentam-se validados.

6.4 Validação das curvas teóricas

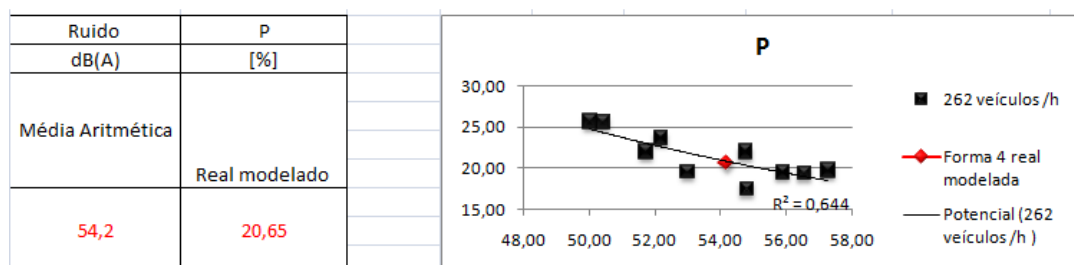
Para a **2ª Validação**, propomos repartir o volume de tráfego modelado de cada uma das vias das formas reais pelo seu número de vias, de modo a obter um número de veículos/hora médio.

De modo a permitir a comparação do comportamento das 3 Formas Reais em relação às restantes 10 Formas Modeladas, procedeu-se ao ajustamento destas últimas, **no que concerne ao fluxo médio de tráfego, velocidades praticadas e pavimento**. Calculou-se para cada uma das 10 formas modeladas os níveis de ruído com os novos volumes de tráfego.

Quanto ao fluxo de tráfego foram feitos os seguintes ajustes:

- Para ser comparável à Forma Real 4 o volume de tráfego de cada uma das duas vias das 10 Formas Modeladas foi de 262veículos/hora
- Para ser comparável à Forma Real 9 o volume de tráfego de cada uma das duas vias das 10 Formas Modeladas foi de 1343 veículos/hora;
- Para ser comparável à Forma Real 10 o volume de tráfego de cada uma das duas vias das 10 Formas Modeladas foi de 167 veículos/hora.

Por fim introduziu-se os pares ordenados (Nível médio de ruído na fachada, indicadores de forma) das Formas Reais 4,9 e 10 nas curvas de tendência das 10 Formas Modeladas de modo a averiguar a similaridade do comportamento das formas teóricas modeladas ajustadas e das suas homónimas retiradas e medidas de contexto real, visíveis nos gráficos da Tabela 63.



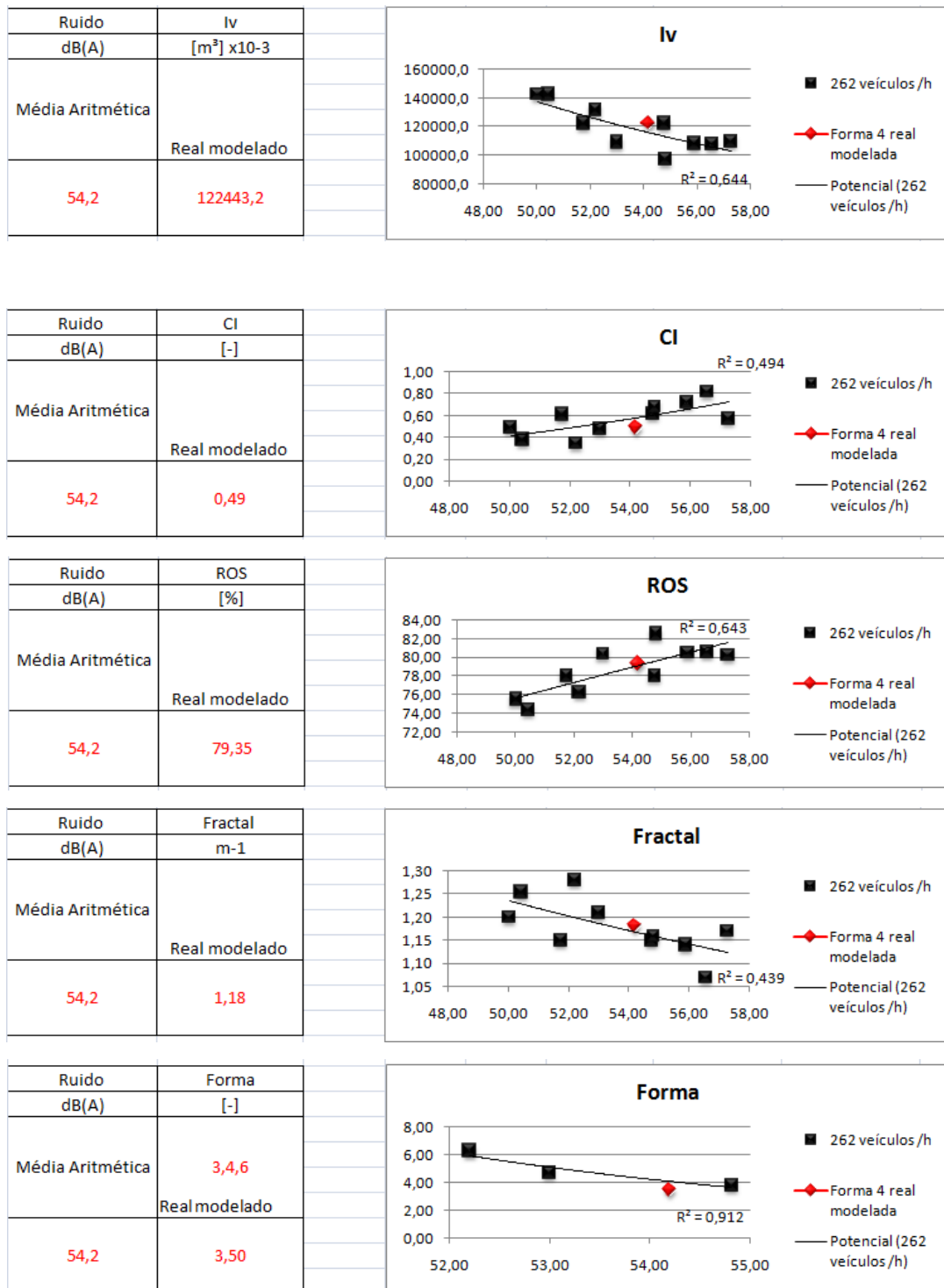
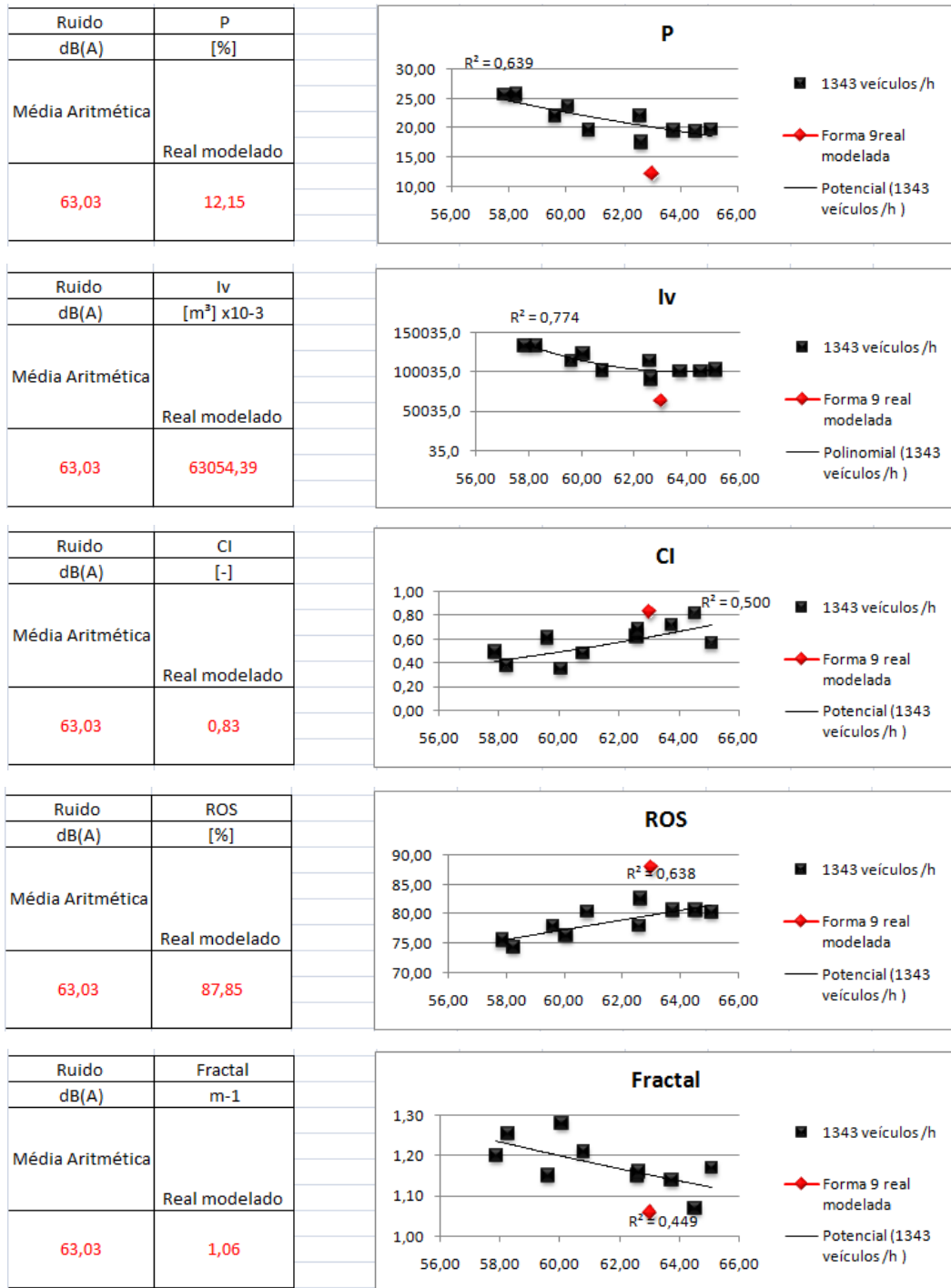


Tabela 63. Tabelas e Gráficos da Forma 4 Real inserida nas Curvas Teóricas de 262 veic/h

Conforme é possível averiguar a Forma Real 4, inclui-se no seguimento das linhas de tendência, em todos os indicadores de forma estudados. O modelo empregue demonstrou a exequibilidade da análise proposta, no entanto como as grandezas das Formas Reais e das Formas Modeladas são divergentes, pode levar a pequenas desconformidades em relação á linha de tendência ideal.

Para a Forma 9, o procedimento é similar e o valor médio é de 1343 veículos/hora, como sendo o nº de veículos/hora estabelecido para cada uma das vias, neste caso para as 2 vias que cada Área de Referência das Formas Modeladas detém, e os resultados são apresentados nas seguintes Gráficos da Tabela 64.



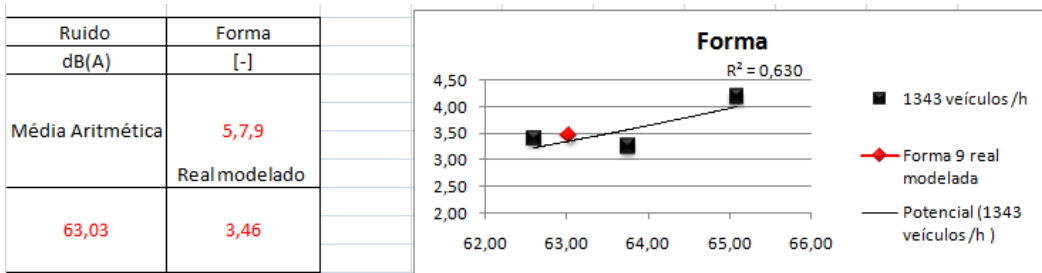
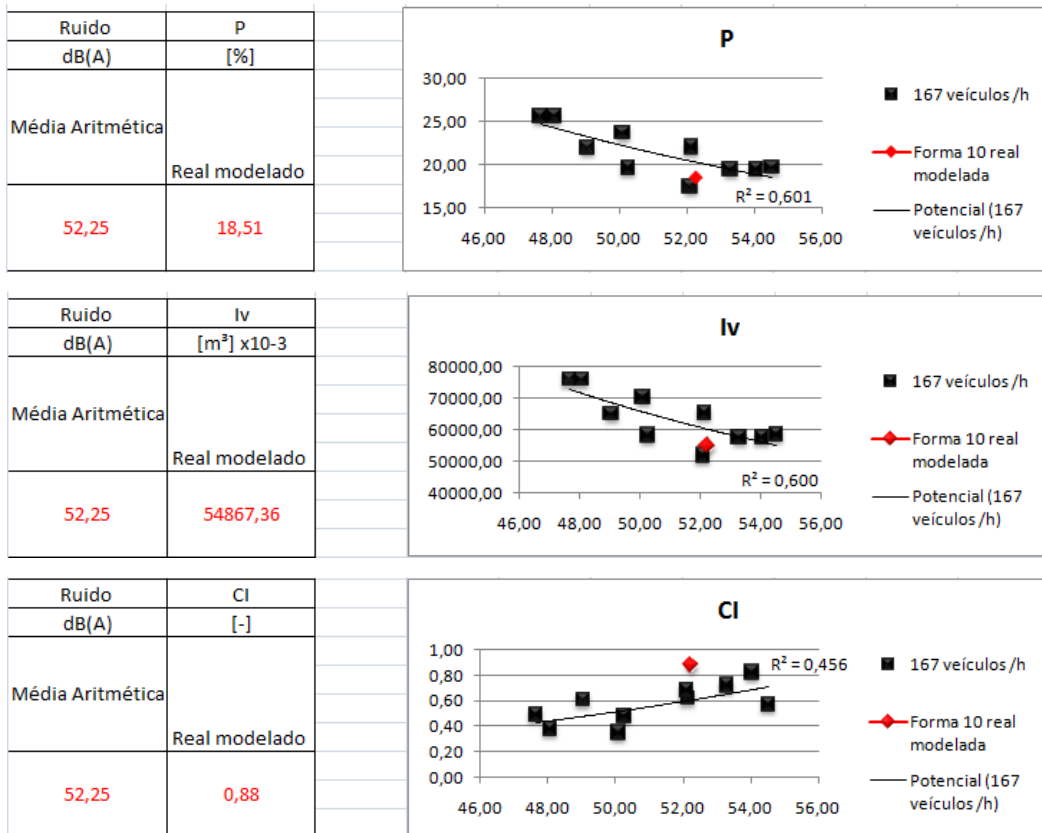


Tabela 64. Tabelas e Gráficos da Forma 9 Real inserida nas Curvas Teóricas de 1343 veic/h

Como é possível verificar a Forma Real 9, insere-se no seguimento das linhas de tendência, a abordagem empregue mostrou a viabilidade da análise proposta, no entanto como as dimensões das Formas Reais e suas homônimas e restantes Formas Modeladas são distintas, acontecem estas pequenas discrepâncias.

Para a Forma 10 o procedimento é similar e apresenta-se na Tabela 65 os respectivos Gráficos e Dados dos diferentes indicadores de Forma.



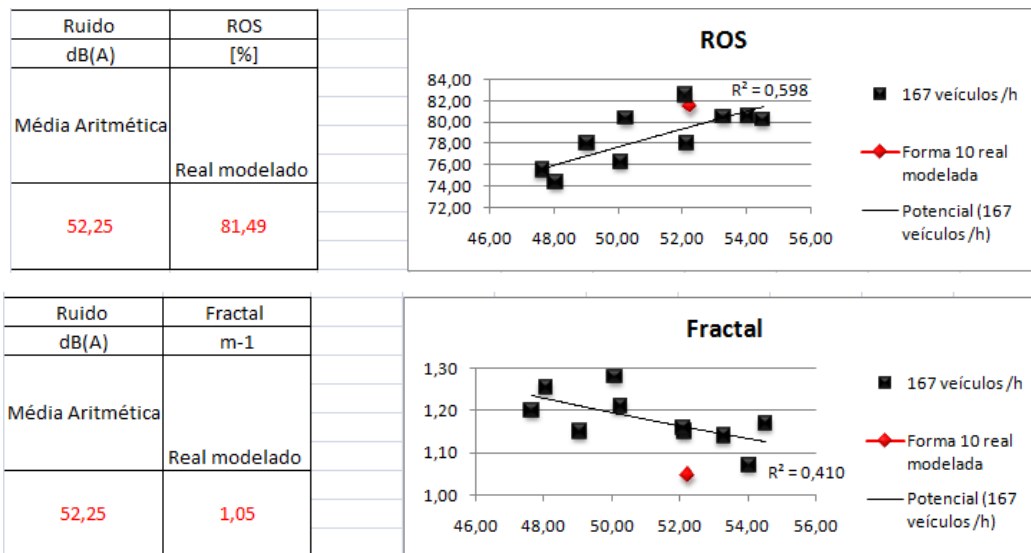


Tabela 65. Tabelas e Gráficos da Forma 10 Real inserida nas Curvas Teóricas de 167 veic/h

Como é possível verificar a Forma 10 Real bem como as anteriores formas, inserem-se praticamente nas linhas de tendência ou no seguimento destas, em cada um dos indicadores de forma.

O comportamento do nível de ruído de cada uma das Formas Reais em relação aos seus modelos teóricos não sofreu grandes discrepâncias, nem na variação dos parâmetros de tráfego automóvel, onde o ajuste do número de veículos/hora foi variando alterou o comportamento do ruído face à forma urbana. Isto é, não somente o volume ou a composição do tráfego automóvel que por si só altera o comportamento do ruído, mas sim também a composição volumétrica que compõe uma unidade de vizinhança.

Por outras palavras, a volumetria das unidades de vizinhança propostas e representadas pelas 10 Formas Tipo, com as suas complexidades e protuberâncias promovem ou não áreas protegias ou zonas sombra que podem por si só fazer aumentar ou diminuir os níveis de exposição de ruído nas suas respectivas fachadas.

Isto quer dizer que a metodologia aplicada possibilitou os resultados prenunciados, isto é validar a similaridade do comportamento das formas teóricas modeladas e das suas homónimas retiradas e medidas de contexto real.

CAPÍTULO 7.

7 ANÁLISES E CONCLUSÕES

Okada *et al* [57] postularam que as reflexões múltiplas nas fachadas de edifícios e do ruído proveniente de uma estrada localizado numa área construída pode causar um aumento médio no nível de ruído de cerca de 8 dB. Guedes *et al* [58] afirmam que, dependendo da forma urbana, a interacção das ondas sonoras podem causar desconforto em algumas zonas e não ter influência noutras.

A abordagem levada a cabo, demonstrou que numa mesma área, a que designamos de Área de Referência, as 10 Formas seleccionadas, com diferentes áreas de implantação, diferentes números de formas ou patches, disposição distinta das formas e o modo como elas se relacionam com a via e entre si, obtiverem curvas de tendência que relacionam os indicadores de forma e os níveis de ruído de uma forma válida.

Assim sendo, foi possível analisar não só o nível total da Área de Referência das 10 Formas Modeladas mas também verificar quais as zonas de fachada mais expostas ao ruído.

Nas figuras seguintes, apresenta-se os mapas verticais de ruído das 10 Formas Modeladas e a Planta das mesmas, de modo a ser possível visualizar as zonas mais críticas acusticamente, as mais expostas e ilustrar as zonas protegidas e menos expostas aos mesmo, a que designamos de zonas sombra.

Cada uma das figuras, inclui uma legenda com classes de ruído, onde é ilustrado o comportamento da propagação do ruído face às diferentes disposições das formas apresentadas.

Forma 1

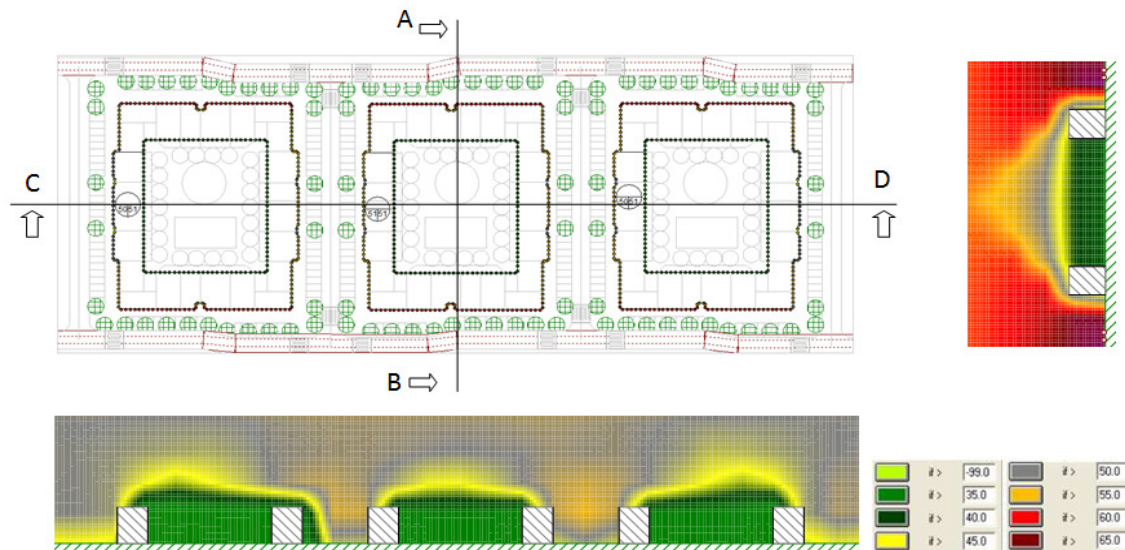


Figura 32. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 1

Como é possível analisar na Figura 32, os mapas verticais de ruído mostram claramente que o interior do quarteirão proporciona uma enorme área protegida ou também designada de zona sombra. Ao contrário das fachadas exteriores do quarteirão, em que a linha de corte AB é reveladora da subida abrupta dos níveis de ruído a que as fachadas estão expostas.

Forma 2

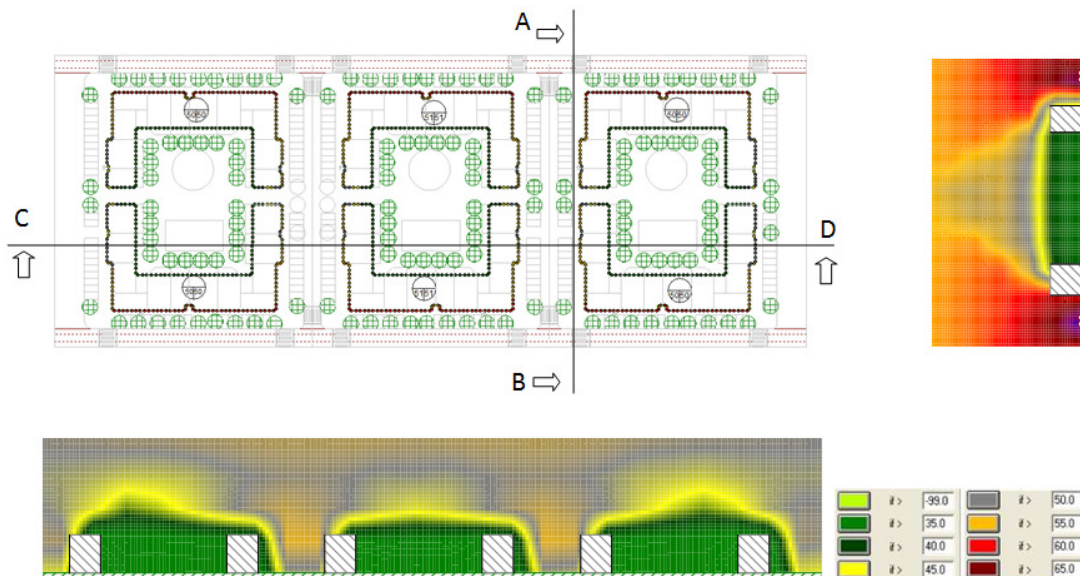


Figura 33. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) Modelada 2

A Forma 2 têm um comportamento muito similar ao anterior, como é possível ver nos mapas verticais da Figura 33. Isso quer dizer que quando as aberturas do quarteirão são perpendiculares à linha das fontes sonoras, o aumento dos níveis de ruído é mínimo.

