



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Maria José da Silva Pereira

**Gestão de Capacidades em Projetos de  
Industrialização: caso de estudo na indústria  
automóvel.**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação da  
Professora Doutora Anabela Pereira Tereso

Outubro de 2018

## DECLARAÇÃO

Nome: **Maria José da Silva Pereira**

Endereço eletrónico: **mariasp2812@gmail.com** Telefone: **915343876**

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: **14853076 1 ZX1**

Título da dissertação: **Gestão de Capacidades em Projetos de Industrialização: caso de estudo na indústria automóvel.**

Orientadora:

Professora Doutora Anabela Pereira Tereso

Ano de conclusão: 2018

Mestrado em Engenharia de Sistemas

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

Revejo a elaboração deste projeto nas entrelinhas da frase de Isaac Newton, que diz: “Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”. Valorizo o papel dos “gigantes” que acompanharam o meu trabalho e, por lhes reconhecer a sublime importância, aqui declaro toda a minha gratidão.

Começo pelo quadro académico, a Professora Doutora Anabela Tereso e a Professora Doutora Madalena Araújo. Muito agradeço a oportunidade de poder ter integrado uma investigação de semelhante interesse, inserida num contexto empresarial tão rico. Às profissionais mencionadas, gratifico ainda o apoio e a partilha de conhecimento no colmatar das demais questões que foram surgindo no decorrer do estudo.

Na vertente empresarial, dirijo o meu agradecimento ao Doutor João Faria, ao Engenheiro Paulo de Assis e ao Engenheiro Jaime Sagres por terem sido o suporte fundamental na definição dos objetivos do meu trabalho e por toda a orientação no processo de dar resposta aos mesmos. Ainda neste contexto, agradeço, de coração, à Marlene Rodrigues e ao Carlos Gonçalves. Acredito que o que retiro de mais vantajoso do meu estágio é a forma como me relacionei com os meus colegas e estas foram pessoas fundamentais na minha integração. Mais do que agradecer os seus ensinamentos e partilha de experiências, agradeço o seu exemplo.

Ao colega Bruno Rodrigues, a perspicácia que o caracteriza e a sua forma correta de estar resultaram sempre em conselhos prudentes, muitas vezes tidos em conta na tomada das minhas decisões. Agradeço-lhe também o companheirismo diário e a constante boa disposição.

Por fim, expresso a minha gratidão, de um modo geral, aos meus amigos e familiares pelo apoio incansável e motivação infindável



## RESUMO

O comportamento dos mercados competitivos atuais torna a gestão de projetos um dos fatores distintivos no sucesso das empresas. As suas práticas revelam-se cruciais no cumprimento de prazos, redução de custos, satisfação de requisitos de qualidade, entre outros benefícios.

Foi conduzido um estudo de caso no setor automóvel com o objetivo de desenvolver uma ferramenta capaz de auxiliar em processos de tomada de decisão pelo facto de permitir uma gestão visual dos recursos, em projetos de industrialização. A investigação foca-se num tipo específico de recursos humanos - os gestores de projeto - e espera-se que o resultado permita o colmatar de situações de sobrecarga dos mesmos.

Duas áreas de conhecimento da gestão de projetos foram consideradas para sustentar o estudo: *Project Resources Management* e *Project Schedule Management*.

O modelo desenvolvido considera a gestão de projetos de industrialização um processo *standard*, que convoca um conjunto típico de atividades, cuja duração e esforço são definidos de acordo com a complexidade do projeto. O método de escalonamento das atividades resulta de uma adaptação de heurísticas construtivas, alinhada com as especificações do problema.

## PALAVRAS-CHAVE

PROJETOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO, SISTEMA DE AVALIAÇÃO POR *QUALITY-GATES*, GESTOR DE PROJETO, GESTÃO DE RECURSOS, ESCALONAMENTO DE PROJETOS.



## **ABSTRACT**

The behaviour of the current competitive markets makes project management one of the distinctive factors in companies' success. Its practices have revealed to be crucial in deadlines accomplishment, costs reduction, quality requirements satisfaction, among other benefits.

A case study in an automotive company was conducted with the aim of developing a framework for visual management of resource capacities in industrialization projects. The research is focused on a specific type of human resources- the project managers- and the outcomes are foreseen to tackle work overload situations.

Two project management Knowledge Areas were considered to sustain the study: *Project Resources Management* and *Project Schedule Management*.

The model developed considers industrialization project management a standard process that usually calls for a typical set of activities, whose duration and effort are defined according to project complexity. The proposed activity scheduling process results from an adaption of heuristic based priority rules, aligned with the problem specifications.

## **KEYWORDS**

INDUSTRIALIZATION PROJECTS, *QUALITY-GATES* EVALUATION SYSTEM, PROJECT MANAGERS, PROJECT RESOURCE MANAGEMENT, PROJECT SCHEDULE MANAGEMENT.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Ilustrações.....	xiii
Índice de Tabelas .....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xix
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Motivação e Objetivos .....	3
1.3 Metodologias de investigação .....	5
1.3.1 Recolha e análise documental.....	6
1.3.2 Observação .....	7
1.3.3 Entrevistas semiestruturadas .....	8
1.3.4 Questionário .....	8
1.4 Estrutura da dissertação .....	10
2. Revisão Crítica da Literatura.....	13
2.1 Conceitos gerais de gestão de projetos.....	13
2.1.1 Projeto .....	14
2.1.2 Projetos de industrialização.....	15
2.1.3 Ciclo de vida de um projeto.....	16
2.1.4 Gestão de projetos .....	17
2.1.5 Gestor de programas .....	23
2.1.6 Gestor de portefólio .....	23
2.1.7 Gestor de projetos .....	24
2.1.8 Project Management Office .....	24
2.2 Planeamento de recursos e gestão de capacidades .....	25
2.3 Conceitos e Modelos de Escalonamento de Projetos.....	30
2.3.1 Método do Caminho Crítico.....	33
2.3.2 Problema de Escalonamento de Projetos com Recursos Limitados .....	36

3.	Caso de Estudo.....	45
3.1	A empresa Bosch Car Multimedia S.A. ....	45
3.2	Contextualização do estudo na estrutura da empresa .....	46
3.3	Product Engineering Process.....	49
3.4	A gestão de projetos na Bosch Car Multimedia S.A. ....	52
3.5	Bosch Project Lifecycle Model .....	54
3.5.1	Request – fase 0 .....	55
3.5.2	Preparation – fase 1 .....	56
3.5.3	Conception – fase 2.....	57
3.5.4	Implementation – fase 3.....	58
3.5.5	Completion - fase 4.....	58
4.	Problema de Escalonamento de Projetos.....	63
4.1	Abordagem ao problema.....	63
4.2	Modelo conceptual.....	70
4.3	Resolução heurística .....	74
5.	Implementação e Limitações da Heurística Desenvolvida.....	81
5.1	Exemplo de construção de soluções.....	81
5.2	Funcionamento e manual de utilização da ferramenta desenvolvida.....	93
5.2.1	Overview Worksheet.....	94
5.2.2	Business Plan Worksheet.....	96
5.3	Validação da ferramenta desenvolvida para gestão de capacidades.....	103
6.	Proposta de um Método para Atribuição de um Projeto a um Gestor de Projetos.....	105
7.	Conclusões e Trabalho Futuro .....	109
	Referências Bibliográficas .....	113
Apêndice I	Guião Informativo da Entrevista Semiestruturada, com um Elemento do <i>Project Management Office</i> , para Definição dos Parâmetros do Modelo .....	117
Apêndice II	Atividades da Função dos Gestores de Projeto.....	123
Apêndice III	Representação da Rede de Atividades que Caracterizam um Projeto de Industrialização Bosch	127
Apêndice IV	Ajuste no Número das Atividades pela Inclusão de Atividades Dummy nas Redes de Atividades	129

Apêndice V	Guião Informativo da Entrevista Semiestruturada com um Program Manager, para Definição de Parâmetros do Modelo.....	131
Apêndice VI	Duração e Esforço Necessário Para Executar cada Atividade de um Qualquer Projeto (de Acordo com a sua Categoria) .....	135
Apêndice VII	Diagrama de Gantt para Representação do baseline schedule dos Projetos de cada Categoria - Minimal Makespan (MS Project 2016) .....	137
Apêndice VIII	Implementação Computacional da Heurística: Detalhes do Programa Desenvolvido em VBA (Visual Basic for Applications) .....	143
Apêndice IX	Matriz Precedências: Worksheet “InfoPrecedences” da Ferramenta Desenvolvida ...	149
Apêndice X	Survey a Aplicar aos Gestores de Projeto para Validação dos Parâmetros do Modelo	151



## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Metodologias de investigação utilizadas, alinhadas com os <i>milestones</i> da investigação.	9
Ilustração 2 - Representação do triângulo <i>scope-time-cost</i> .....	14
Ilustração 3 - Representação Genérica do ciclo de vida de um projeto.....	16
Ilustração 4 - Relação entre os componentes-chave dos projetos .....	18
Ilustração 5 - Mapeamento dos Grupos de Processo da Gestão de Projetos e Áreas de Conhecimento	20
Ilustração 6 - Visão geral dos processos que a Gestão do Cronograma do Projeto .....	22
Ilustração 7 - Relação entre projeto, programas e portefólios. ....	23
Ilustração 8 - Fluxograma do processo relacionado com o Planeamento de Recursos.....	26
Ilustração 9 - Fluxograma do processo relacionado com a Estimação dos Recursos da Atividade.....	29
Ilustração 10 - Representação de um diagrama de atividades com o formato Activity-on-Arc (AoA) .....	32
Ilustração 11 - Representação de um diagrama de atividades com o formato Activity-on-Node (AoN) ..	33
Ilustração 12 - Exemplo de Projeto com 14 atividades, representado num diagrama de atividades AoN .....	34
Ilustração 13 - Números que caracterizam o Grupo Bosch ("Bosch in Figures") .....	45
Ilustração 14 - Setores do departamento MFE e respetivas funções .....	47
Ilustração 15 - Contextualização do estudo na estrutura organizacional da empresa .....	48
Ilustração 16 - Fases do Product Engineering Process .....	49
Ilustração 17 - "Quality-gate System" que caracteriza o PEP .....	50
Ilustração 18- Caracterização das amostras desenvolvidas nas fases do PEP .....	52
Ilustração 19- Ciclo de vida de um projeto de industrialização Bosch .....	55
Ilustração 20 - Workflow da fase "Request" .....	55
Ilustração 21 - Workflow da fase "Preparation" .....	56
Ilustração 22 - Workflow da fase "Conception" .....	57
Ilustração 23- Workflow da fase "Implementation" .....	58
Ilustração 24 - Workflow da fase "Completion" .....	59
Ilustração 25 - Ciclo de vida de um projeto de industrialização Bosch alinhado com o PEP .....	59
Ilustração 26 - Representação da rede de atividades que caracteriza o subprojeto I. ....	65
Ilustração 27 - Esquematização da proporcionalidade entre a duração das atividades e a alocação das atividades. ....	69

Ilustração 28 - Representação do projeto <i>i</i> com 45 atividades no formato AoN. ....	71
Ilustração 29 - Framework do algoritmo desenvolvido para escalonamento de projetos com due dates a respeitar e com o objetivo de minimizar a utilização máxima de recursos. ....	75
Ilustração 30- Representação de um "activity node" segundo o PMBOK. ....	82
Ilustração 31 - Rede de atividades completada com os valores de earliest start e earliest finish de cada atividade pertencente ao subprojeto II (forward-pass) .....	84
Ilustração 32 - Rede de atividades completada com os valores de earliest start e earliest finish de cada atividade pertencente ao subprojeto III (forward-pass) .....	84
Ilustração 33 - Rede de atividades completada com os valores de latest start, latest finish e folga de cada atividade pertencente ao subprojeto II (backward-pass) .....	85
Ilustração 34 - Rede de atividades completada com os valores de latest start, latest finish e folga de cada atividade pertencente ao subprojeto II (backward-pass) .....	86
Ilustração 35 - Matriz Alocação para os subprojetos II e III.....	86
Ilustração 36 - Representação do caminho crítico do subprojeto II. ....	88
Ilustração 37 - Representação do caminho crítico do subprojeto III. ....	89
Ilustração 38 - Rede de atividades, do subprojeto II, atualizada com os valores ajustados às novas durações.....	92
Ilustração 39 - Aspecto Visual da "Overview Worksheet".....	94
Ilustração 40 - Aspecto geral da "Business Plan" Worksheet. ....	96
Ilustração 41 - Detalhes da "Business Plan" Worksheet data do business plan. ....	96
Ilustração 42 - Detalhes da "Business Plan" Worksheet: tabela com os parâmetros de entrada relativos aos projetos .....	97
Ilustração 43 - Worksheets auxiliares com informação relativa à duração e à alocação de recurso que cada atividade requer, de acordo com a categoria do projeto .....	98
Ilustração 44 - Escalonamento dos dois primeiros subprojetos pertencentes aos projetos inseridos na tabela de inputs da ferramenta .....	99
Ilustração 45 - Outputs do modelo utilizados para gerar o gráfico "Capacities Management".....	100
Ilustração 46 - Gráfico "Capacity Management" para gestão visual de capacidades. ....	101
Ilustração 47 - Funcionamento do botão "Plan Total Headcounts". ....	102
Ilustração 48 - Filtro dos dados do gráfico ao perfil de alocação de um gestor de projetos selecionado. .....	102
Ilustração 49 - Esquematização da funcionalidade proposta .....	105

Ilustração 50 - Escalonamento das atividades entre o seu ES e LF .....	107
Ilustração 51 - Exemplo gráfico de como opera a variável "totalexceeded" .....	108
Ilustração 52 - Esquematização do procedimento associado ao desenvolvimento do método para a gestão de capacidades.....	110
Ilustração 53 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto I (milestone 0- QGC0) .....	127
Ilustração 54 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto II (QGC0-QGC1)	127
Ilustração 55 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto III (QGC1-QGC2) .....	127
Ilustração 56 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto IV (QGC2-QGC3) .....	128
Ilustração 57 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto V (QGC3-QGC4)	128
Ilustração 58 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto VI (QGC4-QGC5) .....	128
Ilustração 59 - Diagrama de Gantt com a representação do baseline schedule de cada subprojeto dos projetos de categoria A e B.....	138
Ilustração 60 - Diagrama de Gantt com a representação do baseline schedule de cada subprojeto dos projetos de categoria C.....	140
Ilustração 61 - Diagrama de Gantt com a representação do baseline schedule de cada subprojeto dos projetos de categoria D.....	142
Ilustração 62 - Detalhe no código associado à verificação do tipo de projeto e ao cálculo dos valores de ES e EF.....	143
Ilustração 63 - Detalhe no código relacionado com o cálculo dos valores de ES e EF .....	144
Ilustração 64 - Detalhe no código relacionado com o cálculo variável "Row" .....	144
Ilustração 65 - Detalhe no código relacionado com o preenchimento da Matriz Alocação .....	145
Ilustração 66 - Detalhe no código relacionado com o cálculo das variáveis "compress" e "descompress" .....	145
Ilustração 67 - Detalhe no código relacionado com a ordenação das atividades .....	146
Ilustração 68 - Detalhe no código relacionado com a determinação do caminho crítico .....	147
Ilustração 69 - Detalhe no código relativo à alteração da duração e do esforço as atividades .....	147
Ilustração 70 - Detalhe no código relativo ao ciclo while correspondente à última porta lógica da heurística .....	148

Ilustração 71 - Matriz de Precedências entre as atividades de uma rede genérica dos projetos de industrialização ..... 149

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos Fundamentais de Escalonamento de Projetos .....	32
Tabela 2- Caminhos possíveis do projeto e a respetiva duração de cada um. ....	34
Tabela 3- Cálculo do caminho crítico para o projeto exemplo apresentado. ....	36
Tabela 4- Matriz dos critérios de avaliação para categorização de projetos. ....	53
Tabela 5 - Fases do BPLM alinhadas com o Modelo Elementar de Gestão de Projetos .....	54
Tabela 6- Informações a reter para cada subprojeto relativamente às atividades que os constituem e aos seus tempos de início e fim. ....	67
Tabela 7- Duração $D_{cat}$ de um qualquer projeto $i$ de categoria $cat$ .....	72
Tabela 8 - Parâmetros de entrada do modelo desenvolvido.....	76
Tabela 9- Priorização das atividades por ordem crescente consoante mínimo valor registado de utilização de recurso. ....	89
Tabela 10 - Método para diminuição dos valores de duração de cada atividade. ....	91
Tabela 11 - Ajustes efetuados na taxa de utilização do recurso após alteração da duração das atividades. ....	92
Tabela 12- Atividades relativas à função do PjM no processo de gestão de projetos de industrialização. ....	123
Tabela 13 - N° das atividades ajustados à inclusão das atividades dummy nas redes de atividades..	129
Tabela 14 - Duração (dias) das atividades de um projeto, de acordo com a sua categoria. ....	135
Tabela 15 - Quantidade de recurso necessário para executar cada atividade de um projeto, de acordo com a sua categoria. ....	136



## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

BPLM - Bosch Project Lifecycle Model  
CPM - Critical Path Method  
DAG - Directed Acyclic Graph  
DFMA - Design for Manufacture and Assembly  
EFT - Earliest Finish Time  
EST - Earliest Start Time  
FF - Finish-to-Finish  
FPY - First-Pass Yield (quality target)  
FS - Finish-to-Start  
FUM – Follow-Up Manager  
GCRWC - Greatest Cumulative Resource Work Content  
GRWC - Greatest Resource Work Content  
IPMA - International Project Management Association  
IRR - Internal Rejection Rate (quality-target)  
ISIR - Initial Sample Inspection Report  
LFT - Latest Finish Time  
LJN - Lowest Job Number  
LM - Launch Manager  
LNRJ - Least Non-Related Jobs  
LPT - Longest Processing Time  
LST - Latest Start Time  
MFE - ManuFacturing Engineering  
MFI - ManuFacturing Industrialization  
MIP - Mixed Integer Programming  
MIS - Most Immediate Successors  
MSLK - Minimum Slack  
MTS - Most Total Successors  
OBS - Organizational Breakdown Structure  
OPL - Open Point List  
PDR - Product and Delivery Release

PEP - Product Engineering Process  
P-FMEA - Project/Product Failure Mode and Effect Analysis  
PgM - Global Project Manager  
PjM - Project Manager  
PMI - Project Management Institute  
PMO - Project Management Office  
PMP - Project Management Plan  
PO - Project Office  
PPM - Parts Purchase Manager  
PQM - Project Quality Manager  
PRINCE2 - PProjects IN Controlled Environments  
QGC - Quality- Gates of Customer projects  
RAM - Responsibility Assignment Matrix  
RBS - Risk Breakdown Structure  
RCPSP - Resource Constrained Project Scheduling Problem  
RLP - Resource Levelling Problem  
SDL - Sample Distribution List  
SF - Start-to-Finish  
SOP - Start Of Production  
SPT - Shortest Processing Time (SPT)  
SS - Start-to-Start  
VNS - Variable Neighborhood Search  
WBS - Work Breakdown Structure  
WCS - Worst Case Slack

## **1. INTRODUÇÃO**

A dissertação que se apresenta surge como iniciativa à conclusão do Mestrado em Engenharia de Sistemas, da responsabilidade do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Esta foi desenvolvida em contexto empresarial, na empresa *Bosch Car Multimedia SA*, em Braga, Portugal, no âmbito P25 IGPM (*Integrated Project Management of Industrialization Project*), projeto que integrou o programa INNOVATIVE CAR HMI (*iFactory*), financiado no âmbito da Colaboração Universidade do Minho – Bosch Car Multimedia.

A investigação foi suportada pela interação com profissionais da área de Gestão de Projetos, mais concretamente colaboradores do departamento Manufacturing Engineering (MFE). Enquanto departamento multifuncional, é constituído por profissionais de diferentes setores funcionais, responsáveis pela industrialização de novos produtos. Perceber o modo como se organizam e, de forma integrada, contribuem para os vários projetos de industrialização do produto, é o que caracteriza o início do presente estudo.

Este capítulo destina-se à exposição e enquadramento do tema da investigação, sendo ainda mencionados os objetivos e a motivação da mesma. A investigação seguiu metodologias que se encontram descritas e sustentadas numa das secções do capítulo. Por fim, é mencionada a estrutura da dissertação.

### **1.1 Enquadramento**

A intensa competitividade que se faz sentir nos mercados atuais, bem como a complexidade dos ambientes empresariais, acrescentam dificuldade aos projetos, o que cria a necessidade de implementar metodologias de gestão de projetos nas organizações (Popa & Tanasescu, 2010). Deste modo, torna-se comum considerar a área de gestão de projetos fundamental para a sobrevivência de uma empresa, no sentido em que lhe permite ser mais efetiva e adaptativa na resposta às exigências do mercado (APOGEP, 2008). Esta área tem ganho tal importância que é, atualmente, considerada como parte integrante do todo o processo de negócio de uma organização (Kerzner, 2017).

As próprias alterações no comportamento do mercado, mais especificamente o aparecimento de mercados globais, pressionam a inovar a ritmos elevados. Para as empresas acompanharem o ritmo da inovação, os projetos devem ser geridos de modo a serem rentáveis (Baker, 2010). Assim, a gestão de projetos é caracterizada como sendo um fio condutor que toma em consideração os objetivos da

empresa definidos com precisão, dando resposta aos mesmos pela projeção de estratégias que procuram conferir maiores taxas de sucesso ao projeto e, conseqüentemente, um melhor posicionamento da empresa no mercado (Carvalho, 2017).

Neste cenário, os gestores de projeto e as respetivas equipas cooperam no sentido de equilibrar aquilo que se conhece pelo triângulo *scope-time-cost*, tendo como aspeto central a qualidade do projeto (Atkinson, 1999). O tempo e os custos são suposições, calculados num momento em que pouco se sabe sobre o modo como o projeto irá evoluir. A qualidade é uma característica ou requisito requerido pelo cliente e o seu alcance depende da atitude dos colaboradores, o que se tem revelado difícil de gerir uma vez que altera durante o ciclo de vida do projeto.

A compreensão daquilo que é a atual gestão de projetos assenta em determinados tópicos que lidam com diferentes aspetos da sociedade, nomeadamente:

- A forma como as atividades são definidas e as alterações que sofrem aquando da execução do projeto;
- O tipo de recursos (humanos, tecnológicos, financeiros e outros);
- A natureza dos objetivos do projeto (produto, deadlines, qualidade, etc.);
- Fatores externos ao projeto e questões organizacionais tais como questões relacionadas com os requisitos dos clientes.

Neste sentido, as práticas e procedimentos usados para gerir um projeto dependem em muito dos esforços realizados pelas diferentes áreas de uma organização, por forma a estabelecer os objetivos do projeto de forma realista e clara, sem nunca descurar das expectativas dos diversos *stakeholders*. É ainda necessária uma compreensão entre as várias partes, de modo a contrapor conflitos de interesse em relação à qualidade, âmbito, tempo e custo do projeto (Tereso, 2016b). Mais ainda, Fernandes et al. (2013) afirmam que a gestão de projetos depende do contexto organizacional (negócio ou dimensão) bem como de fatores externos associados ao setor onde a organização está inserida.

Importa ter presente que a indústria tem sofrido alterações nos últimos tempos. Pode dizer-se que evolui de um sistema de trabalhos repetitivos, resultante do conceito de produção em massa aquando da revolução industrial, para trabalhos não-repetitivos (designados por projetos). Esta mudança representa também a necessidade de integrar técnicas de gestão de projetos nos diversos setores. Mais do que isso, questões relacionadas com a evolução tecnológica, multidisciplinidade e globalização, conferem aos projetos um caráter cada vez mais desafiante (Flyvbjerg, Bruzelius, & Rothengatter, 2003).

Em empresas de grande dimensão podem existir inúmeros projetos anualmente, tornando-se, assim, imperativo considerar as melhores práticas e *standards* da gestão de projetos (Andersen &

Vaagaasar, 2009) e, com base nelas, definir os próprios *standards*, práticas e ferramentas da empresa, de modo que a gestão de projetos seja eficiente (Milosevic & Patanakul, 2005).

Esta secção contextualiza e justifica a investigação que se foca na análise de um caso de estudo no setor de Engenharia e Manufatura, na indústria automóvel. Os padrões de inovação, nesta indústria, são radicalmente mais exigentes, comparando com o passado (Boyer, 1998). Além disso, a qualidade do produto e a satisfação do cliente são fatores cada vez mais preponderantes neste tipo de indústria (Andaleeb & Basu, 1994). Por este motivo, a gestão de projetos na indústria mencionada prende-se mais com questões qualitativas e subjetivas ao invés de se cingir a objetivos quantitativos, como a minimização da duração de um projeto e rentabilização do mesmo.

Conclusivamente, importa referir que para garantir o sucesso de um projeto é necessário que este seja planeado, executado, monitorizado e controlado por um gestor de projetos capaz e com a adequada disponibilidade para corresponder à complexidade do mesmo, juntamente com a equipa do projeto.

## **1.2 Motivação e Objetivos**

As organizações mais evoluídas, ao nível de gestão de projetos, possuem já procedimentos *standard*, gerais ou específicos da empresa, que cobrem todo o processo de gestão de um determinado projeto. Porém, na maioria das vezes, os procedimentos falham devido à falta de ferramentas e técnicas de alocação ótima dos recursos, bem como, formas de solucionar consequências problemáticas do facto de existirem eventos imprevisíveis. Aliado a estes fatores, a complexidade dos projetos reais dá azo a demasiadas decisões empíricas, difíceis de controlar e que conduzem a soluções afastadas das soluções ótimas (Faria, 2016). Assim, apesar do número cada vez maior de ferramentas comerciais para gestão de projetos (Kolisch, 1999), os gestores não possuem o suporte que lhes permita planear e acompanhar devidamente o progresso do projeto, especialmente quando este é sujeito a um elevado grau de incerteza, sendo o suporte científico ao planeamento e monitorização de projetos um tópico que deve ser explorado.

Como referido, as ferramentas e técnicas de gestão de recursos (e respetivas capacidades) são escassas e pouco funcionais em contextos complexos. De facto, existe um grande número de combinações possíveis de alocações de recursos sendo que, sem sistemas eficientes de apoio à decisão, baseados em modelos matemáticos que representem o modelo o mais objetivamente possível, a fase de planeamento de projetos revela-se pouco exata (André, Baldoquín, & Acuña, 2011). Porém, programações ótimas, para problemas reais, são computacionalmente impraticáveis através de

abordagens analíticas como a programação matemática. Consequentemente, as abordagens heurísticas têm sido a base dos procedimentos, sendo atualmente consideradas os meios mais eficientes para obter boas soluções, em tempo computacional razoável (Faria, 2016).

Neste sentido, a motivação da dissertação surge como uma tentativa de aproximar, na medida do possível, a complexidade de um contexto empresarial à precisão e exatidão científica, no que concerne ao que a empresa apresenta como problema ou necessidade.

A problemática levantada rege-se ao desenvolvimento de um método para gestão de capacidades de um determinado tipo de recurso, no caso específico da investigação, dos gestores de projetos de industrialização. Por forma a clarificar, o que se pretende é o desenvolvimento de um método que nos permita perceber o perfil de alocação de um recurso, num determinado horizonte temporal. Pode dizer-se que, por alocação entende-se a ocupação do recurso na execução das atividades que constituem a sua função, sabendo que cada atividade tem um conteúdo de trabalho associado.

Inerente ao presente estudo e resultado do que se apresenta como motivação e problemática, surge a seguinte **questão de investigação**:

*“Como gerir capacidades em projetos de industrialização, ajustando-se à realidade de uma empresa do setor automóvel?”*

Levantada a questão de investigação, importa perceber os **objetivos** definidos para delinear o progresso do estudo. Uma vez que o estudo decorrerá num contexto onde existem vários projetos em curso, é necessário ter em consideração que cada projeto, dado à sua característica de único, convoca pacotes de trabalho diferentes e envolve níveis de exigência diferentes. Será, portanto, necessário definir uma abordagem para lidar com as variações entre projetos, que permita criar um modelo adaptável a todos.