Ao contrário da forma anterior, a Forma 3 ao abrir o interior do quarteirão para as vias, mesmo que nos topos dos edifícios, implicou um acréscimo do nível de ruído a que as fachadas estão sujeitas e por sua vez a uma diminuição das zonas sombra, como é facilmente visível na Figura 34.

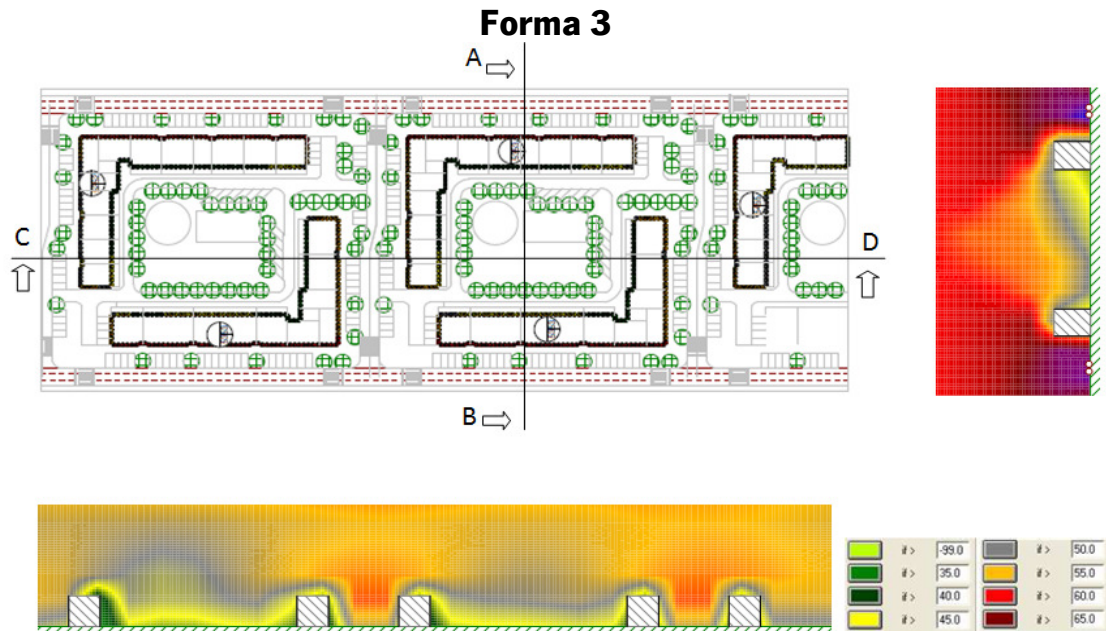


Figura 34. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 3

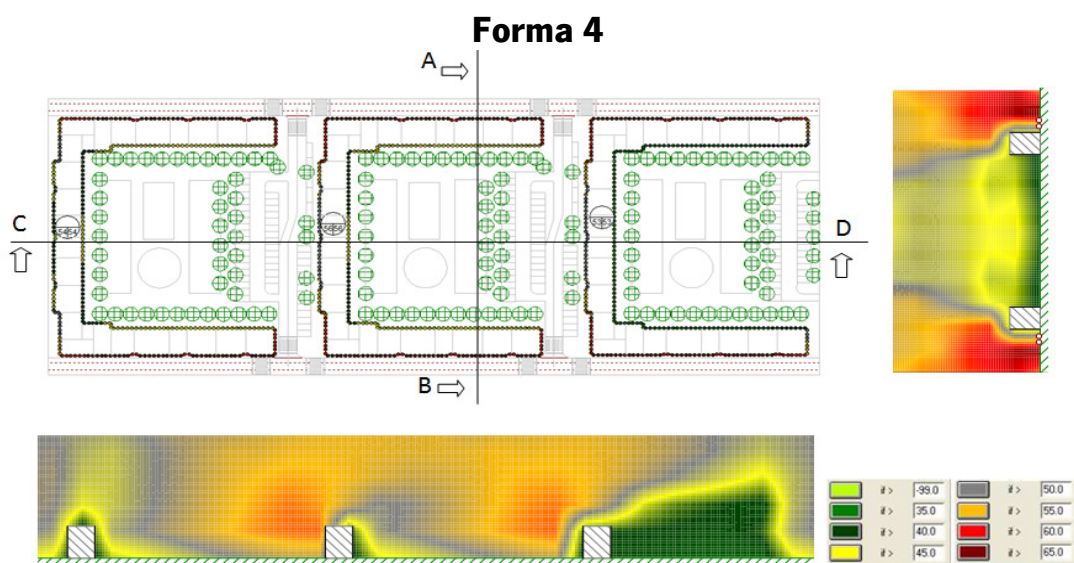


Figura 35. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 4

A Forma 4 vem no mesmo seguimento das anteriores, mas recorrendo só a uma abertura no interior do quarteirão, mesmo que extensa, a abertura como é perpendicular à linha de maior exposição ao ruído, têm mais zonas sombra que a Forma 3, mas menos que a Forma 1 e 2, visível na Figura 35.

Forma 5

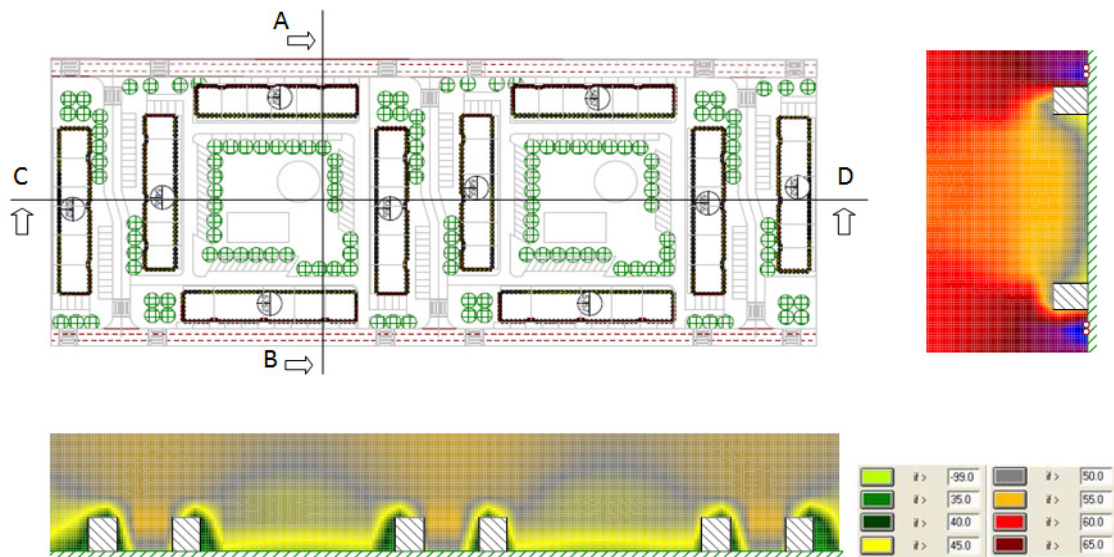


Figura 36. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 5

Forma 6

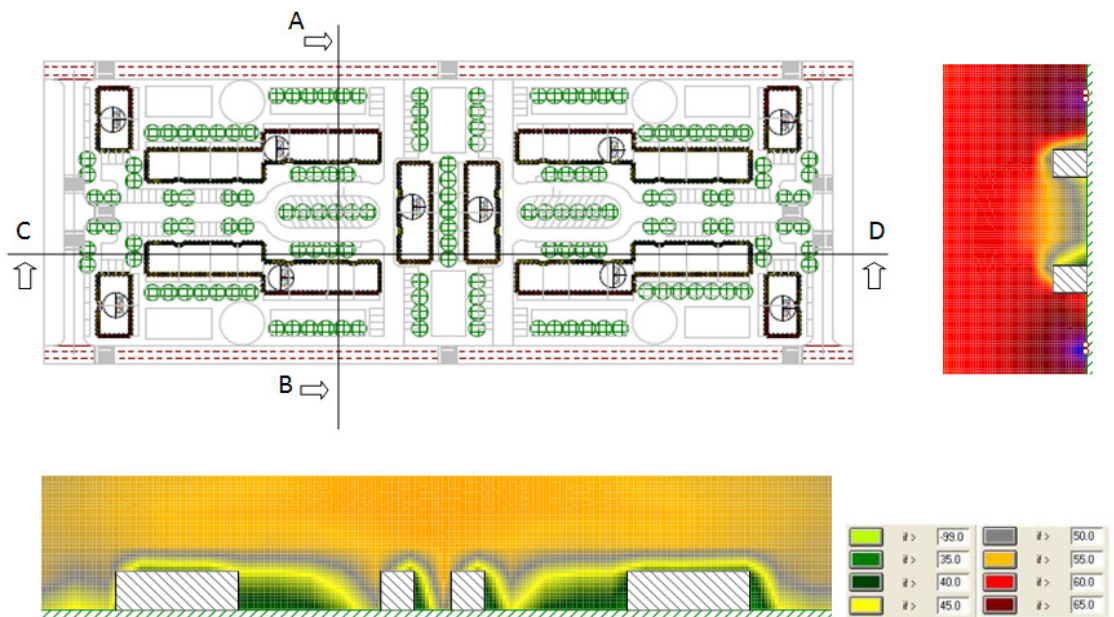


Figura 37. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 6

As Formas 5 e 6 ao contrário das anteriores permitem que em todos os topos haja possibilidade do ruído se propagar, pelo que será de esperar que os níveis de ruído vão aumentar no interior do quarteirão. Mesmo assim, a Forma 6 com o estreitar da área entre os edifícios, resultou em “ganhos” de zonas sombra, ao contrário da Forma 5, que não permite ganhar grandes zonas protegidas, visível nas Figuras 36 e 37.

Forma 7

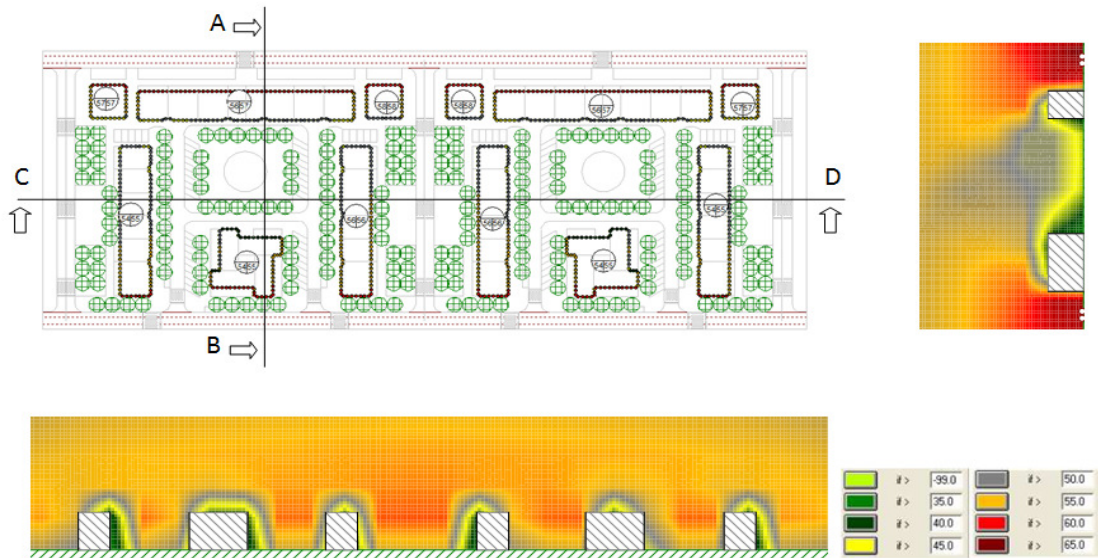


Figura 38. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 7

Forma 8

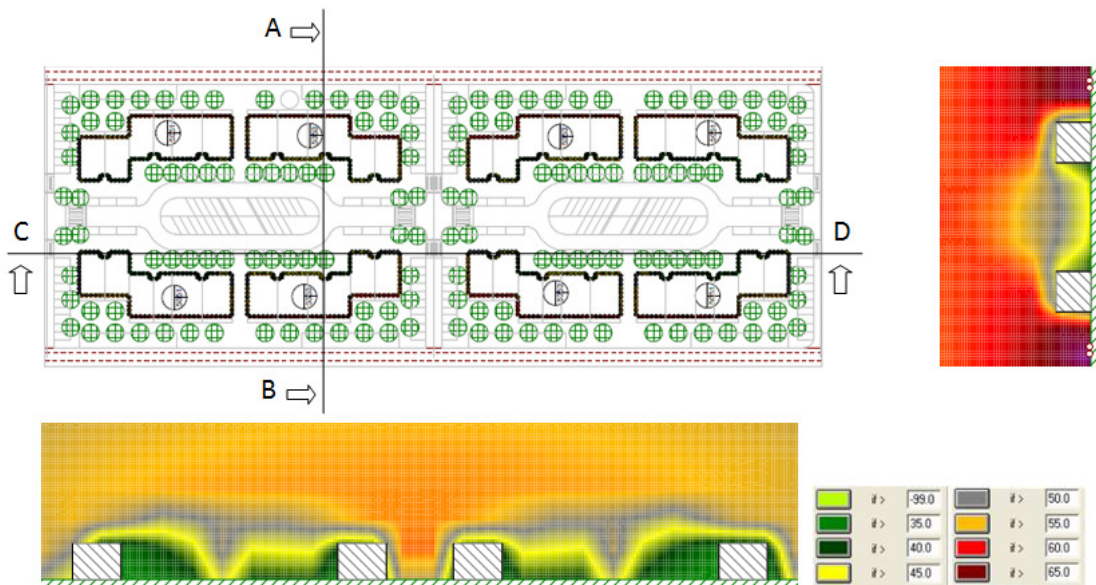


Figura 39. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 8

As Formas 7 e 8 são similares ao par anterior, como é possível observar nas Figuras 36/37 e 38/39 mas menos permeáveis à propagação do ruído no interior dos quarteirões.

Forma 9

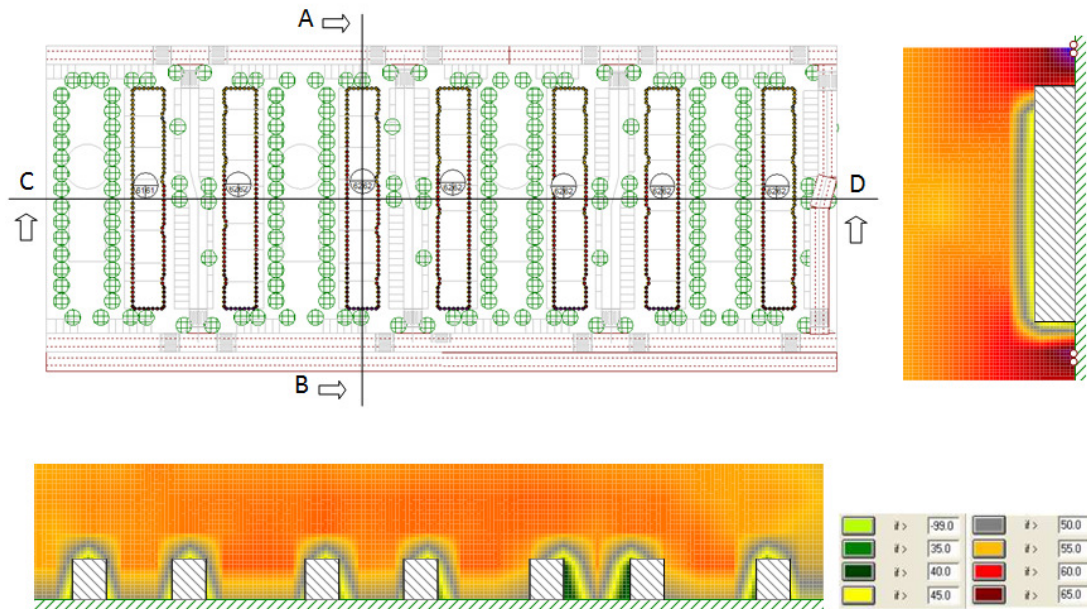


Figura 40. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 9

Forma 10

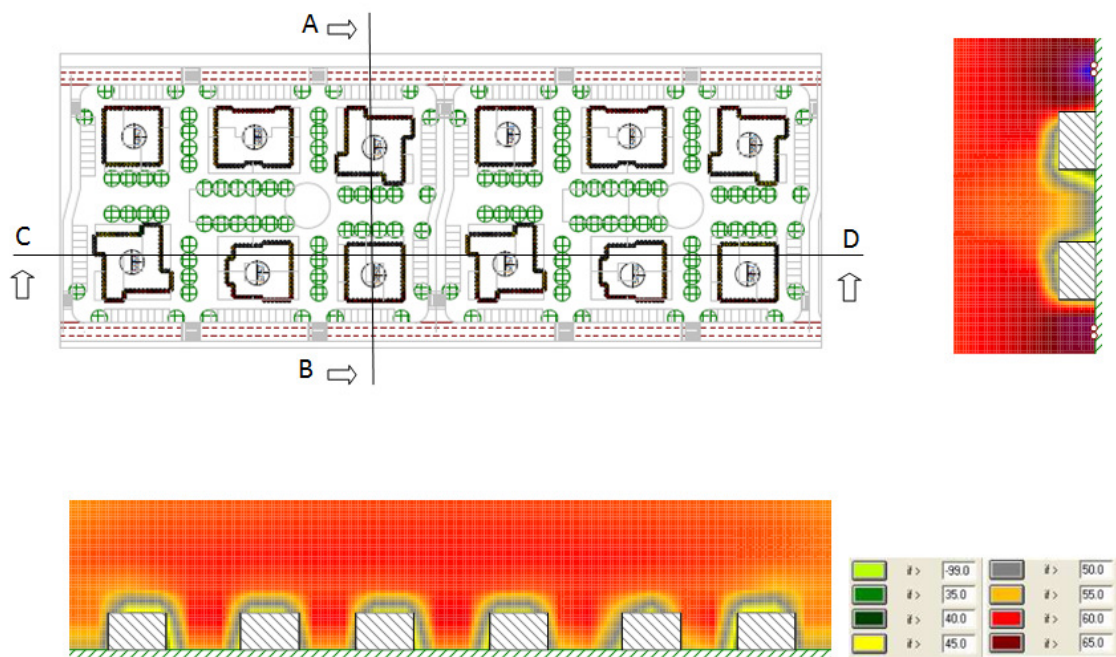


Figura 41. Planta, Mapas verticais de Ruído (AB e CD) da Forma Modelada 10

As Formas 9 e 10 são diferentes de todas as anteriores e por isso mesmo apresentam também resultados diferentes e muitas vezes díspares dos anteriores.

Nas formas anteriores foi sempre possível relacionar permeabilidades/aberturas e interior/exterior de quarteirões e os respectivos efeitos do ruído nas respectivas fachadas. Nas últimas duas formas isso não foi possível, pois não existe uma disposição que permita analisar um interior de quarteirão e isso por si só alterou os níveis de ruído, a que nos propusemos avaliar.

Assim, partindo da análise da Figura 40 da Forma 9 podemos averiguar que a permeabilidade é total, isto é, é possível o ruído propagar-se duma fonte (via) até á outra fonte, sem que haja um obstáculo. Esse tipo de disposição a que designamos de perpendicular á via, é o tipo de implantação que apresenta os maiores níveis de ruído. No entanto, poderá ser preferível este tipo de disposição em relação ao que se estende ao longo da via, pois no que respeita aos níveis de ruído na fachada, essa disposição suscita uma maior área de exposição ao ruído e conseqüentemente um aumento dos níveis de ruído.

Se se optar por uma disposição paralelamente á via, apesar de se obter fachadas com níveis sonoros mais elevados, também se permite que as fachadas opostas estejam orientadas para uma área mais calma, podendo desta forma organizar-se o layout interior da habitação tendo em atenção esta diferença de ruído, tentando-se colocar as áreas comuns nas fachadas mais expostas e as áreas de repouso nas fachadas menos expostas ao ruído. Mas o que se deve sobretudo tentar é criar zonas sombra nas fachadas opostas á via, para minimizar o impacto do ruído nas mais expostas.

Por outro lado, a Forma 10 apresenta uma disposição de patches/formas edificadas diversificadas e diferente das anteriores em termos de implantação, pois esta é a única forma que dispõe de uma implantação a que designamos de pontual, isto é os edificios são distribuídos como pontos equidistantes ou não e onde a propagação é permitida em todas as frentes e onde em nenhuma frente há um desvio ou obstáculo que possa diminuir os níveis de ruído a que as fachadas estão sujeitas, como é possível constatar na Figura 41.

Podemos concluir que as Formas estudadas 1,2,e a 8 são as que apresentam menores níveis de ruído, pois são aquelas que albergam mais zonas protegidas, esse efeito é proporcionado pela existência do interior do quarteirão e como já havíamos visto é onde se concentra as zonas sombra , que por suz vez reduzem os níveis de exposição nas fachadas.

Ao contrário as Formas 9,10 e 7 são as que apresentam os maiores níveis de ruído e onde a propogação do ruído não encontra obstáculos á sua propagação, dificultando assim a criação de zonas protegidas ou sombra.

Uma das formas eficazes de reduzir o ruído,como já havíamos referido é duplicar a distância à fonte sonora, sendo esta capaz de reduzir até 6 dB(A) os níveis de ruído a que uma determinada fachada estará exposta. Mas essa possibilidade, nem sempre é possível de ser implementada, devido aos custos que poderá acarretar com o custo do uso do solo.

Assim, a proposta que a Figura 42 ilustra poderá colmatar essa problemática, sem que se tenha que aumentar para o dobro a distância entre o edifício e a via.

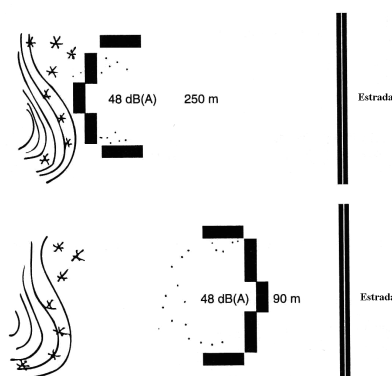


Figura 42. Ilustração do edifício de forma a privilegiar a criação de zonas calmas/zonas sombra (Fonte: Silva [46])

Se na concepção de uma determinada área habitacional , se considerarmos a localização das fontes sonoras, a disposição do edificado e saber como eles interagem entre si, é possível quase por si só projectar espaços urbanos, de forma a diminuir a superfície de fachada exposta ao ruído.