Como referido, o objetivo primordial da investigação está centrado na análise da alocação dos gestores de projeto, tendo em conta as atividades que constituem a sua função. Neste sentido, será necessário fazer um levantamento deste conjunto de atividades e ainda recolher parâmetros relativos ao conteúdo de trabalho de cada uma.

Criar um perfil de alocação exige, após conhecer a lista de atividades e o respetivo conteúdo de trabalho, escalonar as atividades ao longo de todo um horizonte temporal. No seguimento disso, é ainda necessário o conhecimento das relações de precedência entre as atividades, bem como a seleção de um método de escalonamento.

Para conferir interesse prático ao presente estudo, estipulou-se também como objetivo a criação de uma ferramenta que permita a gestão visual e intuitiva das capacidades dos recursos necessários para a execução de um determinado número de projetos - os projetos em portfólio. O desenvolvimento da ferramenta terá por base um modelo, que caracteriza o problema de escalonamento, conceptualizado de acordo com os requisitos da empresa e segundo os conhecimentos disseminados na revisão de literatura.

Em suma, é possível elencar os 5 objetivos que darão suporte ao presente estudo, no sentido de dar resposta à questão de investigação:

1. Definição de uma abordagem para lidar com as exigências dos diferentes projetos.
2. Estudo das atividades que constituem os diversos projetos e respetivas relações de precedência.
3. Levantamento do conteúdo de trabalho de cada atividade.
4. Desenvolvimento de um método para gestão de capacidades, em gestão de projetos de industrialização, tendo em conta os resultados dos objetivos mencionados anteriormente;
5. Desenvolvimento de uma ferramenta para gestão visual de recursos, necessários face a um portfólio de projetos.

### **1.3 Metodologias de investigação**

De forma rigorosa, uma investigação deve basear-se em metodologias, isto é, em teorias que validem os procedimentos e os resultados da mesma. Estas metodologias são também uma forma de obter conhecimento necessário para corresponder aos objetivos da investigação (Carvalho, 2017). De modo a compreender as filosofias e as abordagens do presente estudo, a formulação do modelo de investigação será feita e explicada à luz do *research onion* (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009), iniciando pela camada mais externa.

O estudo será desenvolvido no âmbito da gestão de projetos e como tal, não descarta que esta é uma atividade social que envolve intervenção e interação humana. O estudo será desenvolvido de acordo com uma **filosofia pragmática** (*"pragmatism"*). Ainda que a investigadora se reconheça como um ator social, inserido num contexto onde o projeto nunca poderá ser visto como uma "máquina" (envolve atividade humana dos stakeholders), serão utilizados métodos mistos - qualitativos e quantitativos. O foco da investigadora será dar resposta à pergunta de investigação, utilizando os resultados obtidos no

sentido de obter consequências positivas, ao invés de questionar conceitos como “a verdade” ou a “realidade”.

A presente investigação compreende, na sua essência, uma abordagem tendencialmente **dedutiva** uma vez que, advém de teorias já existentes numa panóplia de fontes bibliográficas. Face a isto, considerou-se o conhecimento como aceitável e válido (visão epistemológica ou Teoria do Conhecimento). Na sua prossecução, é desenvolvido um método para gestão de capacidades, resultante de teorias e ideias identificadas na revisão de literatura, aplicadas e testadas no contexto da investigação.

A dissertação, que se apresenta, foca-se no estudo de um caso único de práticas de gestão de projetos de industrialização, num contexto muito específico, a fábrica de Braga da empresa *Bosch Car Multimedia*. Deste modo, considera-se que **estudo do caso** é a estratégia a utilizar visto que o presente estudo envolve uma investigação empírica de um determinado fenómeno contemporâneo e contextualizado num caso real, utilizando várias fontes de evidência (Robson, 2002 citado por Saunders et al., 2009) A estratégia de investigação adotada prende-se com os objetivos do estudo, conhecimento existente e recursos disponíveis para dar resposta à questão de investigação (Saunders et al., 2009). Esta estratégia tem particular interesse neste caso pois pretende-se adquirir um vasto entendimento do contexto da investigação (Morris & Wood, 1991), tendo consciência que é necessário recorrer e conjugar várias fontes de informação para se compreender o fenómeno como um todo (Fernandes et al., 2013).

A informação recolhida em estudos de caso pode ser do tipo qualitativo, quantitativo ou ambos, obtida através de métodos como entrevistas, observação, análise documental e questionários (Baxter & Jack, 2008).

Nas subsecções seguintes, exploram-se os métodos que foram utilizados para conduzir o Estudo de Caso. Estes, combinados, permitiram obter informação formal/objetiva e informal/subjetiva, com o intuito de dar resposta aos objetivos da investigação.

### 1.3.1 Recolha e análise documental

A análise documental é um método de recolha de dados secundários através de materiais escritos – notas, *emails*, registos públicos ou administrativos, *reports* de *stakeholders*, artigos, livros, etc. – e não escritos – vídeos, imagens, gravações, etc. (Saunders et al., 2009).

Numa fase exploratória, direcionada para perceção e levantamento de requisitos do problema, foi necessário perceber a dinâmica da empresa no que concerne à gestão dos projetos de industrialização. Apesar da empresa processar uma enorme variedade de documentação pública e privada (normas, diretivas, apresentações, etc.), apenas dois documentos privados se mostraram relevantes,

nomeadamente: “Guiding you through Industrialization Projects Management: The Workbook” e “Guide for Project Management in Industrialization Projects: MIPBoK”. Pelo seu estudo, foi possível depreender questões relacionadas com processos e procedimentos formais no âmbito do *Product Engineering Process* (PEP) e da Gestão de Projetos.

Adicionalmente, recorreu-se a uma aplicação informática designada “Power”, onde é possível visualizar-se o *Project Overview Web Report*. Esta utiliza-se para o registo de todos os projetos que pertencem ao portefólio de projetos de industrialização em curso, acompanhados de algumas especificações.

A análise da ferramenta permitiu tirar conclusões em relação ao progresso dos projetos, revelando-se útil na decisão de que informações considerar como parâmetros do modelo a desenvolver. Podem referir-se a rede de atividades, a categorização dos projetos e dos gestores de projeto como exemplos do grupo de parâmetros anteriormente referidos.

Por fim, importa mencionar que os próprios artigos e livros analisados, aquando da revisão de literatura, foram uma fonte de informação que contribuiu para a **triangulação de informação**, não só recolhida a partir de documentos, como de outras formas explicadas em seguida.

### 1.3.2 Observação

Na sua definição basilar, entende-se por observação o uso dos sentidos para apreensão de determinados aspetos da realidade, a partir da qual é possível formular uma hipótese explicativa da causa de um fenómeno (Gerhardt & Silveira, 2009). Sobre a perspetiva de Saunders et al. (2009), é possível distinguir dois tipos de observação: observação participativa – do tipo qualitativo e na qual o investigador participa, enquanto membro da organização, nas atividades que constituem o Estudo de Caso – e observação estruturada – do tipo quantitativo, uma vez que consiste na observação da frequência das ações.

No caso particular da presente investigação, o primeiro tipo de observação dos tipos referidos anteriormente é o menos representativo. De facto, não houve nenhum género de participação nas atividades que constituem o dia-a-dia dos colaboradores da organização.

Aliado às noções mencionadas, apresenta-se o conceito de observação direta, apresentado por Patton (2002). Este é tipo de observação mais adequada para estudos exploratórios e desempenha um papel fundamental no entendimento do contexto, bem como na criação de um contacto próximo entre o investigador e o objeto de estudo.

Durante o decorrer do estudo, estando na mesma “*open space room*” dos gestores de projeto e de outros elementos, foi possível adquirir informações e conhecimento que permitiram aferir a abordagem ao problema.

### 1.3.3 Entrevistas semiestruturadas

Depois de definir uma abordagem para o problema (resultado dos meios de investigação anteriormente mencionados e de reuniões pontuais com elementos do PMO, que se podem caracterizar como entrevistas informais), foi necessário recolher algumas informações mais específicas que não constavam em nenhum tipo de documento e dificilmente se poderiam obter pela observação do meio envolvente.

Como referido nos objetivos da investigação, seria necessário perceber que tipo de atividades é executado nos diversos projetos, bem como a sua exigência em termos de conteúdo de trabalho. Este foi o tipo de informações que foi necessário recolher, visto não existirem registos que sustentassem o seu conhecimento. Para tal, a autora preparou entrevistas semiestruturadas com três colaboradores da empresa (dois a desempenhar funções de *Program Manager* e um elemento do *Project Management Office*), onde foi possível recolher as informações mencionadas (Apêndice I e Apêndice V).

Uma vez que as entrevistas semiestruturadas são de natureza exploratória e explicativa, foram a forma selecionada para a recolha dos dados primários acima mencionados. De facto, neste tipo de entrevistas, existe uma lista de questões a cobrir, porém deve haver espaço para a discussão dos assuntos abordados (Saunders et al., 2009). Dessa mesma forma, a autora interpelou os entrevistados com questões baseadas no conhecimento proveniente dos dois métodos anteriormente explicados, dando espaço para que estes manifestassem as suas opiniões e contribuíssem com conhecimento extra. A sustentação e o propósito das entrevistas são referidos no capítulo 4, na parte onde se explica a abordagem ao problema.

### 1.3.4 Questionário

Os dados recolhidos nas entrevistas representam o conhecimento de uma pequena amostra do departamento onde a investigação está inserida. Para validar os parâmetros de entrada do modelo, a autora elaborou um questionário, para distribuir pelos gestores de projeto (PjM), para que estes fizessem

uma avaliação qualitativa em relação ao conjunto de atividades estipuladas como *standard*, bem como dos seus atributos.

A escolha destes elementos como meio de validação deveu-se ao facto de todo o estudo se debruçar no quotidiano dos mesmos. Ainda que a função dos PjM seja gerida pelo conjunto de elementos entrevistados (os Program Managers), importa perceber se as perspetivas das diferentes camadas convergem, isto é, se os PjM concordam com os parâmetros do modelo.

Uma ressalva à fiabilidade dos contributos levou a que se optasse pela distribuição dos questionários apenas pelos gestores de projeto de industrialização com experiência profissional que justificasse a credibilidade da sua validação, ou seja, gestores que já tenham acompanhado um projeto de início ao fim. Isto permite-lhes conhecer todas as fases do projeto que a investigação contempla, bem como as atividades fundamentais das mesmas. Esta exigência reduz a população a um número de 8 gestores de projeto. Note-se que a validação foi meramente qualitativa, o que significa que o intuito do questionário não é apurar os parâmetros de entrada do modelo, mas sim ter perceção do quão desviado pode estar em relação à opinião dos gestores de projeto. Perceber este desvio importará na medida em que diferentes colaboradores da empresa podem estar desfasados no entendimento das atividades que concerne à função de um gestor de projetos de industrialização. Em suma, a Ilustração 1 esquematiza o alinhamento dos marcos que delineiam a investigação com as metodologias utilizadas para o seu cumprimento.

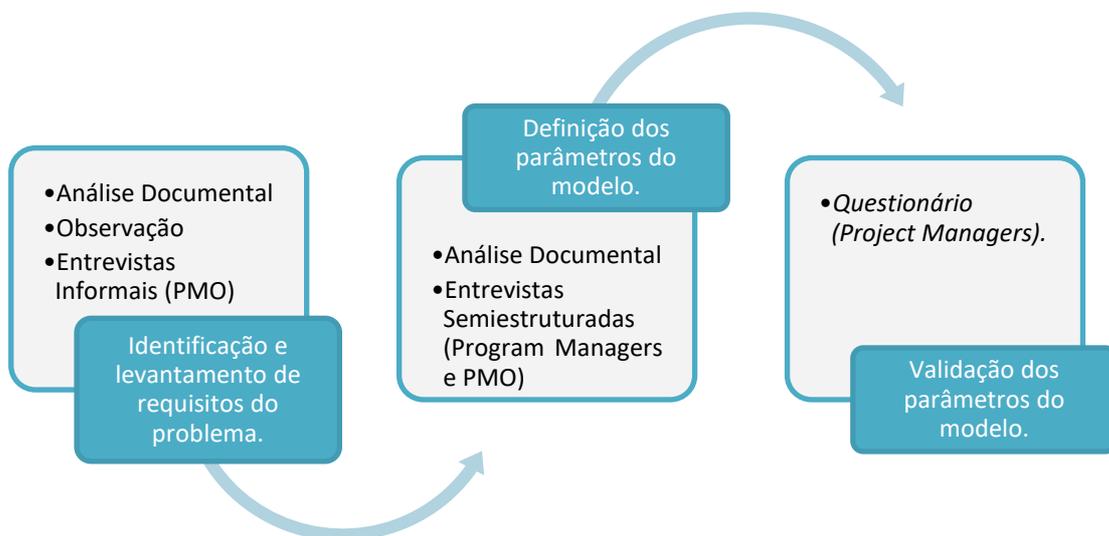


Ilustração 1 - Metodologias de investigação utilizadas, alinhadas com os *milestones* da investigação.

Importa referir que a investigação não se destina, exclusivamente, ao entendimento de um contexto empresarial. Esta ganha interesse prático com o desenvolvimento de ferramentas capazes de auxiliar no processo de tomada de decisão, associado à gestão de capacidades dos gestores de projeto. Por este

motivo, pode afirma-se que o presente estudo se caracteriza por ser todo o processo de resolução de um problema onde está subjacente o princípio fundamental do que se designa por **Design-Science Research** (Tellis, 1997). Este tipo de investigação assenta em 7 *guidelines* que serão, também eles, o sustento do presente estudo (Esearch, Hevner, March, Park, & Ram, 2004). Numa menção sinóptica espera-se, da investigação, o desenvolvimento de um artefacto viável, em forma de modelo/método (*guideline 1*), baseado em tecnologias e ajustado a um problema (*guideline 2*) cujo domínio é específico (*business problem*, neste caso). Torna-se crucial a avaliação do artefacto, isto é, confirmar a sua utilidade e testar a sua funcionalidade (*guideline 3*). Mais ainda, é expectável que seja uma ferramenta inovadora, capaz de resolver problemas da forma mais eficiente (*guideline 4*). Esta deve sustentar um modelo bem definido, formalmente representado, coerente e consistente (*guideline 5*). Por fim, depois de estar totalmente adaptada ao contexto e ao âmbito do seu desenvolvimento (*guideline 6*), deve ser exposta e claramente explicada aos demais interessados (*guideline 7*).

Uma vez que não será possível analisar os efeitos resultantes da implementação e utilização da ferramenta, não se pode reputar o presente estudo como seguindo uma estratégia investigação-ação. Assim, conclui-se que o melhor a considerar é um método misto que combina um convencional Estudo de Caso com *Design-Science Research*.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

O trabalho desenvolvido é apresentado em 7 capítulos, dispostos pela ordem que se apresenta em seguida. O conteúdo de cada capítulo é introduzido nesta secção de forma breve. Mais ainda, a dissertação contempla duas secções finais, não contabilizadas em capítulos, para as quais também é mencionado o seu teor.

##### ***Capítulo I: Introdução***

No primeiro capítulo é feito um enquadramento do tema da dissertação e são apresentados os objetivos do estudo, bem como as metodologias de investigação utilizadas.

##### ***Capítulo II: Revisão Crítica da Literatura***

Neste capítulo, é feita uma revisão geral da literatura associada à resolução de problemas de escalonamento de projetos com restrição de recursos, o que permite distinguir as grandes classes de problemas nesta área. É claro que para o seu entendimento, conceitos gerais relacionados com a gestão de projetos são, primeiramente, introduzidos.

### ***Capítulo III: Caso de Estudo***

O terceiro capítulo faz um enquadramento da realidade da empresa, permitindo à investigadora delimitar o problema de investigação e delinear um plano de ação.

### ***Capítulo IV: Problema de Escalonamento de Projetos***

Este capítulo expõe o conteúdo desenvolvido pela autora da dissertação, em resposta à problemática levantada e com o objetivo de colmatar as necessidades referidas pela empresa, bem como o desenvolvimento de uma heurística como método para gestão das capacidades de recursos.

### ***Capítulo V: Implementação e Limitações da Heurística Desenvolvida***

Neste capítulo, evidencia-se um exemplo de cenários simples que esclarecem o modo como a heurística, desenvolvida no capítulo anterior, foi implementada e de que forma funciona o algoritmo.

### ***Capítulo VI: Proposta de um Método para Atribuição de um Projeto a um Gestor de Projetos***

Nesta secção é apresentado um modelo que sustentaria uma funcionalidade adicional da ferramenta desenvolvida.

### ***Capítulo VII: Conclusões e Trabalho Futuro***

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões do trabalho de investigação desenvolvido, indicando as suas contribuições e sugestões para acrescentos ao mesmo.

### ***Referências Bibliográficas***

Apresenta-se uma lista de referências de todo o material que fundamentou o estudo desenvolvido.

### ***Apêndices***

Os apêndices contemplam informação suplementar, desenvolvida ao longo da investigação e necessária à compreensão do corpo do trabalho.



## 2. REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

Em virtude do trabalho a desenvolver, importa elencar os tópicos mais relevantes que o sustentam em termos teórico-científicos e ainda analisar investigações focadas na resolução do mesmo tipo de problemas. Neste sentido, o presente capítulo resulta da coletânea de literatura publicada no que concerne a conceitos gerais da gestão de projetos e, ainda, métodos de escalonamento de projetos.

Num apontamento sinóptico, o capítulo divide-se em dois grandes subcapítulos. O primeiro subcapítulo descreve os conceitos que constituem o conhecimento mais geral sobre a temática da gestão de projetos, bem como um breve sumário da sua evolução histórica mais recente. Por sua vez, o segundo subcapítulo foca questões relacionadas com áreas de conhecimento específicas da gestão de projetos, nomeadamente, planeamento de recursos e gestão das suas capacidades. Com o decorrer da investigação, facilmente se percebeu que a gestão de capacidades está diretamente relacionada com o tópico escalonamento de projetos, daí a necessidade de um terceiro subcapítulo que foca o tópico.

### 2.1 Conceitos gerais de gestão de projetos

A literatura disponível na área de gestão de projetos, assim como a sua evolução e os conceitos que lhe estão associados, é muito vasta. De um modo simplista, sempre existiu a noção de projeto. Porém, com o aumento das exigências do mercado, recorrência de entregas com datas apertadas num contexto de escassez de recursos, a necessidade de gerir projetos, de forma adequada, tornou-se mandatário.

Enquanto disciplina científica, a gestão de projetos surge em meados do século XX, depois de Henry Gantt ter criado os conhecidos diagramas de Gantt, ainda hoje utilizados (Wilson, 2003). Mais tarde, esta área torna-se alvo de estudo por diversos autores, consoante perspetivas e conceitos variados. Além disso, existe um conjunto de entidades que padronizam as práticas associadas à gestão de projetos. Uma das mais conhecidas, e à qual a empresa Bosch Car Multimédia Portugal, S.A., Braga está vinculada no estabelecimento da sua própria padronização de práticas e ferramentas, é o *Project Management Institute* (PMI).

Adicionalmente, pode mencionar-se o *International Project Management Association* (IPMA) como outra das entidades com contributos relevantes nesta área. É, essencialmente, com base nestes órgãos, em conjunto com autores individuais, que é feito o levantamento teórico dos conceitos gerais e explicada a visão geral associada à gestão de projetos.

### 2.1.1 Projeto

Iniciando pelo conceito fundamental, um projeto é definido pelo PMI com um esforço temporário, empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2017). Em concordância, Kerzner (2017) e Meredith e Mantel (2012) apresentam a mesma definição, defendendo que um projeto é um esforço irrepetível, feito com o intuito de cumprir um ou mais objetivos. Baker (2010) detalha o conceito como uma sequência de atividades, trabalhos, operações ou tarefas com um início e um fim específico, que tem como *output* um produto, serviço ou qualquer outro tipo de resultado. O PRINCE2 (*Projects in Controlled Environments*), utilizado como um *standard* para gestão de projetos, especialmente no Reino Unido, introduz na definição o conceito de *business case*, afirmando que um projeto é uma organização temporária criada com o objetivo de entregar um ou mais produtos de negócio, de acordo com um *business case* acordado (Lianying, Jing, & Xinxing, 2012). A definição contempla o máximo de detalhe quando lhe são acrescentadas as noções de restrição de tempo, recursos e custos. Resumidamente, e remetendo para a sua definição básica, um projeto pode ser considerado uma entidade tridimensional, conhecida como o triângulo *scope-time-cost*, exposto na Ilustração 2.



Ilustração 2 - Representação do triângulo *scope-time-cost*  
(Atkinson, 1999)

Esta integração é avaliada no sentido de medir o sucesso do projeto, isto é, a capacidade de atingir determinados objetivos (*scope*), sem descuidar o cumprimento das datas dos entregáveis (*time*), considerando os recursos alocados ao projeto (*cost*).

Resumindo, considera-se que um projeto detém características muito próprias. Este compreende um conjunto de **atividades sequenciadas** (por questões técnicas e extrínsecas à gestão) que decorrem num **contexto único e finito**. Como referido anteriormente, todos os projetos têm uma data de conclusão, imposta externa ou internamente e marcada pelo alcance de todos os objetivos ou pela percepção que não é possível concluir o projeto. As atividades, normalmente, estão **interligadas** por relações lógicas ou técnicas. Um projeto é, portanto, constituído por um conjunto de tarefas e recursos

independentes, aspeto que lhe confere **complexidade**. Esta está também associada à dimensão ou grau de inovação do projeto, fatores inerentes a um **elevado risco**. Ainda neste âmbito, destaca-se a multidisciplinariedade que caracteriza um projeto. De facto, os esforços realizados em diferentes áreas requerem integração e uma coordenação global. Por fim, ressalva-se que um projeto tem sempre **restrições** a nível de tempo, custo, recursos humanos, técnicos e materiais.

Para melhor contextualizar o que diz respeito à investigação desenvolvida, a próxima secção destina-se ao entendimento de um tipo específico de projetos: projetos de industrialização.

### 2.1.2 Projetos de industrialização

Os projetos de industrialização compreendem questões relacionadas com o *design* e desenvolvimento das linhas de manufatura, para produzir um produto específico (Perrotta, Araújo, Fernandes, Tereso, & Faria, 2017). Para isto, não só é necessário identificar e compreender bem os requisitos do produto, mas também o conceito de industrialização. O produto deve ser desenvolvido consoante os requisitos do cliente, especialmente quando se trata de um *Original Equipment Manufacturer* (OEM), e maturado no sentido de se tornar um produto industrializável.

A avaliação dos projetos de industrialização é feita através de *stage-gate systems*, definidos como “*a system (that) is both a conceptual and an operational model for moving a new product for idea to launch. It is a blueprint for managing the new-product process to improve effectiveness and efficiency*” (Cooper, 1990, p. 44). Estes decompõem o projeto em fases (*stages*), onde são desenvolvidos protótipos que serão validados nas *quality gates*. Estas são pontos no tempo onde é avaliada a qualidade dos protótipos desenvolvidos, isto é, se cumprem ou não os requisitos definidos pelos *stakeholders*. Quando tal não acontece, o processo é obrigado a parar e o produto sofre alterações até ser aceite. O propósito deste tipo de sistemas é prevenir que o projeto evolua para fases posteriores, em casos onde se registam falhas no cumprimento dos requisitos (Perrotta et al., 2017).

Posto isto, um projeto de industrialização consiste no desenvolvimento de vários protótipos com o intuito de maturar o produto antes que este seja produzido em série. Note-se que o cliente é também inserido no projeto de industrialização, recebendo alguns protótipos para fazer a sua própria avaliação e dar *feedback* posteriormente. O seu *feedback* pode alterar os requisitos a serem satisfeitos, criando, conseqüentemente, alterações no produto. Até que todos os requisitos do cliente sejam respeitados, são construídos novos protótipos antes de iniciar a produção em série (Perrotta et al., 2017).

Ainda que geridos por um sistema de *quality-gates*, este tipo de projetos possuem o mesmo ciclo de vida de um projeto qualquer. Uma vez que o presente estudo implica o entendimento das atividades da função de um gestor de projetos, importa perceber o que acontece em cada fase do ciclo de vida de um projeto. O sistema de *quality-gates* acaba por estar integrado com este ciclo, como se perceberá, futuramente, no Capítulo 3.

### 2.1.3 Ciclo de vida de um projeto

O ciclo de vida de um projeto consiste numa série de fases genéricas pelas quais o projeto passa desde o seu início até à sua conclusão. Em cada fase, as atividades estão logicamente relacionadas, com o propósito de corresponder aos requisitos e às datas de entregáveis. De acordo com o PMI (2017), as fases podem ser sequenciais, iterativas ou sobrepostas. É possível observar na Ilustração 3, e de acordo com o que a visão clássica do ciclo de vida dos projetos defende, este é constituído por 4 fases, que findam com o assinalar de uma *gate*.

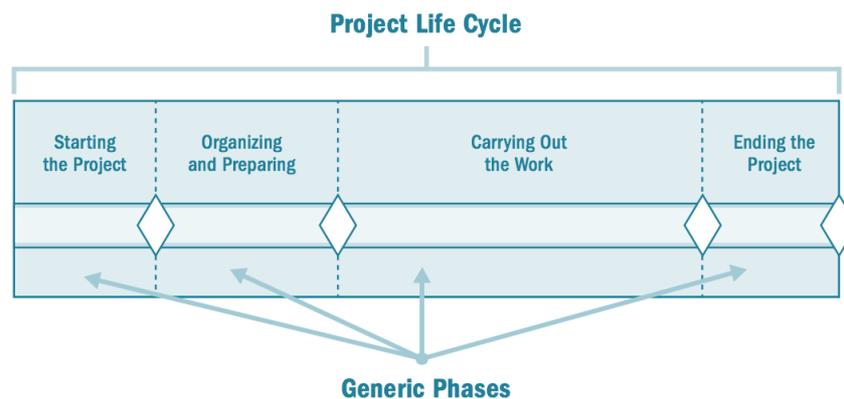


Ilustração 3 - Representação Genérica do ciclo de vida de um projeto (PMI, 2017)

Cada fase é uma combinação de atividades, logicamente relacionadas, que culminam na realização de um ou mais entregáveis. De acordo com o que se estabelece nos documentos do projeto (*business case*<sup>1</sup> e *benefits management plan*<sup>2</sup>), espera-se, na primeira fase, o desenvolvimento do

---

<sup>1</sup> O *business case* é um estudo da viabilidade económica do projeto.

<sup>2</sup> O *benefits management plan* é o documento que define os processos para criar, maximizar e sustentar os benefícios fornecidos por um projeto.

Project Charter<sup>3</sup>. Na fase seguinte, propõe-se o desenvolvimento do Project Management Plan<sup>4</sup> que será a base da fase posterior, que consiste na execução do projeto, até à sua finalização (última fase). Nas *gates*, a performance do projeto é comparada com os documentos do projeto e do negócio. É com base nesta comparação que são tomadas decisões relacionadas com o prosseguimento do projeto.

Ainda que esta seja uma *framework* básica que se aplica a qualquer projeto, independentemente do trabalho específico envolvido, o ciclo de vida de um projeto deve ser flexível o suficiente para lidar com a variedade de fatores que o projeto inclui.

O ciclo de vida do projeto é gerido pela execução de uma série de atividades de gestão de projetos conhecidas como processos de gestão de projetos. Todos os processos de gestão de projetos produzem um ou mais *outputs*, a partir de um ou mais *inputs*, recorrendo a ferramentas e técnicas apropriadas de gestão de projetos. O output pode ser um entregável ou qualquer espécie de resultado.

A gestão de projetos é executada através da aplicação e integração apropriadas de processos de gestão de projetos, agrupados logicamente. Embora existam diferentes maneiras de agrupar processos, o PMI (2017) agrupa os processos em cinco categorias chamadas grupos de processos. Estes serão explorados, seguidamente, aquando a abordagem dos conceitos gerais associados à gestão de projetos.

#### 2.1.4 Gestão de projetos

De acordo com o PMI (2017), a gestão de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para projetar atividades que atendem aos requisitos do projeto. Esta aplicação do conhecimento requer a gestão eficaz de processos apropriados. Noutra perspetiva, a gestão de projetos preocupa-se com a aplicação de métodos, ferramentas, técnicas e competências para que o projeto possa atingir os seus objetivos. É efetuada através de processos e inclui a integração das várias fases do ciclo de vida do projeto (*IPMA*, 2015).

Numa formulação mais abstrata, a gestão de projetos é o processo que lida com atividades e recursos. Mais do que isso, é pela gestão de projetos que estes dois conceitos se alinham no sentido de atingir um conjunto de objetivos. Para isso, é necessário dividir grandes problemas em problemas mais pequenos, passíveis de serem geridos. Como dividir os problemas e por onde começar são questões às

---

<sup>3</sup> O *Project Charter* é definido como um documento que autoriza formalmente a existência de um projeto e fornece ao gestor de projeto a autoridade para alocar recursos às atividades do projeto.

<sup>4</sup> O *Project Management Plan* é definido como o documento que descreve como o projeto será executado, monitorizado e controlado.

quais a gestão de projeto dá resposta (Faria, 2016). A capacidade de colmatar as principais dificuldades relacionadas com gestão de problemas complexos advém dos processos que regem a gestão de projetos. Esses processos são logicamente agrupados em 5 Grupos de Processos, identificados na Ilustração 4. Ainda que haja um potencial uso de todos os grupos em todas fases do ciclo de vida do projeto, como a Ilustração 4 sugere, estes são independentes das mesmas.

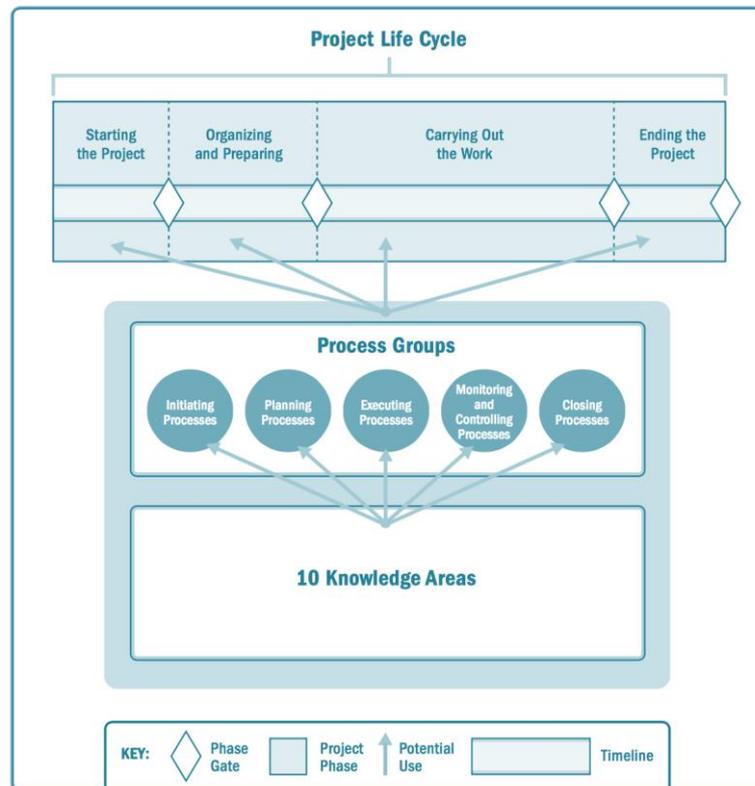


Ilustração 4 - Relação entre os componentes-chave dos projetos  
(PMI, 2017)

O ciclo de vida do projeto evidencia a questão da temporalidade de um projeto e integra os seguintes grupos de processos (PMI, 2017):

- **Grupo de processos de iniciação:** a execução destes processos define um novo projeto ou uma nova fase de um projeto já existente, obtendo autorização para o seu início.
- **Grupo de processos de planeamento:** estes processos envolvem a definição do âmbito do projeto, detalhar os objetivos do projeto e preparar um plano de ação para cumprir com os objetivos a que o projeto se propõe.
- **Grupo de processos de execução:** a execução destes processos completa o trabalho definido no Project Management Plan no sentido de satisfazer os requisitos do projeto.

- **Grupo de processos de monitorização e controlo:** os processos desta fase destinam a acompanhar, rever e regular o progresso e a performance do projeto; destinam-se ainda a identificar em que fase são necessárias alterações relativamente ao planeamento, iniciando as próprias mudanças necessárias.
- **Grupo de processos de encerramento:** este grupo de processos define, formalmente, o fecho do projeto, fase ou contrato.

De acordo com o PMI (2017), gerir um projeto pode ser feito através de um total de 49 processos, sendo cada um pertencente a um dos 5 grupos de processos anteriormente mencionados e a uma das 10 áreas de conhecimento relevantes para a gestão de projetos.

A presente investigação foca-se em processos relacionados com o grupo de planeamento e integra duas áreas de conhecimento: Gestão do Cronograma do Projeto e Gestão dos Recursos do Projeto. A Ilustração 5 assinala o contexto da investigação naquilo que é o Mapeamento dos Grupos de Processo da Gestão de Projetos e Áreas de Conhecimento.

A primeira Área de Conhecimento mencionada inclui os processos responsáveis pela gestão de aspetos temporais relacionados com a conclusão do projeto. Estes processos são necessários para gerir o cumprimento do prazo de conclusão do projeto. A segunda inclui os processos que organizam, gerem e lideram a equipa do projeto.

Knowledge Areas	Project Management Process Groups				
	Initiating Process Group	Planning Process Group	Executing Process Group	Monitoring and Controlling Process Group	Closing Process Group
<b>4. Project Integration Management</b>	4.1 Develop Project Charter	4.2 Develop Project Management Plan	4.3 Direct and Manage Project Work 4.4 Manage Project Knowledge	4.5 Monitor and Control Project Work 4.6 Perform Integrated Change Control	4.7 Close Project or Phase
<b>5. Project Scope Management</b>		5.1 Plan Scope Management 5.2 Collect Requirements 5.3 Define Scope 5.4 Create WBS		5.5 Validate Scope 5.6 Control Scope	
<b>6. Project Schedule Management</b>		6.1 Plan Schedule Management 6.2 Define Activities 6.3 Sequence Activities 6.4 Estimate Activity Durations 6.5 Develop Schedule		6.6 Control Schedule	
<b>7. Project Cost Management</b>		7.1 Plan Cost Management 7.2 Estimate Costs 7.3 Determine Budget		7.4 Control Costs	
<b>8. Project Quality Management</b>		8.1 Plan Quality Management	8.2 Manage Quality	8.3 Control Quality	
<b>9. Project Resource Management</b>		9.1 Plan Resource Management 9.2 Estimate Activity Resources	9.3 Acquire Resources 9.4 Develop Team 9.5 Manage Team	9.6 Control Resources	
<b>10. Project Communications Management</b>		10.1 Plan Communications Management	10.2 Manage Communications	10.3 Monitor Communications	
<b>11. Project Risk Management</b>		11.1 Plan Risk Management 11.2 Identify Risks 11.3 Perform Qualitative Risk Analysis 11.4 Perform Quantitative Risk Analysis 11.5 Plan Risk Responses	11.6 Implement Risk Responses	11.7 Monitor Risks	
<b>12. Project Procurement Management</b>		12.1 Plan Procurement Management	12.2 Conduct Procurements	12.3 Control Procurements	
<b>13. Project Stakeholder Management</b>	13.1 Identify Stakeholders	13.2 Plan Stakeholder Engagement	13.3 Manage Stakeholder Engagement	13.4 Monitor Stakeholder Engagement	

Ilustração 5 - Mapeamento dos Grupos de Processo da Gestão de Projetos e Áreas de Conhecimento (PMI, 2017)

Relativamente à área designada por *Project Schedule Management*, existem 5 processos que se caracterizam por um conjunto de *inputs*, técnicas/ferramentas e *outputs*.

O primeiro processo, denominado *Plan Schedule Management*, destina-se a estabelecer políticas, processos e documentação para o planeamento, desenvolvimento, execução e controle do cronograma do projeto. Este processo tem como *output* o *Project Schedule Plan* que define a forma como o cronograma será gerido ao longo do projeto. Este processo tem em conta o âmbito do projeto, bem como determinados fatores de que são exemplo a estrutura e a cultura organizacional da empresa,

informações históricas, o *software* utilizado para escalonamento, etc.

Seguidamente, é necessário identificar e documentar as ações específicas a serem realizadas - *Define Activities*. Este processo tem como *input* o *Project Schedule Plan* definido no processo anterior assim como o *Scope Baseline* do projeto. Através de técnicas como *Decomposition* e *Rolling Wave Planning* obtém-se então o *output* do processo. De forma geral, a primeira técnica referida consiste em dividir e subdividir o projeto em partes mais pequenas - denominadas de Atividades - de modo a ser mais fácil geri-lo. A segunda técnica é um processo de planeamento iterativo onde atividades com uma data de fim mais próxima são planeadas com um maior nível de detalhe em relação às outras. Os *outputs* do processo são listas de atividades com os respetivos atributos (informações como a duração das atividades, recursos necessários para a realização das mesmas, etc.) e os *milestones* do projeto.

Após identificar as atividades, é necessário perceber as relações entre elas e proceder à sequenciação e à estimação da duração das mesmas - *Sequence Activities* e *Estimate Activity Duration*. Este processo tem como *input* o *Project Schedule Plan*, documentos do projeto como a lista de atividades e, ainda, fatores organizacionais. Posto isto, existe ainda um último processo designado por *Develop Schedule*, que consiste em analisar a sequência das atividades, as suas durações, recursos e restrições do contexto para criar, através de técnicas explicadas em capítulos seguintes, o cronograma do projeto (PMI, 2017). A Ilustração 6 esquematiza os processos e resume os seus *inputs* e *outputs*.

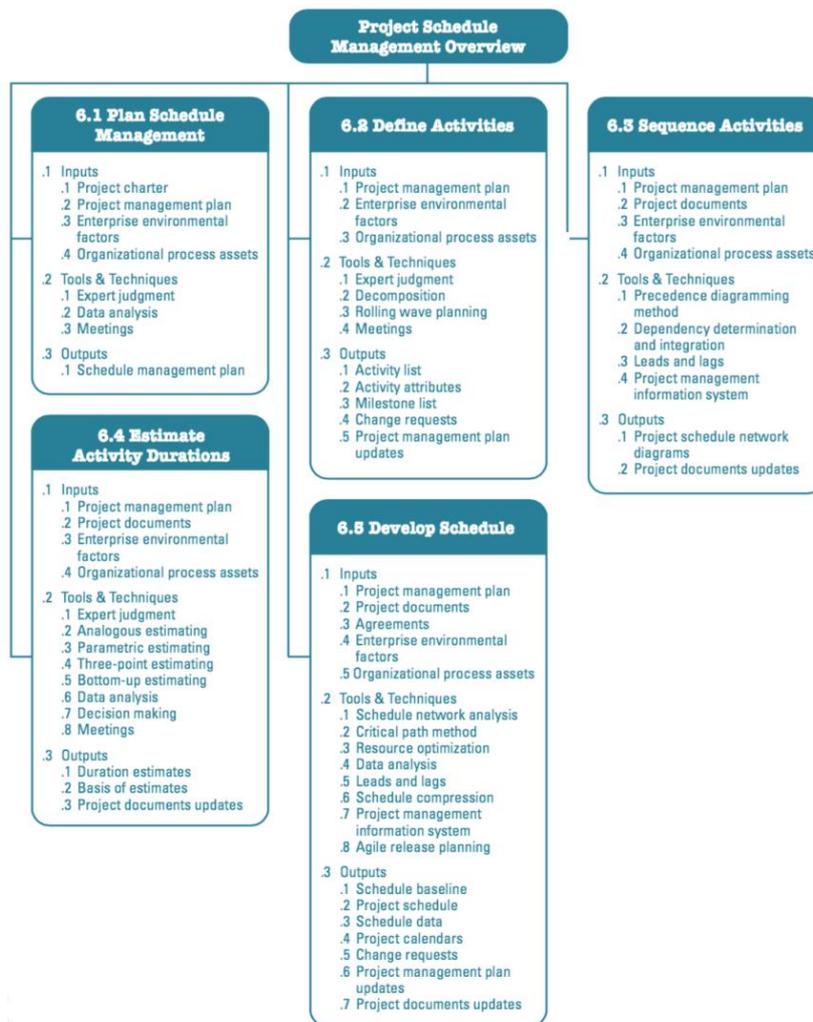


Ilustração 6 - Visão geral dos processos que a Gestão do Cronograma do Projeto (adaptado de PMI, 2017).

No que concerne à Gestão dos Recursos do Projeto, e uma vez que a investigação se cinge ao planeamento, existe apenas um processo a explorar, como se pode ver na Ilustração 5. Este consiste na identificação e documentação das funções, das responsabilidades, das habilidades necessárias e relações hierárquicas do projeto. Este processo engloba, portanto, o que se assume como a criação de um plano de gestão dos recursos (PMI, 2017).

Para o contexto da investigação, as duas áreas de conhecimento conjugam-se na medida em que gerir as capacidades dos recursos consiste em entender que atividades integram a sua função e de que forma ocupam o recurso no horizonte temporal do projeto. Como o foco do estudo é a gestão de capacidades dos gestores de projeto, importa entender em que consiste a sua função. Além disso, uma vez que a recolha de dados contará com a participação de gestores de programa e de elementos do *Project Management Office* (PMO), é necessário perceber a sua relação com a função do gestor de

projeto. Estes são os conceitos que se explicam de seguida, tendo por base a hierarquia apresentada no esquema da Ilustração 7.

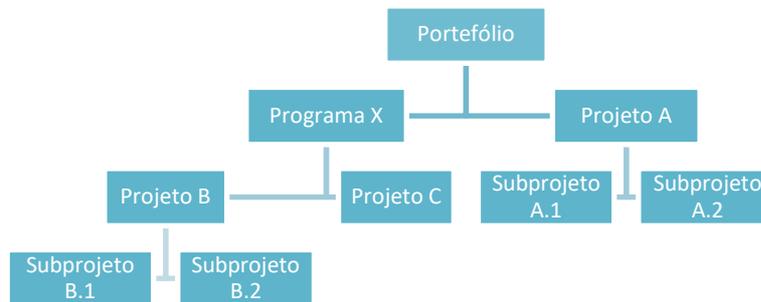


Ilustração 7 - Relação entre projeto, programas e portefólios.

#### 2.1.5 Gestor de programas

De acordo com a definição do IPMA, um programa é um conjunto de projetos e alterações organizacionais relacionados e assumidos para atingir um objetivo estratégico. Para a entidade mencionada, a gestão de programas inicia um conjunto de projetos para disponibilizar os produtos/resultados necessários para o objetivo estratégico e define as mudanças organizacionais necessárias para facilitar a mudança estratégica (IPMA, 2015).

Pela definição do PMI, um programa é um grupo de projetos relacionados, geridos de uma forma coordenada, de forma a obter benefícios e controlo que não é conseguido através da sua gestão individual. Neste caso, a gestão de programas é definida como sendo a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas a um programa a fim de atender aos seus requisitos e obter benefícios e controlo não disponíveis ao gerir projetos individualmente (PMI, 2017).

#### 2.1.6 Gestor de portefólio

Um portefólio inclui um grupo de programas e projetos individuais que são implementados para alcançar um objetivo estratégico de negócio específico. A sua gestão diz respeito à gestão centralizada de um ou mais projetos e/ou programas para atingir os objetivos estratégicos. A gestão do portefólio numa organização otimiza o conjunto de projetos, em função dos recursos disponíveis que esta dispõe. Com este alto nível de gestão é possível realizar a análise das prioridades dos diferentes projetos e programas, em função dos objetivos estratégicos e retorno do investimento (PMI, 2017).

### 2.1.7 Gestor de projetos

De acordo com uma perspetiva processual, o gestor de projetos é a pessoa responsável por liderar um projeto desde o início até ao fecho, coordenando e integrando atividades ao longo de linhas funcionais múltiplas. Esta ocupação profissional inclui o planeamento, execução e gestão das pessoas, recursos e âmbito do projeto. Os gestores de projeto devem ter a disciplina de criar objetivos claros e atingíveis de forma a poder monitorizar projetos para uma conclusão bem-sucedida (PMI, 2017).

Segundo o IPMA (2015), a função de um gestor de projetos é descrita sobre o ponto de vista de competências técnicas, comportamentais e contextuais. A competência profissional da gestão de projetos é conseguida a partir da combinação de conhecimentos adquiridos durante a aprendizagem e as competências adquiridas desenvolvidas após a aplicação desse conhecimento. As principais características de um gestor de projetos remetem para a liderança, comunicação, negociação e resolução de problemas.

### 2.1.8 Project Management Office

O *Project Management Office* (PMO) é uma estrutura de gestão que padroniza os processos relacionados com os projetos e facilita a partilha de recursos, metodologias, ferramentas e técnicas. As responsabilidades de um PMO podem variar desde fornecer funções de suporte à gestão de projetos até à responsabilidade pela gestão direta de um ou mais projetos. A implementação de um PMO nas organizações dependerá da maturidade organizacional em gestão de projetos. O sucesso da sua implementação depende de vários fatores, entre os quais (PMI, 2017):

- Como o PMO afetarà a organização, o gestor de projetos e a equipa;
- A implementação da estrutura de suporte é um procedimento que será adaptado consoante a atividade da organização e o seu contexto de modo a servir as suas necessidades.

O exercício da atividade do gestor de projetos depende da clara definição da estrutura de suporte para este exercer as suas funções e responder a questões que englobam aspetos financeiros, planeamento do projeto e padrões de qualidade. Em última análise, o PMO, em conjunto com os gestores de projetos, tenta alcançar os objetivos desejados visando a obtenção de benefícios a longo prazo para o crescimento contínuo da organização.

## 2.2 Planeamento de recursos e gestão de capacidades

O planeamento de recursos consiste em identificar os recursos necessários à conclusão de um projeto de forma bem-sucedida, isto é, correspondendo às datas de entregáveis estipuladas e seguindo procedimentos rentáveis. Esta atividade assegura que os recursos certos estarão aptos na hora e local certos.

Existem vários tipos de recursos sendo que, num nível mais geral, pode-se dividi-los em dois grandes grupos: recursos físicos e os recursos humanos. Recursos físicos incluem equipamentos, materiais, ferramentas, infraestruturas, etc., enquanto que os recursos humanos abrangem os elementos/colaboradores da equipa do projeto. De um modo mais particular, os recursos podem ser classificados de acordo com a categoria, o tipo e o valor. Relativamente à categoria de um recurso, este pode ser considerado (Kolisch & Padman, 1997):

- **Recurso renovável:** o recurso está disponível em todos os períodos, como é o caso das máquinas, equipamentos, pessoas, mas é limitado em cada período;
- **Recurso não-renovável:** o recurso tem disponibilidade limitada no horizonte temporal do projeto, mas não tem restrições em cada período de tempo, como por exemplo, o orçamento global de um projeto;
- **Recurso duplamente restrito:** o recurso é limitado tanto em cada período, como no horizonte temporal do projeto, como por exemplo, o orçamento, se houver restrições de orçamento globais e por período (só se pode gastar um valor máximo cada período e um valor total máximo ao longo do projeto).
- **Recurso parcialmente renovável:** o recurso é limitado num subconjunto do horizonte de planeamento, como é o caso dos trabalhadores que são contratados por um período limitado.

O tipo de recurso está relacionado com a sua função (por exemplo, Gestor de Projetos) e o valor representa a quantidade disponível. Os recursos e as atividades devem ser eficientemente geridos a fim de atingir um objetivo quantitativo ou qualitativo, concretizados por medidas de desempenho, como a minimização do *makespan* (tempo que decorre desde o início de um projeto até à sua conclusão), a maximização do Valor Atual Líquido (VAL), a maximização de qualidade, a minimização dos custos, entre outras medidas de desempenho regulares, como a minimização do fluxo de tempo das atividades e a minimização de atrasos (Kolisch & Padman, 1997).

No âmbito dos projetos, o planeamento de recursos deverá considerar os elementos da equipa do

projeto. Uma vez que o estudo se debruça na gestão das capacidades dos gestores de projeto, importa evidenciar aspetos relacionados com o planeamento de recursos humanos. Primeiramente, é de realçar o facto de este tipo de recursos ter a componente humana associada, o que implica que possuam habilitações e competências que são muito próprias a cada recurso. Isto pode afetar o modo como as atividades são executadas, afetando aspetos relacionados com o cumprimento do cronograma, entre outros. Para o estudo, a pertinência está em explorar o aspeto mencionado. Como tal, atente-se à Ilustração 8

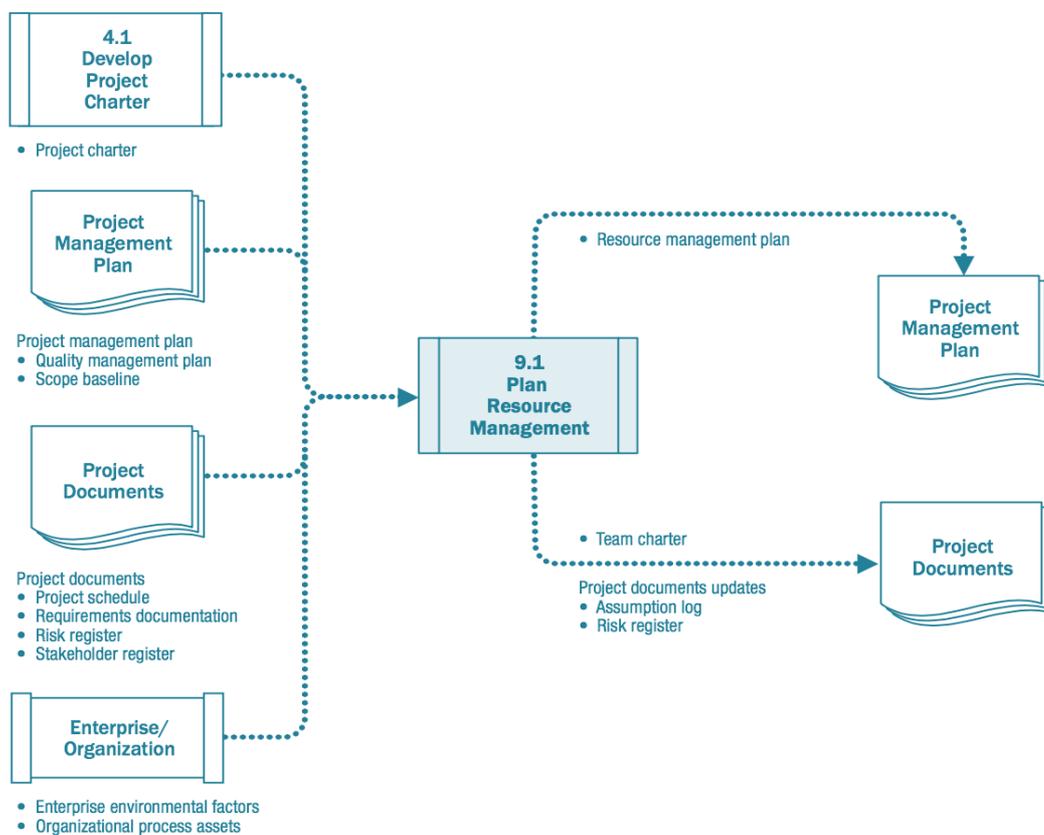


Ilustração 8 - Fluxograma do processo relacionado com o Planeamento de Recursos (PMI, 2017)

Pelo que é possível observar, um dos *inputs* necessários para o planeamento de recursos, associado aos documentos do projeto (“*Project Documents*”), é o cronograma do projeto (“*Project Schedule*”). Como se perceberá no próximo subcapítulo, o desenvolvimento de um cronograma implica que se conheçam as atividades de um projeto. Em casos mais específicos, quando o planeamento e a gestão de capacidades se focam numa função específica, como é o caso da presente investigação, é

pertinente ter presente as atividades que a função convoca. A partir das atividades identificadas será possível o desenvolvimento de um cronograma associado à função em estudo. Neste sentido, e ainda no âmbito do planeamento de recursos, é neste processo que se estabelecem as responsabilidades de cada recurso, recorrendo a determinadas técnicas e ferramentas.

As responsabilidades de cada recurso devem ser atribuídas com base no seu grau de especialização. A responsabilização e, se necessária, a aquisição de novos recursos, deve considerar fatores como, por exemplo:

- Negociação dos recursos tendo em conta o contexto;
- Determinar o nível de esforço preliminar necessário para atender aos objetivos do projeto;
- Identificar os riscos associados aos planos de aquisição, retenção e liberação de recursos.

Estipuladas e assumidas as responsabilidades, estas devem ser registadas para que haja uma integração do plano de comunicação entre os diversos elementos da organização. Para isso, e por forma a facilitar a visualização e compreensão da informação, existem técnicas para a representação da mesma. Embora os gráficos sejam os mais utilizados, as mencionadas técnicas não se limitam aos mesmos. Existem vários formatos para documentar e comunicar as responsabilidades dos membros da equipa do projeto sendo que a maioria cai em formatos hierárquicos, matriciais ou orientados a texto.

#### Gráfico Hierárquico

Neste tipo de representação, a estrutura tradicional do organograma pode ser usada para mostrar posições e relacionamentos num formato “*top-down*”. Dentro deste género de gráficos importa mencionar os mais comuns e conhecidos (PMI, 2017):

- **Work Breakdown Structure (WBS)**: projetado para mostrar como os entregáveis do projeto se decompõe em pacotes de trabalho e utilizado para a representação de áreas de alto nível de responsabilidade.
- **Organizational Breakdown Structure (OBS)**: enquanto a WBS mostra um detalhe dos entregáveis do projeto, uma OBS é organizada de acordo com os departamentos/equipas. Para cada um, lista as atividades do projeto ou pacotes de trabalho que têm a cargo.
- **Resource Breakdown Structure**: consiste numa lista hierárquica da equipa e dos recursos físicos, relacionados por categoria e tipo de recurso. É usado para planear e controlar o trabalho do projeto. Resumidamente, cada nível descendente (inferior) representa uma

descrição cada vez mais detalhada do recurso. Nos níveis de detalhe mais inferiores esta lista é usada em conjunto com a estrutura analítica do projeto (WBS).

### Matriz de Atribuição de Responsabilidades

Uma Matriz de Atribuição de Responsabilidades (RAM – Responsibility Assignment Matrix) representa a forma como cada recurso do projeto está atribuído a cada pacote de trabalho. Em projetos maiores, as RAMs podem ser desenvolvidas em vários níveis. Por exemplo, uma RAM de alto nível pode definir as responsabilidades de uma equipa de projeto, grupo ou unidade. RAMs de nível inferior são usadas dentro do grupo para designar funções, responsabilidades e níveis de autoridade para atividades específicas. O formato da matriz mostra todas as atividades associadas a uma pessoa e todas as pessoas associadas a uma atividade. Isso também garante que haja apenas uma pessoa responsável por qualquer tarefa para evitar ambiguidade.

### Formatos orientados a texto

As responsabilidades dos membros da equipe, que exigem descrições detalhadas, podem ser especificadas em formatos orientados a texto. Geralmente em forma de resumo, esses documentos fornecem informações como responsabilidades, autoridade, competências e qualificações. Os documentos são conhecidos por vários nomes, incluindo descrições de posição e formulários de responsabilidade da função.

Note-se que algumas atribuições do projeto são listadas em planos auxiliares (planos de riscos, qualidade ou comunicações). Independentemente do método usado para documentar as funções de cada membro, o objetivo é garantir que cada pacote de trabalho tem um proprietário não ambíguo e que todos os membros têm noção das suas responsabilidades. Um formato hierárquico pode ser usado para representar funções de alto nível, enquanto um formato baseado em texto pode ser mais adequado para documentar as responsabilidades detalhadas.

Para o estudo, a utilização destas técnicas não se revelou necessária visto que este se foca num tipo de recurso - gestor de projeto. Ainda assim, foi necessário perceber a sua função, as atividades que esta integra e que nem todos os gestores têm o mesmo tipo de desempenho.