O estudo permitiu a criação de diferentes cenários e antever já na fase de concepção, quais as fachadas com maior exposição ao ruído. Desta forma, é possível minimizar antecipadamente, os efeitos do ruído nas fachadas, recorrendo ao ajuste da disposição e configuração da forma edificada.

Esta conclusão é também apontada por Zlatanovic -Tomasevic [59], onde este chama a atenção para o facto de que durante o processo de concepção, devem ser tidas em consideração as normas do ruído.

Os resultados mostraram como no estudo de Borrego *et al* [12], as características físicas da forma urbana como a densidade construtiva, a existência de áreas livres, a forma e a disposição das edificações, influenciam a propagação sonora de uma determinada zona. Souza *et al* [6], evidenciam igualmente no seu estudo, que os parâmetros urbanísticos são importantes para a determinação de som ambiente urbano e portanto, não pode ser negligenciado.

A relação entre a forma urbana e o ruído urbano deveria ser intrínseca, onde a concepção de um fosse prevista no outro, ou como verificou Ferreira [60] no seu estudo, o ideal seria que as exigências acústicas fossem previstas na execução do projeto e verificadas com o uso de simulações computacionais e/ou cálculos antes da execução da obra.

7.1 Sugestões para futuros trabalhos

Os objectivos futuros seriam apostar na continuação dum estudo de optimização de formas urbanas através de soluções acusticamente sustentáveis e por outro lado, apostar na divulgação e implementação de sistemas urbanos acústicos eficientes.

O estudo incidiria em simulações de causa-efeito da relação forma e ruído urbano, através dum programa computacional digital, tipo SIG, de modo a avaliar as melhores condições acústico - arquitectónicas para as cidades.

De modo a consciencializar os autores do planeamento urbano para os problemas acústicos, privilegiar-se-ia publicações em revistas técnicas de Construção, Engenharia, Arquitectura e em

Portais tecnológicos com preocupações ambientais, por estes serem os meios dos quais se espera poder promover soluções e estimular preocupações inerentes á qualidade de vida urbana.

CAPÍTULO 8.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Pedro, J. B., (1999). *Programa habitacional. Vizinhança Próxima*, Lisboa : Lnec,. Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura, ITA 7. ISBN 972-49-1814-9.
- [2] National Physical Planning Agency, (1991). *Summary of the Fourth Report Extra on Physical Planning*, Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, the Hague, the Netherlands.
- [3] Tang, U. W., Wang , Z. S., (2007). *Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution: Results from a modelling system*, Journal of Environmental Modelling & Software 22, pp. 1750-1764.
- [4] World Health Organization (United Kingdom), (2000). *Noise and health*. London.
- [5] United States Environmental Protection Agency, (2001). *Our Built and Natural Environments: A Technical Review of the Interactions Between Land Use, Transportation and Environmental Quality* (EPA 231-R-01e002). US EPA, Washington DC, US.
- [6] Souza, L. C. L. d., & Giunta, M. B. *Urban indices as environmental noise indicators*. Computers, Environment and Urban Systems (2011), doi:10.101/j.compenvurbsys.2011.06.01
- [7] Decreto-Lei nº 9/2007. Diário da República , I Série-A: Lisboa,. Portugal, n. 263, pp. 389-398, 17 de Janeiro de 2007.
- [8] Cvetkovi, D., Praš Evi, M., (2000). *Rating noise level as environmental noise indicator*, The scientific journal Facta Universitatis, series: Working and Living Environmental Protection, 1, n. 5, pp. 39-50.
- [9] Newton, P.W., (1997). *Re-shaping Cities for a More Sustainable Future*, Australian Academy of Technological Sciences and Engineering, Canberra (also AHURI, Melbourne).
- [10] Marquez, L. O., Smith, N. C., (1999). *A framework for linking urban form and air quality*, Environmental Modelling and Software 14, pp. 541-548.
- [11] De Ridder, K., Adamec, V., Banuelos, A., Bruse, M., Bürger, M., Damsgaard, O., Dufek, J., Hirsch, J., Lefebvre, F., Pérez-Lacorzana, J.M., Thierry, A., Weber, C., (2004). *Short communication: an integrated methodology to assess the benefits of urban green space*, Science of the Total Environment, pp. 334-335 (1), 489, 497.

- [12] Borrego, C., Martins, H., Tchepel, O., Salmim, L., Monteiro, A., Miranda, A.I., (2006). *How urban structure can affect city sustainability from an air quality perspective*, Environmental Modelling and Software 21 (4), pp.461- 467.
- [13] Guedes, I., (2005). *Influência da forma urbana em ambiente sonoro: Um estudo no bairro jardins em Aracaju*, Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.
- [14] Griffiths, I., D., Langdon, F., J., (1968). *Subjective response to road traffic noise*, Journal of Sound and Vibration, 8(1), pp. 16–32.
- [15] Johnson, D., R., Saunders, E., G., (1968). *The evaluation of noise from freely flowing road traffic*, Journal of Sound and Vibration, 7(2), pp. 287–309.
- [16] Bottom, C., Croome, D., (1969). *Road traffic noise – its nuisance value*, Applied Acoustics, 2 (4), pp. 279–96.
- [17] Langdon, F., J., Scholes, W.,E., (1969). *The traffic noise index – a method of controlling noise nuisance*, Building Research Station Current Paper 38.
- [18] Robinson, D. W., (1969). *The concept of noise pollution level*, National Physical Laboratory. Aerodynamics Division Technical Report NPL Aero Report AC 38.
- [19] Scholes, W. E., (1970). *Traffic noise criteria*, Applied Acoustics 3(1), pp. 1–21.
- [20] Steele, C., (2001). *Critical review of some traffic noise prediction models*, Appl Acoust 62 (3), pp. 271–87.
- [21] Björkman, M., (1991). *Community noise annoyance: importance of noise levels and the number of noise events*, Journal of Sound and Vibration 151 (3) (1991), pp. 497–503.
- [22] Lercher P., (1996). *Environmental noise and health: an integrated research perspective*, Environment International 22 (1), pp. 117–128.
- [23] Torija, A., Genaro, N., Ruiz. D., Ramos-Ridao, A., Zamorano, M., Requena, I., (2009). *Priorization of acoustic variables: Environmental decision support for the physical characterization of urban sound environments*, Building and Environment, 45 (2010), pp. 1477–1489.
- [24] Pereira, Luz Valente (1982). *Definição da forma urbana no planeamento físico*, LNEC, (Memórias do LNEC), Lisboa
- [25] Torrens, P. M., Marina, A., (2000). *Measuring Sprawl*. Centre for Advanced Spatial, London.
- [26] Wassmer, R.W., (2000). *Urban Sprawl in a U.S. Metropolitan Area: Ways to Measure and a Comparison of the Sacramento Area to Similar Metropolitan Areas in California and the U.S.*

Project Paper., Disponível em : <http://www.csus.edu/indiv/w/wassmerr/region.pdf>. [consultado em 02/10/2010]

- [27] Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., Freihage, J., (2001). *Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept*, Hous. Pol. Debate 12 (4), pp. 681–717.
- [28] Ewing, R., Pendall, R., Chen, D., (2002). *Measuring Sprawl and its Impact*, Smart Growth America, Washington, DC.
- [29] Tsai, Y. H., (2005). *Quantifying Urban Form: Compactness Versus 'Sprawl'*, Urban Stud. 42 (1), pp. 141–161.
- [30] Longley, P.A., Mesev, V., (2000). *On the measurement and generalization of urban form*, Environ. Plann. A 32, pp. 473–488.
- [31] Fillion, P., Hammond, K., (2003). *Neighborhood land use and performance: the evolution of neighborhood morphology over the 20th century*, Environ. Plann. Plann. Des. 30, pp. 271–296.
- [32] Song, Y., Knaap, G. J., (2004). *Measuring urban form: is Portland winning the war on sprawl?*, J. Am. Plann. Assoc. 70 (2), pp. 210–225.
- [33] Huang, J., Lu, X.X, Sellers, J.M. (2007). *A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing*, Landscape and Urban Planning, 82, pp. 184–197.
- [34] Li, X., Yeh, A. G., (2004). *Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS*, Landsc. Urban Plann. 69, pp. 335–354.
- [35] McGarigal, K., Marks, B.J., (1995). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351.
- [36] Riitters, K. et al. (1995). *A factor analysis of landscape pattern and structure metrics*. Landscape Ecology, v. 10, n. 1, pp. 23-39.
- [37] Herold, M. et al (2003). *The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling*. Remote Sensing of Environment, v. 86, pp.286-302, 2003.
- [38] Bennion, M., O'Neill, W., (1994). *Building transportation analysis zones using Geographic Information Systems*, Transportation Research Record, v. 1429, pp. 49-56.

- [39] Sanches , S. P., (1997). *Definição de zonas de tráfego, a partir de setores censitários usando um SIG*, In: Anpet – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes 1997, 11., Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro, Brasil, v. 1, pp. 103-112.
- [40] BAASS, K. (1981). *Design of zonal systems for aggregate transportation planning models*. Transportation Research Record, v. 807, p. 1-6,
- [41] NOVAES, A. G. (1981). *Modelos em planeamento urbano, regional e de transportes*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.
- [42] Echenique, M., (1968). *Models: a discussion*, Cambridge, UK: University of Cambridge, (Land Use and Built Form Studies, WP 6).
- [43] Batty, M. (1976). *Urban modelling: algorithms, calibrations, predictions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [44] Staten Planverk, (1972). *Bostades graaskap, rad och anvisningar för planering*. Ed _Statens Planverk, 1972. (traduzido por Vítor Campos, sob o título Recomendações e directivas para o planeamento e a concepção de unidades residenciais, em 1980. Versão fotocopiada).
- [45] Coelho, A., (1993). *Análise e avaliação da qualidade arquitectónica residencial. Volume III – Níveis físicos do habitat, tipologias gerais e caracterização sistemática*. Lisboa, Ed. LNEC, 1993b
- [46] Silva, L., (2009). *Sebenta de Apoio à disciplina Gestão Ambiental Urbana*, UM- DEC
- [47] Decreto-Lei nº 9/2007. Diário da República , I Série-A: Lisboa,. Portugal, n. 263, pp. 389-398, 17 de Janeiro de 2007.
- [48] Decreto-Lei nº 292/2000. Diário da República , I Série-A: Lisboa, Portugal, n. 12, pp. 6511-6520, 14 de Novembro de 2000.
- [49] ISO 1996-2. (1987). *Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 2: Acquisition of data pertinent to land use*, ISO/TC 43/SC 1.
- [50] Fernandes, J. C., (2002). *Acústica e Ruídos*, Apóstila, UNESP.
- [51] OECD, (eds.), (1995). *Roadside Noise Abatement*, Organisation for Economic Cooperation and Development Publications: Paris, France.
- [52] Bertellino, F., Licitra, G., (2000). *In Modelli Previsionali per il Rumore da Traffico Stradale*, Proc. of the Atti 2000 Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000, Progetto Trento Ambiente: Trento, Italia, pp. 63-82, 2000.

- [53] Directive 2002/49/EC (2002) of the European Parliament and of the Council of June 2002, Official Journal of the European Communities, p.12-25.
- [54] Norma Portuguesa – 1730 (1996) – *Acústica – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos; Parte 2: Recolha de dados relevantes para o uso do solo; Parte 3: Aplicação aos limites do Ruído;*
- [55] Norma Portuguesa 4361-2 (2001) - *Acústica – Atenuação do som na sua propagação ao ar livre. Parte 2: Método Geral de Cálculo;*
- [56] ISO 8297:1994 – *Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment;*
- [57] Okada, Y., Yoshihisa, K., & Kuno, K. (2010). Simple calculation model for noise propagation in city street canyons based on a diffusion method. *Acoustical Science and Technology (Special Issue on Road Traffic Noise Prediction Methods)*, 31(1), 95–101.
- [58] Guedes, I. C. & Bertoli, S. R. (2005). Urban form: An indication of its influence on sound environment in Jardins-Aracaju (SE). In *Proceedings VIII national and IV Latin–American meeting about comfort in the built environment*, ANTAC, Maceió, Brazil.
- [59] Zlatanovic-Tomasevic, M. A. V. (2002). *Measurement of noise level in the city of Belgrade*. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 3(2), 269–273.
- [60] Ferreira, Andressa Maria Coelho. (2006). *Avaliação do conforto acústico em salas de aula: Estudo de caso na Universidade Federal do Paraná, Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná*. Curitiba

9 ANEXOS

Artigos em Actas de Conferências Internacionais

PLURIS 2010



The Challenges of Planning
in a **Web Wide World**

4.º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO

para o Planeamento Urbano, Regional,
Integrado, Sustentável

Universidade do Algarve
Faro – Portugal

6 a 8 de Outubro de 2010

Livro de Resumos
Book of Abstracts



A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA NA PROPAGAÇÃO DO RUÍDO URBANO

L. T. Silva, M. Oliveira

RESUMO

A forma urbana afecta directamente os habitats naturais, os ecossistemas e as diferentes espécies. Indirectamente a forma urbana, influencia o comportamento do trajecto, que por sua vez, afecta a qualidade do ar, o clima global e naturalmente a propagação do ruído.

O presente trabalho pretende, abordar a problemática do ambiente urbano, enquanto espaço de interacção de formas urbanas e ruído urbano. Essa interacção, pretende ser monitorizada por indicadores urbanos, comparando os efeitos da propagação de ruído, nas formas urbanas tipo. O modelo de previsão de ruído (NMPB96), permitiu desenvolver estudos de ruído em fachadas (Ld, Nível de ruído do período diurno), que resulta em cores associadas a classes de ruído. O estudo poderá permitir com a criação de diferentes cenários antever já em fase de projecto, as fachadas expostas a um nível de ruído mais elevado, podendo minimizar assim antecipadamente, os efeitos do ruído nas fachadas, ajustando a disposição da sua tipologia.

1 INTRODUÇÃO

A influência da forma urbana segundo Luz Valente Pereira (Pereira, 1974), em termos morfológicos, situa-se principalmente ao nível da sua localização, topografia, exposição solar, eólica, qualidade e aptidão do solo e subsolo e por fim, sua composição de paisagem. Estes dados influenciam as grandes distribuições de cheios e vazios das edificações e sua tipologia, bem como o traçado das infra-estruturas, sobretudo a viária.

O objectivo principal do presente trabalho é o estudo da interacção entre fontes sonoras e a forma urbana e a sua influência em determinado ambiente sonoro. Estudar e caracterizar as bases teóricas e conceptuais dos fenómenos, associados à emissão e propagação do ruído, aplicar os modelos computacionais de simulação, dos fenómenos ligados à emissão e propagação do ruído, identificar os vários indicadores quantitativos de forma e dimensão do layout urbano e propor um modelo de avaliação quantitativa de formas urbanas tipo, considerando os diferentes indicadores quantitativos de forma.

2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE TIPOLOGIAS DA FORMA URBANA

A concepção de tipologias urbanas diz respeito ao arranjo, aparência e funcionalidade das cidades e, em particular, à concepção e utilização do espaço público urbano.

2.1 Indicadores Quantitativos da Forma Urbana

Caracterizar a forma urbana com recurso a indicadores é apesar do crescente interesse, uma exploração de reais diferenças, que numa forma rigorosa e exaustiva é ilustrada em estudos incipientes.

Os indicadores que se pretendem estudar têm um cariz dimensional e apesar de baseados em estudos de diferentes autores, são índices urbanísticos e métricas espaciais que se podem extrapolar, para tipologias com especificidades fora dos modelos apresentados.

O espaço métrico é um conceito que generaliza a ideia geométrica de distância. Um conjunto em que há uma métrica ou grelha, cuja base é similar e por sua vez de fácil comparação, como se poderá detectar no estudo seguinte e após apresentarmos os indicadores a empregar.

2.1.1 Índices Urbanísticos

Os índices urbanísticos são multiplicadores que se aplicam a uma área ou superfície de referência ou área de intervenção com possibilidade edificatória.

Índice de Ocupação ou Percentagem de Ocupação de Solo (%P) – É o indicador que relaciona o quociente entre a superfície de implantação e a área do terreno, representado na Figura 1.



Figura 1. Ilustração do índice Percentagem de Ocupação de Solo (%)

O cálculo da Percentagem de Ocupação (%P) é feito através da Equação 1:

$$\%P = \frac{A_{imp}}{A_t} \quad (1)$$

Em que:

A_{imp} : área de implantação, [m²];

A_t : Área total, [m²].

A forma urbana que possuir mais área de implantação, terá o índice (%P) mais alto.

Índice de Utilização Volúmica do Terreno (Iv) – O indicador da Figura 2 representa todo o espaço acima do solo, correspondente a todos os edifícios que existam ou possam ser realizados num edifício, exceptuando os elementos ou saliências com fins

exclusivamente decorativos, ou estritamente destinados a instalações técnicas e chaminés, mas incluindo o volume da cobertura, expresso em metros cúbicos (m³).



Figura 2. Ilustração da variação do (IV) em relação ao n° de pisos

Para calcular Índice de Volume de Construção (Iv) recorreremos à Equação 2:

(2)

Em que:

P : área de implantação, [m²];

N : número de pisos, [-];

H : pé direito, [m].

Assim a forma urbana que possuir mais pisos, terá um valor de Iv mais alto.

2.1.2 Métricas Espaciais

As métricas espaciais enunciadas de seguida, são empregues através da utilização de índices quantitativos representativos, das características físicas das formas urbanas tipo e objecto de estudo (Huang *et al.*, 2006).

No presente estudo serão utilizados os seguintes índices quantitativos urbanos: Índice de Compacidade e Índice de Porosidade ou Permeabilidade.

Índice de Compacidade (CI) - Este indicador mede não só a forma da mancha urbana (patch urbano), mas também considera a fragmentação da paisagem urbana global (Li *et al.*, 2004). A Figura 3 ilustra a relação da regularidade da forma urbana e a fragmentação e sua influência no CI.



Figura 3. Ilustração da variação da regularidade das formas que influenciam o índice (CI)

O Índice de Compacidade (CI) é calculado através da seguinte equação:

$$CI = \frac{P}{\sum P_i} \cdot \frac{\sum P_i}{\sum P_i} \quad (3)$$

Em que :

s_i : área do patch, [m²];

p_i : perímetro do patch, [m];

P_i : perímetro do círculo da área s_i [m];

N : número total de patches, [-].

Uma área urbana apresenta valores mais elevados de CI para formas urbanas mais regulares e mais compactas, isto é, menos fragmentadas.

Índice de Porosidade (ROS) – É o indicador de permeabilidade que mede a proporção de espaço aberto, em comparação com o total da área urbana. A Figura 4 ilustra a relação da área de espaços abertos e total de área ocupada e sua influência no ROS.



Figura 4. Ilustração da variação do espaço aberto com a total que caracteriza o índice (ROS)

O Índice de Porosidade ou de Permeabilidade é calculado através da Equação 4 apresentada a baixo:

$$ROS = \frac{s'}{s} \times 100 \% \quad (4)$$

Em que:

s' : somatório da área de todos os “buracos” dentro da área urbana estudada, [m²];

s : somatório da área de todos os patches, [m²].

Uma área urbana apresenta valores mais elevados de ROS para formas urbanas com espaços abertos mais elevados. Este indicador é também denominado como o rácio de espaços abertos.

2.3 Modelo Teórico de Vizinhaça Próxima

As expressões matemáticas referenciadas anteriormente vão ser aplicadas às tipologias de formas urbanas, seguidamente apresentadas segundo um modelo teórico, o “Modelo de Vizinhaça Próxima de João Branco Pedro (Pedro, 2001).

Uma vizinhaça próxima, constitui uma unidade residencial, organizada funcionalmente e espacialmente em torno de um espaço exterior, onde se tendem a estabelecer relações de vizinhaça entre moradores. A amostra, que fundamentou a presente classificação tipológica, foi elaborada por João Branco Pedro (Pedro, 2001) onde as tipologias de vizinhaça próxima foram definidas, segundo as duas perspectivas de classificação seguintes:

- ❖ A Perspectiva programática, que se define como sendo conjuntos de vizinhaças próximas, com programas funcionais idênticos (por exemplo através do número de fogos, do número de habitantes ou do índice de ocupação semelhantes);
- ❖ A Perspectiva morfológica, que se entende como um conjunto de vizinhaças próximas, com características formais idênticas (por exemplo através da forma de

implantação do conjunto de edifícios, da forma de implantação dos edifícios relativamente às ruas, da forma de acesso viário local, do número de pisos acima do nível de entrada principal dos edifícios da vizinhança próxima ou do número de habitações dos edifícios da vizinhança próxima).

2.3.1 Exigências de Projecto Aplicáveis aos Espaços da Vizinhança Próxima

Nesta fase, apresentam-se os parâmetros aplicáveis na concepção de cada um dos espaços que compõem a vizinhança próxima. Isto é, os espaços de circulação, os espaços edificados e os espaços não urbanizáveis, que se apresentam de seguida.

O sistema viário, contempla a hierarquia viária mínima, a largura mínima da via, as componentes mínimas impermeáveis da infra-estrutura. Os lotes habitacionais contemplam a altura máxima dos edifícios e a distância mínima entre fachadas. Os espaços verdes, por sua vez, contemplam a área mínima dos mesmos.

Assim sendo, e partindo da articulação dos espaços referidos, viário, habitacional e verde, optou-se pelos seguintes tipos de implantação linear, apresentadas na Figura 5.

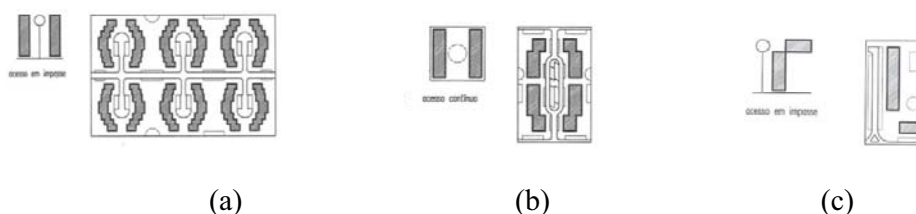


Figura 5. Ilustração de edifícios unifamiliares com 2 pisos (a), multifamiliares com 4 pisos (b), multifamiliares com 8 pisos (c)

Os modelos seleccionados, pretendem diversificar a amostra, de modo a tentar elencar diferentes efeitos da propagação do ruído, sobre a composição dos mesmos. Nesse sentido, a amostra proposta visa um modelo com concavidades, um outro com convexidades e um linear com ausência de saliências. Deste modo, espera-se obter resultados comparativos, permitindo assim extrair algumas conclusões, de como a forma urbana poderá influenciar, a propagação do ruído urbano.

3 DEFINIÇÃO DO RUÍDO URBANO

Entende-se por ruído, um som desagradável ou incomodativo para o ser humano. O conceito de ruído é definido, como a variação da pressão atmosférica, dentro dos limites de amplitude e banda de frequências, aos quais o ouvido humano responde. Como o ouvido humano, é mais sensível a certas frequências do que a outras, o nível de distúrbio é dependente do conteúdo espectral do ruído. A percepção do ruído depende das pessoas, dos momentos e dos locais. É por isso que é difícil determinar objectivamente a incomodidade.