Após explorar o processo de planeamento de recursos, resta mencionar que o seu *output* é utilizado como *input* de um processo igualmente pertinente no âmbito da gestão de capacidades e no contexto da presente investigação - Estimar os Recursos das Atividades. Mais concretamente, remetendo para a Ilustração 9, repare-se que o *Resource Management Plan*, *output* do processo anterior, constitui um *input* para este novo processo.

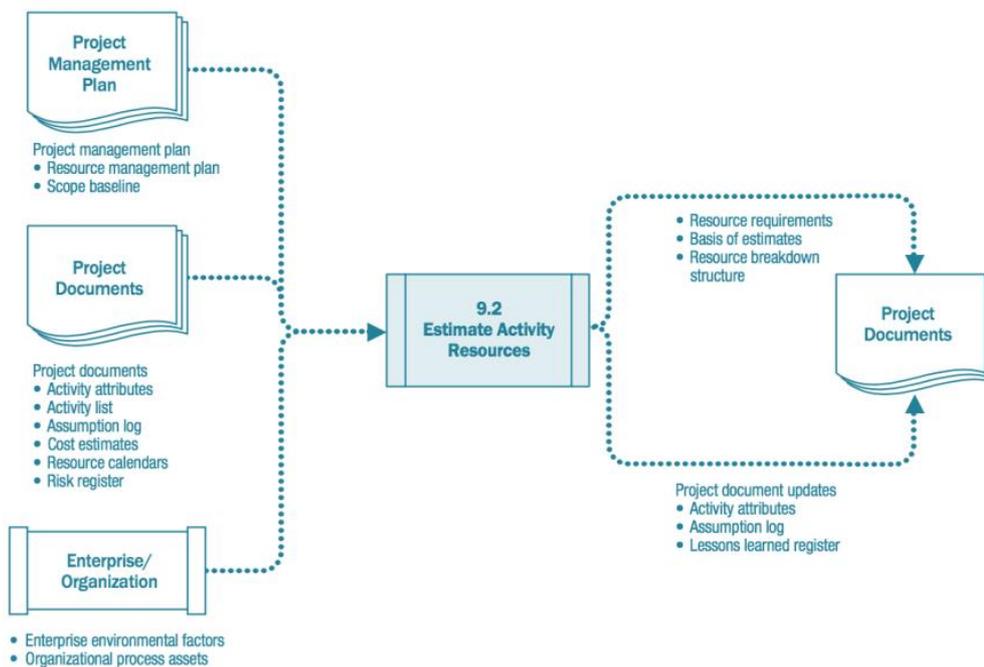


Ilustração 9 - Fluxograma do processo relacionado com a Estimação dos Recursos da Atividade (PMI, 2017)

Para além do *input* referido anteriormente, são ainda necessários outros. Para o presente estudo, importa dar enfoque a *inputs* como a lista de atividades (*activity list*). No caso concreto, será necessário fazer uma lista de atividades que constituem a função do gestor de projetos e estimar a necessidade do recurso para cada atividade. Neste seguimento, importa ter presente o conceito de **conteúdo de trabalho/esforço**. O conteúdo de trabalho é um atributo associado a todas as atividades, que se dissocia em dois componentes: **duração** da atividade e **quantidade de recurso alocada** (Al-jibouri, 2002).

Como o nome sugere, esforço é definido como a quantidade de trabalho. Por outras palavras, esforço é o número de horas-homem necessárias para uma atividade específica. Por outro lado, a duração é definida como o tempo total necessário para concluir uma atividade. Este parâmetro compreende todo o tempo que decorre desde quando a atividade começou até ao dia em que terminou (Barry, Mukhopadhyay, & Slaughter, 2002). A relação entre conteúdo de trabalho, recursos alocados e duração é geralmente expressa por (1):

$$Y_a = \frac{W_a}{x_a} \quad (1)$$

Pode dizer-se que, a alocação de  $x_a$  unidades de recurso durante toda a execução da atividade  $a$ , cujo conteúdo de trabalho é  $W_a$ , resulta numa duração de  $Y_a$  (Tereso, Araújo, & Elmaghraby, 2004). A título de exemplo, uma atividade possui um conteúdo de trabalho igual *2 homens – dia*. Existe uma infinidade de cenários para o modo como esta é executada: A atividade pode durar 2 dias com 1 homem afeto, 1 dia com 2 homens afetos, etc.

Coletar e agrupar as principais atividades do gestor de projetos entre as *quality-gates* é um dos objetivos deste estudo. Da mesma forma, compreender e recolher informações sobre a duração de cada pacote de trabalho, bem como o esforço necessário para sua execução, são as etapas intermediárias antes de considerar questões relacionadas com o perfil de alocação de recursos, resultante da integração de tópicos relacionados com o planeamento de recursos e escalonamento de projetos.

É neste momento que surgem evidências para a pertinência de abordar a temática de escalonamento de projetos sendo que, para a investigação que decorre, importa focar em conceitos-chave e técnicas de escalonamento.

### **2.3 Conceitos e Modelos de Escalonamento de Projetos**

O escalonamento de projetos está associado à sequenciação das atividades no tempo sem que as restrições do problema sejam violadas e no sentido de melhor corresponder aos objetivos do projeto. De forma mais específica, pode designar-se por objetivos do escalonamento do projeto o conjunto de objetivos associados à geração do sequenciamento das atividades. Relativamente às restrições do problema, estas desempenham um papel fundamental, podendo estar relacionadas com os objetivos do escalonamento do projeto. As restrições definem as condições que devem ser consideradas aquando a sequenciação das atividades (Faria, 2016).

Normalmente, assumem-se dois tipos de condições fundamentais para a modelação das restrições: **restrições de precedência** e **restrições de recursos** (Gonçalves, Mendes, & Resende, 2008).

As restrições de precedência modelam o facto de determinadas atividades terem, necessariamente, de preceder ou suceder outras, implicando, por vezes, intervalos de tempos específicos entre a execução de cada atividade. Este facto está por vezes relacionado com questões técnicas ou de gestão.

As restrições de recursos retratam o facto de os recursos serem finitos e, conseqüentemente, algumas atividades não poderem ser executadas em paralelo com outras. Neste cenário, o impedimento não está relacionado com as relações de precedência, mas deve-se à falta de recursos suficientes, num

determinado período de tempo, para a execução de todas as atividades passíveis de se realizar. Efetivamente, o escalonamento de projetos envolve a alocação de recursos para determinar os tempos de início e conclusão das atividades, de forma detalhada. Pode haver várias atividades a disputar os mesmos recursos limitados. A limitação de recursos exige que se definam a quantidade de recursos que cada atividade requer para ser processada.

Para além disso, é também necessário conhecer a duração das atividades, no sentido de se perceber por quanto tempo estarão os recursos ocupados. Relativamente à estimação da duração de uma atividade, este processo consiste em calcular aproximadamente o número de períodos de trabalho necessários para completar uma atividade individual, dependendo dos recursos que lhe são alocados (PMI, 2017).

A duração das atividades pode ser definida por um valor fixo ou variável. Existem métodos de escalonamento de projetos fundamentais, designados por métodos determinísticos, caso a duração das atividades seja um valor fixo, ou estocásticos, no cenário em que os valores são variáveis. Na maioria dos casos, assumem-se ambientes estáticos e encaram-se os problemas de escalonamento como determinísticos (Leus & Herroelen, 2004).

As soluções obtidas através de métodos determinísticos podem servir como cronograma de base (*baseline schedule*). Porém, é necessário ter em conta que, durante a execução do projeto, as atividades estão sujeitas a incerteza, isto é, a sua duração pode ser variável, o que pode resultar na interrupção do cronograma. Neste sentido, é pertinente considerar incerteza na construção dos modelos, de modo a construir cronogramas mais estáveis (Tereso et al., 2004). Leus e Herroelen (2004) apresentam um estudo de caso onde a duração de atividades são valores estocásticos e o cronograma do projeto é construído gradualmente ao longo da sua execução. Dentro de cada tipo de método, existem modelos que não consideram a limitação de recursos (os mais antigos) e outros que consideram que os recursos não são ilimitados para cada instante de tempo. A Tabela 1 resume os modelos fundamentais de cada tipo de método (Faria, 2016).

Tabela 1 - Métodos Fundamentais de Escalonamento de Projetos  
(Faria, 2016)

<b>Duração</b> \ <b>Recurso</b>	<b>Ilimitados</b>	<b>Limitados</b>
<b>Determinístico</b>	CPM (Critical Path Method)	RCSP (Resource Constrained Project Scheduling Problem)
<b>Estocástico</b>	PERT (Program Evaluation and Review Technique)	SRCPSP (Stochastic RCPS)

Em contexto empresarial, é difícil estimar os parâmetros que definem o perfil de distribuição que caracteriza a duração das atividades em modelos estocásticos, justificando, assim, a utilização de métodos determinísticos. Dessa forma, o desenvolvimento do presente estudo será baseado na combinação destes dois modelos e, por esse motivo, as metodologias e ferramentas associadas a cada um serão exploradas nas secções seguintes.

Anteriormente, é pertinente mencionar que, por forma a facilitar visualmente o processo de sequenciação, este recorre a diagramas de precedência para construir um modelo de escalonamento onde as atividades estão graficamente ligadas através de relações lógicas. Existem 4 tipos de relações lógicas entre atividades – *Finish-to-Start* (FS), *Finish-to-Finish* (FF), *Start-to-Start* (SS) e *Start-to-Finish* (SF) – cujas designações são autoexplicativas (PMI, 2017).

Nesta fase, torna-se relevante perceber a utilidade das redes de atividades (grafos) para representar projetos. É possível construir uma rede de atividades de duas formas: *Activity-on-Arc* (AoA) e *Activity-on-Node* (AoN). No primeiro formato, representado na

*Ilustração 10*, os nodos representam eventos como o começo ou o fim de uma atividade e as atividades ( $i$  e  $j$ , neste caso) são representadas pelos arcos, preservando as relações de precedência.



Ilustração 10 - Representação de um diagrama de atividades com o formato Activity-on-Arc (AoA)  
(Tereso, 2016a)

Na segunda, os nodos representam as atividades juntamente com os parâmetros informativos das mesmas e os arcos apenas representam as relações de precedência entre as atividades

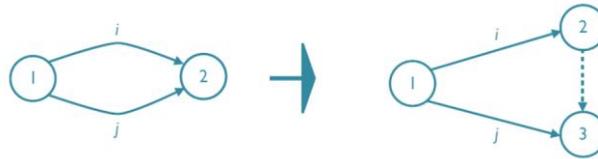


Ilustração 11 - Representação de um diagrama de atividades com o formato Activity-on-Node (AoN)  
(Tereso, 2016a)

Sem estender as características de cada tipo de rede, importa referir que o tipo de representação AoA é intuitivo, providenciando uma interpretação fácil e simples da lógica associada ao fluxo das atividades. Além disso, é preferida por alguns investigadores, uma vez que os primeiros modelos de escalonamento foram desenvolvidos para redes AoA e são mais adequados para a resolução de certo tipo de problemas, como problemas de otimização de alocação de recursos (Tereso, 2016a). No entanto, quando se englobam *cash-flows* nos problemas, este método de representação torna-se ambíguo na interpretação e distribuição dos valores de cash-flow. Portanto, problemas de escalonamento de projetos com objetivos como minimização do *makespan* e maximização de VAL são, normalmente, representados por grafos do tipo AoN. Este tipo de representação suporta relações entre atividades mais complexas e é utilizada para problemas de larga escala (Kolisch & Padman, 1997). É, ainda, o tipo de formato que a maioria do *software* comercial utiliza (Tereso, 2016a).

### 2.3.1 Método do Caminho Crítico

O Método do Caminho Crítico (Critical Path Method - CPM) foi desenvolvido em 1957 por M.R. Walker e J.E. Kelly, sendo o primeiro teste aplicado à construção de uma fábrica de produtos químicos, em 1958. Como método de escalonamento de projetos propriamente dito, tem como finalidade a construção de um “calendário”, onde se encontram discriminados o início e fim de cada atividade, bem como a duração total realista do projeto. Este método aplica-se a projetos cujas atividades tem durações fixas e as limitações de recursos não são consideradas, isto é, os recursos estão disponíveis em quantidades virtualmente infinitas. Além disso, é-lhe inerente o objetivo de minimizar a duração do projeto. O nome do método deriva, precisamente, do seu objetivo, uma vez que o processo de

escalonamento se foca na identificação e controlo da sequência de atividades que determina a duração do projeto, o chamado “caminho crítico” (Faria, 2016).

Considere-se o exemplo de projeto apresentado na Ilustração 12, representado por uma rede do tipo AoN, como tipicamente sugere o CPM. O projeto compreende 12 atividades “reais” mais a atividade fictícia do início (1) e do fim (14). As atividades estão topologicamente numeradas e identificadas, em cima, com as respetivas durações. As relações de precedência entre as atividades são perceptíveis na rede e caracterizam por relações do tipo *finish-to-start* com *lag* nulo ( $FS=0$ ). Assuma-se que  $P_i$  é o grupo de atividades que contém os antecessores diretos de uma atividade  $i$  e  $S_i$  é o grupo de atividades que contém os sucessores diretos de uma atividade  $i$ .

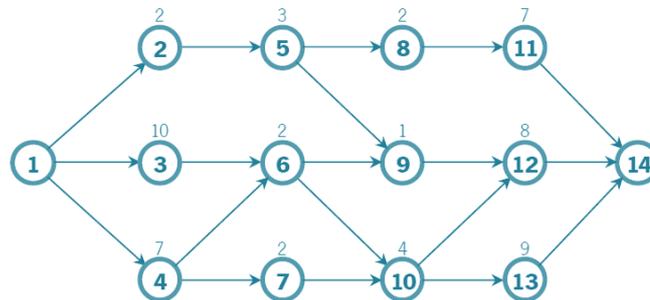


Ilustração 12 - Exemplo de Projeto com 14 atividades, representado num diagrama de atividades AoN (Faria, 2016)

Um caminho na rede pode ser definido como uma série de atividades ligadas desde o início até ao fim do projeto. Para que um projeto se considere terminado, todas as atividades devem ser executadas. Consequentemente, todos os caminhos devem ser completados. Na Tabela 2, encontram-se enumerados todos os caminhos possíveis da rede e as respetivas durações. O tempo mais cedo de conclusão do projeto é igual ao caminho mais longo na rede (caminho crítico), cuja duração é 25. Atrasos nas atividades que pertencem a este caminho atrasam todo o projeto.

Tabela 2- Caminhos possíveis do projeto e a respetiva duração de cada um.

Caminho	Duração
1 – 2 – 5 – 8 – 11 – 14	14
1 – 2 – 5 – 9 – 12 – 14	14
1 – 3 – 6 – 9 – 12 – 14	21
1 – 3 – 6 – 10 – 13 – 14	25
1 – 4 – 6 – 9 – 12 – 14	18
1 – 4 – 6 – 10 – 13 – 14	22
1 – 4 – 7 – 10 – 13 – 14	22

Para redes mais complexas, torna-se inexequível a identificação de todos os caminhos possíveis. Por esse motivo, existe um procedimento para o cálculo do CPM que se resume aos 3 passos seguintes:

- Calcular o cronograma de início mais cedo (*Earliest Start Schedule*);
- Calcular o cronograma de início mais tarde (*Latest Start Schedule*);
- Calcular a folga de cada atividade (*Activity Slack/Float*).

O cronograma de início mais cedo é obtido pelo algoritmo designado *forward-pass*. O cronograma de início mais tarde é obtido pelo algoritmo designado *backward-pass*:

```

 $ES_1 = EF_1 = 0$ 
for  $i = 2$  to  $n$  do
     $ES_i = \max\{EF_j | j \in P_i\}$ 
     $EF_i = ES_i + d_i$ 
next  $i$ 
 $T = EF_n$ 

```

onde  $ES_i$  é o tempo de início mais cedo e  $EF_i$  o tempo de fim mais cedo da atividade  $i$ . A variável  $T$  é o tempo de fim do projeto, que corresponde ao tempo de fim mais cedo da última atividade ( $n$ ). Depois de executar o *forward-pass*, o cronograma de início mais tardio é obtido pelo algoritmo designado *backward-pass*, que inicia no sentido inverso, do fim para o início, a partir da duração do projeto  $T$ :

```

 $LF_n = LS_n = T$ 
for  $i = n - 1$  to  $1$  do
     $LF_i = \min\{LS_j | j \in S_i\}$ 
     $LS_i = LF_i - d_i$ 
next  $i$ 

```

onde  $LS_i$  é o tempo de início mais tardio e  $LF_i$  o tempo de fim mais tardio da atividade  $i$ .

Tendo executado o *forward-pass* e o *backward-pass*, cada atividade tem dois tempos de início e, de forma equivalente, dois tempos de fim. Esses valores definem o intervalo de tempo no qual a atividade pode começar (ou, de forma equivalente, acabar) sem criar impacto na duração do projeto  $T$ . A diferença entre esses valores é designada por folga (*float* ou *slack*), que se calcula pela seguinte expressão (2)

$$float_i = LS_i - ES_i = LF_i - EF_i \quad (2)$$

O valor de folga é nulo quando o cronograma de início mais cedo iguala o cronograma de início mais tarde, o que significa que a atividade deve iniciar exatamente no momento correspondente a esse valor, para que o projeto não atrase. Neste cenário, considera-se a atividade crítica.

Aplicando o procedimento ao exemplo apresentado, as variáveis mencionadas anteriormente tomam os valores que se mostram na Tabela 3.

Tabela 3- Cálculo do caminho crítico para o projeto exemplo apresentado.

<i>i</i>	<i>d<sub>i</sub></i>	<i>ES<sub>i</sub></i>	<i>EF<sub>i</sub></i>	<i>LS<sub>i</sub></i>	<i>LF<sub>i</sub></i>	<i>float<sub>i</sub></i>
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0
<b>2</b>	2	0	2	11	13	11
<b>3</b>	10	0	10	0	10	0
<b>4</b>	7	0	7	3	10	3
<b>5</b>	3	2	5	13	16	11
<b>6</b>	2	10	12	10	12	0
<b>7</b>	2	7	9	10	12	3
<b>8</b>	2	5	7	16	18	11
<b>9</b>	1	12	13	16	17	4
<b>10</b>	4	12	16	12	16	0
<b>11</b>	7	7	14	18	25	11
<b>12</b>	8	16	24	17	25	1
<b>13</b>	9	16	25	16	25	0
<b>14</b>	0	25	25	25	25	0

As atividades sombreadas possuem valor de folga nulo, o que faz delas atividades críticas. A Tabela 2 confirma que estas são as atividades que fazem parte do caminho crítico, isto é, o caminho com o maior valor de duração. Note-se que este método pode ser estendido a problemas com limitação de recursos, ou seja, através dos cronogramas gerados, fazer *right-shifting* ou *left-shifting* das atividades, de modo a contrariar a sobre-alocação dos recursos. Porém, este procedimento não é o mais indicado para gerar soluções ótimas, logo houve necessidade de elaborar soluções para problemas de escalonamento com restrição de recursos (Kastor & Sirakoulis, 2009).

### 2.3.2 Problema de Escalonamento de Projetos com Recursos Limitados

Na prática, a maioria dos projetos são limitados no número de recursos disponíveis, portanto desconsiderar este fator poderá resultar numa utilização ineficiente de recursos e em atrasos nos projetos (Al-jibouri, 2002).

Por definição, nos problemas RCPSP (*Resource Constrained Project Scheduling Problem*), considera-se um projeto com  $j$  atividades, cada uma com a respetiva duração  $d_j$ . As atividades são relacionadas entre si através de dois tipos de restrições: restrições de precedência e restrições de recursos, uma vez que a atividade  $j$  necessita de  $k_{j,r}$  unidades do recurso  $r$ , limitado a  $K$  unidades no total, para ser processada (Kolisch, 1996). O objetivo de minimização da duração do projeto persiste neste tipo de problemas, que assentam em 3 pressupostos (Tereso, 2016a):

- As atividades não podem ser interrompidas depois de iniciadas.
- A disponibilidade de recursos é limitada, mas suficiente para executar cada atividade individualmente (senão, o problema não teria solução).
- A disponibilidade de recursos é limitada e insuficiente para executar todas as tarefas que podem ser realizadas em simultâneo de acordo com as regras de precedência (senão, o problema não teria restrições de recursos).

A duração do projeto pode aumentar devido à limitação de recursos sendo que, a cada instante, é necessário decidir a que atividades se deve dar prioridade (PMI, 2017). O objetivo de minimização da duração do projeto é, portanto, condicionado pela tomada de decisão associada à priorização.

Sendo um problema *NP-hard* (Herroelen, 2005; Slowinski, 1980; Tereso, 2005; Tereso et al., 2004), o RCPSP tem sido alvo de muitos estudos. Para além de abordagens ótimas, também têm sido desenvolvidas abordagens sub-ótimas, a partir de algoritmos adaptados de outros domínios de investigação. As abordagens fundamentais serão apresentadas seguidamente, iniciando pelas abordagens ótimas.

Para obter a solução ótima do problema, pode-se recorrer a um tipo de formulação matemática do problema, nomeadamente programação inteira. O modelo matemático é constituído por uma função objetivo do tipo *minimização* (neste tipo concreto de problemas, o objetivo é minimizar a duração do projeto) e por um conjunto de restrições. Estas últimas são responsáveis por assegurar um início único para cada atividade e garantir que as relações de precedência são respeitadas, bem como as limitações de recursos. A formulação recorre a variáveis de decisão, do tipo binário, que igualam o valor 1 quando a atividade  $j$  inicia no período  $t$ , e a parâmetros como por exemplo a duração das atividades (Tereso, 2016a). Conceptualmente, o RCPSP pode ser formulado recorrendo à variável binária  $x_{jt}$ :

$$x_{it} = \begin{cases} 1, & \text{se a atividade } i \text{ inicia no periodo } t \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad i \in V, t \in [e_{s_i}, l_{s_i}] \quad (3)$$

de acordo com o seguinte modelo (Vanhoucke & Coelho, 2016):

$$\text{minimize } \sum_{t=e_{s_{n+1}}}^{l_{s_{n+1}}} tx_{n+1,t}$$

subject to:

$$\sum_{t=e_{s_i}}^{l_{s_i}} (t + d_i)x_{i,t} \leq \sum_{t=e_{s_j}}^{l_{s_j}} tx_{j,t} \quad (3)$$

$$\sum_{t=e_{s_i}}^{l_{s_i}} x_{i,t} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n r_{i,k} \sum_{s=\max(t-d_i, e_{s_i})}^{\min(t-1, l_{s_i})} x_{i,s} \leq a_k \quad (5)$$

A função objetivo desta formulação conceptual transmite a finalidade de minimizar o tempo de início da última atividade do projeto (atividade fictícia), o que equivale à minimização do tempo do projeto. A expressão (3) assegura as relações de precedência entre as atividades  $i$ , impondo que o tempo de início de cada atividade seja maior ou igual ao tempo de fim de todos os seus precedentes  $j$ , a (4) atribui o instante  $t = 0$  ao tempo de início do projeto e (5) assegura o respeito da limitação de recursos, isto é, força que a utilização do recurso seja feita em conformidade com a sua disponibilidade.

Importa ainda referir outras possíveis abordagens ótimas, as que recorrem a algoritmos *Branch-and-Bound* (B&B), utilizadas em problemas de otimização combinatoria. O método B&B baseia-se na ideia de desenvolver uma enumeração inteligente das soluções candidatas à solução ótima inteira de um problema, onde apenas uma fração das soluções factíveis é realmente examinada.

As diversas técnicas *Branch-and-Bound* diferem entre si pela estratégia utilizada para pesquisar a solução ótima. Os algoritmos, associados a cada técnica, classificam-se de acordo com o seu esquema de ramificação. Os mais relevantes são (Faria, 2016):

- *Precedence tree*
- *Minimal delaying*
- *Extension*
- *Minimal forbidden*

Todas as abordagens referidas são algoritmos para obtenção de soluções ótimas cuja performance é sempre lenta e não-determinística. Estas técnicas são demasiado lentas para aplicar em ferramentas de escalonamento de projetos o que originou o desenvolvimento de métodos sub-ótimos.

Estas novas abordagens sugerem a relaxação das formulações MIP ou o truncamento dos procedimentos B&B. Outras abordagens sub-ótimas são as heurísticas e metaheurísticas, das quais se destacam aquelas que se baseiam em regras de prioridade (heurísticas construtivas) e procedimentos meta-heurísticos (heurísticas de melhoria), uma vez que as abordagens heurísticas são mais simples e eficientes na alocação de recursos limitados às atividades do projeto, no sentido de serem mais rápidas (Al-jibouri, 2002).

De forma genérica, as heurísticas construtivas têm duas componentes principais: um esquema de escalonamento, que define a forma como o cronograma pode ser construído através da definição sucessiva do tempo de início das atividades do projeto, e uma regra de prioridade, que define a próxima atividade a ser escalonada no processo de construção do cronograma (Kolisch, 2000).

Tipicamente, a construção de um esquema de escalonamento pode ser feita em série – *Serial Scheduling Generation Scheme* (SSGS), ou em paralelo, *Parallel Scheduling Generation Scheme* (PSGS). Os procedimentos mencionados distinguem-se pelo tipo de incremento, isto é, SSGS executa *activity-incrementation* e o PSGS *time-incrementation* (Kolisch, 2000). Na prática, esta diferença corresponde ao modo como as atividades são escalonadas. Para que se perceba melhor, cada um dos métodos será explorado seguidamente.

#### *Serial Scheduling Generation Scheme (SSGS)*

Este esquema de escalonamento é um método que consiste em  $n = 1, \dots, N$  estágios, em cada um dos quais uma atividade é programada considerando as relações de precedência e as restrições de recursos (Kolisch, 1996). O número de estágios é igual ao número total de atividades do problema, representadas pelo conjunto  $J$ . Associado a cada estágio, há dois conjuntos de atividades disjuntos: o conjunto de atividades já escalonadas  $S_g$  e o conjunto de decisão  $D_g$  (7):

$$D_g = \{j \in J \setminus S_g \mid P_j \subseteq S_g\} \quad (7)$$

com  $j$  como uma atividade contida no conjunto de todas as atividades do problema  $J$ , de modo que todos os seus precedentes ( $P_j$ ) estejam contidos no conjunto de atividades já escalonadas. A junção dos conjuntos  $S_g$  e  $D_g$  pode não representar todas as atividades do conjunto  $J$ . Existem atividades que podem não ser escalonadas no estágio  $g$  pelo facto de os seus precedentes não terem concluído. Além disso,

$$RD_k(t) = R_k(t) - \sum_{j \in A(t)} r_{j,k} \quad (8)$$

A expressão (8) representa o cálculo da capacidade disponível do recurso renovável  $k$  no instante  $t$ . O seu valor é resultado da subtração do uso do recurso  $k$  de todas as atividades em  $t$  à capacidade total  $R_k(t)$  do recurso  $k$  no instante  $t$ .

Outro conjunto usado no algoritmo é  $CF_g$  (9):

$$CF_g = \{F_j \mid j \in S_g\} \quad (9)$$

que representa os tempos de fim  $F_j$  das atividades já escalonadas. O algoritmo é explicado no seguinte pseudo-código.

**Início:**  $F_0 = 0, S_0 = \{0\}$

For  $g = 1$  to  $n$

{

    Calcular  $D_g, F_g, RD_k(t)$

    Selecionar  $j \in D_g$

$FMC_j = \max_{l \in P_j} \{F_l\} + p_j$

$F_j = \min\{t \in [FMC_j - p_j, \infty] \cap CF_g \mid r_{j,k} \leq RD_k(\tau), k \in K, \tau \in [t, t + p_j[ \cap CF_g\} + p_j$

$S_g = S_{g-1} \cup j$

}

**Fim**

A inicialização do algoritmo atribui 0 à atividade fictícia de início ( $j = 0$ ) ao seu tempo de fim  $F_0$  e inclui no grupo de atividades escalonadas. No início de cada estágio  $g$ , o conjunto de atividades prontas a escalonar  $D_g$ , o conjunto de tempos finais  $F_g$  e  $RD_k(t)$  são calculados. O último é calculado para cada recurso. Além disso, é selecionada uma atividade  $j$  do conjunto  $D_g$ . Anteriormente, o tempo de fim de  $j$  é calculado sem considerar limitações de recursos ( $FMC_j$ ), apenas o tempo máximo de término dos seus precedentes é assumido. Posteriormente, respeitando a disponibilidade de recursos, encontra-se o instante  $t$  que corresponde ao tempo de término  $F_j$  da atividade  $j$ , sendo este adicionado ao conjunto de atividades já escalonadas  $S_g$  (Kolisch, 1996).

### Parallel Scheduling Generation Scheme (PSGS)

No procedimento PSGS, em cada etapa  $g$  é selecionado um instante de escalonamento  $t_g$  que corresponde ao menor tempo de fim das atividades ativas. As atividades que já foram sequenciadas até ao estágio  $g$  e concluídas até ao instante  $t_g$ , pertencem ao grupo  $C_g$  (10):

$$CF_g = \{j \in J \mid F_j \leq t_g\} \quad (10)$$

O conjunto das atividades ativas é representado por  $A_g$ . As atividades que estão disponíveis para serem selecionadas e sequenciadas estão representadas no conjunto de atividades  $D_g$ . A capacidade disponível de cada recurso  $k$  no instante  $t_g$  é dada por  $RD_k(t_g)$ . O pseudo-código é descrito seguidamente.

**Início:**  $g = 0, t_g = 0, A_0 = \{0\}, C_0 = \{0\}, RD_k(0) = R_k$

While  $|A_g \cup C_g| \leq n$  do

{

#Passo 1:

$g := g + 1$

$t_g = \min\{F_j\}$

Calcular  $C_g, A_g, RD_k(t_g), D_g$

#Passo 2:

While  $|A_g \cup C_g| \leq n$  do

{

    Selecionar  $j \in D_g$

$F_j = t_g + p_j$

    Calcular  $A_g, RD_k(t_g), D_g$

}

**Fim**

Na inicialização, o tempo de sequenciamento  $t_g$  é 0, atribui-se a atividade de início aos conjuntos  $C_0$  e  $A_0$  e calcula-se a capacidade disponível para cada recurso  $k$ . Cada estágio consiste em dois passos:

1. Determinação do próximo tempo de sequenciamento  $t_g$  e dos conjuntos associados  $C_g, A_g, RD_k(t_g), D_g$ .
2. Sequenciamento das atividades disponíveis para as quais existem os recursos  $k$  necessários.

De observar que este esquema de geração de planos pode ter menos de  $n$  estágios, mas tem exatamente  $n$  atividades a selecionar e sequenciar (Kolisch, 1996).

O SSGS gera soluções ativas que podem conter a solução ótima, isto é, o conjunto de soluções contém a solução ótima e o PSGS gera soluções sem atraso, porém, o conjunto de soluções pode não conter a solução ótima.

Em ambos os procedimentos é selecionada a atividade com maior prioridade em cada estágio. A mais elementar é a *Lowest Job Number* (LJN), estando as restantes divididas em (Tereso, 2016a):

- Regras baseadas em informação da atividade: *Shortest Processing Time* (SPT), *Longest Processing Time* (LPT).
- Regras baseadas em informação da rede: *Most Immediate Successors* (MIS), *Most Total Successors* (MTS), *Least Non-Related Jobs* (LNRJ).
- Regras baseadas em informação do cronograma (caminho crítico): *Earliest Start Time* (EST), *Earliest Finish Time* (EFT), *Latest Start Time* (LST), *Latest Finish Time* (LFT), *Minimum Slack* (MSLK) e *Worst Case Slack* (WCS).
- Regras baseadas em informação dos recursos: *Greatest Resource Work Content* (GRWC) e *Greatest Cumulative Resource Work Content* (GCRWC).

Vários estudos têm sido desenvolvidos no sentido de perceber qual o tipo de regras de prioridade que providencia um escalonamento mais favorável (Kolisch, 2000). Estudos experimentais apresentam resultados mais favoráveis seguindo as regras LFT e WCS, sendo esta última apenas utilizada em esquemas de escalonamento paralelos (Davis & Patterson, 1975; Kolisch, 1996).

As heurísticas construtivas, até agora abordadas, funcionam, portanto, como ponto de partida na procura de soluções sub-ótimas. Estas soluções podem ser melhoradas utilizando algoritmos baseados em operadores de vizinhança ou metaheurísticas. Avaliações numéricas de um estudo elaborado por Kolisch (2000) provaram que a abordagem mais bem-sucedida na altura eram as metaheurísticas, concretamente o procedimento *simulated annealing* de Bouleimen e Lecocq (2003) e os algoritmos genéticos de Hartmann (1998).

Além das metaheurísticas, é ainda possível a aplicação de técnicas com *Leads* e *Lags* e *Schedule Compression* (PMI, 2017). A primeira é uma técnica de refinamento do *schedule*, no sentido de o tornar viável, que consiste no ajustamento da data de início de atividades sucessoras, através do adiamento das suas datas, com *Leads*, nunca desrespeitando as relações de precedência, ou o seu atraso, ou com *Lags*, sem pôr em causa o andamento dos trabalhos e sem afetar a utilização de

recursos. Relativamente à segunda técnica, esta pode ser posta em prática de duas formas: pelo *crashing*, que consiste no encurtamento da duração do cronograma pela adição de recursos ou pela utilização de horas extras; e o *fast tracking*, onde atividades que usualmente são feitas em sequência passam a ser executadas em paralelo, na proporção de tempo da sua duração. Estes ajustes não só aumentam os custos como o risco do projeto (PMI, 2017).

Não no âmbito das heurísticas construtivas, mas ainda em relação aos problemas RCPSP, importa referir que existem outras formulações ou aquilo que se chama de extensões do problema/problemas relacionados. Dentro desta gama, destacam-se como relevantes para a presente investigação, os seguintes:

- *Resource Levelling Problem* (RLP): consiste em nivelar a utilização de recurso enquanto se executa o cronograma. O objetivo é minimizar a flutuação dos recursos através da função (11):

$$\min \sum_{k \in K} c_k \sum_{t=1}^{\delta} r_{kt}^2 \quad (11)$$

onde  $c_k$  é o custo associado à utilização do recurso  $k$ ,  $\delta$  é a *deadline* do projeto e  $r_{kt}$  é a necessidade de recurso no instante  $t$ . Note-se que o *deadline* do projeto é minimizado previamente através das soluções *standard* ou pode utilizar-se uma função multiobjectivo.

- *Multi-mode RCPSP* (MRCPSP): o modelo assume que cada atividade pode ser executada de modos distintos e o objetivo é selecionar o modo de executar cada atividade, para gerar um cronograma viável, em termos de utilização de recursos e precedências, com a menor duração. Uma formulação MIP foi apresentada por Talbot e Brian (1982), baseada em programação binária e semelhante às formulações apresentadas para RCPSP (com a diferença de utilizar tempos de início e não tempos de fim). As variáveis binárias deste modelo são definidas como (12):

$$x_{imt} = \begin{cases} 1, & \text{se a atividade } i \text{ é executada no modo } m \text{ e começa no tempo de início } t \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (12)$$

Paralelamente ao desenvolvimento de algoritmos, heurísticas e metaheurísticas para escalonamento de projetos, a expansão de sistemas de suporte à decisão foi também bastante notória (Kolisch & Padman, 1997). Estes têm como função principal gerar e gerir informação útil para comparar

novos modelos, algoritmos e heurísticas, bem como potencializar o seu desenvolvimento. Neste sentido, importa referir que os sistemas de informação associados à gestão de projetos são fundamentais na análise de dados, o que permite prever determinadas situações (*what-if scenario analysis*) e simular possíveis cenários (PMI, 2017). Mais ainda, estes sistemas incluem já *software* de escalonamento que, introduzindo determinados parâmetros como as redes de atividades, a duração das mesmas e os recursos disponíveis, são capazes de construir um modelo de escalonamento gerando as datas de início e fim de cada atividade. Entre as inúmeras dezenas de pacotes de *software* para escalonamento, destacam-se três que atuam principalmente em áreas profissionais e comerciais: *MSPProject* (Microsoft Corporation), *Primavera P6* (Primavera Systems/Oracle) e *ProChain* (ProChain Solutions) (Tereso, 2016a).

## **2.4 Conclusões da revisão da literatura**

A revisão da literatura foi pertinente pelo facto de ser um *brainstorming* dos conceitos necessários para aplicar na prática. Uma vez que o interesse da investigação passa pela gestão de capacidades aliada ao escalonamento de projetos, perceber os contributos-chave providenciou toda uma clarividência em relação às estratégias a considerar. Note-se que a revisão de literatura baseia-se, maioritariamente, no PMBOK visto que cobre, em toda a sua extensão e de uma forma mais interativa, a integração das boas práticas de gestão de projetos (Carvalho, 2017).

É necessário ter em conta que apesar das técnicas apresentadas relativamente ao escalonamento de projetos, existem um sem número de projetos sem sucesso, no que concerne a atrasos e não cumprimento do *budget*. Mais ainda, projetos de contexto empresarial decorrem na complexidade de ambientes dinâmicos, caracterizados por incerteza e risco (Schatteman, Herroelen, Van De Vonder, & Boone, 2008). Um dos aspetos cruciais para o cumprimento bem-sucedido das restrições associadas às datas de entrega e aos custos dos projetos é a alocação correta dos recursos, daí a pertinência da presente investigação no âmbito da gestão de capacidades.

### 3. CASO DE ESTUDO

O presente capítulo remete ao contexto empresarial onde se desenvolve a presente investigação. Focando no ponto fundamental da mesma, este apresenta o levantamento de informação necessária para perceber o que é um projeto de industrialização na *Bosch Car Multimedia*, bem como o seu ciclo de vida. O capítulo inicia com uma breve referência ao histórico e ao *status* atual da empresa, mencionando os “números” que a caracterizam. Adicionalmente, é apresentada a estrutura organizacional da empresa, no sentido de perceber em que departamento se integra o presente estudo. Por fim, é explorado o *Product Engineering Process*, visto ser o sustento de todo o entendimento do *Bosch Project Lifecycle Model*.

#### 3.1 A empresa Bosch Car Multimedia S.A.

A empresa *Bosch Car Multimedia S.A.*, situada em Braga, foi fundada em 1990 enquanto empresa designada por *Blaunpunkt* Auto-rádio Portugal. Em 2009, passou a integrar a divisão *Bosch Car Multimedia* (CM) do Bosch Group. O Bosch Group, inaugurado há mais de 130 anos por Robert Bosch (Bosch, 2017) está atualmente presente em 120 países e emprega cerca de 389.000 colaboradores globalmente. Estes e outros valores podem ser verificados na Ilustração 13, que se apresenta seguidamente, intitulada de “*Bosch in Figures*”.

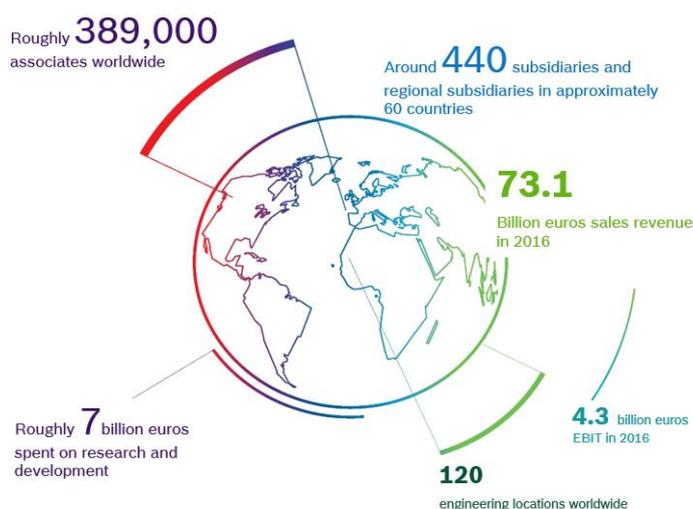


Ilustração 13 - Números que caracterizam o Grupo Bosch ("Bosch in Figures") (Robert Bosch GmbH, 2015)

A organização caracteriza-se pela criação de soluções inovadoras, no sentido de potenciar a conexão entre os seus clientes e os seus produtos. Em concordância com o seu *slogan* “Invented for life”, o Bosch Group é líder em questões futuristas relacionadas com *Internet of Things* (IoT), desenvolvendo soluções inovadoras para “*Smart homes, smart cities, connected mobility and connected manufacturing*”. Deste modo, o seu negócio está dividido em quatro setores principais designados por: *Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods* e *Energy and Building Technology*, e rege-se pelo objetivo de providenciar qualidade de vida aos seus clientes, bem como suscitar entusiasmo na utilização dos seus produtos ou serviços (Bosch, 2017).

No caso particular de Portugal, a organização instalou-se pela primeira em 1911, em Lisboa, aquando da abertura de um *sales office* onde, anos mais tarde, a empresa *Robert Bosch* foi fundada (Almeida & Tereso, 2017). Atualmente, é possível encontrar quatro instalações *Bosch* em todo o país, nomeadamente em Aveiro, Ovar, Braga e Lisboa. O presente estudo será desenvolvido na instalação de Braga, que integra o setor de *Mobility Solutions*.

Uma vez que explorar cada setor seria complexo e extenso, importa focar naquele onde se desenvolveu o trabalho de investigação - *Mobility Solutions*. Ainda assim, o setor integra nove divisões nominadas por: *Gasoline Systems, Diesel Systems, Chassis Systems Control, Electrical Drives, Starter Motors and Generators, Automotive Electronics, Automotive Aftermarket, Automotive Steering* e *Car Multimedia*. Esta última representa a divisão que a fábrica de Braga abrange, sendo por isso, de seguida, descrita em mais detalhe. A fábrica anteriormente referida, não só é a maior a nível nacional dentro do grupo Bosch, como é a principal fábrica a nível global que desenvolve soluções na divisão CM (Almeida & Tereso, 2017).

Ainda dentro da divisão CM é feita uma divisão em quatro unidades: CM-CI1-*Automotive Navigation and Infotainment Systems*; CM-CI2-*Instrumentation Systems*; CM-CI3-*Professional Systems*; CM-MS-*Manufacturing Service*. A unidade de Braga produz, essencialmente, produtos associados às duas primeiras divisões. De forma sucinta, a unidade CM-CI1 desenvolve soluções inteligentes que integram entretenimento, sistemas de navegação e transmissão de informação a longa-distância e a unidade CM-CI2 está a cargo do desenvolvimento de sistemas de instrumentação para um segmento do mercado automóvel (*premium*, alta ou média gama).

### **3.2 Contextualização do estudo na estrutura da empresa**

A área responsável pela conceção dos produtos CM designa-se por MFI (*ManuFacturing Industrialization*), localizada em Hildesheim (Alemanha), Braga (Portugal), Penang (Malásia), Suzhou

e Wuhu (China). O presente estudo será desenvolvido em colaboração com o departamento MFE (*Manufacturing Engineering*), pertencente à área MFI da fábrica de Braga (BrgP). Esta fábrica está dividida em duas áreas principais - comercial e técnica - sendo esta última a área que agrega o departamento MFE (Bosch, 2017). O departamento mencionado engloba cinco setores multifuncionais que providenciam recursos para o desenvolvimento dos projetos. Os setores são apresentados na Ilustração 14 e a função de cada um é, sucintamente, descrita também na figura (Almeida & Tereso, 2017).

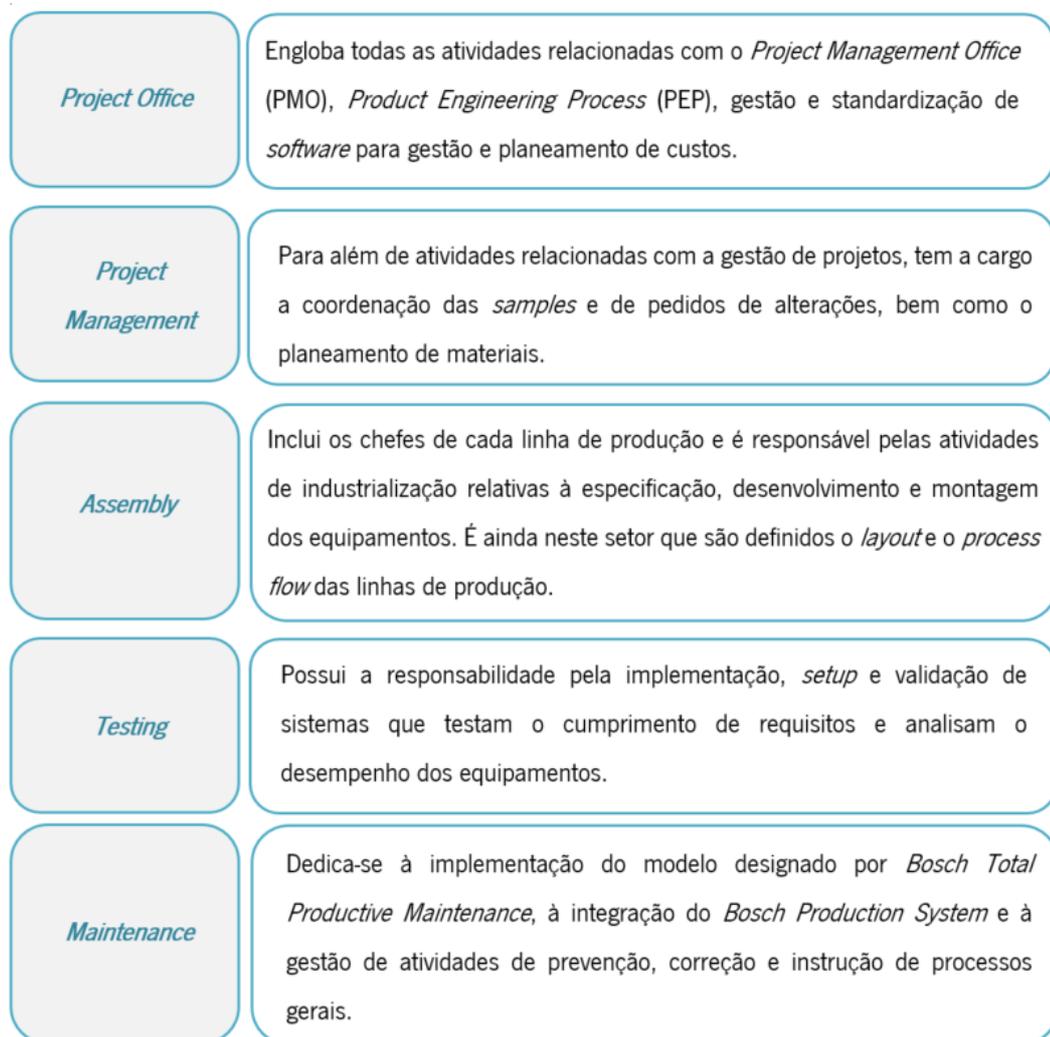


Ilustração 14 - Setores do departamento MFE e respetivas funções  
(Bosch, 2017)

A presente investigação está contextualizada no setor *Project Office* (PO), relacionada com as funções do *Project Management Office* (PMO). Por forma a simplificar o entendimento daquilo que

foi explicado na presente subsecção, apresenta-se, na Ilustração 15, um esquema que sumariza a descrição efetuada anteriormente.

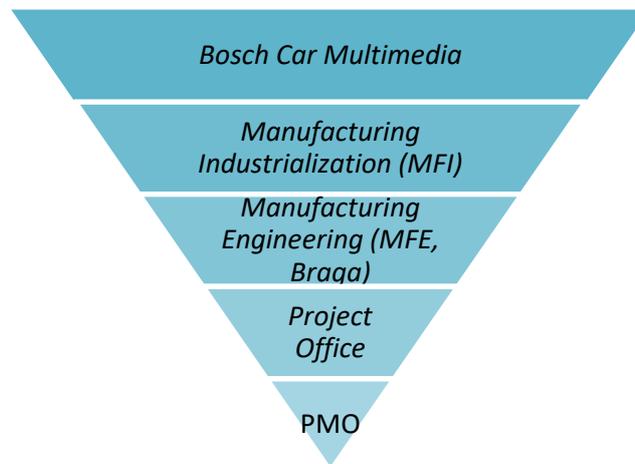


Ilustração 15 - Contextualização do estudo na estrutura organizacional da empresa (Bosch, 2017)

Para justificar a inclusão do presente estudo no setor em cima mencionado, importa esclarecer que o trabalho desenvolvido pelo *Project Office* acompanha os *standards* da empresa, no que diz respeito às áreas de engenharia do produto, gestão de projetos e *software*. Focando na segunda área mencionada - a gestão de projetos -, e por ser a área na qual incide o estudo, uma das funções do PO é a elaboração do *business plan* com carácter anual.

Por norma, os planos de negócio agregam quatro fatores independentes: “*The People, the Opportunity, the Context and the Risk*” (Remidez & Jones, 2012). Alinhado com o interesse da investigação, tem-se o fator associado às pessoas (“*The People*”) responsáveis por levar a cabo o negócio, tanto enquanto parceiros externos como colaboradores internos.

Os gestores dos projetos de industrialização são incluídos nesta secção do *business plan* da empresa, sendo a determinação do número de *headcounts*<sup>5</sup>, necessários para assegurar os projetos do portefólio, um aspeto crítico do mesmo. Pretende-se que a investigação mitigue o processo relacionado com a gestão de projetos, no sentido de desenvolver um modelo capaz de auxiliar nas decisões relacionadas com o número de *headcounts*.

---

<sup>5</sup> *Headcount* é um termo corporativo que se refere ao número de pessoas que trabalham numa equipa ou empresa.

É neste momento que é chamado o tópico “gestão de capacidades dos recursos” (neste caso, gestores de projeto), onde importa compreender questões relacionadas com a alocação dos mesmos. A alocação dos recursos é gerida pelo PMO, daí associar-se a investigação às funções que este engloba.

Em suma, uma vez que o estudo incide na gestão de projetos, o ponto de partida do Estudo de Caso será o entendimento da forma como é feito (subsecção 3.4). Não descurando do facto de esta área “andar de mãos dadas” com a engenharia do produto, é feita, previamente, uma breve descrição do *Product Engineering Process* (PEP), na subsecção 3.3.

### 3.3 Product Engineering Process

Anteriormente à explicação do propósito do *Product Engineering Process* (PEP), importa referir que este está integrado no *Bosch Engineering System* (BES), que por sua vez está integrado no *Bosch Business System* (BBS). O BES é um sistema que inclui todas as atividades necessárias para o desenvolvimento de novos produtos, desde questões relacionadas com inovação à gestão de todo o processo de engenharia associado ao produto, até que este seja lançado no mercado (Almeida & Tereso, 2017).

O PEP tem como objetivo a criação de novos produtos “*On time, on specification, on budget*” garantindo “*Outstanding quality*” (Bosch, 2017) e consiste em todas as atividades envolvidas na engenharia de um produto, desde o *kick-off* do projeto global até à sua conclusão. As atividades do PEP incluem diversas áreas como a Gestão do Projeto, Engenharia de *Software*, Engenharia de *Hardware* (mecânica e eletrónica), Industrialização (construção das amostras e preparação da produção) e *System Test*. Estas ocorrem ao longo de 5 fases, representadas no esquema da Ilustração 16, fases essas que caracterizam todo o processo de engenharia do produto.

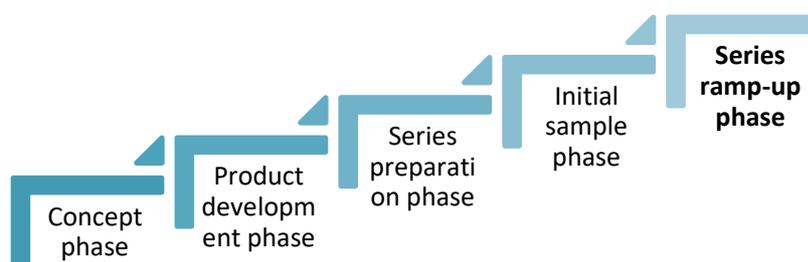


Ilustração 16 - Fases do Product Engineering Process (Bosch, 2017)

Numa perspetiva diferente, o PEP é sistema do tipo stage-gate, composto por uma sequência de cinco stages, alinhados com as fases acima mencionadas, separadas por *quality-gates* (QG), que representam pontos onde são feitas verificações no âmbito do controlo da qualidade. Mais especificamente, as quality gates destinam-se a projetos orientados ao cliente, daí serem designadas por QGC (*Quality Gates of Customer projects*). A Ilustração 17 esquematiza o sistema, seguidamente descrito.

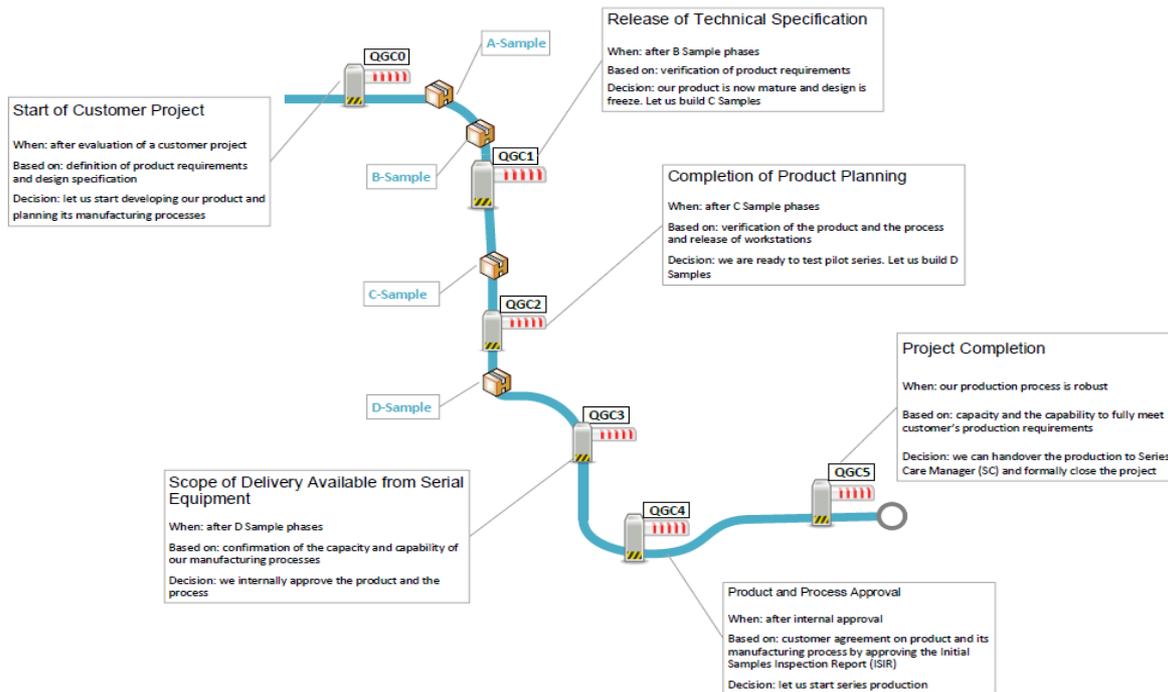


Ilustração 17 - "Quality-gate System" que caracteriza o PEP (Bosch, 2017)

A *Concept phase* caracteriza o *kick-off* do projeto, tendo como principal objetivo o desenvolvimento do conceito do novo produto, considerando especificações de *design*, arquitetura do sistema, *hardware*, etc. O fim desta fase é marcado pela QGC0, onde o controlo é baseado na definição dos requisitos e especificações do produto. Neste momento, decide-se o começo do desenvolvimento do produto, assim como o planeamento dos processos de manufatura.

Segue-se a *Product Development phase*, onde são criados os primeiros protótipos (*samples* do tipo A e B) utilizadas para verificar e avaliar se o produto corresponde às suas especificações. Após esta verificação, feita na QGC1, o produto é considerado maduro e o *design* torna-se inalterável.