Assim, a definição de ruído ambiental é expresso por um logaritmo da relação, entre os quadrados da pressão sonora medida e a pressão de referência. Denomina-se nível de pressão sonora L_p e é expresso em Bel (B) ou multiplicando-se por 10 é expresso em decibel (dB).

O ruído ambiente proveniente do meio urbano, qualquer que seja o local, não é estacionário, apresenta variações no tempo, que se revelam no sinal produzido, através de quebras e picos. Quando se pretende, por exemplo, caracterizar o ruído produzido pelo tráfego rodoviário, dado o seu ruído ser flutuante, uma simples medição pontual do seu valor não é suficiente. Será necessário recorrer ao cálculo duma média, obtida após um tempo de medição representativo, bem como a indicadores que possam revelar os picos máximos e mínimos, ocorridos durante o período de tempo de medição, como se pretende fazer nas tipologias apresentadas.

3.1 Indicadores de Ruído

Na avaliação do ruído ambiente são em geral utilizados determinados indicadores de ruído, que caracterizam o ambiente acústico exterior. São eles os indicadores médios, normalmente representado pelo nível sonoro contínuo equivalente (L_{eq}), os indicadores máximo, pelo nível de pressão sonora máxima (L_{max}) e os indicadores mínimos representados, pelo nível de pressão sonora mínimo (L_{min}). Os indicadores estatísticos ou de níveis percentis são representados, por exemplo, pelo (L_{10}), que é o nível de pressão sonora que foi excedido durante 10% do tempo de medição, pelo (L_{50}) que é o nível de pressão sonora que foi excedido durante 50% do tempo de medição ou pelo (L_{95}) que é o nível de pressão sonora, que foi excedido durante 95% do tempo de medição. Estes indicadores de ruído ambiente estão ilustrados na Figura 6.

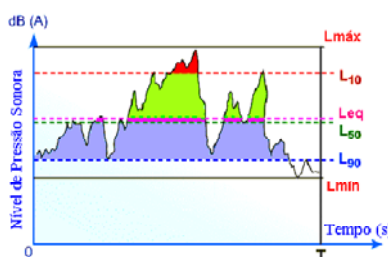


Figura 6 – Ilustração da variação do nível de ruído ao longo do tempo (T) e respectivos indicadores de ruído ambiente

Incluídos nos indicadores de ruído podem-se ainda definir, os níveis sonoros contínuos equivalentes por períodos do dia, segundo o RGR (Regulamento Geral do Ruído, aprovado pelo Decreto-lei n.º 9/2007 de 17 de Janeiro) o período diurno é compreendido entre as 7.00h e as 20.00h, o período entardecer é compreendido entre as 20.00 e 23.00 horas e o período nocturno compreendido entre as 23.00h e as 7.00h. Este regulamento define os indicadores de ruído ambiente, de longo termo que são o L_{dia} (indicador de ruído diurno), $L_{entardecer}$ (indicador de fim-de-tarde, período intermédio) e o L_{noite} (indicador nocturno). Os L_{dia} , $L_{entardecer}$ e L_{noite} devem constituir níveis de ruído de longo período nos termos da norma ISO 1996-2:1987. Estes indicadores são determinados para o conjunto dos períodos diurnos, intermédios e nocturnos de um ano. A norma ISO 1996-2:1987 define o nível de ruído médio de longo prazo, como um nível de pressão acústica contínuo equivalente ponderado A, que pode ser determinado por cálculo, tendo simultaneamente em conta as variações da actividade da fonte e das condições meteorológicas que interferem na propagação.

O indicador de ruído usado neste trabalho é o (L_{eq}) para o período diurno.

3.2 Os Factores Mais Importantes que Influenciam a Propagação do Som

O ruído é emitido por uma fonte sonora ou um conjunto de fontes e propaga-se, a partir da fonte, sobre a forma de ondas mecânicas concêntricas e de forma aproximadamente esférica. Dependendo do tipo de fonte, estas ondas poderão obter uma forma esférica, cilíndrica ou planar.

O ruído vai diminuindo com o aumento da distância entre a fonte emissora e o receptor. Essa redução depende de vários factores, como sendo o tipo de fonte, as características de absorção do solo envolvente, a existência de barreiras ou obstáculos. Para além do já referido, as condições atmosféricas também têm forte influência na propagação do ruído, sendo o vento e a temperatura os factores com maior preponderância.

3.4 Método de Previsão do Ruído

O método de previsão do ruído deve fornecer resultados seguros, que representem a situação real existente dos níveis de ruído, sob quaisquer condições de emissão e propagação (OECD, 1995). A concretização deste objectivo, depende da avaliação das emissões de ruído devido ao fluxo de tráfego e da avaliação da atenuação do ruído, entre a fonte e o ponto receptor.

Existem disponíveis no mercado numerosos modelos previsionais de ruído, que constituem um importante instrumento de trabalho, na modelação da situação acústica, como referido por Bertellino e Licitra (2000). O método utilizado, designado por Novo Método de Previsão do Ruído do Tráfego (NMPB 96) foi desenvolvido em França em 1996. Este é o método recomendado pela Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. No cálculo da propagação da potência acústica que chega a determinado receptor são considerados vários factores de atenuação: a atenuação devida à divergência geométrica; a atenuação devida à absorção pelo ar; a atenuação devida à difracção; os efeitos devidos ao solo; e a absorção das superfícies verticais (Silva *et al.*, 2005).

4 A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA NA PROPAGAÇÃO DO RUÍDO URBANO

A conjugação das tipologias e dos indicadores, anteriormente apresentados serviram de base, para o desenvolvimento de 9 cenários diferentes, como suporte equiparável da análise a que nos propomos estudar.

Assim sendo, as formas urbanas apresentadas (Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3) assentam numa retícula, de 210mx140m, perfazendo uma área total bruta de 29 400 m² e um perímetro de 700 m.

Cada um dos cenários desenvolvidos é servido por duas vias distribuidoras locais e por vias de acesso local. Para o presente cálculo foi unicamente incluída na avaliação, as vias distribuidoras locais. As vias consideradas, em cada um dos cenários desenvolvidos, possuem as seguintes características:

- pavimento asfáltico, sem inclinação;
- fluxo do tráfego rodoviário fluido (300 total de veículos/h com 5% pesados);
- velocidade de circulação de 50 km/h.

Para a avaliação dos níveis de ruído nas fachadas, desenvolveu-se uma grelha quadrangular de cálculo, ao longo de todas as fachadas, de 1,5 m x 1,5 m e um afastamento da fachada de 0,5 m. O número de pisos do edificado é variável (2, 4 e 8 pisos) com pé direito de 3m, Rés-do-chão inclusive.

5 RESULTADOS

As conjugações dos diferentes parâmetros anteriormente referidos reflectem-se nas ilustrações seguintes:

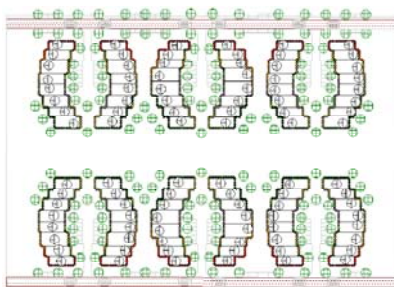


Figura 7. Ilustração da Planta da Forma Tipo 1

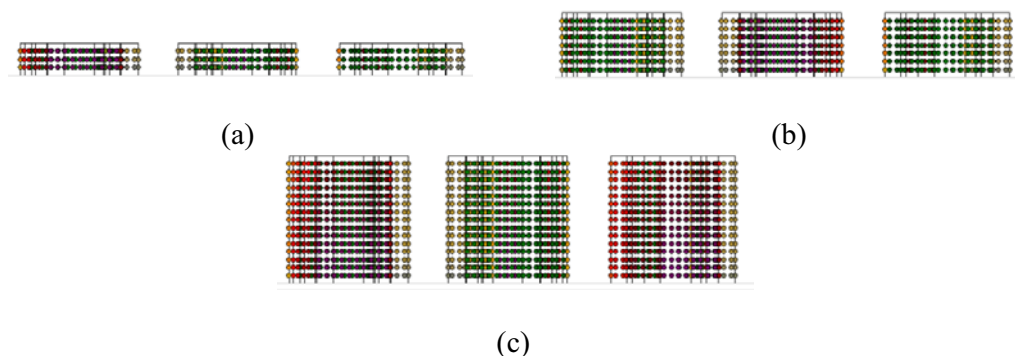


Figura 8. Localização dos nós de avaliação nos edifícios com Forma Tipo 1, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

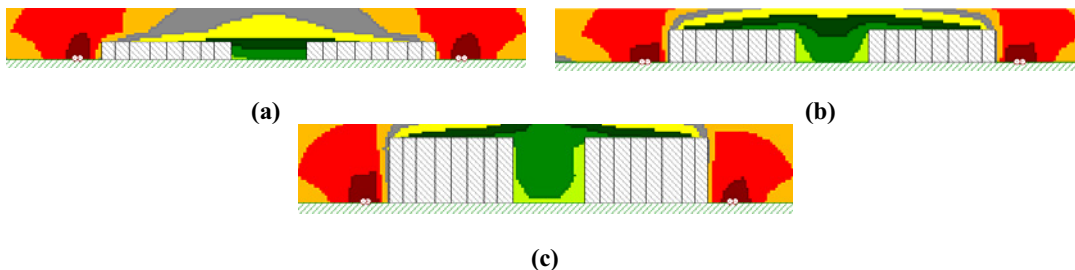


Figura 9. Mapa vertical de ruído da Forma Tipo 1, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

A relação da variação do número de pisos, com os efeitos da propagação do ruído, nas diferentes fachadas é ilustrada nas Figuras 7, 8 e 9 e foi quantificada, sendo o seu resultado resumido na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores relacionais de Forma e Ruído para edifícios Tipo 1

Área Impl. [m ²]	Nº Pisos	p [%]	I _v [m ³] x 10 ⁻³	CI [-]	ROS [%]	Leq(A) [dBA]		
						Min	Media	Máx.
29400	2	27,1	47,8	0,05	73	37,0	49,1	54,6
29400	4	27,1	95,6	0,05	73	36,6	49,4	54,7
29400	8	27,1	191,3	0,05	73	36,4	49,6	55,1

Como se pode observar na Tabela 1, verifica-se uma ligeira diminuição do Leq, com o aumento do número de pisos, no caso dos valores máximos e médios. No caso dos valores mínimos de Leq, essa tendência é inversa. A Figura 9 ilustra a forma das ondas sonoras, provenientes da fonte e como esta influencia as fachadas mais expostas. À medida que o número de pisos aumenta a extensão da fachada mais exposta também aumenta, fazendo aumentar o Leq médio e máximo. Por outro lado, com o aumento da cércea, a dimensão da área protegida aumenta, fazendo diminuir o Leq mínimo.

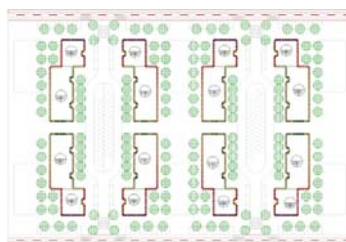


Figura 10. Ilustração da Forma Tipo 2

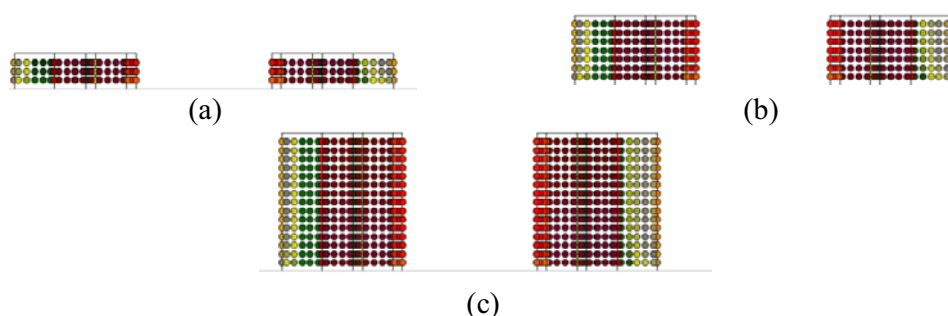


Figura 11. Localização dos nós de avaliação nos edifícios com Forma Tipo 2, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

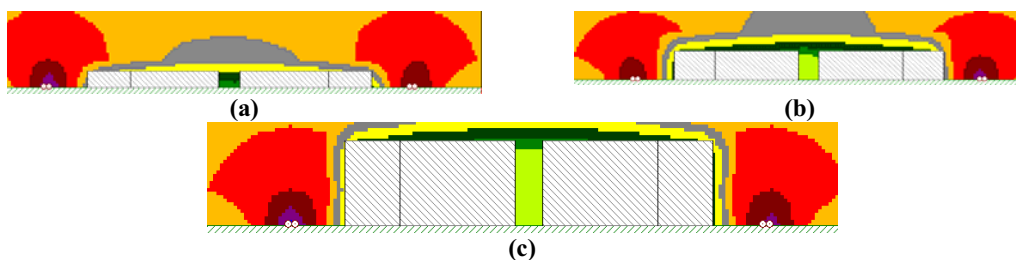


Figura 12. Mapa vertical de ruído da Forma Tipo 2, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

A relação da variação da cércea, com os indicadores de ruído e de forma urbana medidos, resumem-se na Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores Relacionais de Forma e Ruído

Área Impl. [m ²]	Nº Pisos	p [%]	I _v [m ³] x 10 ⁻³	CI [-]	ROS [%]	Leq(A)		
						Min	Media	Máx.
29400	2	18,5%	32,6	0,11	82%	34,7	50,6	59,0
29400	4	18,5%	65,2	0,11	82%	34,0	51,1	59,1
29400	8	18,5%	130,4	0,11	82%	33,5	51,1	59,1

Tal como no caso anterior, verifica-se uma ligeira diminuição do Leq com o aumento do número de pisos, no caso dos valores máximos e médios. No caso dos valores mínimos de Leq, essa tendência é inversa. A Figura 12 ilustra a forma das ondas sonoras provenientes da fonte e como esta influencia as fachadas mais expostas. A análise a efectuar dos resultados obtidos estão na mesma linha da análise acima efectuada, para a Forma Tipo 2.

Os estudos das formas anteriores contemplavam concavidades e convexidades na sua composição formal, a Forma Tipo 3 que se apresenta a seguir e ilustrada na Figura 13, é uma composição pura, desprovida de recantos que possam criar alterações adicionais, na propagação das ondas de ruído.

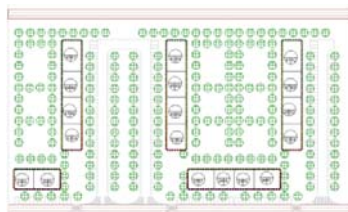


Figura 13. Ilustração da Planta da Forma Tipo 2

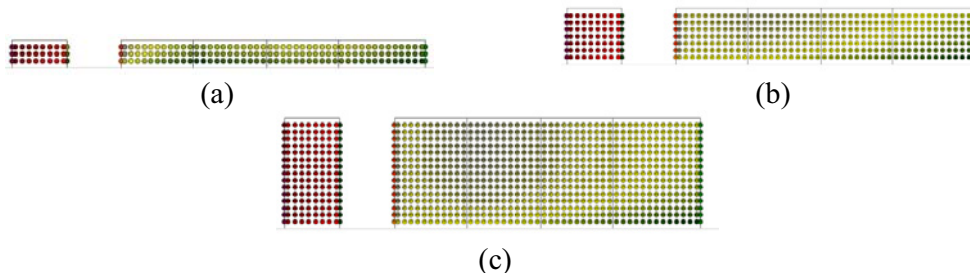


Figura 14. Localização dos nós de avaliação nos edifícios com Forma Tipo 3, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

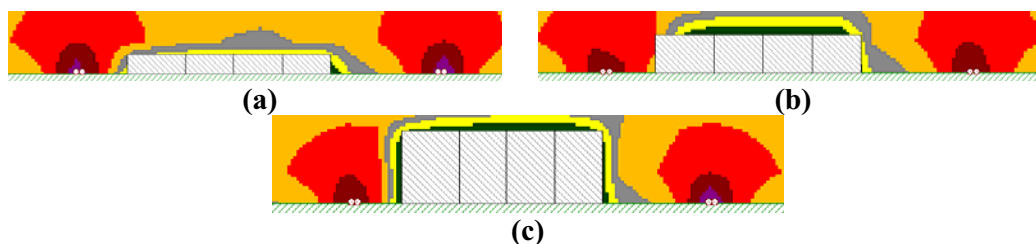


Figura 15. Mapa vertical de ruído da Forma Tipo 3, com 2 pisos (a), 4 pisos (b) e 8 pisos (c)

A relação da variação da cércea com os indicadores de ruído e forma medidos resumem-se na Tabela 3.

Tabela 3. Indicadores Relacionais de Forma e Ruído

Área Impl. [m ²]	Nº Pisos	p [%]	I _v [m ³] x10 ⁻³	CI [-]	ROS [%]	Leq(A)		
						Min	Media	Máx.
29400	2	11,5%	20,2	0,31	89%	46,6	53,3	58,2
29400	4	11,5%	40,6	0,31	89%	46,6	54,0	59,1
29400	8	11,5%	81,2	0,31	89%	46,6	54,1	59,1

A relação entre o nível de ruído obtido nas fachadas e o número de pisos na Forma Tipo 3 é similar á obtida nas Formas Tipo 1 e 2. Os valores médios do Leq aumentam á medida que o número de pisos também aumenta. Tendência inversa para o caso dos valores máximos do Leq.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objectivo abordar a influência da forma urbana na propagação do ruído ambiente urbano. Essa interacção foi avaliada através do cálculo de indicadores urbanos, que medem a forma urbana e os níveis de ruído na fachada. Foram adoptados nove cenários com três formas tipo e com várias cérceas (2, 4 e 8 pisos).

Os indicadores de forma urbana e de ruído determinados para os nove cenários desenvolvidos, resumem-se na Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores Relacionais de Forma e Ruído

Área Impl. [m ²]	Nº Pisos	p [%]	I _v [m ³] x10 ⁻³	CI [-]	ROS [%]	Leq(A) [dBA]		
						Min	Media	Máx.
Forma Tipo 1	2	27,1	47,8	0,05	73	37,0	49,1	54,6
	4	27,1	95,6	0,05	73	36,6	49,4	54,7
	8	27,1	191,3	0,05	73	36,4	49,6	55,1
Forma Tipo 2	2	18,5	32,6	0,11	82	34,7	50,6	59,0
	4	18,5	65,2	0,11	82	34,0	51,1	59,1
	8	18,5	130,4	0,11	82	33,5	51,1	59,1
Forma Tipo 3	2	11,5	20,2	0,31	89	46,6	53,3	58,2
	4	11,5	40,6	0,31	89	46,6	54,0	59,1
	8	11,5	81,2	0,31	89	46,5	54,1	59,1

Como se pode observar na Tabela 4, nas três formas tipo, verifica-se uma ligeira diminuição do Leq com o aumento do número de pisos (consequentemente com o Índice Volumétrico I_v), no caso dos valores máximos e médios. No caso dos valores mínimos de Leq, essa tendência é inversa. Como ilustrado nas Figuras 9, 12 e 15, a forma das ondas sonoras provenientes da fonte, sendo cilíndrica, influenciam de diferente forma as fachadas mais expostas. À medida que o número de pisos aumenta, a extensão da fachada mais exposta também aumenta, fazendo aumentar o Leq médio e máximo. Por outro lado, com o aumento da cércea, a dimensão da área protegida aumenta fazendo diminuir o Leq mínimo.

Com o aumento do Índice de Porosidade ou Permeabilidade (ROS), os valores médios de Leq também aumentam, isto explica-se pelo facto de quanto maior é a permeabilidade da forma urbana, mais facilmente as ondas sonoras conseguem atingir os edifícios, no seu interior.

Com o aumento do Índice de Compacidade (CI), os valores médios de Leq também aumentam, isto explica-se pelo facto de quanto maior a regularidade das formas urbanas, menor é a possibilidade de se formarem zonas de sombra, isto é zonas mais protegidas.

Relativamente ao Índice de Ocupação (p), a sua diminuição gera fachadas com níveis de ruído mais elevados. Quanto mais “ocupado” estiver o solo mais obstáculos existem e por conseguinte maior a possibilidade de se formarem zonas protegidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bertellino, F. e G. Licitra (2000) I Modelli Previsionali per il Rumore da Traffico Stradale. Atti **Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000**, Progetto Trento Ambiente, Trento, Italia, p. 63-82.

Decreto-Lei nº 9/2007. **Diário da república**, I Serie-A, Lisboa, Portugal, n.12.

Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de Junho de 2002, **Official Journal of the European Communities**, p.12-25, 2000.

Huanga J., Lu X.X, Sellers J.M. (2007) A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing, **Landscape and Urban Planning**, 82 (2007) 184–197.

ISO 1996-2. (1987) Acoustics - Description and measurement of environmental noise - **Part 2: Acquisition of data pertinent to land use**, ISO/TC 43/SC 1.

Li, X., Yeh, A.G., (2004) Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, **Landscape Urban Planning**, 69, 335– 354.

NP-1730 (1996) Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente.

OECD (1995) Organisation for Economic Co-operation and Development Publications (eds), **Roadside Noise Abatement**, Paris, France, 1995.

Pedro, J. B. (2001) Programa habitacional. Vizinhança Próxima. LNEC (eds.), **Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura**, Lisboa.

Pereira, L.V. (1974) O uso do espaço na Habitação, LNEC (eds.), **Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura**, Lisboa.

Silva, L.T. e Mendes, J.F.G. (2005) Monitorização do ruído ambiente na zona de intervenção Polis da cidade de Viana do Castelo. **Pluris2005**, S.Carlos, Brasil.

Editors: Nikos Mastorakis, Valeri Mladenov,
Metin Demiralp, Zoran Bojkovic

Advances in Biology, Bioengineering and Environment



- ❧ 6th WSEAS International Conference on Cellular and Molecular Biology, Biophysics and Bioengineering (BIO '10)
- ❧ 8th WSEAS International Conference on Environment, Ecosystems and Development (EED '10)
- ❧ International Conference on Bioscience and Bioinformatics (ICBB '10)

Vouliagmeni, Athens, Greece, December 29-31, 2010

ISSN: 1792-7412

ISSN: 1792-7374

ISSN: 1792-7439

ISBN: 978-960-474-261-5



How urban noise can be influenced by the urban form

Marta F. Oliveira, Lígia T. Silva

Abstract: _ The noise propagation is influenced by the behavior of the sound trajectory. The temperatures, the wind, the type of soil are other elements that influence the noise propagation. But the mainly causer of trajectory alterations are the barriers or the urban obstacles.

Therefore the study will allow monitoring the interaction of noise propagation effects in the studied urban forms.

Using urban indicators and a noise prediction model is possible to associated noise categories to urban façades forms.

The effects of noise in façades can be minimized in advance with the creation of different scenarios and foresee in a preliminary phase the most exposed façade to a higher noise level.

Key-Words: _ Urban Noise, Urban Form, Urban Indicators, Noise Indicators

I. INTRODUCTION

THE study of the interaction between sound sources and the urban form is the main goal of this work, as well as its influence in a certain sound environment. Its objective is to study and characterize the theoretical and conceptual bases of phenomena related to emission and propagation of noise. Furthermore, to apply computerized simulation models related to the emission and propagation of noise and identify the several quantitative indicators of form and dimension of the urban form as a way to suggest a model for quantitative evaluation of urban form typology, regarding the different quantitative indicators of form.