A terceira fase, *Series Preparation phase*, destina-se ao desenvolvimento da primeira amostra (*samples* do tipo C) que irá ser validada pelo cliente. Além disso, esta fase dá ênfase ao *set-up* das

linhas de produção e à avaliação dos equipamentos e das ferramentas necessárias para o processo de industrialização. Na *quality gate* que sucede esta fase, a QGC2, decide-se se o produto está pronto para ser submetido a testes piloto e é a partir daí que se inicia o desenvolvimento das *samples* do tipo D.

Na fase seguinte, designada por *Initial sample phase*, são executadas as séries piloto, simulando o processo de produção através do desenvolvimento de novas amostras (*samples* do tipo de D), que serão validadas pelo cliente. A simulação permite otimizar os recursos de produção, identificar e eliminar potenciais problemas e aprovar o processo de manufatura. Após esta fase, existem duas *quality gates* para que seja possível prosseguir para a fase seguinte - QGC3 e QGC4. Na primeira, verifica-se a capacidade do processo de manufatura e, conseqüentemente, aprova-se internamente o produto e o processo de produção. Uma vez aprovado, o projeto “passa” pela QGC4, onde o cliente aprova o *Initial Samples Inspection Report (ISIR)*, que representa a sua aceitação do produto e do seu processo de manufatura.

Por último, executa-se a *Series ramp-up phase*, onde pequenas séries são produzidas no sentido de identificar e eliminar pequenas falhas que persistam, bem como otimizar o ciclo de vida e a eficiência do processo. Quando o processo de produção se torna robusto, na QGC5 é verificado se a produção corresponde com os requisitos do cliente. Havendo “luz verde”, a produção é entregue ao *Series Care Manager* e assume-se concluído o projeto de industrialização. Uma vez mencionado o conceito de *samples*, é pertinente explorar as características associadas a cada tipo, no sentido de perceber, futuramente, a exigência em termos de conteúdo de trabalho associado a cada *stage* onde ocorre elaboração de amostras. Estas encontram-se sumariadas na Ilustração 18.

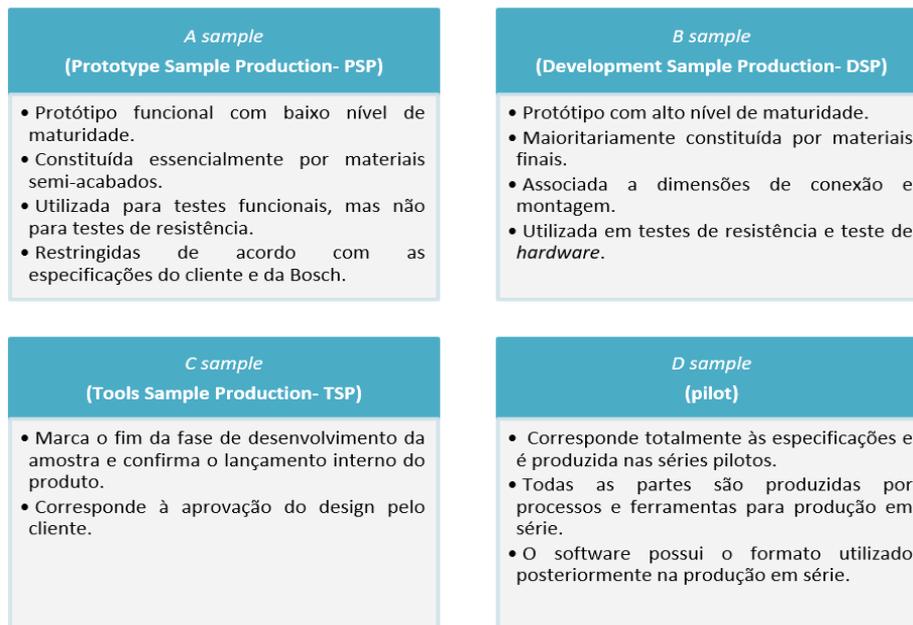


Ilustração 18- Caracterização das amostras desenvolvidas nas fases do PEP (Bosch, 2017)

### 3.4 A gestão de projetos na Bosch Car Multimedia S.A.

A gestão de projetos na *Bosch Car Multimedia S.A.* surgiu em 2000 e é, atualmente, reconhecida como uma competência fundamental para desenvolver e executar os projetos da empresa (Management & Projects, 2017). Em 2009, foi lançada a Diretiva Central “*Project Management at Bosch*” que define aqueles que são os requisitos mínimos para a gestão dos projetos da empresa. Os requisitos vão ao encontro dos dois objetivos mencionados seguidamente:

- Reforçar o alinhamento das organizações funcionais pela aplicação de procedimentos profissionais de gestão de projetos, prevenindo o risco e potenciando a vantagem competitiva da empresa;
- Assegurar a eficiência e a eficácia da colaboração entre as diferentes unidades operativas, através da utilização de práticas e terminologias de gestão de projetos, de compreensão comum.

Adicionalmente, a Diretiva Central descreve o *Bosch Project Lifecycle Model* (BPLM), apresenta o alinhamento de subprocessos, métodos e ferramentas utilizadas na gestão de projetos, de acordo com as dez áreas de conhecimento definidas pelo *Project Management Institute* (PMI). Mais ainda, também na Diretiva Central se encontra descrita a categorização dos projetos, utilizada para definir os requisitos necessários em termos de qualificações do profissional que irá assumir a gestão dos mesmos. A categorização de projetos é, portanto, um aspeto fundamental. Importa percebê-la só e

particularmente no que concerne a projetos de industrialização uma vez que, a dissertação se contextualiza no PMO e no PO, setores que apenas contemplam este tipo de projetos. Os critérios utilizados para categorizar um projeto são avaliados numa escala de 1 a 4 pontos e são descritos da seguinte forma:

- Impacto económico: mede o custo associado ao processo de industrialização (*start-up costs*), através dos documentos como a lista de investimentos em instrumentação e lista de investimentos em *workbenches*.
- Inovação do processo: mede o grau de inovação do projeto.
- Locais de industrialização: número de locais envolvidos no *set-up* do projeto.
- Interculturalidade: mede a diversidade de culturas envolvidas no projeto.
- Complexidade do projeto de industrialização: mede o número de “*workpackages*” envolvidos no *set-up* do projeto.
- Duração do projeto: mede o horizonte temporal do projeto, desde o *kick-off* até à QGC5.

Na Tabela 4, apresenta-se a matriz com os critérios de avaliação, através da qual se determina a categoria do projeto, de acordo com a pontuação obtida.

Tabela 4- Matriz dos critérios de avaliação para categorização de projetos.

	<b>1 ponto</b>	<b>2 pontos</b>	<b>3 pontos</b>	<b>4 pontos</b>
<b>Impacto económico</b>	< 1M €	< 2M €	< 3M €	>= 4M €
<b>Inovação</b>	Processos e sistemas de testes existentes (há apenas alteração nos parâmetros).	Jigs e sistemas de testes alterados e processos de teste atualizados pelos testes SE.	Jigs e sistemas de testes novos e teste SE cobre todos os passos do processo.	Novos processos de manufatura e métodos de <i>Testing</i>
<b>Locais de industrialização</b>	0 locais (apenas sampling)	1 local (projeto a nível local)	2 locais	>2 locais
<b>Interculturalidade</b>	1 cultura (projeto a nível local)	2 culturas	3-4 culturas	>4 culturas
<b>Complexidade</b>	< 5 WP	<10 WP	<15 WP	≥15 WP
<b>Duração</b>	< 6 meses	<15 meses	<24 meses	≥24 meses

Após avaliação individual de cada critério, o valor que resulta do somatório das pontuações informa sobre a categoria do projeto de acordo com o seguinte:

- 6-11 pontos: categoria D
- 12-17 pontos: categoria C
- 18-23 pontos: categoria B
- 24 pontos: categoria A

Conclui-se que os projetos de categoria A são o tipo de projetos que requerem um maior esforço na gestão do mesmo, sendo-lhes atribuídos gestores com um elevado nível de qualificações e competências. Independentemente da categoria, todos os projetos de industrialização subsistem de acordo com um ciclo de vida comum. Este será o tópico tratado seguidamente, na subsecção 3.5.

### 3.5 Bosch Project Lifecycle Model

O *Bosch Project Lifecycle Model* (BPLM) é um modelo que descreve a gestão de projetos de industrialização da empresa, estando alinhado com o Modelo Elementar do Processo de Gestão de Projetos do PMI (PMI, 2017). Este último modelo referido é constituído por cinco grupos de processos de gestão, que correspondem às fases do BPLM, como a Tabela 5 esquematiza.

Tabela 5 - Fases do BPLM alinhadas com o Modelo Elementar de Gestão de Projetos (Bosch, 2017)

Fases do BPLM	Grupos do modelo PMI
Request	Initiating
Preparation	Planning
Conception	Execution/Monitoring&Controlling/(Re)Planning
Implementation	Execution/Monitoring&Controlling/(Re)Planning
Completion	Closing

O ciclo de vida de um projeto de industrialização Bosch, apresentado na Ilustração 19 segue o modelo BPLM e é definido por fases genéricas, compassadas por *milestones* - eventos que marcam os *outputs* de uma fase, o fim da mesma e consequentemente o início da fase que a sucede.

Analisar cada uma das fases revela-se fundamental, uma vez que para a investigação, é necessário conhecer as atividades que as constituem, bem como o seu conteúdo de trabalho. Assim, é feita, de seguida, uma breve análise das mesmas no que concerne aos processos fundamentais de cada uma. O seu entendimento e a sua explicação são baseados no fluxograma que caracteriza o processo em geral.

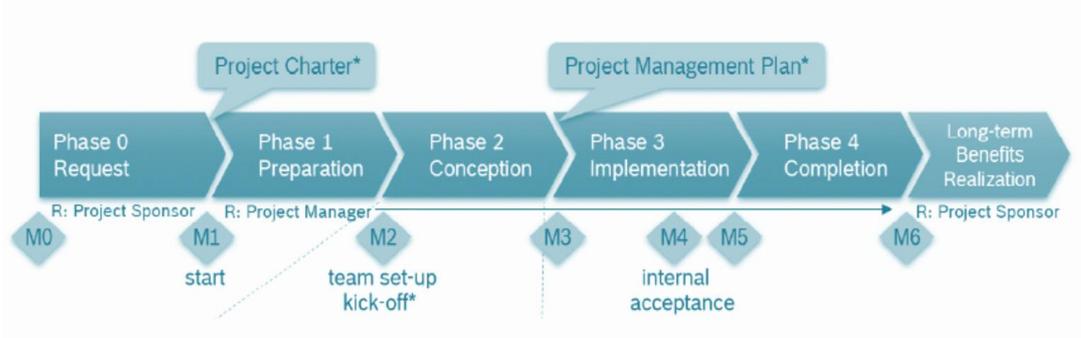


Ilustração 19- Ciclo de vida de um projeto de industrialização Bosch (Bosch, 2017)

3.5.1 Request – fase 0

Os projetos de industrialização iniciam com o pedido de um PJM, que fique responsável pelo projeto em questão, (na Ilustração 20 assinalado pelo "Request Started"). Este pedido provém do *global Project Manager*, localizado no departamento de desenvolvimento na Alemanha, e é efetuado ao *Program Manager (PgM)*, localizado na BrgP. O meio utilizado para comunicação do pedido é o *e-mail*, sendo que este deve conter o *global Project Charter*, *global kick-off minute* (caso exista nesta fase) e o *global Project Breakdown Structure*.

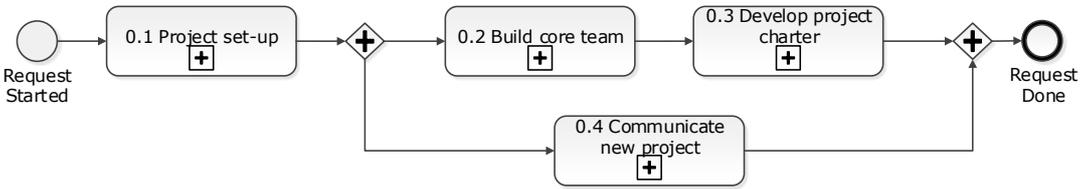


Ilustração 20 -Workflow da fase "Request" (Bosch, 2017)

Quando o pedido é aceite na unidade de negócio, considera-se o *milestone* M0 atingido e a fase 0 inicia com o *set-up* do projeto. Este processo consiste em determinar a categoria do projeto, criar a pasta do projeto, que permite a organização e standardização dos documentos do projeto, e o ID do mesmo. Além disso, é ainda necessário definir *targets* de qualidade e atribuir o projeto a um PJM.

Nomeado o PjM, este recebe toda a informação do projeto, constrói e formaliza a *core team* do projeto, constituída por: *Launch Manager* (LM), *Parts Purchase Manager* (PPM-SuS), *Project Quality Manager* (PQM) e *Sample Build Coordinator* (SBC). Mais ainda, nesta fase o PjM cria a OPL da equipa (*Open Point List*), que define todos os documentos e tópicos úteis para a gestão da equipa, e prepara o OBS do projeto, que estrutura de forma organizada os *stakeholders* envolvidos no projeto. Por fim, desenvolve-se o *Project Charter*, que consiste no *gathering* de todos os aspetos chave de que são exemplo os objetivos, requisitos, riscos, *stakeholders*, pressupostos e restrições do projeto.

### 3.5.2 Preparation – fase 1

O início da segunda fase, que corresponde ao *milestone* M1, marca o início da execução do projeto aquando a aprovação do *Project Charter*. Esta fase é dedicada à definição, preparação e coordenação de todos os planos que integrarão o *Project Management Plan* (PMP), que será aprovado no *milestone* M2, definindo o fim da fase. O *workflow* desta fase pode ser observado na Ilustração 21.

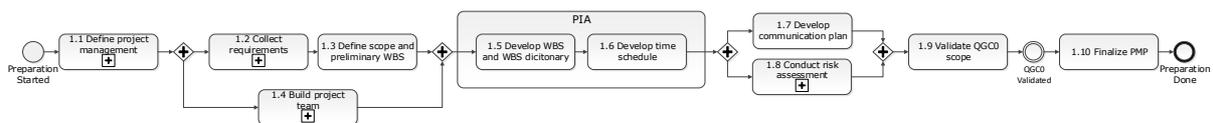


Ilustração 21 - Workflow da fase "Preparation"  
(Bosch, 2017)

Em primeiro lugar, é necessário definir quais os planos de gestão que serão desenvolvidos para o projeto, recolher os requisitos dos diversos *stakeholders* para melhor planear o projeto, definir, de forma geral, os trabalhos necessários para alcançar os objetivos estipulados para o projeto (primeira versão do *Work Breakdown Structure*) e ainda, estabelecer regras. A fase prossegue com o desenvolvimento de uma versão refinada do *Work Breakdown Structure* (WBS) e do *time schedule* do projeto, de acordo com os trabalhos, dependências e *milestones* até então identificados. Um aspeto importante para que a *core team* do projeto corresponda às exigências do mesmo, é a comunicação eficiente entre os membros. Por este motivo, é desenvolvido, na sétima atividade da fase, um plano para identificar propósitos e meios de comunicação para cada membro da equipa. Anteriormente à validação do âmbito do projeto através de avaliações formais, é ainda necessário identificar e avaliar potenciais riscos no sentido de desenvolver um plano de resposta aos mesmos. Por fim, finaliza-se o PMP. Neste momento, o plano de gestão contém já todas as *baseline* e documentos preenchidos no sentido de ser formalmente aceite.

### 3.5.3 Conception – fase 2

A fase de conceção corresponde ao início da produção das primeiras *samples* (tipo A e B), e tem como objetivo aproximar o projeto ao conceito do produto final, bem como criar a linha de produção. A Ilustração 22 apresenta o *workflow* da presente fase.

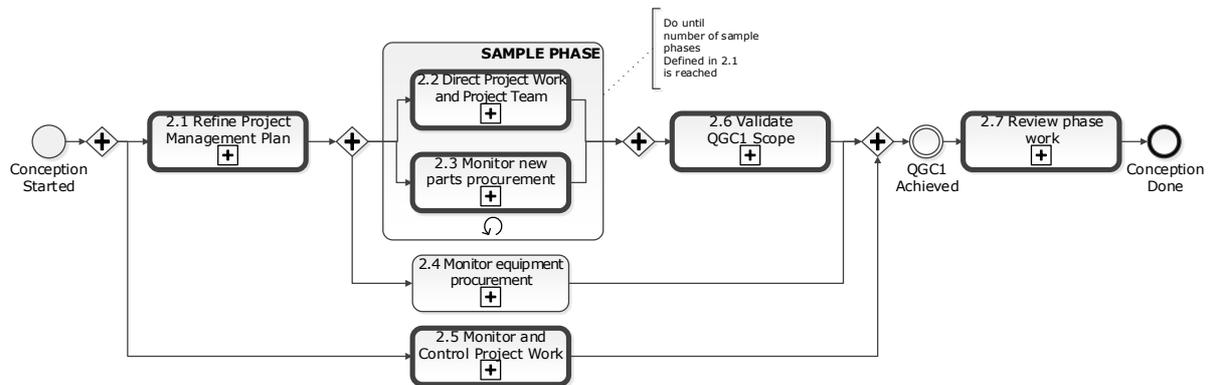


Ilustração 22 - Workflow da fase "Conception"  
(Bosch, 2017)

No início da fase, é refinado o PMP através da técnica *rolling wave*, que consiste na decomposição da WBS, na medida em que o produto e os processos necessários para a sua produção se tornam cada vez mais claros. Durante a fase de conceção, torna-se preponderante guiar a equipa do projeto, visto ser a fase inicial da criação do produto. Mais ainda, é importante registar dados relativos ao desenrolar dos trabalhos, nesta que é a fase inicial da vida do produto. É, também importante comunicar à equipa estes indicadores registados, no sentido de aprimorar a criação do produto. No momento em que são registados problemas, é necessário pensar numa solução. Relacionado com uma área mais técnica, nesta fase é necessário estudar e garantir a disponibilidade das peças para a construção das *samples* (recorre-se à *Bill of Materials*), dos equipamentos e das ferramentas para a industrialização do produto.

Com o desenrolar da fase, é importante monitorizar e controlar o progresso dos trabalhos, através de atualizações, análises e registos do estado atual do mesmo, que comprovará a maturidade do projeto, necessária para que este seja validado na QGC1 e prossiga para a próxima fase.

### 3.5.4 Implementation – fase 3

Em relação à presente fase, importa reter que existe um conjunto de atividades, muito semelhantes à fase anterior, como se pode confirmar no workflow, representado de forma repartida, dada a sua dimensão, na Ilustração 23.

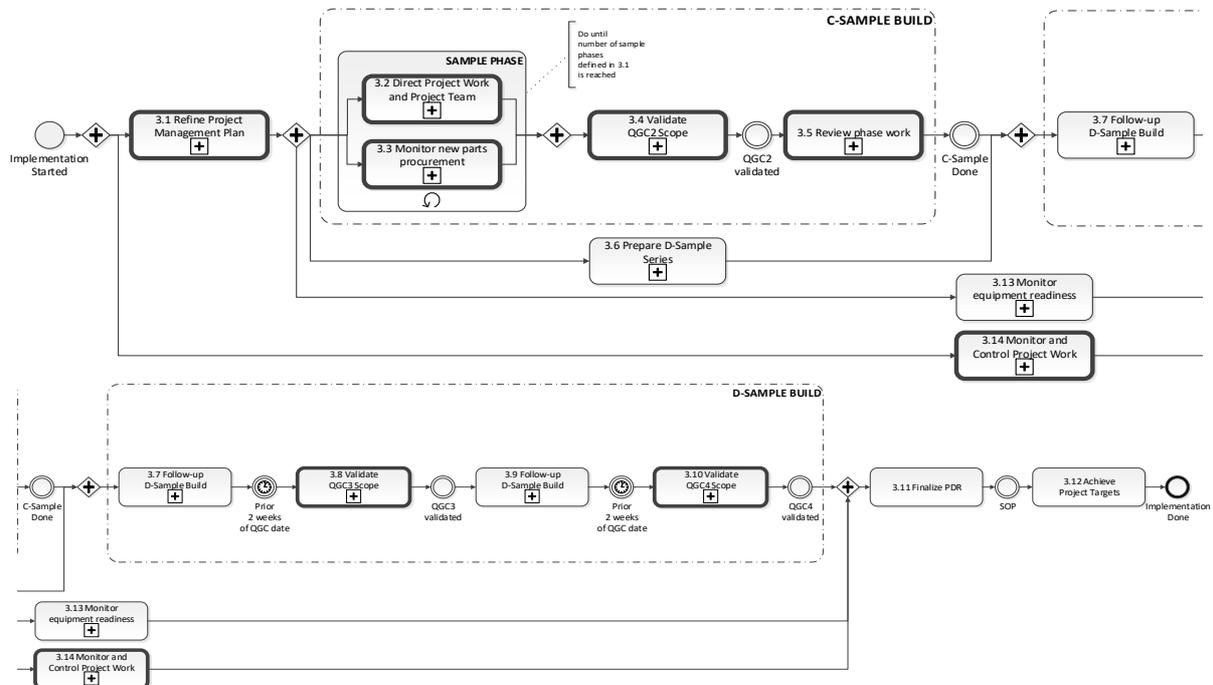


Ilustração 23- Workflow da fase "Implementation"  
(Bosch, 2017)

As atividades desta fase estão relacionadas com o refinamento do WBS, monitorização e controlo da evolução do trabalho e garantia de peças para o desenvolvimento das *samples*, que se constroem nesta fase (C e D). Note-se que esta fase contém três *quality-gates*, que garantem que a informação requerida está disponível e comprova a maturidade e *performance* do projeto. Após a aceitação do produto pelo cliente, na QGC4, é finalizado o *Product and Delivery Release* (PDR), o que formaliza a disponibilidade para produzir em série o novo produto. É nesta fase que inicia a produção - *Start Of Production* (SOP), aquando a iniciação da fase *Series ramp-up* do PEP. Neste momento, o PjM acompanha o projeto, no sentido de perceber se os *targets* de qualidade são atingidos.

### 3.5.5 Completion - fase 4

Após garantir que o processo de manufatura corresponde ao IRR (Initial Rejection Rate) desejado e obter aprovação do cliente, quer em termos de produto quer em termos de processos de produção, é

feita uma reunião oficial, onde se reúnem os membros da equipa do projeto, com intuito de coletar lições aprendidas de acordo com os indicadores de performance do projeto - ponto 4.3 do *workflow* apresentado na Ilustração 24.

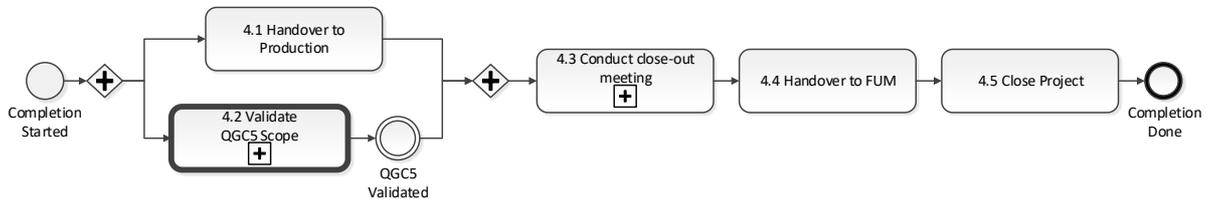


Ilustração 24 - *Workflow* da fase "Completion"  
(Bosch, 2017)

Esta fase caracteriza o fim do projeto, sendo todos os deveres associados ao produto são transferidos para o *Follow-Up Manager* (FUM), responsável pela produção. Para concluir o projeto, é preciso garantir que todos os documentos do projeto estão arquivados e que este é fechado em todos os sistemas de informação.

Pela observação da Ilustração 25, é possível perceber que o PEP e o BPLM estão diretamente relacionados. Porém, é também possível verificar que os modelos não estão paralelamente alinhados sendo que existem mais *milestones* do que *quality-gates*.

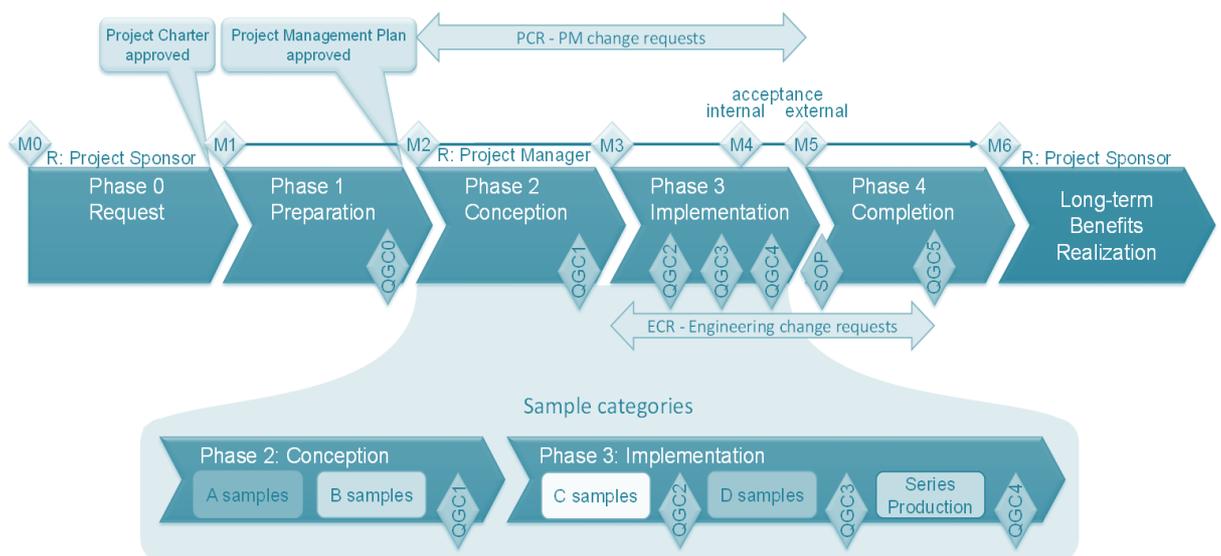


Ilustração 25 - Ciclo de vida de um projeto de industrialização Bosch alinhado com o PEP  
(Bosch, 2017)

Note-se que, dependendo da categoria do projeto e das suas necessidades específicas, algumas fases do PEP podem não ocorrer. Por exemplo, normalmente, em projetos de categoria D, a *Product Development phase* é excluída uma vez que, este tipo de projetos apenas requer construção de amostras C e D. Por outro lado, em projetos de categoria A e B, todas as *quality gates* devem ser executadas. Adicionalmente, em projetos de categoria C, os requisitos mínimos são a execução de QGC0 e QGC4.

### 3.6 Levantamento da problemática

Apresentadas e, de forma geral, explicadas as fases do ciclo de vida de um projeto no contexto empresarial em estudo, é agora momento de examinar os tópicos do Estudo de Caso e esclarecer a problemática. O objetivo fundamental é construir um modelo capaz de gerir, unicamente, as capacidades dos gestores de projetos do departamento MFE. O foco serão, portanto, os processos nos quais os PjM estão envolvidos, pondo de parte questões e trabalhos associados aos membros da *core team* ou dos elementos que gerem as dinâmicas associadas aos projetos. Assim, os primeiros passos da investigação consistem em conhecer as atividades *standard* que constituem o dia-a-dia de um gestor de projeto, no processo de gerir projetos de industrialização *Bosch Car Multimedia*. Espera-se que o modelo conjugue a duração de cada uma das atividades com a necessidade de respeitar as datas estipuladas para cada *quality-gate*. Adicionalmente, e remetendo para a relação existente entre duração e utilização de recurso (equação 1), o esforço que as atividades requerem terá de respeitar a capacidade máxima dos recursos. Assumem-se que os gestores de projeto, como recursos humanos, estão limitados a uma capacidade de 100%, percentagem que representa as 8 horas diárias de trabalho.