II. DEFINITION AND CHARACTERIZATION OF URBAN FORM TYPOLOGIES

The conception of urban typologies concerns to arrangement, appearance and functionality of cities and, especially, to conception and use of public urban space.

A. Quantative Indicators of Urban Form

Trying to characterize the urban form is, in spite of the growing interest, an exploration of real differences that in a rigorous and exhaustive form is illustrated in incipient studies.

The indicators that we intend to study have a dimensional nature. Although they are based on studies from different authors, they are urban indexes and spatial metrics that can be applied to other typologies with external specificities from the presented models.

The metric space is a concept that generalizes the idea of geometric distance. A set in which there is a metric or scale, whose base is similar and it is easy to compare. This can be detected in the present study and after presenting the following indicators to be used.

a) Urban Indexes

The urban indexes are multipliers that we can apply either to an area or to an reference surface or to an intervention area with the possibility to built.

Occupation Index or Rate of Soil Occupation (% P) - is the indicator that relates the quotient between the surface of deployment and the land area represented in Fig. 1.

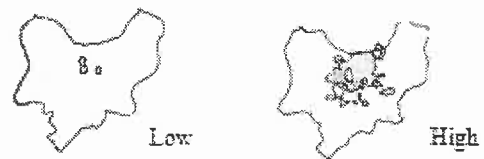


Fig.1. Illustration of Occupation Index (%)

The calculation of the Occupation Index (% P) is presented by Equation 1:

$$\%P = \frac{A_{imp}}{A_t} \quad (1)$$

Meaning:

A_{imp} : Surface of deployment, [m²];

A_t : Total Area, [m²].

The urban form that has the largest area of implantation will have the higher content (% P).

Volumetric Land Index (Iv) - The indicator of Fig. 2 represents the entire space above ground, corresponding to all the buildings that exist or can be made in a building, except the elements or protrusions only with decorative purposes or the technical facilities and fireplaces. But this indicator includes the roof volume, expressed in cubic meters (m³).



Fig.2. Illustration of (Iv) variation and of the relationship of number of floors

To calculate Volume Index of construction (Iv) we use Equation 2:

$$Iv = P \times N \times H \quad (2)$$

Meaning:

P : Surface of implantation, [m²];

N : Number of floors, [-];

H : Floor height, [m].

Thus the urban form that has the most floors will have a highest value of Iv.

b) Spatial metrics

Landscape metrics listed below, are employed through the use of quantitative indices representative of the physical features of urban form type and study subject [5].

In the present study we will use the following quantitative urban indexes: Compactness Index and Index of porosity or permeability.

Compactness Index (CI) -This indicator measures not only the shape of the urban area (urban patch), but also considers the global urban landscape fragmentation [7]. The Fig. 3 illustrates the relationship between the urban form and regularity of fragmentation and its influence on the CI.

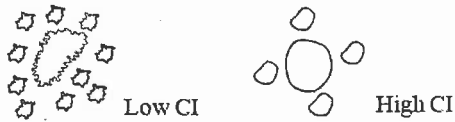


Fig.3. Illustration of the forms regularity variation that influence the index (CI)

The Compactness index (CI) is calculated based on next equation:

$$CI = \frac{\sum_i \frac{P_i}{a_i}}{N^2} = \frac{\sum_i 2\pi \sqrt{\frac{a_i}{p_i}}}{N^2} \quad (3)$$

Meaning :

s_i : Patch area, [m²];

p_i : Patch perimeter, [m];

P_i : Perimeter of a circle with the area of s_i [m];

N : Total number of Patches, [-].

An urban area has higher values of CI for more regular and more compact urban forms.

Porosity Index (ROS) - is the permeability indicator which measures the proportion of open space, compared to the total urban area. Fig. 4 illustrates the relationship of the area of open space and total occupied area and its influence on ROS.

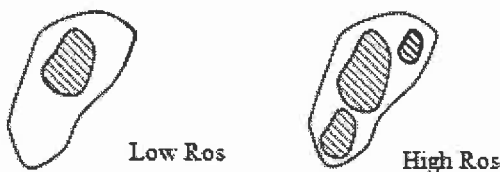


Fig.4. Illustration of the variation of open space with the total area that characterizes the index (ROS)

The Index of Porosity or Permeability is calculated by Equation 4 shown below:

$$ROS = \frac{s'}{s} \times 100 \% \quad (4)$$

Meaning:

s' : Summarization area of all the "holes" within the urban area, [m²];

s : Summarization area all patches, [m²].

An urban area has higher levels of ROS to urban forms with higher open spaces. This indicator is also called as the ratio of open spaces.

Complexity of the Perimeter Index (Fractal) - The complexity is defined by the perimeter fractal dimension. This index describes the complexity of the perimeter of an urban area through the relationship between perimeter and area [1], [12].For research we used the average fractal dimension of urban patches weighted by the area (Equation 5).

The value of fractal dimension is between 1 and 2. Lower values are obtained when the patch has a simpler form (the fractal dimension of a circle is equal to 1).If the perimeter is more complex and irregular; fractal dimension is greater (Figure 5).

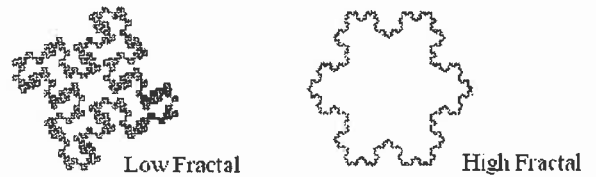


Fig.5. Illustration of the forms regularity and complexity variation that influence the index (Fractal)

The Fractal index (*fractal*) is calculated based on the next equation:

$$fractal = \sum_{j=1}^n \left(\left(\frac{2 \ln \left(\frac{a_i}{2\sqrt{\pi}} \right)}{\ln a_i} \right) \left(\frac{a_j}{\sum_{j=1}^n a_j} \right) \right) \quad (5)$$

Meaning:

p_i : Patch perimeter, [m];

a_i = Patch area, [m²];

a_j = Total area, [m²];

n = Total number of Patches, [-].

B. Theoretical Model Neighbourhood Proximity

The mathematical expressions referenced previously will be applied to types of urban forms, presented in a theoretical model, the "Neighborhood Proximity Model "of João Branco Pedro [10].

Neighborhood proximity means a residential unit functionally and spatially organized around an outdoor space, where neighborhood residents tend to establish

relationships. The sample, which funded this typological classification, was developed by João Branco Pedro [10], in which the immediate neighborhood typologies were defined according to two perspectives:

❖ The programmatic perspective, which is defined as sets of neighborhoods proximities, with identical functional programs (such as the number of houses, the number of habitants or similar occupation index);

❖ The morphological perspective, it is meant as a set of neighborhoods proximities, with similar formal characteristics (such as the form of implementation of the set of buildings, the form of buildings in relationship with the streets, the form of local access road, the number of floors above the main entrance of the buildings of neighborhood proximity or the number of habitation from neighborhood proximity).

a) Requirements Applicable to Project Areas of Neighborhood Proximity

At this stage, we present the design parameters applicable to each of the spaces that compose the neighborhood proximity. That is, the circulation spaces, the buildings and unbuilt spaces, which are listed below.

The road system includes the minimum road hierarchy, the minimum width of the track, and the minimum impermeable components of the infrastructure. The residential Lots include the maximum height of buildings and the minimum distance between the facades. The Green space, on the other hand, contemplates the minimum area of the Lots' minimum area.

Therefore, and based on the articulation of these spaces, roads, housing and green, was chosen for the following types of linear deployment, as shown in Fig. 6.

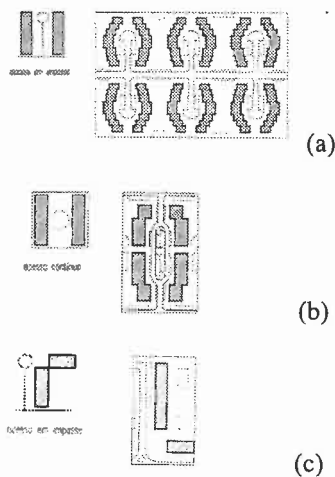


Fig. 6. Illustration of one family buildings with two floors (a), 4 floors multifamily (b), with 8 floors multifamily buildings (c)

The Selected models are intended to diversify the sample, so it can be listed the different effects of noise propagation on the composition. Accordingly, the proposal aims at models with concavities, convexities and a linear model

with the absence of saliencies. Thus, it is expected to obtain comparative results and to present some conclusions on how the urban form may influence the propagation of urban noise.

III. URBAN NOISE

It is understood by noise an unpleasant sound or of annoyance for human beings. The concept of noise is defined as the variation of atmospheric pressure, within the limits of the range and frequency band to which the human ear responds. Since the human ear is more sensitive to certain frequencies than others, the level of disturbance is dependent on the spectral content of noise. The perception of noise depends on the people, moments and places. That is why it is difficult to determine objectively the awkwardness of it.

The environmental noise of urban environment, whatever the location is not stationary, it varies in time, which appears in the signal produced by peaks and breaks. When you want, for example, to characterize the noise generated by road traffic since its noise oscillates; a simple metering of its value is not enough. It will be necessary to calculate an average, obtained after measuring for a representative period of time, as well as indicators that can reveal the maximum and minimum peaks which occurred during the measurement time, as intended to be made in the following typologies.

In agreement with the established in Portuguese Legislation [3], the acoustic zoning map classifies the land in two classes: "sensitive areas", which have allocated existent or foreseen residential uses, as well as schools, hospitals, recreation and leisure; and "mixed areas", which overlap the uses of sensitive areas plus other ones like retail shops and services, parking, etc.. This legislation forces the consideration of outdoor noise levels in the planning process, namely in the elaboration of zoning plans. According to the provisions of the law, sensitive areas may not be exposed to an equivalent continuous sound level in all day-time (A-weighted average sound level - $L_{den}(A)$), higher than 55 dB(A) and 45 dB(A) in night-time (period between 9.00 p.m. and 7.00 a.m., $L_n(A)$); and mixed areas may not be exposed to a $L_{den}(A)$ higher than 65 dB(A) in all day-time and 55 dB(A) in night-time.

Traffic noise levels can be evaluated by two different means: measurements and prediction. The measurement method is only feasible when applied to existent situations; the prediction methods are used with advantage from the very start of the planning process to the final detailed design of noise abatement measures.

The noise prediction method should provide secure results, which represent the real situation of noise levels under any conditions of emission and propagation [9]. Achieving this depends on the assessment of noise emissions due to traffic flow and assessment of noise attenuation between the source and the receiver.

Prediction methods have proved to be very useful and applied in a wide range of noise situations. When a calculation method is used, a large number of scenarios can be greeted by introducing different traffic flows, several types of pavement, variable number of reception points, and noise abatement measures designs. By contrast, measurements results give information only about a very

limited situation (the specific traffic and weather condition at the time the measurements are made).

There are available in the market numerous prediction noise models, which constitute an important toolbox in the simulation of the acoustic situation, as referred by Bertellino and Licitra [2].

The model adopted for this research, named New Method of Forecast of the Traffic Noise (NMPB 96) was developed in France in 1996. It is the method recommended by Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 [4], relating to the assessment and management of environmental noise [13].

IV. THE INFLUENCE OF URBAN FORM ON THE PROPAGATION OF URBAN NOISE

The combination of typologies and indicators presented previously served as the basis for the development of nine different scenarios, as a base comparable to the analysis that we intend to study.

Thus, the urban forms submitted (Type 1, Type 2 and Type 3) are based on a grid of 210mx140m, with a total area of 29 400 m² and a perimeter of 700 m.

Each of the scenarios developed is served by two local distributor roads and local access roads. For this calculation was only included in the assessment, the local distributor roads. The roads considered in each scenario developed, possess the following characteristics:

- asphalt pavement without slope;
- fluid flow of road traffic (300 total vehicles / h with 5% heavy);
- velocity of 50 km / h.

For the evaluation of noise levels at the facades, we developed a square grid calculation over all the facades of 1.5 m x 1.5 m and a distance from the facade of 0.5 m. The number of floors of buildings is variable (2, 4 and 8 floors) with a ceiling height of 3m, ground floor inclusive.

V. RESULTS

The combinations of the different parameters mentioned above are reflected in the following illustrations (Fig. 7, 10 and 13):

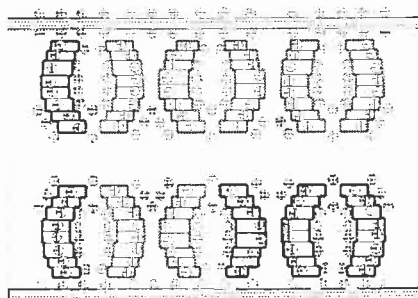


Fig. 7. Illustration of Form Type 1

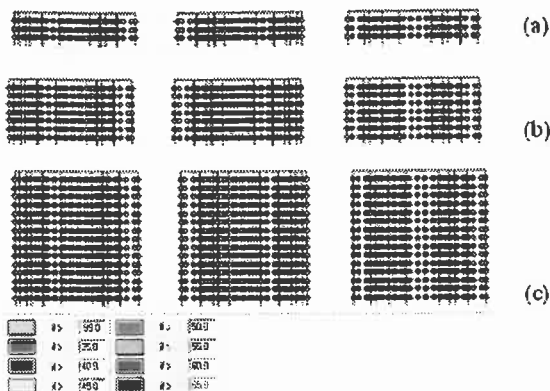


Fig.8. Location of the nodes evaluation in buildings with form Type 1, with two floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

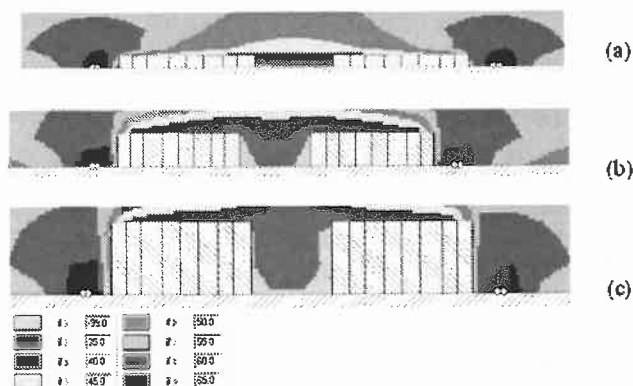


Fig.9. Vertical noise Map form Type 1, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

The relationship of variation in the number of floors, with the effects of noise propagation in different facades is illustrated and was quantified, and its results are in Table 1.

As can be seen in Table 1, there is a slight reduction in Leq, with the increase in the number of floors for maximum and average values. In the case of the minimum values of Leq, this trend is reversed. Fig. 9 illustrates the form of sound waves from the source and how it affects the most exposed facades. As the number of floors increases the extent of the most exposed façade also increases, increasing the average and maximum Leq. On the other hand, with increasing high the size of the protected area increases too, causing a reduction in the minimum Leq.

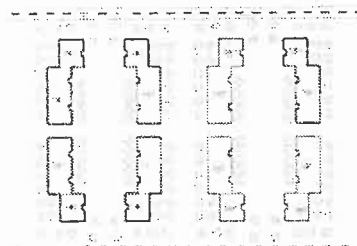


Fig.10. Illustration Form Type 2

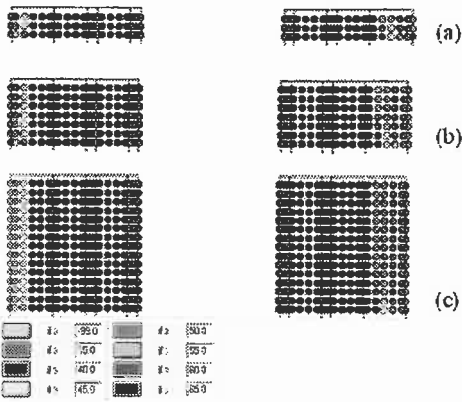


Fig.11. Location of the evaluation nodes in buildings with Type 2 form, with two floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

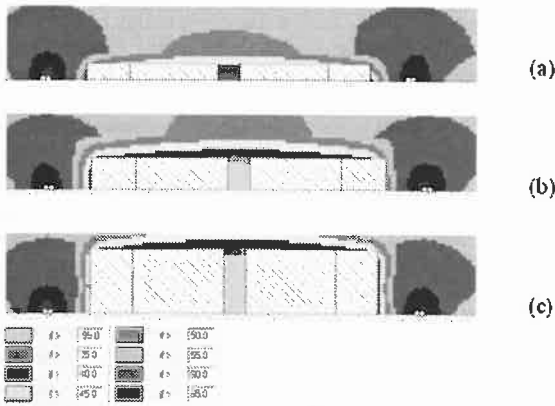


Fig.12. Vertical Noise Map from Form Type 2, with two floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

As in the previous case, there is a slight decrease of Leq with increasing of the number of floors in the case of maximum and average values. In the case of the minimum values of Leq , this trend is reversed. Fig. 12 illustrates the form of sound waves from the source and how it affects the most exposed façades. The analyses to be made, of the obtained results, are in accordance with the above analysis (Form Type 2).

Studies on previous forms contemplated concavities and convexities in its formal composition, the Type Form 3 that is presented below and illustrated in Fig. 13, is a pure composition, without corners that can create additional changes in the propagation of the noise waves.

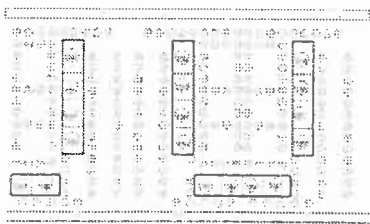


Fig.13. Illustration of Form Type 3

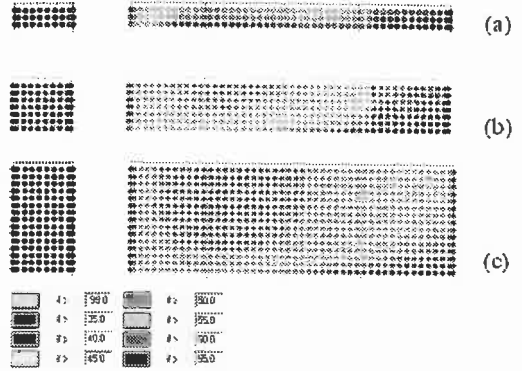


Fig.14. Location of the evaluation nodes in buildings with Type 3 form, with two floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

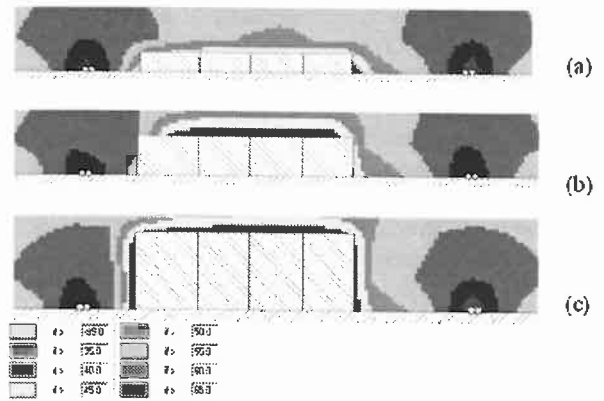


Fig.15. Vertical Noise Map from Form Type 3, with two floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

The relationship between the obtained noise level in the façades and the number of floors in the Form Type 3 is similar to the one obtained in the Forms Type 1 and Type 2. The average values of Leq will increase as the number of floors increases. Inverse tendency is find for maximum values of Leq .

VI. CONCLUSIONS

This study intended to approach the influence of urban form in urban noise propagation. This interaction was evaluated by calculating urban indicators, which measure urban form and noise levels on the façade. Nine scenarios were considered with three urban forms and with several floors level (2, 4 and 8 floors).

The indicators of urban form and noise for the nine developed scenarios are summarized in Table 1.

As can be seen in Table 1, in the three urban forms, there is a small decrease of Leq with increasing the number of floors (i.e. Volumetric Index I_v), for maximum and average values. In the case of the minimum values of Leq , this trend is reversed. As illustrated in Figs 9, 12 and 15, the form of sound waves from the source, being cylindrical, influence, in different ways, the most exposed façades. As the number of floors increases, the extent of the most exposed façade also increases, increasing the average and maximum Leq .

TABLE 1. RELATIONSHIP BETWEEN URBAN FORM AND NOISE

N° Floors	Form Type 1			Form Type 2			Form Type 3			
	2	4	8	2	4	8	2	4	8	
I_e [m^2] $\times 10^{-3}$	47.8	95.6	191.3	32.6	65.2	130.4	20.2	40.6	81.2	
% p	27.1			18.5			11.5			
CI [-]	0.05			0.11			0.31			
ROS [%]	73.0			82.0			89.0			
Fractal	1.15			1.15			1.13			
LeqA (dBA)	Min.	37.0	36.6	36.4	34.7	34.0	33.5	46.6	46.6	46.5
	Average	49.1	49.1	49.6	50.6	51.1	51.1	59.0	59.0	59.1
	Max.	54.6	54.7	55.1	59.0	59.1	59.1	58.2	59.1	59.1

In contrast, with increasing number of floors, the size of the protected area increases causing a reduction in the minimum Leq.

With increasing Porosity or Permeability Index (ROS), the average values of Leq also increase, this is explained by the fact that the greater the permeability of the urban form is the sound waves more easily are able to reach the buildings inside.

With the increase of the Compactness Index (CI), medium values of Leq also increase. This is due to the fact that the greater the regularity of urban forms, the lower is the possibility of formation of shadow zones, that is more protected areas.

Regarding to the Occupation Index (p), when decreases it generates façades with higher noise levels. The more "occupied" the soil, the more obstacles exist and therefore the greater the possibility to form protected areas.

Concerning the Fractal Index, the variation obtained is consistent with the variation of facades noise levels. The Fractal Index mainly describes the raggedness of the urban boundary. The higher this value is, the more irregular the shapes are. This fractal dimension approaches one for shapes with simple perimeters and approaches two when shapes are more complex. Is expected an indirect correlation between Fractal Index and facades noise levels. The regularity of urban forms decreases the possibility of formation of shadow zones that is more protected areas.

The relationship between noise and urban form intent to promote the creation of protected areas or shadow areas in urban context, as one of the objectives of this study.

VII. REFERENCES

- [1] Bennion, M.; O'neill, W. Building transportation analysis zones using Geographic Information Systems. *Transportation Research Record*, v. 1429, p. 49-56, 1994.
- [2] Bertellino, F. e G. Licitra (2000) I Modelli Previsionali per il Rumore da Traffico Stradale. *Atti Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000*, Progetto Trento Ambiente, Trento, Italia, p. 63-82.
- [3] Decreto-Lei nº 9/2007. *Diário da república*, I Serie-A, Lisboa, Portugal, n.12.
- [4] Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de Junho de 2002, *Official Journal of the European Communities*, p.12-25, 2000.
- [5] Huang J., Lu X.X, Sellers J.M. (2007) A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing, *Landscape and Urban Planning*, 82 (2007) 184-197.
- [6] ISO 1996-2. (1987) Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 2: Acquisition of data pertinent to land use, ISO/TC 43/SC 1.
- [7] Li, X., Yeh, A.G., (2004) Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, *Landscape Urban Planning*, 69, 335- 354.

[8] NP-1730 (1996) Acústica. Descrição e medição do ruído ambiente.