O raciocínio exposto mostra que a gestão de capacidades está intimamente relacionada com o processo de escalonar as atividades de um projeto. Efetivamente, escalonar envolve a alocação dos recursos disponíveis para o projeto, no sentido de determinar detalhadamente a data de início e de fim das atividades que o constituem (Gonçalves et al., 2008). Tendo conhecimento de que a investigação decorre numa circunstância de recursos limitados, a autora propõe que o modelo a desenvolver siga os princípios de problemas clássicos de escalonamento de projetos com restrição de recursos - *Resource Constrained Project Scheduling Problem* (RCPSP).

A partir do modelo, o interesse prático da investigação é a criação de uma ferramenta, de fácil acesso, que permita uma gestão visual das capacidades de cada gestor de projeto. Por um lado, espera-se que a ferramenta seja capaz de determinar o número de *headcounts* necessários para gerir os

projetos que constituem o portefólio de projetos em análise num determinado *Business Plan*. A abordagem feita, em resposta à problemática levantada, é explicada no capítulo seguinte (capítulo 4).



## **4. PROBLEMA DE ESCALONAMENTO DE PROJETOS**

Este capítulo expõe o conteúdo desenvolvido pela autora da dissertação, em resposta à problemática levantada e com o objetivo de colmatar as necessidades referidas pela empresa. O início do mesmo coincide com um subcapítulo que contém a definição do problema (4.1), acompanhada da abordagem circunscrita pela investigadora. Em seguida, apresenta-se o Modelo Conceptual que caracteriza o problema e a notação que lhe está associada (4.2).

Importa referir que a dificuldade do processo de solucionar problemas de escalonamento aumenta quando os recursos são limitados (Gonçalves et al., 2008). Mais ainda, a complexidade de um contexto real exige determinadas simplificações na abordagem. Os problemas de escalonamento de projetos com recursos limitados, bem como os que incluem a sua integração, não são exceção. Nesta ótica, optou-se por utilizar uma abordagem heurística para gerar soluções possíveis. Esta encontra-se descrita no último subcapítulo (4.3).

### **4.1 Abordagem ao problema**

A prática de escalonamento requer que se conheçam, à partida, não só as atividades que constituem um projeto, como as relações de precedência entre as mesmas, por forma a construir a rede de atividades que caracteriza um projeto. Para o presente estudo, entenda-se por “conhecer as atividades” o processo de saber quantas são e qual é o conteúdo de trabalho de cada uma. O primeiro passo da criação do modelo subjacente à investigação é, portanto, o levantamento das atividades que constituem a atividade diária de um gestor de projetos da empresa *Bosch Car Multimedia*.

Ainda que um projeto seja único, por questões de simplificação, assume-se que todos os projetos de industrialização convocam a mesma rede de atividades, ainda que com mais ou menos exigência em termos de conteúdo de trabalho. Esta exigência irá ser medida pela categoria do projeto, realçando que, em determinadas categorias existem atividades com conteúdo de trabalho nulo, o que significa que, na realidade, estas não acontecem para o tipo de projeto em questão. Pode dizer-se que projetos de categoria A contêm as mesmas atividades que as restantes categorias, porém cada atividade retém um maior conteúdo de trabalho. Mais ainda, como será possível constatar, algumas atividades não sucedem em projetos de categoria C e D. É nestes casos particulares que se assume o conteúdo de trabalho nulo.

No sentido de construir um modelo mais rigoroso, procurou-se, na medida do possível, o máximo de detalhe associado a cada tarefa do gestor de projetos. Melhor dizendo, as fases que integram o BPLM

foram escrutinadas, resultando naquilo que podem ser considerados grandes subconjuntos de tarefas que constituem a função de um PjM. Cada subconjunto de tarefas compõe aquilo que investigadora denomina de atividades. A relevância de “descer” ao nível de detalhe das tarefas reside no facto de ser possível fazer um levantamento de dados mais exato e fidedigno em relação ao conteúdo de trabalho de cada atividade. De facto, ao abordar os colaboradores da empresa, integrados na investigação, referindo apenas o nível de detalhe das atividades, pode não ser elucidativo. As tarefas traduzem, portanto, o detalhe que esclarece em que é que consiste cada atividade, mas não serão a base de trabalho do modelo a desenvolver.

Realce-se o facto de a investigação decorrer num contexto empresarial complexo e de grande dimensão, onde a standardização das atividades nunca traduz totalmente a realidade. Não obstante, para conceptualizar o modelo associado ao problema, foi necessário reduzir o dia-a-dia a um conjunto de atividades que se podem assumir como típicas e únicas.

O levantamento das tarefas e o seu agrupamento em grandes subconjuntos (atividades) foram feitos com o auxílio de um elemento do *Project Management Office* (PMO), através de entrevista informal, cujo guião pode ser encontrado no Apêndice I. As atividades a considerar no modelo surgem, portanto, de uma simplificação dos fluxogramas de cada fase do BPLM, simplificação essa validada aquando da entrevista. Estas encontram-se discriminadas na Tabela 12 do Apêndice II, organizadas pelas respetivas fases do BPLM e associadas às tarefas que as constituem.

Note-se que determinadas atividades podem acontecer em simultâneo, porém existem outras que dependem de *inputs* (documentos, informações, produtos, etc.) provenientes dos *outputs* de outras atividades. Estes *outputs* são concebidos aquando da conclusão das atividades, o que significa que, para as atividades sucessoras iniciarem, é necessário que todas as suas atividades precedentes tenham terminado. Deste modo, foi necessário estudar as relações de precedência entre as diversas atividades, por forma a criar a rede de atividades que caracteriza um projeto típico. Para isso, recorreu-se ao auxílio do mesmo elemento do PMO que validou uma proposta de rede resultante da análise dos fluxogramas subjacentes a cada fase do BPLM.

Uma vez que a principal restrição do problema é o cumprimento das datas das *quality-gates*, a criação da rede de atividades é orientada às QGCs em vez de ser feita com base nos marcos do BPLM. Melhor dizendo, cada projeto será dividido em subprojetos cuja data de fim e data de início é marcada pelas datas das *quality-gates* (à exceção do primeiro subprojeto cuja data de início coincide com o *milestone 0*).

A autora não encontra pertinência em explicar as relações de precedência entre as atividades em concordância com o modo como as atividades se procedem no dia-a-dia. Explicar de que forma certos *outputs* servem de *inputs* para outras atividades seria entrar num grau de pormenor que não se justifica no presente estudo. Além disso, todo o processo da gestão de projetos foi já, de forma geral, explicado. Deste modo, apresentam-se, nas Ilustração 53, Ilustração 54, Ilustração 55, Ilustração 56, Ilustração 57, do Apêndice III, as redes que retratam os 6 “subprojetos”, resultantes da decomposição de um projeto pelas *quality-gates*.

Para entendimento do raciocínio subjacente à sua construção, atente-se a rede do tipo *Activity-on-Arc*, associada ao primeiro subprojeto, apresentada na

Ilustração 26. Esta será a única rede explorada, no sentido de exemplificar o sustento da construção de todas as redes. Na representação da

Ilustração 26, é reforçada a ideia de que as redes estão balizadas pelas datas em que ocorrem as validações das *quality-gates*. Como referido anteriormente, estas datas são impostas pelos clientes e o seu cumprimento será a restrição fundamental do modelo.

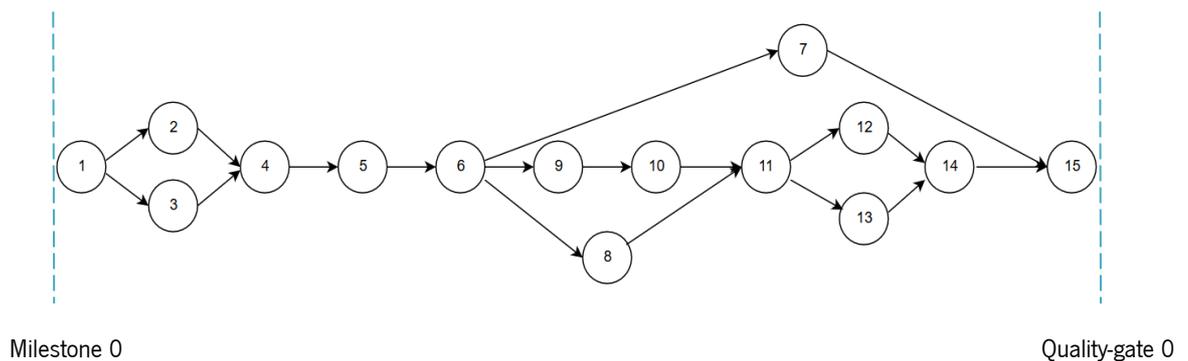


Ilustração 26 - Representação da rede de atividades que caracteriza o subprojeto I.

A rede inicia com a atividade 1 que, de acordo com a Tabela 12 do Apêndice II, corresponde à confirmação por parte do PjM da receção do projeto. Assume-se, ainda que com algum erro associado, que a atividade anteriormente mencionada ocorre no momento do primeiro *milestone* (M0). Na verdade, existe um pequeno conjunto de atividades que acontecem anteriormente, porém não convocam a participação do PjM e é impraticável estimar o tempo que decorre, entretanto.

Outro reparo importante é a agregação das duas primeiras fases - “*Request*” e “*Preparation*” - na rede em análise. De facto, na primeira fase não existe nenhuma *quality-gate* para validar, o que significa que não existe nenhuma data a cumprir. É neste sentido que anteriormente se referiu que as

redes estão “moldadas” às *quality-gates*. Do mesmo modo, fases que incluem duas validações de *quality-gates*, são divididas em duas redes distintas. Como exemplo desse cenário tem-se a fase “*Implementation*” que envolve a validação da QGC3 e da QGC4. Por esse motivo, esta fase está dividida em duas redes que correspondem às representações presentes na Ilustração 53 e Ilustração 54.

De acordo com o que é possível observar na Tabela 12, a validação da primeira *quality-gate* (QGC0) acontece à décima quarta atividade. O fim desta atividade deve coincidir com a data estipulada para a QGC0. A atividade 7, que consiste na participação em *workshops*, ocorre até ao fim da validação da primeira *quality-gate*, o que implica que a rede termine com a conclusão de duas atividades. Por essa razão, houve necessidade de colocar uma atividade *dummy* (atividade *dummy* 1) no final da rede, cujas atividades precedentes são as atividades 7 e 14 e cujo fim deve, igualmente, coincidir com a data estipulada para a QGC0.

Realça-se o facto de a rede possuir uma atividade *dummy* no final. Efetivamente, o início da rede não requer a criação de atividade *dummy* pelo facto de consistir apenas numa atividade - a atividade 1. Assim, a rede que representa o primeiro subprojeto termina com a atividade 15 que corresponde à atividade *dummy* 1.

A atividade que consta na Tabela 12 como atividade 15 - “Finalizar o PMP” – integra a próxima rede (presente na Ilustração 54) visto que acontece depois da validação da QGC0. Pelo facto de se adicionar a atividade *dummy* 1, à qual se atribuiu o número 15, foi necessário reajustar os números que constam na Tabela 12. Deste modo, a atividade que comporta o número, 15 segundo a tabela, passa a ser a décima sexta atividade. Este reajuste é esclarecido para todas as atividades na Tabela 13 do Apêndice IV, onde se podem encontrar todos os novos números das atividades após a inclusão de todas as atividades *dummy* necessárias. Na tabela é possível verificar a correspondência entre os números das atividades originais e os novos números. Note-se que, as redes apresentadas no 0 incluem a numeração pós-ajuste, o que significa que contém já as atividades *dummy* adicionadas.

Conclusivamente, pode dizer-se que o modelo contará com um número total de atividades igual a 45, das quais 5 são atividades *dummy*, utilizadas na grande maioria para finalizar a rede respetiva de cada subprojeto. A única exceção é a atividade *dummy* 4 que ocorre no início do subprojeto IV. A Tabela 6 resume aquilo que é necessário saber sobre cada subprojeto do grupo de subprojetos que decompõem um Projeto de Industrialização Bosch.

Importa enfatizar que, em todos os subprojetos, as redes estão balizadas pelas datas das *quality-gates*, isto é, o tempo de início da primeira atividade do subprojeto coincide com a data de início do mesmo e o tempo de fim da última atividade deve respeitar a data de fim do subprojeto.

Tabela 6- Informações a reter para cada subprojeto relativamente às atividades que os constituem e aos seus tempos de início e fim.

Subprojeto	Data de início	Data de Fim	Primeira Atividade	Última Atividade
I	Milestone 0	QGC0	1	15
II	QGC0	QGC1	16	23
III	QGC1	QGC2	24	30
IV	QGC2	QGC3	31	39
V	QGC3	QGC4	40	41
VI	QGC4	QGC5	42	45

Neste seguimento surge a necessidade de conhecer as durações das atividades, no sentido de perceber se, dada uma data de início, é possível, então, respeitar a data de fim. Os dados relativos a este tópico foram recolhidos através de uma entrevista informal com dois *Program Managers*, pertencentes ao setor Project Management do departamento MFE: um responsável pelo portefólio dos projetos da divisão CM-CI1-*Automotive Navigation and Infotainment Systems* e outro responsável pela divisão CM-CI2-*Instrumentation Systems*. O guião da entrevista é passível de consulta no Apêndice V.

A autora percebeu que o modo mais intuitivo para os *Program Managers* responderem a questões relacionadas com durações de atividades envolveria o conceito de conteúdo de trabalho. Melhor dizendo, esperava-se, à partida, que o tipo de resposta dos entrevistados fosse: “Tipicamente, para executar a atividade  $j$ , são necessários  $x$  dias, dos quais o PjM estará  $y$  % alocado à atividade.” Facilmente se identificam, na resposta, dois elementos que constituem a Equação 1. Assim, a autora preparou a entrevista sob a perspetiva dos dados que esperava obter. São eles:

- A duração  $d_j$  de cada atividade (“ $x$  dias”).
- A alocação de  $x_j$  unidades de recurso ao longo da execução da tarefa (“ $y$ % de PjM”).

A relação entre eles traduz-se no conteúdo de trabalho  $W_j$  de cada atividade, expresso em *homens.dia*. Os valores recolhidos relativos a estes parâmetros podem ser consultados na Tabela 14 e na Tabela 15 do Apêndice VI. Como referido anteriormente, embora todos os projetos convoquem o

mesmo tipo e número de atividades, a duração destas depende da categoria do projeto em análise. Como tal, o levantamento de dados seguiu esse princípio, estando os valores de duração e alocação divididos por categorias de projeto. Os valores que constam na Tabela 14, relativos à duração, estão expressos em dias por ser a unidade comum a todas as atividades. Porém, o modelo irá servir-se destes valores convertidos em semanas. De facto, pelo que foi possível observar, a gestão de projetos é feita na empresa de acordo com uma base semanal. Com o desenrolar da investigação, a autora percebeu que todas as referências a datas eram feitas segundo semanas do calendário. Por exemplo, uma qualquer pessoa, quando se referia à data de uma *quality-gate*, dizia: “A QGC será na semana 33 do calendário”. Assim, percebeu-se que o modelo teria de ser sustentado por esta mesma base temporal e assume-se que cada QGC ocorre no instante  $t$  correspondente ao início de cada semana. Mais ainda, considera-se que uma semana corresponde aos 5 dias úteis de trabalho dos gestores de projeto. Em relação aos valores de alocação, apresentados na Tabela 15, importa referir que estes traduzem a alocação diária ( $\text{homens} * \text{dia}$ ) necessária para executar cada atividade no período de tempo correspondente às durações da Tabela 14.

Todos os parâmetros de entrada de um possível modelo são agora conhecidos. Neste momento, é necessário justificar o desenvolvimento do modelo, sabendo que o objetivo é a construção de uma ferramenta que auxilie o processo de tomada de decisão no que concerne à determinação do número de *headcounts* necessários para colmatar as necessidades dos projetos de um dado *Business Plan*.

Ainda que tenha sido mencionado que a abordagem ao problema passaria pelos princípios dos problemas clássicos RCPS, numa fase onde o objetivo é determinar o número de recursos necessários não parece fazer sentido conceptualizar o modelo por forma a limitar a utilização dos mesmos. Esclarecendo a ideia, apesar de se estipular que um projeto é gerido por um e um só PjM e que este só pode estar alocado 100% em cada intervalo de tempo, nesta fase o objetivo é perceber quantos PjM são necessários para gerir um conjunto de projetos que constam no portefólio do *Business Plan* em questão. Assim, se os problemas do tipo RCPS foram, até ao momento, a “inspiração” para o modelo, é agora necessário repensar a abordagem.

Remetendo, novamente, para a restrição fundamental do modelo - respeitar as datas das *quality-gates* -, importa perceber o motivo pelo qual pode não ser possível o seu cumprimento. A resposta reside na duração das atividades. De facto, quanto maiores forem as durações das atividades, mais tardia será a conclusão de um projeto. Facilmente se entende que, a forma de contornar a questão das datas impostas para validação das QGCs, é manipulação da duração das atividades. Porém, pela equação 1, também se percebe que uma alteração na duração de uma atividade tem um impacto na

quantidade de recursos necessários para a sua execução. É, precisamente, a proporcionalidade entre estes dois fatores que determinará o número de recursos necessários para executar um projeto dentro dos prazos estabelecidos pelas *quality-gates*.

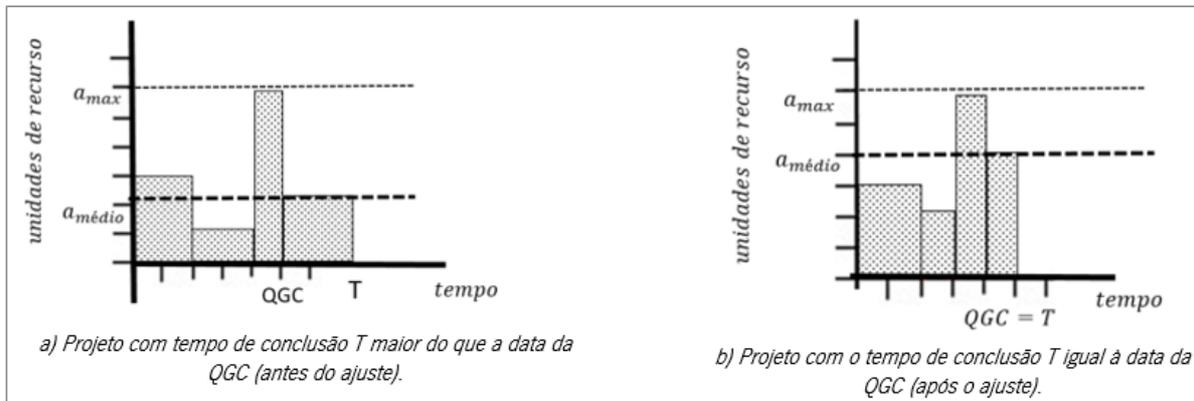


Ilustração 27 - Esquemática da proporcionalidade entre a duração das atividades e a alocação das atividades.

Observe-se o esquema da Ilustração 27. Este esclarece que é a alteração na duração das atividades, com o intuito de respeitar a data da QGC que, ao provocar uma alteração na quantidade de recurso necessário à execução das atividades, determina o número de *headcounts* necessários. Considere-se um projeto constituído por 4 atividades cujas durações e recursos necessários se conhecem à partida. Pelo que que é possível observar no esquema a) da Ilustração 27, o tempo de fim do projeto  $T$  excede a data da *quality-gate*. Para forçar a que o tempo de conclusão coincida com a data da QGC, é necessário reduzir a duração de certas atividades, o que aumenta as unidades de recursos necessários para a sua execução. Note-se que, num horizonte temporal mais curto, esquema b) da Ilustração 27, pode não se verificar alterações na utilização máxima de recursos  $a_{max}$ , porém a utilização média  $a_{médio}$  aumenta, como os esquemas sugerem. Definiu-se que, do mesmo modo que se encurtam as durações, quando o tempo de conclusão excede a data da QGC, estas podem também ser prolongadas caso haja folga entre a data de conclusão e a data da *quality-gate*. Isto permitirá a redução da utilização dos recursos durante o tempo de execução de cada atividade (agora maior) e, conseqüentemente, permitirá que mais tarefas sejam feitas nesses instantes (de outros projetos por exemplo). As atividades sujeitas a alterações serão selecionadas em função do objetivo de minimizar a utilização máxima de recursos  $a_{max}$ , no sentido de nivelar a utilização do recurso. Em suma, a abordagem ao problema advém dos tradicionais problemas RCPSP combinados com o contributo basilar dos problemas *Multi-mode Resource-Constrained Project Scheduling*, pelo facto das atividades serem executadas

numa ou mais combinações de duração e recursos necessários. O que se considera, tipicamente, como objetivo neste tipo de problemas, são questões relacionadas com a minimização de custos, minimização do *makespan* do projeto, etc. Para o presente estudo, o objetivo desvia-se deste tipo de abordagens, indo ao encontro de questões relacionadas com a rentabilização de recursos.

## 4.2 Modelo conceptual

Considera-se que o problema, seguidamente descrito, segue uma abordagem multimodo contínua, na qual cada projeto  $i \in I$  (conjunto de projetos existentes) consiste num conjunto de  $N = 45$  atividades, incluindo 5 atividades *dummy*, sendo que cada atividade  $j$  é executada num período de tempo igual à sua duração  $d_{ij}$ . A duração  $d_{ij}$  de cada atividade varia de acordo com a necessidade de respeitar uma data de início e fim do projeto. Cada atividade  $j$ , uma vez iniciada num determinado modo, deve ser concluída sem alterações ou interrupções. A execução de cada atividade  $j$  num período de tempo  $d_{ij}$ , exige uma alocação de  $x_{ij}$ , em toda a duração. Neste tipo de problemas, cada modo tem um tempo de execução específico  $d_{ij}$  bem como uma quantidade de um recurso particular necessária à sua conclusão  $x_{ij}$ . A multiplicação destes dois parâmetros traduz o conteúdo de trabalho de cada atividade  $W_{ij}$ , como sugere a expressão seguinte (equação 13):

$$W_{ij} = x_{ij} \times d_{ij} \quad (13)$$

Sempre que necessário, serão feitos ajustes na duração das atividades que implicarão alterações na necessidade de recursos, de modo que o conteúdo de trabalho se mantenha num valor fixo. A duração obtida definirá o modo de execução da atividade (Jarboui, Damak, Siarry, & Rebai, 2008). A atividade  $j$  não pode começar sem que todas as suas atividades precedentes tenham sido concluídas. Para o presente estudo, assume-se que um projeto convoca apenas um tipo de recurso, os gestores de projeto, logo  $K = 1$  tipos de recursos renováveis. Cada recurso  $k$  está disponível numa quantidade constante  $Q_k = 1,0$ , em cada período  $t$ , sabendo que, idealmente, existe apenas um gestor alocado a um projeto. Por questões de simplificação da notação, as atividades estão topologicamente ordenadas, isto é, cada atividade precedente de  $j$  está numerada com um número inferior a  $j$ . O objetivo é **minimizar o máximo esforço  $a_{max}$  registado em todo o horizonte temporal  $T$** . Este último possui um limite superior  $T_{max}$  que coincide com o máximo *makespan* do conjunto de projetos do portefólio no *business plan* em análise.

A estrutura de um projeto é representada por uma rede tipicamente designada por *activity-on-node* (AON), onde os nodos e os arcos representam as atividades e as relações de precedência, respetivamente. Cada projeto pode definir-se através de um grafo acíclico  $G = (N, A)$ , representado na Ilustração 28, onde  $N$  representa o conjunto de nodos (atividades) e  $A$  o conjunto de arcos (relações de precedência do tipo finish-to-start). A parte oculta do grafo diz respeito à junção das redes de atividades que caracterizam os projetos do contexto em estudo, presentes no 0. Dado à sua complexidade e dimensão, não é possível apresentar um projeto genérico numa só rede.

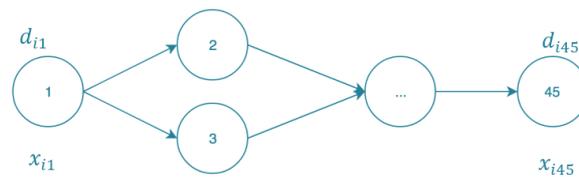


Ilustração 28 - Representação do projeto  $i$  com 45 atividades no formato AoN.

Em cima de cada nodo, é possível identificar a duração  $d_{ij}$  de cada atividade  $j$  do projeto  $i$ . Em baixo, encontram-se as necessidades de recurso  $x_{ij}$  (existe apenas um tipo de recurso) para cada atividade  $j$  do projeto  $i$ . Como referido anteriormente, os valores  $d_{ij}$  e  $x_{ij}$  encontram-se nas tabelas do Apêndice VI, organizados pelas quatro categorias dos projetos de industrialização.

Assumindo os parâmetros em cima mencionados e recorrendo ao *Microsoft Project 2013* (MS Project), consegue-se uma solução ótima (mínimo *makespan*), com uma duração  $T = D_{cat}$  para um projeto de categoria *cat*. Esta pressupõe que nenhum recurso  $k$  estará sobrealocado, tendo sido feito o nivelamento do recurso.

Nas Ilustração 59, Ilustração 60, Ilustração 61, Apêndice VII, podem ser visualizadas as representações, em *Microsoft Project 2013* (MS Project), do Diagrama de Gantt respetivo a cada categoria. Assim, apresenta-se o *baseline schedule* de cada categoria, onde é possível ter acesso a um plano de prazos detalhado para cada subprojeto. Nas diversas representações, os números que se encontram no interior das barras representam os números das atividades. À direita das barras, estão indicados os valores de utilização do recurso 1 para a execução de cada atividade. As barras a vermelho distinguem-se das azuis pelo facto de representarem atividades que pertencem ao caminho crítico do projeto.

Para resumir os diagramas de Gantt em informação útil e concisa, foi construída a Tabela 7, que contém o tempo necessário para a concretização de cada subprojeto e, conseqüentemente, a duração

total  $D_{cat}$  de um qualquer projeto de categoria  $cat$ . Esta apresenta, detalhadamente, o tempo que

		Duração do subprojeto (semanas)						$D_{cat}$ (semanas)	$D_{cat}$ (anos)
		I	II	III	IV	V	VI		
Categoria	A	23	22	19	15	8	34	121	2,3
	B	23	22	19	15	8	34	121	2,3
	C	18	2	17	15	8	28	89	1,7
	D	15	2	0	15	5	22	60	1,2

decorre entre as *quality-gates*, o que permite, com base nos parâmetros assumidos, planear as datas de ocorrência das mesmas, sabendo a data de início do projeto (*milestone 0*).

Tabela 7- Duração  $D_{cat}$  de um qualquer projeto  $i$  de categoria  $cat$ .

Como seria de esperar, a duração total de um projeto varia entre aproximadamente um ano, para projetos menos complexos e dois anos e meio, para projetos mais complexos. Mais ainda, verifica-se que os projetos de categoria D, definidos como os projetos menos complexos, são os menos exigentes em termos de tempo. Contrariamente, os projetos de categoria A, considerados mais complexos, são os mais exigentes em questões temporais.

Ainda que se conheçam, para todas as categorias de projeto, os tempos que decorrem entre cada *quality-gate*, como referido anteriormente, estas datas são impostas por fatores externos ao departamento. Isto implica que as durações dos projetos não correspondem aos valores da Tabela 7 sendo necessário ajustar a duração das atividades para que as datas impostas se cumpram.

O propósito do estudo é, portanto, desenvolver o melhor método para o ajuste das durações das atividades, conjugado com a melhor forma de gerir as capacidades. Este capítulo destina-se à apresentação do modelo conceptual que caracteriza o método pensado. O modelo matemático que se propõe pode ser conceptualmente expresso de acordo com a Formulação 1.