[9] OECD (1995) Organisation for Economic Co-operation and Development Publications (eds), *Roadside Noise Abatement*, Paris, France, 1995.

[10] Pedro, J. B. (2001) Programa habitacional. Vizinhança Próxima. LNEC (eds.), *Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura*, Lisboa.

[11] Pereira, L.V. (1974) O uso do espaço na Habitação, LNEC (eds.), *Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura*, Lisboa.

[12] Sanches, S. P.(1997) Definição de zonas de tráfego, a partir de setores censitários usando um SIG. In: *Anpet – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes 1997*, 11., Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, v. 1, p. 103-112.

[13] Silva, L.T. e Mendes, J.F.G. (2005) Monitorização do ruído ambiente na zona de intervenção Polis da cidade de Viana do Castelo. *Pluris2005*, S.Carlos, Brasil.

Artigo submetido em Revista Internacional

The influence of urban form on facades noise levels

Marta F. Oliveira, Lúcia T. Silva
 Department of Civil Engineering
 University of Minho
 Campus de Gualtar, 4710-057 Braga
 PORTUGAL
 lsilva@civil.uminho.pt

Abstract: - The urban form affects directly the natural habitats, ecosystems and the different species. Indirectly the urban form influences the behavior of the trajectory, which in turn affects the air quality, the global climate and of course the noise propagation. This paper seeks to address the problems of the urban environment as an area of interaction between urban forms and urban noise. This interaction is intended to be monitored by urban indicators, comparing the effects of noise propagation in model of urban forms. The model of noise prediction (NMPB96), allowed to develop studies about noise in facades (Ld, level of noise during the day), resulting in colors associated to noise categories. The study will allow the creation of different scenarios and foresee still in the draft fase, the facades exposed to a higher noise level. The effects of noise in facades can be then minimized in advance, by adjusting the layout of their typology.

Key-Words: - Urban noise, Urban form, Urban indicators, Noise indicators.

1 Introduction

The urban form is defined on the relationship between outer space and buildings volume that exist in a specific soil or landscape. It is these elements that we must analyze at themselves, each other and their relations with other elements of the urban system.

The urban form refers to a spatial impression of an urban transport system, as well as physical infrastructure areas; together, they provide a level of spatial arrangement of the cities.

In turn, the urban spatial structure refers to the set of relations arising from the urban form and its underlying interactions of people, merchandise and information.

Urban design takes into consideration density, street layout and transport.

In addition all subsequent issues of urban layout are related to growth, expansion and urban growth patterns that influence unequivocally the urban form. "Environmental planning holds the key to determining the pattern and extent of urban growth." [1].

According to Roberto de Lotto [2] the global urban system has been analyzed in the three subsystems: built and settlement system, environmental and green system, mobility and accessibility system.

Comparing the different lists of criteria, and considering only the common ones, he defines a final list:

Built and settlement system:

- 1) Morphological integration between the existing urban settlement and the new Masterplan;
- 2) Poly-functionality of the texture with the introduction of lacking functions;
- 3) Capacity to promote requalification of the surrounding area;
- 4) Increase of services surface percentage in comparison to the urban average;
- 5) Relationship with the surrounding built context about the height and the alignment of buildings;
- 6) Readability of morphological texture;
- 7) Typological articulation;
- 8) Internal coherence of the intervention;
- 9) Consistency of the urban design;
- 10) Quantity and articulation of collective open spaces;
- 11) Availability of collective open spaces;
- 12) Locational choice of functions.

Environmental and green system;

- 1) Soil permeability percentage;
- 2) CO₂ balance (emissions compensated by trees planting);
- 3) Connection and integration of the new green system of with the whole urban one;
- 4) Reconstruction of units of the ecological network;
- 5) Rescue of natural and para-natural elements;

- 6) Compactness and continuity of green system;
- 7) General quality of the environment and landscape;
- 8) Creation of new priority visual axis;
- 9) Usability and accessibility of green spaces;
- 10) Percentage of equipped parks and green areas;
- 11) Creation and protection of private green spaces.

Mobility and accessibility system:

- 1) Strengthening of the system of primary roads of traffic flows in the medium and short distance;
- 2) Strengthening of exchanges between different modes of transport, by retraining and upgrading interchange among functional urban centers;
- 3) Strengthening and integration of public transport services
- 4) Connection of slow mobility with public transport services;
- 5) Breakdown of traffic for functions located inside areas;
- 6) Percentage of pedestrian zone and restricted traffic areas;
- 7) Accessibility and connection with the existing infrastructures;
- 8) Connection of built and open spaces;
- 9) Accessibility to green spaces;
- 10) Permeability of the area and perception of internal paths.

These elements for Lotto [2] can be used in different ways: as main planning goals, as formal check-list, as planning criteria. He supposed various hypotheses, in the first case a benchmarking analysis points out the better solution; in the second case the more desirable solution is the one that satisfies the maximum number of requirements; in the last one, the mathematical processing detects the best performance.

In this context the urban system needs to incorporate, then the component of building, foliage and the road. On the other hand the perception of noise depends on the people, moments and places. According to Gomes [3] "The concept of sustainable city, synonymous of modernity, development, corresponds to healthier cities, with less noise,...". Noise is understood by an unpleasant sound or noise nuisance to humans and that is why it is difficult to determine objectively the awkwardness.

Therefore Noise sources are considered actions, permanent or temporary activities, equipment, structures or infrastructure, which produce sound levels, which who remain at the area or in their environment feel discomfort from the noise effect [4].

As a result we can consider the noise as a global noise set caused of a surround sound sources existing in far or near of a particular location at a given moment.

The interaction between sound sources and the urban layout can be characterized by the theoretical and conceptual bases of emission and propagation of noise.

Comparatively the influence of urban form according to Luz Valente Pereira [5] in morphological terms, is mainly based in terms of its location, topography, sun exposure, wind, quality and suitability of the soil and subsoil, and finally, in terms of landscape composition.

These items influence the large distributions of voids and fills of buildings and their typology, as well as the infrastructure layout, especially the road structure.

The study required a model that evaluates the ambient noise levels at the facades.

To predict different scenarios, and to avoid excessive exposition of noise at the facades, the environmental noise model NMPB96, is used with the urban selected forms.

In addition, the model applies computerized simulation to the emission and propagation of noise and identifies the several quantitative indicators of form and dimension of the urban layout.

As a way to suggest a model for quantitative evaluation of urban form typology, we use the different quantitative indicators of form together with the noise prediction model.

Following we present the urban form indicators that we pretend to use in the study of the different typology.

2 Definition and characterization of urban form typologies

The urban form is defined on the relationship between outer space and buildings volume that exist in a specific soil or landscape. It is these elements that we must analyze at themselves, each other and

The conception of urban typologies concerns to arrangement, appearance and functionality of cities and, especially, to conception and use of public urban space.

2.1 Quantitative indicators of urban form

Trying to characterize the urban form is, in spite of the growing interest, an exploration of real differences that in a rigorous and exhaustive form is illustrated in incipient studies.

The indicators that we intend to study have a dimensional nature. Although they are based on studies from different authors, they are urban indexes and spatial metrics that can be applied to other typologies with external specificities from the presented models.

The metric space is a concept that generalizes the idea of geometric distance. A set in which there is a metric or scale, whose base is similar and it is easy to compare. This can be detected in the present study and after presenting the following indicators to be used.

2.1.1 Urban indicators

The urban indicators are multipliers that we can apply either to an area or to a reference surface or to an intervention area with edificatory possibility.

Occupation Index or Rate of Soil Occupation (% P)- is the indicator that relates the quotient between the surface of deployment and the land area represented in Figure 1.



Fig.1. Illustration of Occupation Index (%)

The calculation of the Occupation Index (% P) is presented by Equation 1:

$$\%P = \frac{A_{imp}}{A_t} \tag{1}$$

Meaning:

A imp.: Surface of deployment, [m²];

A t : Total Area, [m²].

The urban form that has the largest area of implantation will have the higher content (% P).

Volumetric Land Index (Iv) - The indicator of Figure 2 represents the entire space above ground, corresponding to all the buildings that exist or can be made in a building, except the elements or protrusions only with decorative purposes or the

technical facilities and fireplaces. But this indicator includes the roof volume, expressed in cubic meters (m³).

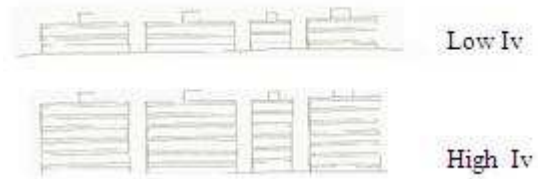


Fig.2. Illustration of (Iv) variation and of the relationship of number of floors

To calculate Volume Index of construction (Iv) we use Equation 2:

$$Iv = P \times N \times H \tag{2}$$

Meaning:

P: Surface of implantation, [m²];

N: Number of floors, [-];

H: Floor height, [m].

Thus the urban form that has the most floors will have a highest value of Iv.

2.1.2 Spatial metrics

Landscape metrics listed below, are employed through the use of quantitative indices representative of the physical features of urban form type and study subject [6].

In the present study we will use the following quantitative urban indexes: Compactness index, index of porosity or permeability, fractal index, and form index.

Compactness Index (CI)- This indicator measures not only the shape of the urban area (urban patch), but also considers the global urban landscape fragmentation [7]. The Figure 3 illustrates the relationship between the urban form and regularity of fragmentation and its influence on the CI.

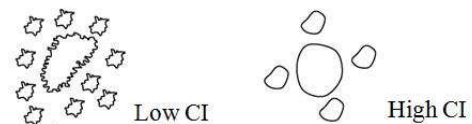


Fig.3. Illustration of the forms regularity variation that influence the index (CI)

The CI is calculated based on de next equation:

$$CI = \frac{\sum i \frac{P_i}{p_i}}{N^2} = \frac{\sum i 2\pi \sqrt{\frac{s_i}{\pi}/p_i}}{N^2} \tag{3}$$

Meaning:

si : Patch area, [m²];

pi : Patch perimeter, [m];

Pi : Circle perimeter si [m];

N : Total number of Patches, [-].

An urban area has higher values of CI for more regular and more compact urban forms.

Porosity Index (ROS) - is the permeability indicator which measures the proportion of open space, compared to the total urban area.

The Figure 4 illustrates the relationship of the area of open space and total occupied area and its influence on ROS.

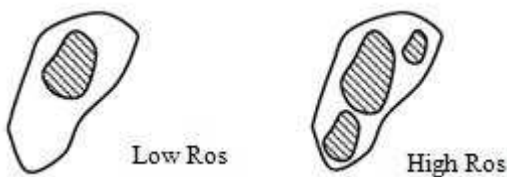


Fig.4. Illustration of the variation of open space with the total area that characterizes the index (ROS)

The porosity index or permeability is calculated by Equation 4 shown below:

$$ROS = \frac{s'}{s} \times 100 \% \quad (4)$$

Meaning:

s': Summation of area of all the "holes" within the urban area studied, [m²];

s : Summation of area all patches, [m²].

An urban area has higher levels of ROS to urban forms with higher open spaces. This indicator is also called as the ratio of open spaces.

Complexity of the Perimeter Index (Fractal) - The complexity is defined by the perimeter fractal dimension. This index describes the complexity of the perimeter of an urban area through the relationship between perimeter and area [8], [9]. For this research we used the average fractal dimension of urban patches weighted by the area (Equation 5).

The value of fractal dimension is between 1 and 2. Lower values are obtained when the patch has a simpler form (the fractal dimension of a circle is equal to 1). If the perimeter is more complex and irregular; fractal dimension is greater (Figure 5).

This index is weighted by the area of the patch which means that larger patches contribute more to the mean value than smaller ones. [10].

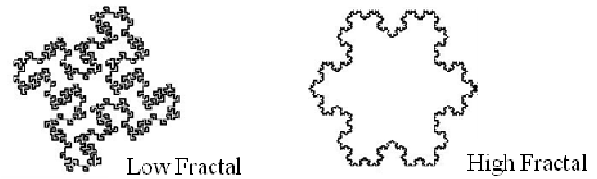


Fig.5. Illustration of the forms regularity and complexity variation that influence the index (Fractal)

$$fractal = \sum_{j=1}^n \left(\left(\frac{2 \ln \left(\frac{p_i}{2\sqrt{\pi}} \right)}{\ln a_i} \right) \left(\frac{a_j}{\sum_{j=1}^n a_j} \right) \right) \quad (5)$$

Meaning:

pi : Patch perimeter, [m];

ai = Patch area, [m²];

aj= Total area, [m²];

n = Total number of Patches, [-].

Form Index (Form) - this index is defined by the relationship between area, perimeter and the radius of the smallest surrounding circle of the polygon.

The index form describes the complexity of the perimeter of an urban area through the relationship between perimeter and area [9], [11]. For this research we used the average fractal dimension of urban patches weighted by the area (Equation 5).

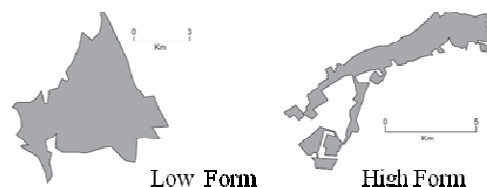


Fig.5. Illustration of the forms regularity and complexity variation that influence the index (Form)

The Form Index (Form) is calculated based on the following equation:

$$form = \sum_{i=1}^n \left(\left(\frac{r_i p_i}{2 a_i} \right) \left(\frac{a_j}{\sum_{j=1}^n a_j} \right) \right) \quad (6)$$

Meaning:

pi : Patch perimeter, [m];

ai = Patch area, [m²];

aj= Total area, [m²];

n = Total number of Patches, [-].

r_i = Radius of the smallest surrounding circle of the polygon, [m].

For a circular form, the value of this index is equal to 1, as the shape becomes more elongated and not circular the value of the form index increases (Figure 5).

When we have more than one urban area, the indicator considers a weighting depending on the size of the patch.

Thus, we can display various models of urban layout in order to systematize the types of urban form and select the most frequent types.

2 Urban noise

It is understood by noise an unpleasant sound or of annoyance for human beings. The concept of noise is defined as the variation of atmospheric pressure, within the limits of the range and frequency band to which the human ear responds.

Since the human ear is more sensitive to certain frequencies than others, the level of disturbance is dependent on the spectral content of noise.

Thus, the definition of environmental noise is expressed by a logarithm of the ratio between the squares of the measured sound pressure and reference pressure. It is called sound pressure level L_p and is expressed in Bel (B) or multiplying by 10 is expressed in decibels (dB), as we can see in the next Equation:

$$L_p = 10 \times \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \times \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad (7)$$

Meaning:

L_p = is the sound pressure level expressed in dB

p = is the real value of sound pressure expressed in Pascal

p_0 = is the reference sound pressure and corresponds to the minimum threshold of human hearing ($p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa)

As mentioned earlier, because the human ear does not have the same sensitivity over the frequency spectrum, the sound pressure level L_p is not truly representative of how it is received by man.

In order to characterize the sound pressure level perceived by the human ear, the sound pressure level expressed in dB is weighted by a coefficient that depends on frequency, sound pressure level is weighted by weighting curve A.

Therefore for the measurement of environmental noise and annoyance as the weighting is commonly used frequency weighting A, because it is the one

that best correlates the measured values with the awkwardness of the sound.

The noise prediction method should provide secure results, which represent the real situation of noise levels under any conditions of emission and propagation [14].

Prediction methods have proved to be very useful and applied in a wide range of noise situations. When a calculation method is used, a large number of scenarios can be greeted by introducing different traffic flows, several types of pavement, variable number of reception points, and noise abatement measures designs. By contrast, measurements results give information only about a very limited situation (the specific traffic and weather condition at the time the measurements are made).

There are available in the market numerous prediction noise models, which constitute an important toolbox in the simulation of the acoustic situation, as referred by Bertellino and Licitra [15]. The model adopted for this research, named New Method of Forecast of the Traffic Noise (NMPB 96) was developed in France in 1996. It is the method recommended by Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 [16], relating to the assessment and management of environmental noise [17]. In this method, the acoustical calculation is done for each ray issued from the receptor which cuts a source line. If the angular step is sufficiently small (some degrees), one supposes that the topography represented by segments intersected by the ray doesn't vary in the angular cone; in other words that the propagation medium doesn't vary in the cone. In these conditions, the problem is restored to that of the calculation on a cross sectional cut between a punctual source and receptor. For this, it is necessary to define the acoustic power associated to the cross section, the attenuation by the geometric divergence (A_{div}), absorption by the air (A_{atm}), the diffraction (A_{dif}), the ground effects (A_{ground}) and the absorption by the vertical surfaces (A_{ref}) on which the ray has been reflected in the horizontal plane.

3 The neighborhood proximity model

Neighborhood proximity means a residential unit functionally and spatially organized around an outdoor space, where neighborhood residents tend to establish relationships.

The sample, which funded this typological classification, was developed by João Branco Pedro

[12], in which the immediate neighborhood typologies were defined according to two perspectives:

- ❖ The programmatic perspective, which is defined as sets of neighborhoods proximities, with identical functional programs (such as the number of houses, the number of habitants or similar occupation index);
- ❖ The morphological perspective, it is meant as a set of neighborhoods proximities, with similar formal characteristics (such as the form of implementation of the set of buildings, the form of buildings in relationship with the streets, the form of local access road, the number of floors above the main entrance of the buildings of neighborhood proximity or the number of habitation from neighborhood proximity).

3.1 Requirements applicable to project areas of neighborhood proximity

At this stage, we present the design parameters applicable to each of the spaces that compose the neighborhood proximity. That is, the circulation spaces, the buildings and unbuilt spaces, which are listed below.

The road system includes:

- the minimum road hierarchy;
- the minimum width of the track;
- the minimum impermeable components of the infrastructure.

The residential Lots includes:

- the maximum height of buildings and
- the minimum distance between the facades.

The Green space, on the other hand, contemplates the minimum area of the Lots' minimum area.

Therefore, and based on the articulation of these spaces, roads, housing and green, in this study was chosen the following types of forms deployment, as shown in Figure 6.

The selected models are intended to diversify the sample, so it can be listed the different effects of noise propagation on the composition.

Therefore, the proposal aims at models with concavities, convexities and a linear model with the absence of salencies.

Thus, it is expected to obtain comparative results and to present some conclusions on how the urban form may influence the propagation of urban noise.

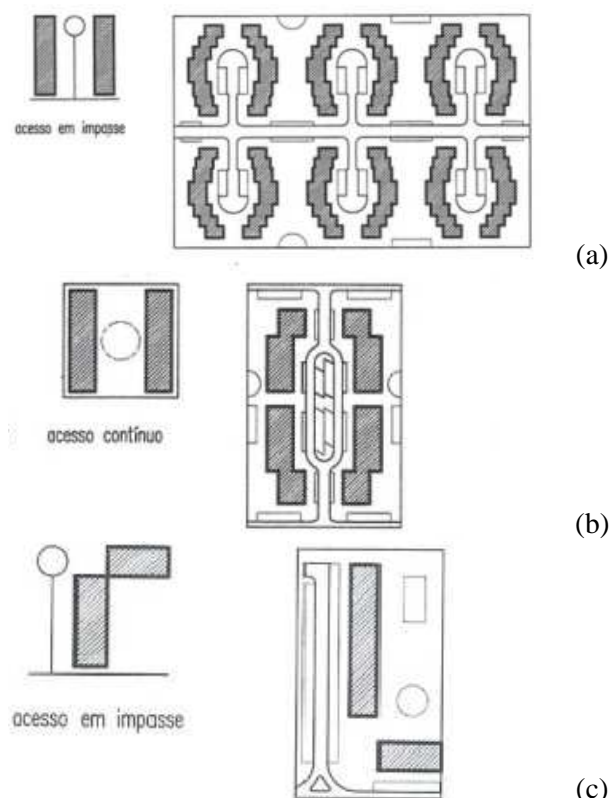


Fig. 6. Illustration of one family buildings (urban form 1 - a), multifamily (urban form 2 - b), multifamily building (urban form 3 - c)

4 The influence of urban form on the propagation of urban noise

The mathematical expressions referenced previously will be applied to types of urban forms, used in a theoretical model, the "Neighborhood Proximity Model".

The combination of typologies presented previously served as the basis for the development of nine different scenarios, as a base comparable to the analysis that we intend to study.

Thus, the urban forms submitted (Type 1, Type 2 and Type 3) are illustrated in Figures 8, 11 and 14.

Each scenario are implanted at a terrain of 29 400 m² and a perimeter of 700 m.

Each developed scenario is served by two local distributor roads and local access roads. For the calculation was only included in the assessment, the local distributor roads.

The roads considered have the following characteristics:

- Road surface: asphalt pavement;
- Road gradient: 0%;
- Traffic flow: fluid flow of road traffic;
- Number of total vehicles: 300 vehicles / h

- Percentage of heavy vehicles: 5%;
- Speed: 50 km / h.

For the evaluation of noise levels at the facades, was developed a square grid calculation over all the facades with the following characteristics:

- Distance Receiver-facade: 0,05 m
- Receivers distance: 1,5 m x 1,5 m

The number of floors of buildings is variable (2, 4 and 8 floors) with a storey height of 3m, ground floor inclusive.

5 Results

Taking the data gathered the model NMPB96 was used to produce the vertical noise maps and building evaluation maps. Nine scenarios were considered with three form types and with different heights. (2, 4 and 8 floors).

5.1 Urban form 1

The form type 1 is illustrated in Figure 8 and the cross line AB represent the vertical section used for the vertical noise map represented in Figure 10.

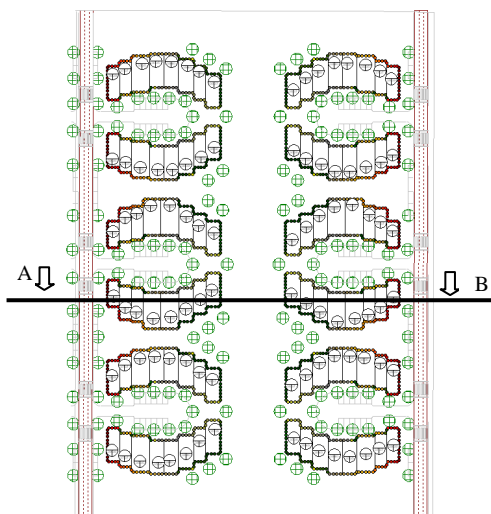


Fig.8. Illustration plant of the form 1

The relationship of variation in the number of floors, with the effects of noise propagation in different facades is illustrated and was quantified. The results obtained laid out in Table 1.

The Figure 9 illustrate the building noise map which shows the noise level for each building facade.

As can be seen in Table 1, there is a slight reduction in Leq, with the increase in the number of floors in the case of maximum and average values.

In the case of the minimum values of Leq, this trend is reversed.

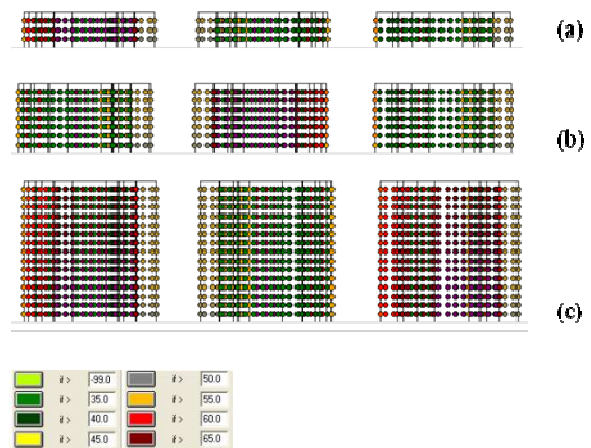


Fig.9. Building evaluation map of the form type 1, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

Figure 10 illustrates the form of sound waves from the source and how it affects the most exposed facades.

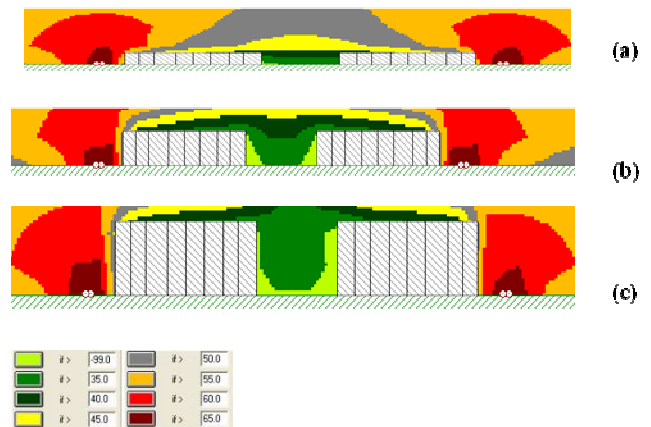


Fig.10. Vertical noise map (vertical grid AB) of the form type 1, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

As the number of floors increases the extent of the most exposed facade also increases, increasing the average and maximum Leq.

On the other hand, with increasing high the size of the protected area increases too, causing a reduction in the minimum Leq.

5.2 Urban form 2

The form type 2 is illustrated in the following figure and the cross line AB represent the vertical section used for the vertical noise map represented in Figure 13.

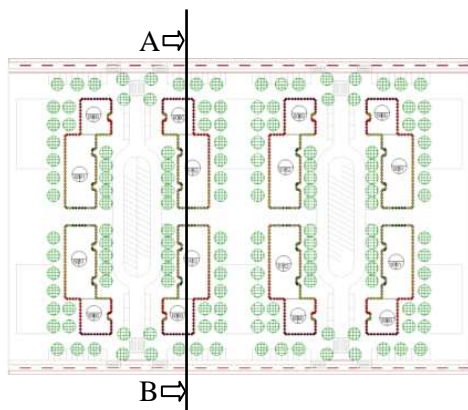


Fig.11. Illustration plant of the form 2

As in the previous case, there is a slight decrease of Leq with increasing of the number of floors in the case of maximum and average values.

In the case of the minimum values of Leq , this trend is reversed. Figure 13 illustrates the form of sound waves from the source and how it affects the most exposed facades.

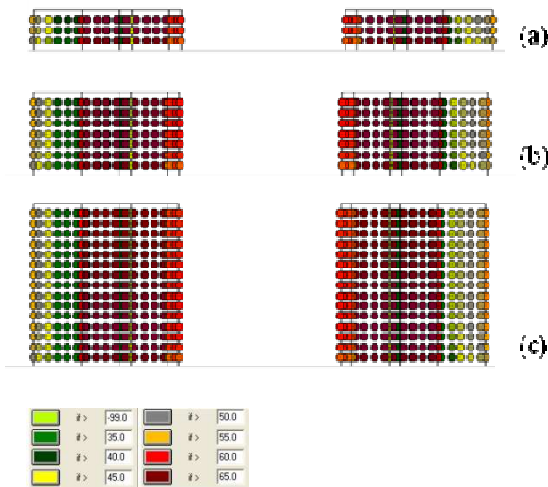


Fig.12. Building evaluation map of the form type 2, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

The analyses to be made, of the obtained results, are in accordance to with the above analysis for the Type 2 form.

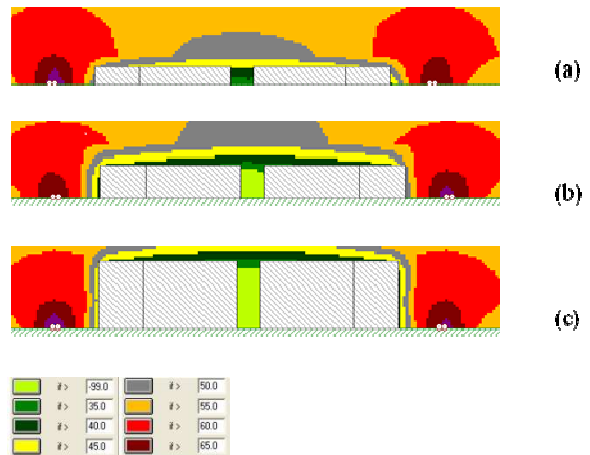


Fig.13. Vertical noise map (vertical grid AB) of form type 2, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

5.3 Urban form 3

The form type 3 is illustrated in the Figure 14 and the cross line AB represent the vertical section used for the vertical noise map represented in Figure 16

Studies on previous forms contemplated concavities and convexities in its formal composition, the Type 3 form that is presented below, is a pure composition, without corners that can create additional changes in the propagation of noise waves.

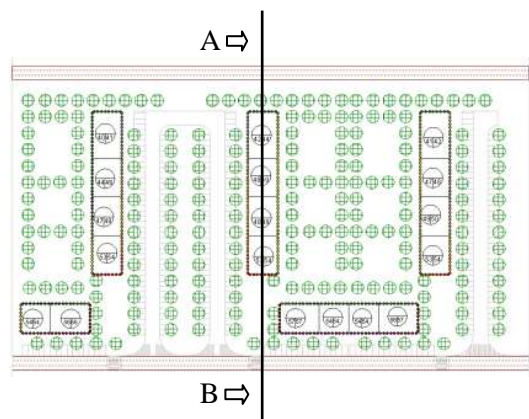


Fig.14. Illustration plant of the form 3

The relationship between the obtained noise level in the facades and the number of floors in the Form Type 3 is similar to the one obtained in the Forms Type 1 and Type 2.

The average values of Leq will increase as the number of floors increases. Inverse tendency is for maximum values of Leq .

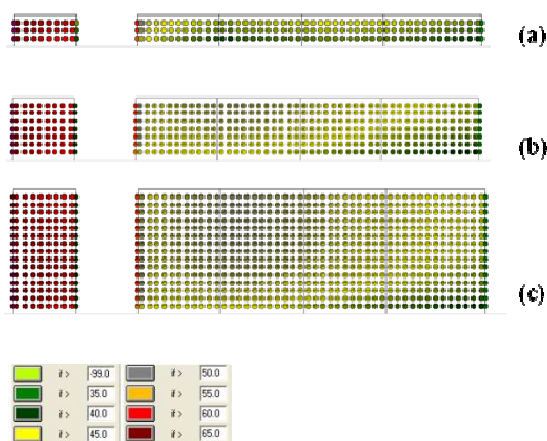


Fig.15 Building evaluation map of the form type 3 form, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

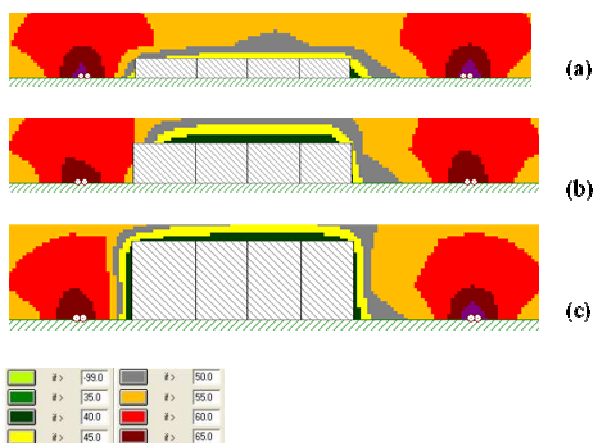


Fig.16. Vertical noise map (vertical grid AB) of form type 3, with 2 floors (a), 4 floors (b) and 8 floors (c)

6 Conclusion

This study intended to approach the influence of urban form in urban noise propagation. This interaction was evaluated by calculating the urban indicators, which measure the urban form and the noise levels on the facade. Nine scenarios were considered with three type forms and with several heights. (2, 4 and 8 floors).

The indicators of urban form and noise for the nine developed scenarios are summarized in Table 1.

The four charts illustrated in Figure 17 show the correlation between noise levels and urban form indicators.

As can be seen in Table 1, in the three type forms, there is a small decrease of Leq with increasing the number of floors (the Volumetric

Index I_v), for maximum and average values. In the case of the minimum values of Leq , this trend is reversed.

Tab. 1. Relationship between Noise and urban form indicators

Area Impl. [m ²]	Form Type 1			Form Type 2			Form Type3		
N° Floors	2	4	8	2	4	8	2	4	8
P [%]	27,1	27,1	27,1	18,5	18,5	18,5	11,5	11,5	11,5
I_v [m ³] $\times 10^{-3}$	47,8	95,6	191,3	32,6	65,2	130,4	20,2	40,6	81,2
CI [-]	0,05	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11	0,31	0,31	0,31
ROS [%]	73	73	73	82	82	82	89	89	89
Fractal	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,13	1,13	1,13
Form Index [-]	2,75	2,75	2,75	3,05	3,05	3,05	12,79	12,79	12,79
$Leq(A)$ Min. [dBA]	37,0	36,6	36,4	34,7	34,0	33,5	46,6	46,6	46,5
$Leq(A)$ Aver. [dBA]	49,1	49,4	49,6	50,6	51,1	51,1	59,0	59,1	59,1
$Leq(A)$ Max. [dBA]	54,6	54,7	55,1	59,0	59,1	59,1	58,2	59,1	59,1

As illustrated in Figures 10, 13 and 16, the form of sound waves from the source, being cylindrical, influence, in different ways, the most exposed facades. As the number of floors increases, the extent of the most exposed facade also increases, increasing the average and maximum Leq .

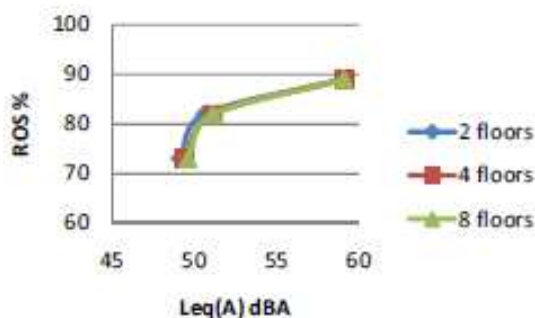
In contrast, with increasing height, the size of the protected area increases causing a reduction in the minimum Leq .

With increasing porosity or permeability index (ROS), the average values of Leq also increase, this is explained by the fact that the greater the permeability of the urban form is the sound waves more easily are able to reach the buildings inside (the quiet zone).

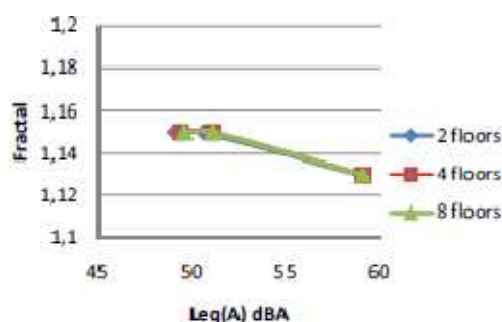
With the increase of the compactness index (CI), medium values of Leq also increase. This is due to the fact that the greater the regularity of urban forms, the lower is the possibility of formation of shadow zones, that is more protected areas.

Regarding to the occupation Index (p), when decreases it generates facades with higher noise levels. The more "occupied" the soil, the more obstacles exist and therefore the greater the possibility to form protected areas.

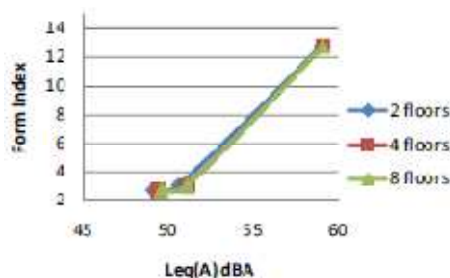
Concerning the fractal index, the variation obtained is consistent with the variation of facades noise levels. The fractal index mainly describes the raggedness of the urban boundary. The higher this value is, the more irregular the shapes are.



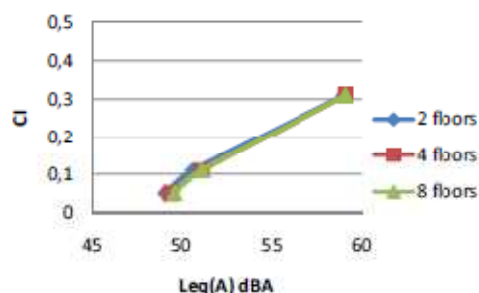
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 17 Relationship between Noise and urban form indicators: (a) ROS; (b) Fractal; (c) Form Index and (d) CI

This fractal dimension approaches one for shapes with simple perimeters and approaches two when shapes are more complex. Is expected an indirect correlation between *fractal index* and the noise

levels facades. The regularity of urban forms decreases the possibility of formation of shadow zones that is more protected areas.

Is expected a direct correlation between *form index* and the noise levels facades. With increasing *form index*, the average values of Leq also increase, this is explained by the fact that the greater the compactness of the urban form more exposed are the buildings facades.

The relationship between noise and urban form intent to promote the creation of protected areas or shadow areas in urban context, as one of the objectives of this study.

References:

- [1] A. Chenoweth, Integrating landscape architecture in environmental planning for sustainable growth management, in *WSEAS Conf. Rec. 2008 LA Int. Conf. Communications*, p.1.
- [2] R. de Lotto, Assessment methods to improve urban regeneration quality, Pavia, Italia, in *WSEAS Conf. Rec. 2008 Ures Int. Conf. Communications*, p. 5.
- [3] P. Gomes, Opportunities for Sustainable Design in Renovation of the Stanaway Park, Dublin, Ireland, in *WSEAS Conf. Rec. 2008 LA Int. Conf. Communications*, p. 1
- [4] M. Oliveira; L.T. Silva; How urban noise can be influenced by the urban form, Puerto De La Cruz, Tenerife, *WSEAS Conf. Rec. 2010 DEEE, Int. Conf. Communications*, p 3.
- [5] L.V. Pereira, O uso do espaço na Habitação, LNEC (eds.), *Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura*, Lisboa, 1974.
- [6] J. Huang , X.X. Lu, J.M. Sellers, A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing, *Landscape and Urban Planning*, 82 (2007), pp. 184–197.
- [7] X. Li, A.G. Yeh, A, Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, *Landscape Urban Planning*, 69, (2004), pp. 335– 354.
- [8] M. Bennion, ; W. O'neill, Building transportation analysis zones using Geographic Information Systems, *Transportation Research Record*, v. 1429, 1994, pp. 49-56.
- [9] S.P. Sanches, Definição de zonas de tráfego, a partir de setores censitários usando um SIG. In: *Anpet – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes 1997*, 11., Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro, Brasil, v. 1, 1997, pp. 103-112.
- [10] A.M. García, I. Santé, D. Miranda,R. Crecenter, Analyses of Factors Influencing

- Urban Growth Patterns on Small Towns, Lugo, Spain, in *WSEAS Conf. Rec. 2009 UPT Int. Conf. Communications*, p. 2.
- [11] K. Baas, Design of zonal systems for aggregate transportation planning models, *Transportation Research Record*, v. 807, 1981, pp. 1-6.
- [12] J.B. Pedro, Programa habitacional. Vizinhança Próxima. LNEC (eds.), *Informações Científicas e Técnicas de Arquitectura*, Lisboa, 2001.
- [13] Decreto-Lei nº 9/2007. *Diário da república*, I Serie-A, Lisboa, Portugal, 2007, n.12.
- [14] OECD Organisation for Economic Co-operation and Development Publications (eds), *Roadside Noise Abatement*, Paris, France, 1995.
- [15] F. Bertellino, e G. Licitra, I Modelli Previsionali per il Rumore da Traffico Stradale. *Atti Convegno Nazionale Traffico e Ambiente 2000*, Progetto Trento Ambiente, Trento, Itália, 2000, pp. 63-82.
- [16] Directiva 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de Junho de 2002, *Official Journal of the European Communities*, 2000, pp.12-25.
- [17] L.T. Silva, e J.F.G. Mendes, Monitorização do ruído ambiente na zona de intervenção Polis da cidade de Viana do Castelo. *Pluris2005*, S. Carlos, Brasil, 2005.

Folhas de Registo das Medições

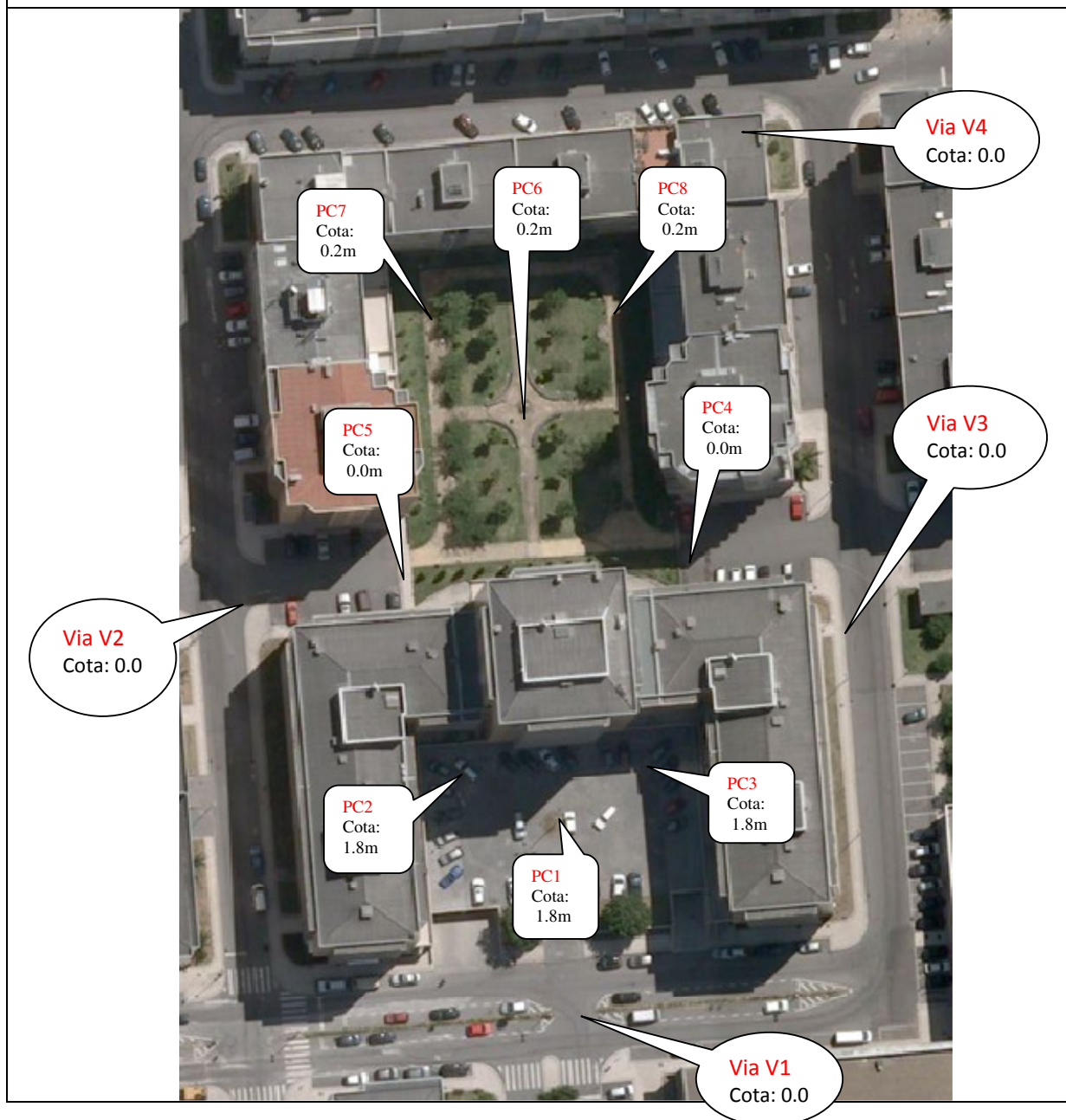
Para a Forma 4 temos os seguintes registos de medição com a respectiva legenda e visualização:

Forma 4 Real

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310



Forma 4 Real

Ponto de controlo: PC1

Local: Av. Antero Quental _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V1	Período de contagem	
	Início: 15h12	Fim: 15h42
Nº Veículos total	112	
% Pesados	0.0089	

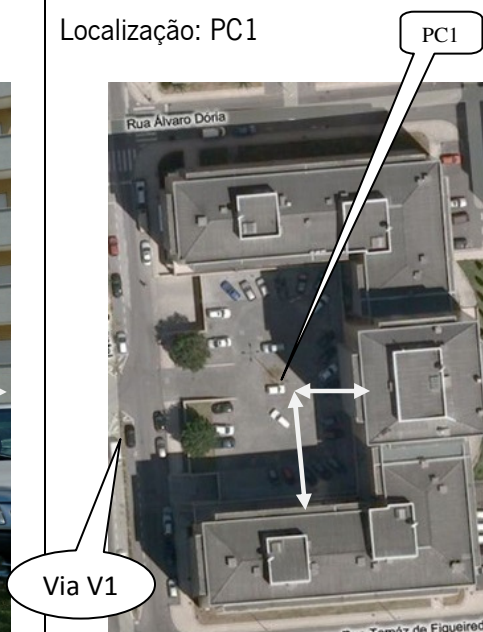
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 14h02	Fim: 14h32
$L_{eq}(A)$	57.5	
$L_{90}(A)$	59.7	
$L_{95}(A)$	53.2	

Fotografia do local:



Localização: PC1



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 14.5m Distância ao início da fachada=22.6m

Ponto de controlo: PC2

Local: Av. Antero Quental _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

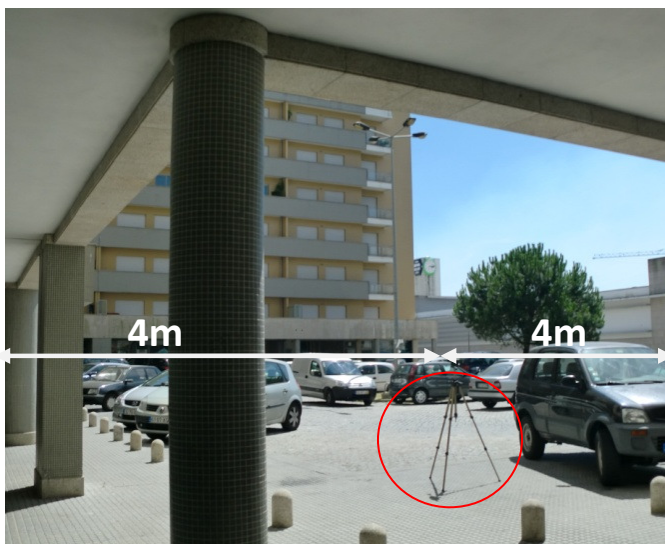
Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V1	Período de contagem	
	Início: 15h12	Fim: 15h42
Nº Veículos total	112	
% Pesados	0.0089	

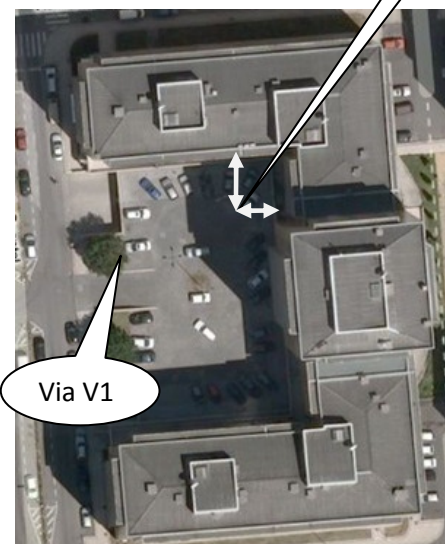
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 15h09	Fim: 15h39
$L_{eq}(A)$	54.8	
$L_{max}(A)$	58.6	
$L_{min}(A)$	51.3	

Fotografia do local:



Localização: PC2



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 4m

Distância ao início da fachada=4m

Ponto de controlo: PC3

Local: Av. Antero Quental _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V1	Período de contagem	
	Início: 15h12	Fim: 15h42
Nº Veículos total	112	
% Pesados	0.0089	

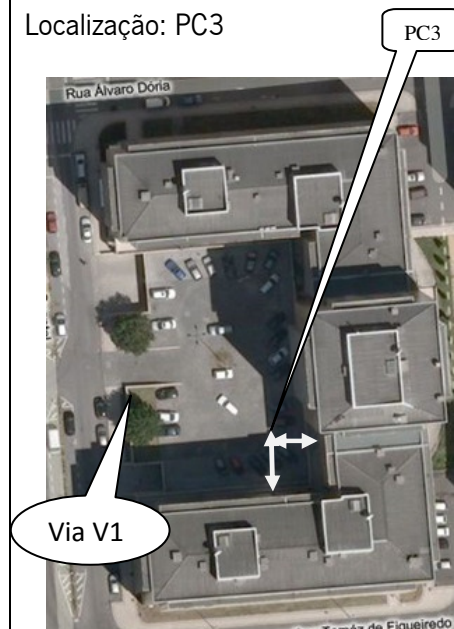
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 14h35	Fim: 15h05
$L_{eq}(A)$	51.7	
$L_{90}(A)$	55.9	
$L_{10}(A)$	40.6	

Fotografia do local:



Localização: PC3



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 4m Distância ao início da fachada=7m

Ponto de controlo: PC4

Local: Rua Tomás de Figueiredo_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 16h26	Fim: 16h56
Via V3+V3.1		
Nº Veículos total	57+3	
% Pesados	0.087+ 0.0	

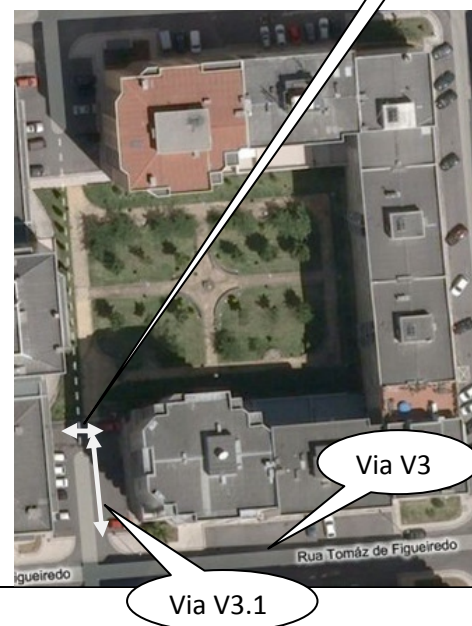
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 15h47	Fim: 16h17
$L_{eq}(A)$	52.6	
$L_{90}(A)$	56.7	
$L_{10}(A)$	47.3	

Fotografia do local:



Localização: PC4



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 8m Distância ao inicio da fachada=19m

Ponto de controlo: PC5

Local: Rua Álvaro Dória _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 15h53	Fim: 16h23
Via V2 + V2.1		
Nº Veículos total	59 + 4	
% Pesados	0.034 + 0.0	

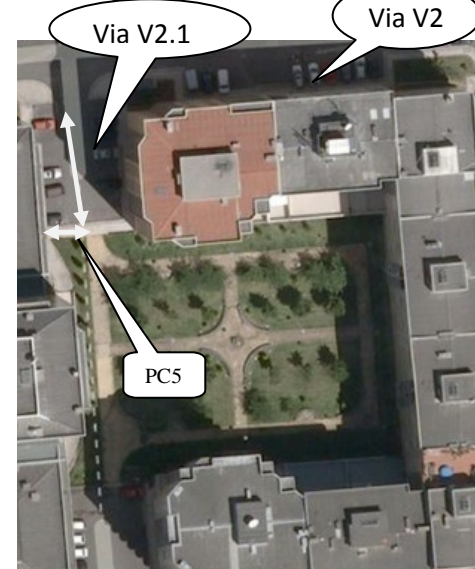
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 16h25	Fim: 16h55
$L_{eq}(A)$	53.9	
$L_{eq}(A)$	58.0	
$L_{95}(A)$	46.2	

Fotografia do local:



Localização: PC5



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 9m Distância ao início da fachada=18.5m

Ponto de controlo: PC6

Local: Rua Álvaro Dória_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Via V2 + V2.1	Início: 15h53
Nº Veículos total	59 + 4	
% Pesados	0.034 + 0.0	

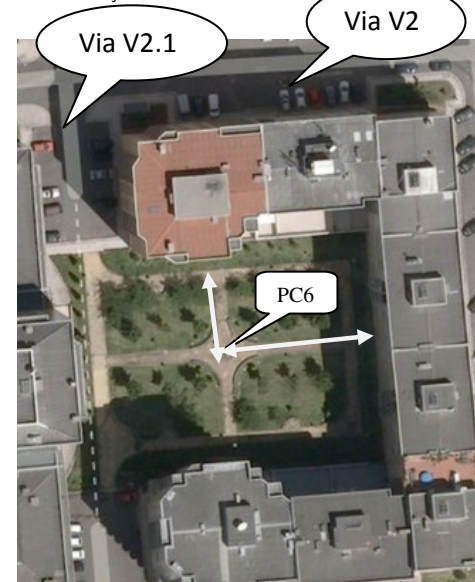
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
		Início: 16h55
$L_{eq}(A)$	50.1	
$L_{eq}(A)$	54.0	
$L_{95}(A)$	44.7	

Fotografia do local:



Localização: PC6



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 19m Distância ao inicio da fachada=26.5m

Ponto de controlo: PC7

Local: Rua Álvaro Dória_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 15h53	Fim: 16h23
Via V2 + V2.1		
Nº Veículos total	59 + 4	
% Pesados	0.034 + 0.0	

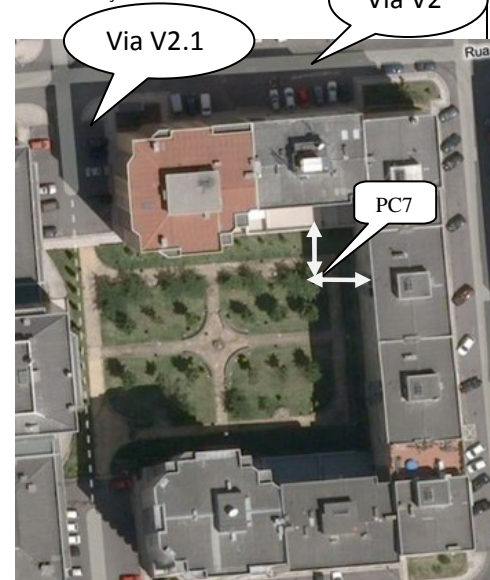
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 17h26	Fim: 17h56
$L_{eq}(A)$	50.1	
$L_{90}(A)$	55.2	
$L_{95}(A)$	44.2	

Fotografia do local:



Localização: PC7



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 6m Distância ao início da fachada=6m

Ponto de controlo: PC8

Local: Rua Tomás de Figueiredo_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Via V3 + V3.1	Início: 16h26
Nº Veículos total	57+3	
% Pesados	0.087+ 0.0	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
		Início: 18h00
$L_{eq}(A)$	50.2	
$L_{eq}(A)$	53.4	
$L_{95}(A)$	44.0	

Fotografia do local:



Localização: PC8



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 6m

Distância ao início da fachada=6m

Para a Forma 9 temos os seguintes registos de medição com a respectiva legenda e visualização:

Forma Tipo 9

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310



Forma Tipo 9

Ponto de controlo: PC1

Local: Rua André Soares _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V1	Período de contagem	
	Início: 14h37	Fim: 15h07
Nº Veículos total	70	
% Pesados	0.029	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 14h40	Fim: 15h10
$L_{eq}(A)$	65	
$L_5(A)$	72.0	
$L_{95}(A)$	55.1	

Fotografia do local:



Localização: PC1



Observações:

Durante a medição estava a decorrer obras na fachada próxima interferindo ruído do equipamento
ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 5m Distância ao passeio = 8.5m

Forma Tipo 9

Ponto de controlo: PC2

Local: Rua Dr. José Sousa Machado_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

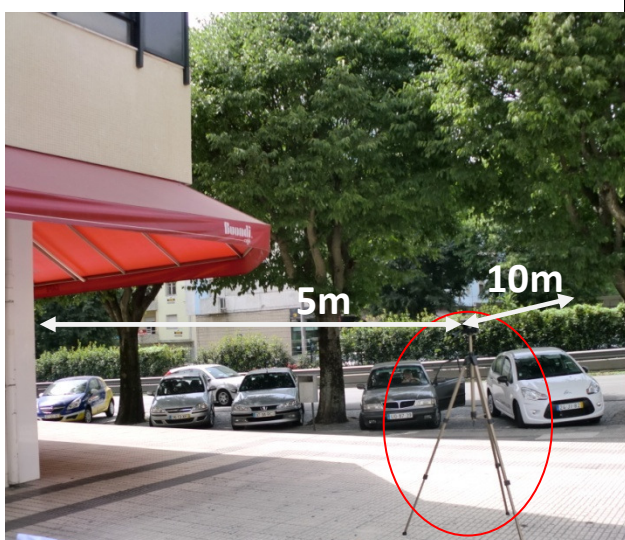
Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V4	Período de contagem	
	Início: 15h15	Fim: 15h45
Nº Veículos total	541	
% Pesados	0.059	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 15h15	Fim: 15h45
$L_{eq}(A)$	64.7	
$L_5(A)$	67.7	
$L_{95}(A)$	57.9	

Fotografia do local:



Localização: PC2



Observações:

Às 10 h 40 um reboque emite som dum sirene perto do sonómetro

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 5m Distância ao passeio = 10m

Forma Tipo 9

Ponto de controlo: PC3

Local: Rua da Taxa _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

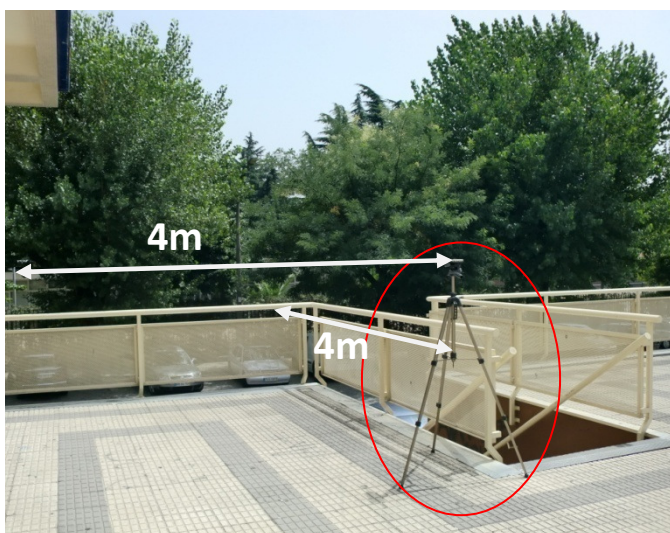
Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V2	Período de contagem	
	Início: 14h05	Fim: 14h35
Nº Veículos total	47	
% Pesados	0.043	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 14h05	Fim: 14h35
$L_{eq}(A)$	59.5	
$L_5(A)$	63.0	
$L_{95}(A)$	54.6	

Fotografia do local:



Localização: PC3



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 4m

Distância ao passeio =4m

Forma Tipo 9

Ponto de controlo: PC4

Local: Av. João XXI_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

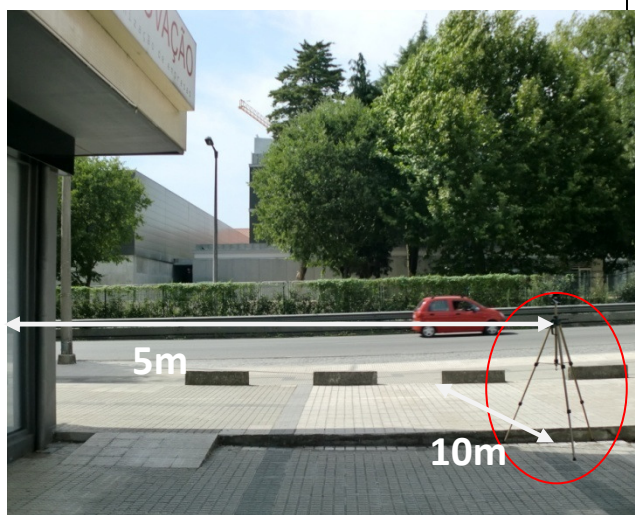
Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 15h15	Fim: 15h45
Via V3		
Nº Veículos total	685	
% Pesados	0.054	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 15h48	Fim: 16h18
$L_{eq}(A)$	66.1	
$L_5(A)$	69.7	
$L_{95}(A)$	58.1	

Fotografia do local:



Localização: PC4



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 5m

Distância ao passeio = 10m

Forma Tipo 9

Ponto de controlo: PC5

Local: Av. João XXI _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 15h15	Fim: 15h45
Via V3		
Nº Veículos total	685	
% Pesados	0.054	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 11h52	Fim: 11h22
$L_{eq}(A)$	58.9	
$L_5(A)$	62.1	
$L_{95}(A)$	52.8	

Fotografia do local:



Localização: PC5



Observações:

ALTURA DO TRIPÉ _ 1.5 M

Afastamento das fachadas 4.5m

Distância ao passeio = 20m

Para a Forma 10 temos os seguintes registos de medição com a respectiva legenda e visualização:

Forma Tipo 10

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310



Forma Tipo 10

Ponto de controlo: PC1

Local: Rua da Taxa _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

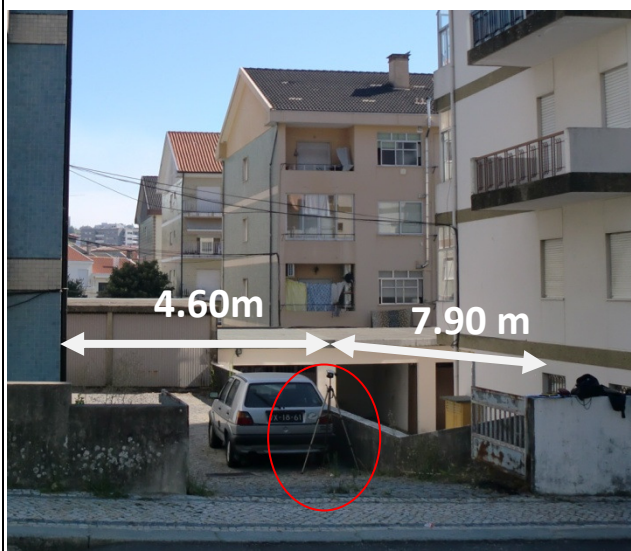
Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V1	Período de contagem	
	Início: 10h02	Fim: 10h32
Nº Veículos total	102	
% Pesados	0.0098	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 10h00	Fim: 10h30
$L_{90}(A)$	58.8	
$L_5(A)$	59.0	
$L_{95}(A)$	40.6	

Fotografia do local:



Localização: PC1



Observações:

Às 10 h 45 saída dum automóvel da garagem perto do sonómetro

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 4.6m

Distância ao passeio = 7.90m

Forma Tipo 10

Ponto de controlo: PC2

Local: Rua Dr. José Sousa Machado_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 10h30	Fim: 11h00
Via V3		
Nº Veículos total	8	
% Pesados	0	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 10h25	Fim: 10h55
$L_{eq}(A)$	48.4	
$L_{10}(A)$	53.7	
$L_{95}(A)$	39.6	

Fotografia do local:



Localização: PC2



Observações:

Às 10 h 40 um reboque emite som dum sirene perto do sonómetro

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 4m

Distância ao passeio = 9.0m

Forma Tipo 10

Ponto de controlo: PC3

Local: Rua da Taxa _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

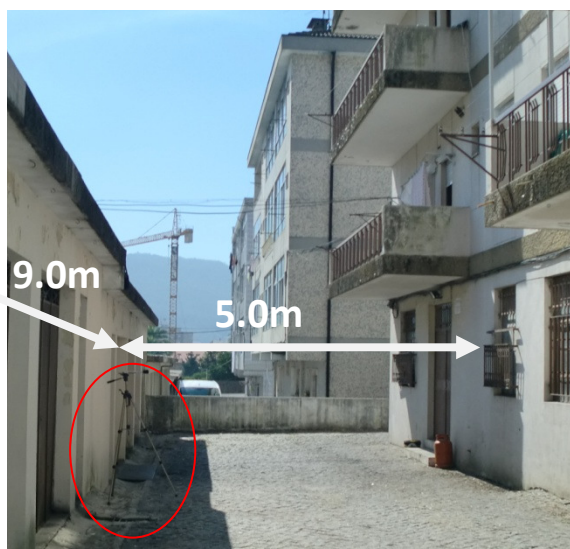
Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 10h02	Fim: 10h32
Via V2		
Nº Veículos total	23	
% Pesados	0.087	

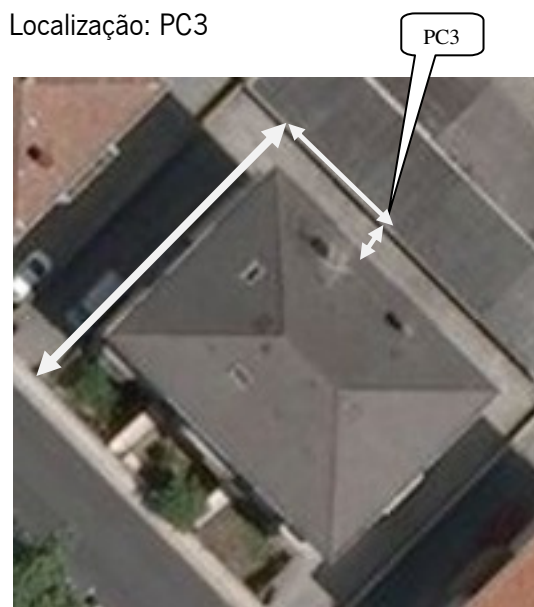
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 10h36	Fim: 11h06
$L_{eq}(A)$	51.7	
$L_{eq}(A)$	55.9	
$L_{95}(A)$	40.6	

Fotografia do local:



Localização: PC3



Observações:

Às 10 h 50 sino da igreja

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M

Afastamento das fachadas 5m

Distância ao passeio = 21.0m + 9.0m

Forma Tipo 10

Ponto de controlo: PC4

Local: Rua da Taxa_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida Via V1	Período de contagem	
	Início: 10h30	Fim: 11h00
Nº Veículos total	8	
% Pesados	0	

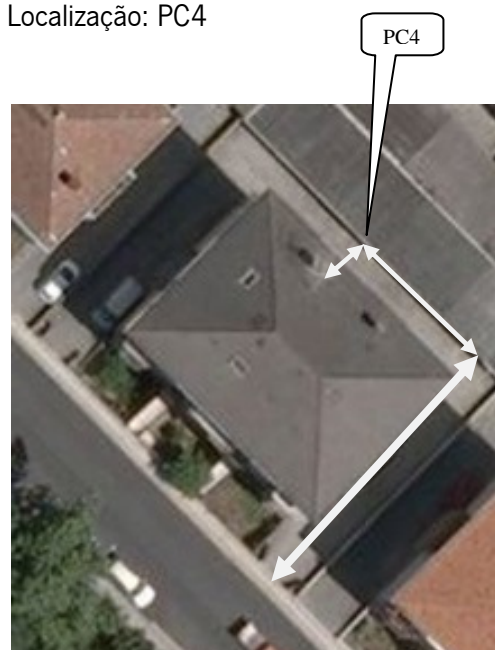
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 11h18	Fim: 11h48
$L_{eq}(A)$	52.4	
$L_{10}(A)$	57.0	
$L_{95}(A)$	38.7	

Fotografia do local:



Localização: PC4



Observações:

Às 11 h 20 bater do portão da garagem e às 11.30 saída do veículo estacionado perto do sonómetro
ALTURA DO TRIPÉ_ 1.5 M Afastamento das fachadas 5m Distância ao passeio = 21.0m + 9.0m

Forma Tipo 10

Ponto de controlo: PC5

Local: Rua da Taxa _ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lúcia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 5 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 11h16	Fim: 11h46
Via V4		
Nº Veículos total	34	
% Pesados	0	

Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 11h52	Fim: 11h22
$L_{eq}(A)$	53.0	
$L_{10}(A)$	58.8	
$L_{95}(A)$	38.8	

Fotografia do local:



Localização: PC5



Observações:

Às 11 h 53 saída dum automóvel perto do sonómetro

ALTURA DO TRIPÉ _1.5 M Afastamento das fachadas 4.2m Distância ao passeio = 8.0m

Forma Tipo 10

Ponto de controlo: PC6

Local: Rua Dr. José Sousa Machado_ Braga

Operador: Marta Oliveira

Supervisão: Lígia Torres Silva

Equipamento: Analisador de Ruído (Sonómetro Integrador+Software) Cesva310

Data de Leitura: 10 de Agosto 2010

Contagem tráfego:

Informação recolhida	Período de contagem	
	Início: 10h30	Fim: 11h00
Via V3		
Nº Veículos total	8	
% Pesados	0	

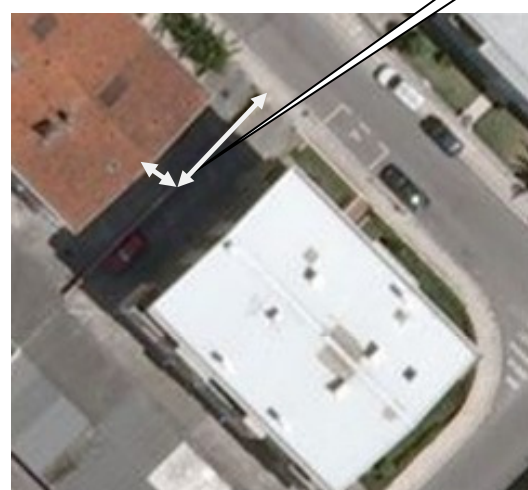
Leituras de Ruído Ambiente:

Parâmetro medido	Período de medição	
	Início: 10h25	Fim: 10h55
$L_{eq}(A)$	46.0	
$L_{eq}(A)$	50.8	
$L_{95}(A)$	39.4	

Fotografia do local:



Localização: PC6



Observações:

Às 10 h 40 um reboque emite som duma sirene perto do sonómetro

ALTURA DO TRIPÉ_1.5 M Afastamento das fachadas 4m Distância ao passeio = 12.0m