Formulação 1:

$$\mathbf{min} \max (a_t) \quad (14)$$

sujeito a :

$$EF_{il} \leq QGC_{iq} \quad \forall l = \{15, 23, 30, 39, 41, 45\} \quad (15)$$

$$\sum_{j \in A_t} x_{ij} \leq Q_k, \quad r \in R; \quad t = 1, \dots, T \quad (16)$$

$$\sum_{t=0}^T t \cdot x_{pt} + d_{ip} \leq \sum_{t=0}^T t \cdot x_{jt}, \quad \forall j \in E, p \in P_j \quad (17)$$

$$x_{jt} \in \{0,1\}, \quad \forall j, k, t \quad (18)$$

A variável  $EF_{il}$  denota o tempo de conclusão da última atividade de cada subprojeto, isto é, o tempo de conclusão da atividade  $l$  anterior à respetiva *quality-gate*  $q$ . Esta variável acaba por definir a data de conclusão de cada subprojeto. Para que esta seja obtida, implica que se conheça a data de início de cada subprojeto  $ES_{iq}$  para além da duração de cada atividade que o constitui. A expressão (15) entendida como a restrição fundamental do modelo, impõe que a data de cada QGC seja cumprida, sendo a data de fim da última atividade de cada projeto menor que a data da QGC em questão. A restrição (16) limita o uso do recurso  $k$ , durante cada período de tempo  $t$  (1 semana), à quantidade de recurso  $Q_k$  disponível em todos os instantes. A utilização total de recurso em cada instante é definida por (19):

$$a_t = \sum_{j \in A_t} x_{ij} \quad \forall i \in I, t \in [0, T] \quad (19)$$

sendo  $A_t := \{j \mid j = 0, \dots, J, FT_j - d_j + 1 \leq t \leq FT_j\}$  o grupo de atividades em progresso, ou ativas, no período  $t$ . Note-se que, na formulação, não existe nenhum mecanismo que identifique  $A_t$ , porém esta falta será compensada aquando da implementação da heurística desenvolvida. Este grupo de atividades ativas  $A_t$  está relacionado com a variável de decisão  $x_{jt}$  que toma o valor unitário caso a atividade  $j$  esteja em execução no instante  $t$ . A restrição (17) tem em consideração a relação de precedência entre as atividades  $(p, j)$  sendo que  $p$  é a atividade que imediatamente precede a atividade  $j$ . Deste modo,  $P_j$  define o grupo de atividades que precedem a atividade  $j$ . Por fim, apresenta-se a

restrição genérica do modelo, na expressão (18), que denota que a variável de decisão  $x_{jt}$  é uma variável binária.

Uma vez que focar o objetivo do modelo na duração do projeto não faz sentido, pelo facto de esta ser um atributo que não depende diretamente da gestão do projeto, optou-se por direcionar a atenção para as capacidades dos recursos. Como referido anteriormente, o objetivo será minimizar o maior valor de utilização  $a_t$  registado em todo o horizonte temporal  $T$ . O modo como o objetivo é conseguido é explorado em seguida, na Resolução Heurística. Importa, para já, saber que a minimização da máxima utilização  $a_t$  dependerá do reajuste feito à duração das atividades e, conseqüentemente, à sua necessidade de recurso. Note-se que as atividades sujeitas a alteração serão aquelas que pertencem ao caminho crítico, isto é, cuja folga é nula. De facto, no escalonamento do projeto, só se notarão os efeitos das alterações na duração das atividades, caso estas não possuam folga. Encurtar atividades já com folga não iria encurtar a duração do projeto. Esta variável (a folga) é calculada segundo a equação 20.

$$u_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} \quad (20)$$

onde  $LF_{ij}$  representa o tempo de fim mais tardio, isto é, o tempo em que a atividade  $j$  pode concluir sem que a data de início das atividades sucessoras altere.  $EF_{ij}$  representa o tempo de fim mais cedo, ou seja, o tempo em que a atividade  $j$  conclui, caso comece assim que possível, sem atraso. O cálculo destas variáveis será também demonstrado no subcapítulo seguinte. Neste será explicada a abordagem heurística, desenvolvida com o intuito de aproximar o estudo ao interesse da empresa. Esta permitirá que se conheçam as necessidades, em termos de recursos, para colmatar as exigências que os projetos, que constituem o portefólio de um determinado *business plan*, convocam.

### 4.3 Resolução heurística

Como referido em capítulos anteriores, encarou-se o problema através de um método aproximado para a obtenção de uma possível solução. No presente capítulo, propõe-se um algoritmo heurístico que soluciona o problema de escalonamento de projetos anteriormente descrito, cuja função objetivo se define pela minimização da utilização máxima de recursos. Deste modo, o capítulo destina-se a clarificar os principais aspetos da abordagem heurística utilizada, entre os quais: a construção da solução inicial

e os procedimentos para gerar soluções possíveis. A estrutura geral da heurística proposta é retratada na Ilustração 29, sendo, seguidamente, esmiuçados os detalhes do algoritmo desenvolvido.

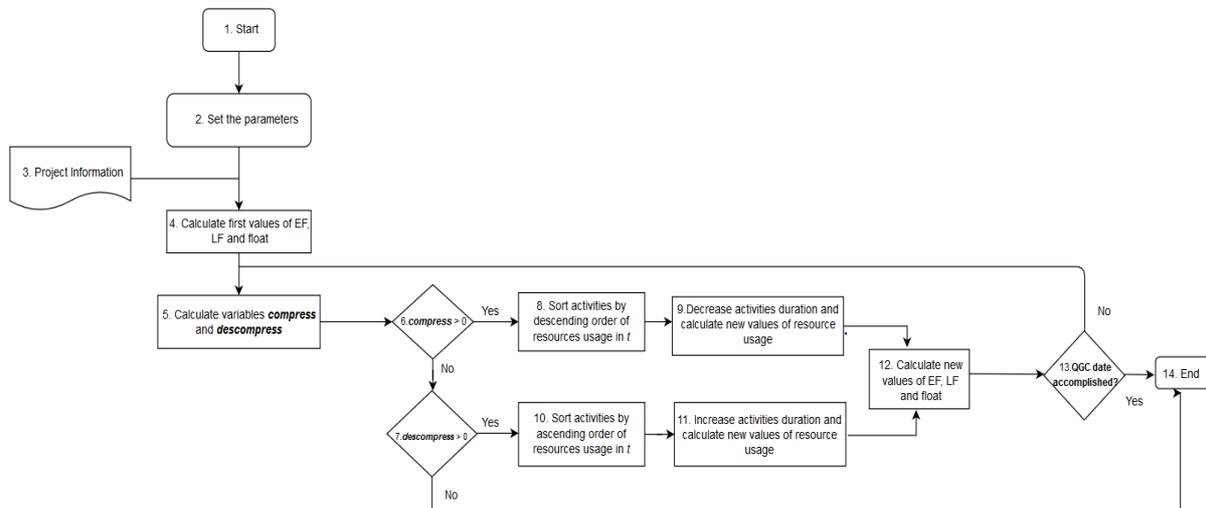


Ilustração 29 - *Framework* do algoritmo desenvolvido para escalonamento de projetos com due dates a respeitar e com o objetivo de minimizar a utilização máxima de recursos.

Após o início (1), a heurística começa pela definição dos parâmetros do modelo (2) que consiste na atribuição das propriedades das atividades dos projetos de diferentes categorias, nomeadamente, a duração de cada atividade, a quantidade de recurso que cada atividade requer em todo o período da sua execução e as relações de precedência que caracterizam a rede de atividades genérica. Os valores de duração foram recolhidos numa base temporal diária, porém, e uma vez que o modelo funciona segundo uma base semanal, houve necessidade de converter os valores da Tabela 14, de “dias” para “semanas”.

Adicionalmente, existe um outro tipo de parâmetros necessários para o funcionamento do algoritmo, os parâmetros de entrada. O primeiro parâmetro de entrada a mencionar é a “data atual”, isto é, a data em que ocorre o *business plan* em questão e a partir da qual todo o planeamento é feito. Ainda que existam projetos “*on going*” a serem considerados no *business plan*, o seu efeito, em termos de ocupação de recursos, será observado após a data inserida para este parâmetro.

É ainda necessário introduzir parâmetros de entrada relativos às informações mais específicas de cada projeto (3). Esta informação advém de documentação relativa ao portefólio de projetos, em análise no *business plan* que decorre, e está discriminada na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros de entrada do modelo desenvolvido.

Características do projeto	Entregáveis do projeto
ID do projeto	Data de início do projeto (semana do calendário do <i>milestone</i> 0)
Nome do projeto	Data da QGC0 (semana do calendário)
Tipo de projeto	Data da QGC1 (semana do calendário)
Categoria do projeto	Data da QGC2 (semana do calendário)
Grupo (a que o projeto pertence)	Data da QGC3 (semana do calendário)
Gestor de projeto	Data da QGC4 (semana do calendário)
	Data de fim do projeto (semana do calendário da QGC5)

O ID e o nome do projeto interessam, meramente, por questões de identificação. O tipo de projeto exclui de consideração todos os projetos não pertencentes ao grupo de projetos de industrialização, visto que a heurística apresentada se aplica, exclusivamente, a este tipo de projetos. A categoria do projeto remete para os valores  $d_{ij}$  e  $x_{ij}$  a ter em conta para cada projeto. O gestor responsável pelo projeto, bem como o grupo a que o projeto pertence, serão parâmetros unicamente utilizados para conseguir uma gestão visual das capacidades filtrada.

Numa dimensão diferente, tem-se as datas dos entregáveis do projeto, isto é, os registos relativos às datas das *quality-gates*, ao início e ao fim do projeto. Estes são necessários para a obtenção das soluções iniciais a partir do tipo de construção explicado seguidamente.

Propõe-se que o escalonamento seja feito de modo a que todas as atividades comecem no seu tempo de início mais cedo, isto é, no seu *Earliest Start* (ES). O ponto de partida do cálculo dos ES (4) de todas as atividades é a data de início do subprojeto a que cada atividade pertence (variável definida na notação como  $ES_q$  e apresentada na Tabela 6 como parâmetros de entrada relativos aos entregáveis). Assim, começa-se por determinar o tempo de fim mais cedo - *earliest finish* - da primeira atividade  $f$  de cada subprojeto do projeto  $i$ , através do cálculo (equação 21), seguindo o que tipicamente se designa por *forward-pass*:

$$EF_{if} = ES_{if} + d_{if} \quad (21)$$

onde  $f = \{1, 16, 24, 31, 40, 42\}$  e  $ES_{if} = ES_{iq}$ , que significa que o ES da primeira atividade  $f$  de cada subprojeto  $q$  é igual a data de início do respetivo subprojeto. É possível de se observar na Tabela

6 a correspondência entre a data de início de cada subprojeto e a respetiva primeira atividade. A variável  $d_{if}$  corresponde à duração da primeira atividade de cada subprojeto, valores presentes na Tabela 14 correspondentes à categoria do projeto  $i$ .

Quanto aos *earliest finish* das restantes atividades  $j$  (incluindo a última atividade de cada subprojeto), estes são calculados a partir da expressão (equação 22):

$$EF_{ij} = ES_{ij} + d_{ij} \quad (22)$$

onde  $ES_{ij} = \max\{ES_{ip}\}$ ,  $p \in P_j$ . Por sua vez, o *earliest finish* da última atividade  $EF_{il}$  é o ponto de partida do cálculo dos *latest finish*  $LF_{ij}$  e, conseqüentemente, *latest start*  $LS_{ij}$  das atividades  $j$ . Pelo caminho inverso, designado por *backward-pass*, inicia-se o cálculo dos *LS* e *LF* pelo princípio expresso na equação 23:

$$LS_{il} = LF_{il} - d_{il} \quad (23)$$

onde  $LF_{il} = EF_{il}$ . A igualdade define que o *latest finish* da última atividade corresponde ao seu *earliest finish* e é a partir desse pressuposto que se conseguem os mesmos valores para as restantes atividades. Para entender o modo como é feito o cálculo no *backward-pass* para as restantes atividades  $j$ , atente-se a equação 24:

$$LS_{ij} = LF_{ij} - d_{ij} \quad (24)$$

sendo  $LF_{ij} = \min\{LS_{is}\}$ ,  $s \in S_j$ .  $S_j$  representa o conjunto das atividades que sucedem qualquer atividade  $j$ .

Note-se que, até ao momento, nunca se consideraram *due dates* para o cálculo de tempos de fim das atividades. As únicas datas utilizadas, inseridas como parâmetros de entrada, são as datas em que cada subprojeto inicia.

As quatro variáveis até agora exploradas são úteis para o cálculo da folga  $float_{ij}$  de cada atividade  $j$  de um projeto  $i$ , dado pela equação 25:

$$float_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij} \quad (25)$$

Este valor permite perceber quais as atividades que pertencem ao caminho crítico, ou seja, as atividades cuja alteração na sua duração (ajustando ao contexto problemático em estudo) provoca alterações na data de conclusão do projeto. Todos os caminhos do cenário em análise devem ser trabalhados. A expressão 25 convoca o *latest finish* e o *earliest finish* de uma atividade para o cálculo da sua folga. No entanto, obter-se-ia o mesmo valor de folga caso se utilizassem os valores de *latest start* e *earliest start*. O que define se a atividade pertence ao caminho é, portanto, o valor da sua folga, sendo que (equação 26):

$$\begin{cases} se\ float_{ij} = 0, & j \in CP_i \\ caso\ contrário, & j \notin CP_i \end{cases} \quad (26)$$

sendo  $CP_i$  o conjunto das atividades que pertencem ao caminho crítico do projeto  $i$ . Pela equação 25, percebe-se que a folga toma apenas valor nulo ou positivo.

Posto isto, tem-se, portanto, todas as condições reunidas para avançar para a iteração seguinte da heurística (5). Nesta nova instância, é calculada a diferença (em semanas) entre a data da QGC de cada subprojeto e o EF que lhe é respetiva, assumindo que no *baseline* inicial todas as atividades estão escalonadas de forma a começar no seu *earliest start*, isto é, sem atrasos. Este valor é guardado em duas variáveis inteiras designadas por *compress* e *descompress* e definidas por (equações 27 e 28):

$$compress = EF_{if} - QGC_{iq} \quad (27)$$

$$descompress = QGC_{iq} - EF_{if} \quad (28)$$

Caso o *earliest finish* da última atividade exceda a data da respetiva quality-gate, a variável *compress* assume um valor positivo e as durações de determinadas atividades terão de ser compactadas (as atividades do caminho crítico). Contrariamente, se existir folga entre o *earliest finish* e a *due date*, a variável *compress* ganha valor negativo. Consequentemente, a variável *descompress* assume um valor positivo e as durações de determinadas atividades serão distendidas. Em ambos os cenários, a duração de cada atividade, enquanto parâmetro de entrada, será alterada, o que irá requerer

um ajuste no esforço necessário para a performance das mesmas. Pela equação 13, percebe-se que o esforço aumentará caso seja necessário comprimir atividades e diminuirá caso contrário.

Importa agora averiguar a forma como é feita a incrementação/decrementação das durações, bem como a regra de prioridade associada à seleção das atividades sujeitas a alterações. Uma vez que a performance das atividades é assumida numa base temporal diária, definiu-se que ia ser retirado/acrescentado dia a dia às suas durações. Ainda que tenha sido mencionado, anteriormente, que as atividades do caminho crítico seriam as atividades a considerar, é necessário ter presente que o montante de tempo a “comprimir/descomprimir” pode não ser considerável. Isto implica que só algumas das atividades do caminho crítico sofram alterações.

Por partes, imagine-se o cenário em que o *earliest finish* da última atividade de um subprojeto excede a data da *quality-gate* num tempo tal modo reduzido que apenas uma atividade fica sujeita a alteração. A atividade terá de reduzir a sua duração e, consequentemente, aumentar em esforço. Para que haja nivelamento dos picos de utilização do recurso, definiu-se que seria a atividade em progresso no intervalo de tempo  $t$  que regista menor utilização de recurso. No caso de estarem mais atividades a acontecerem em paralelo no intervalo  $t$ , a prioridade recai sobre a atividade rotulada com o menor número.

Ainda no cenário em que é necessário cumprir o *baseline schedule*, se for necessário comprimir mais do que um dia, mais atividades são consideradas para redução da respetiva duração. Assim, todas as atividades do caminho crítico são listadas por ordem crescente de acordo com a lógica explicada anteriormente (8). A partir desse ponto, percorre-se a lista, retirando 1 dia de duração a cada atividade (9), uma a uma, até que a variável *compress* iguale o valor 0.

A lógica inversa aplica-se caso seja necessário descomprimir o *baseline schedule*, pelo facto de existir folga entre o *earliest finish* da última atividade e a *quality-gate* respetiva. Neste panorama, as atividades são listadas por ordem decrescente da utilização de recurso, no momento em que estão escalonadas. As primeiras atividades da lista serão priorizadas para aumentar a duração e, consequentemente, diminuir em termos de utilização de recurso. É, precisamente, por este motivo que se optou por considerar este cenário de “descompressão”. Ainda que não seja algo imposto no levantamento de requisitos do modelo, torna-se vantajoso na medida em que se consegue um nivelamento dos picos de utilização dos recursos. Após serem feitas as alterações necessárias na duração das atividades para que as *quality-gates* sejam respeitadas, as atividades serão novamente escalonadas entre o seu *earliest start* e o seu *earliest finish*, de acordo com os novos valores de duração. Do mesmo modo, o perfil de recursos é atualizado conforme os novos valores de esforço.

A última iteração da heurística (13), também designada por critério de paragem do modelo, verifica se a *due date* é respeitada após as alterações sendo que, em caso afirmativo, o algoritmo termina. Caso contrário, o processo repete a partir do ponto (5). Com a implementação da heurística, muitos foram os pormenores que surgiram como aspetos importantes e serão explicados na secção seguinte, quando explorados os exemplos que melhor permitem perceber a forma como o algoritmo funciona.

## **5. IMPLEMENTAÇÃO E LIMITAÇÕES DA HEURÍSTICA DESENVOLVIDA**

Nos capítulos anteriores apresentou-se a heurística que caracteriza o modelo desenvolvido, para colmatar os requisitos da investigação. Neste capítulo, importa evidenciar um exemplo de cenários simples que possam esclarecer o modo como a heurística foi implementada e de que forma funciona o algoritmo.

Os cenários foram projetados, do modo mais simples possível, por forma a explicar os conceitos da heurística e a sua aplicação numa variedade de situações concretas. Neste sentido, o que se apresenta em seguida é um exemplo que dá enfoque a detalhes pertinentes da heurística, combinados com o funcionamento geral da mesma.

Por questões de simplificação e uma vez que um projeto de industrialização típico convoca 45 atividades, optou-se por seleccionar pequenos excertos dos projetos (os já conhecidos subprojetos) que melhor permitem a explicação dos detalhes do algoritmo.

O exemplo será explorado de acordo com uma descrição que acompanha a heurística apresentada no capítulo anterior, passo a passo. Em simultâneo, serão feitas breves referências ao código que sustenta a sua implementação ao nível computacional. Este foi desenvolvido em VBA (*Visual Basic for Applications*), estando alguns dos seus detalhes no Apêndice VIII. A vantagem de utilizar a linguagem referida está relacionada com o facto de desenvolver uma ferramenta de fácil acesso pelos demais colaboradores da empresa onde se desenrolou o estudo.

Um dos principais objetivos do capítulo é ainda fazer uma avaliação do modelo, através dos exemplos apresentados, e considerando as condições do problema inicialmente predefinidas. Assim, é feita uma validação da ferramenta de gestão de capacidades resultante da implementação computacional do modelo desenvolvido, acabando por ser também validado o próprio modelo. Por forma a complementar a validação do modelo e da ferramenta, importa ter presente que estes possuem limitações adjacentes ao seu desenvolvimento. Nesta ótica, importa defini-las aquando da explicação do trabalho desenvolvido. Esse será também um aspeto pertinente do capítulo em análise.

### **5.1 Exemplo de construção de soluções**

Considere-se um projeto de industrialização, representado pelas redes de atividades do Apêndice III. Para evitar uma explicação massiva, mas cobrindo todos os cenários relevantes, o exemplo será construído com base nos subprojetos II e III. Pelo que foi até agora explicado, sabe-se que o subprojeto

II compreende todas as atividades entre a QGC0 e a QGC1, e o subprojeto III entre QGC1 e QGC2. Para acompanhar a construção do exemplo, cada subprojeto será representado, nos passos que exigirem uma representação da rede de atividades, segundo a notação presente no PMBOK, apresentada na Ilustração 30.

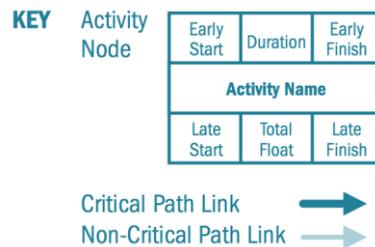


Ilustração 30- Representação de um "activity node" segundo o PMBOK.

## ***Inicialização***

### Parâmetros e informação do projeto

A explicação de cada uma destas fases não pode ser dissociada, uma vez que as características do projeto (também definidas como parâmetros de entrada) remetem para os parâmetros necessários para a heurística avançar. Para que se perceba, atente-se nas seguintes informações de um possível projeto e no que advém face às mesmas.

**ID do projeto:** 1

**Data da QGC0:** semana 52 do ano 2018

**Nome do projeto:** Nissan A-IVI Scope 2 H60A

**Data da QGC1:** semana 10 do ano 2019

**Tipo de projeto:** Industrialização

**Data da QGC2:** semana 30 do ano 2019

**Categoria do projeto:** A

**Project Manager:** António Silva

**Grupo do projeto:** PM1

Os primeiros dois parâmetros (ID e nome) são apenas úteis para questões de referência e identificação do projeto. Como vários tipos de projetos podem ser analisados em *business plan*, é necessário retificar se o projeto em questão faz parte do grupo de projetos de industrialização, uma vez que a presente investigação/heurística se destina exclusivamente a este tipo de projetos. No código, sempre que se percorre a lista de projetos, é verificado, para cada projeto, se é um projeto de industrialização (Ilustração 62, Apêndice VIII).

A categoria do projeto remete para os valores de duração e de alocação de recursos a considerar, sendo no caso concreto, os valores que se encontram na Tabela 14 e Tabela 15, relativos à categoria A. Ainda dentro do que são os parâmetros do modelo, as relações de precedência encontram-se registadas numa matriz estável, isto é, não depende de nenhum parâmetro de entrada. Como mencionado anteriormente, assume-se que todos os projetos convocam as mesmas atividades e que, em todos eles, estas possuem as mesmas interdependências. As datas das QGCs funcionam como ponto de partida para as próximas iterações da heurística, como se pode confirmar em seguida.

#### Calcular os primeiros valores de *earliest finish*, *latest finish* e *floats*

De acordo com a Tabela 6, sabe-se que o subprojeto II inicia após a QGC0 estar validada. Assim, a data de início mais cedo da primeira atividade do subprojeto (atividade 16) corresponde à data de validação desta *quality-gate*, semana 52. O mesmo raciocínio se aplica ao subprojeto III, sendo que, neste caso, o seu início corresponde à validação da QGC1, semana 10.

Conhecendo a duração de cada atividade e seguindo o Método do Caminho Crítico, foi possível concluir o preenchimento da rede no que concerne ao *forward-pass*. Importa reforçar a ideia de que, segundo o método CPM, o valor de *earliest start* de toda a atividade é igual ao valor de *earliest finish* do respetivo precedente. Em situações em que a atividade possui mais do que um precedente, o seu *earliest start* iguala o máximo valor de *earliest finish* dos respetivos precedentes.

Uma vez que se converteram as durações das atividades de dias para semanas, os parâmetros deixaram de ser variáveis inteiras. Neste sentido, para que se trabalhasse sempre com valores exatos e uma vez que se assumiu uma base semanal, foram feitos arredondamentos por excesso às unidades. Isto origina uma certa falta de exatidão na geração do cronograma, podendo ser apontado como uma das limitações do modelo.

As lógicas aqui expostas verificam-se nas Ilustração 31 e Ilustração 32, onde se podem encontrar as redes de atividades completas, relativamente ao *forward-pass* (valores assinalados a azul claro).

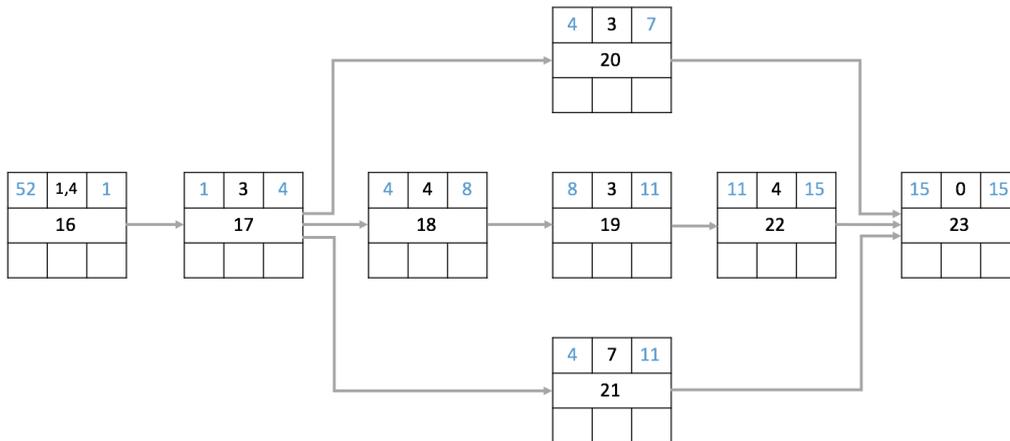


Ilustração 31 - Rede de atividades completada com os valores de earliest start e earliest finish de cada atividade pertencente ao subprojeto II (forward-pass)

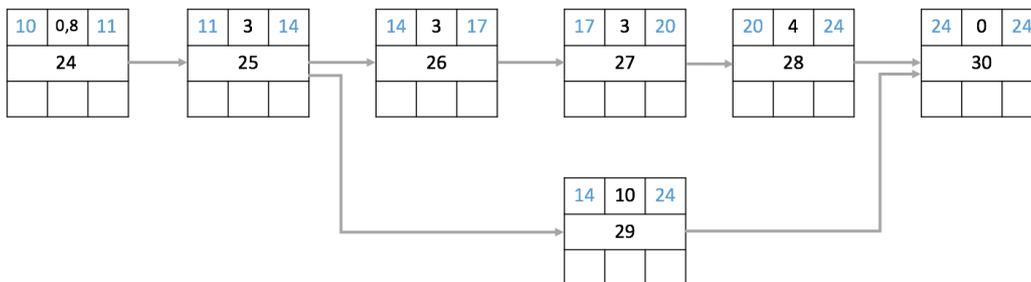


Ilustração 32 - Rede de atividades completada com os valores de earliest start e earliest finish de cada atividade pertencente ao subprojeto III (forward-pass)

Note-se que, os valores de *earliest start* e *earliest finish* assinalados na rede correspondem ao início da respetiva semana. O seu cálculo no código encontra-se também na Ilustração 62 do Apêndice VIII. O *earliest finish* da última atividade de cada rede (23 e 30) define a data da conclusão do subprojeto. Assumiu-se que esta é a data que deve respeitar a QGC, o que pode ser também uma limitação do modelo, uma vez que se arroga um perfil otimista que desconsidera possíveis atrasos na execução das atividades. Neste sentido, o cálculo do *latest start* e do *latest finish* de cada atividade é apenas útil para posterior cálculo da folga (*float/slack*).

Focando agora no *backward-pass*, que corresponde ao cálculo da do *latest start* e do *latest finish*, importa referir que este utiliza como valor de inicialização o valor de *earliest finish* da última atividade de cada rede (tal como é feito tradicionalmente pelo método CPM). Ainda que fosse expectável utilizar a data das QGCs como valor de referência para o cálculo da folga, se esta mesma data não coincidissem com a data de *earliest finish* da última atividade, todas as atividades possuiriam folga. Atendendo ao algoritmo pensado, o que define se uma atividade pertence ao caminho crítico é se o seu

valor de folga é igual a zero. A forma como este ponto foi contornado será explicada na iteração seguinte da heurística. Para finalizar a presente iteração, resta demonstrar como são calculados os valores de *latest start*, *latest finish* e da folga.

Pelo método do caminho crítico, estabeleceu-se, portanto, que o *latest finish* da última atividade coincide com o seu *earliest finish*. A partir do valor de *latest finish* é possível calcular o valor *latest start* da atividade pela subtração da sua duração. Este raciocínio aplica-se a todas as atividades, sendo que, para todas as atividades exceto a última, o *latest finish* iguala o *earliest finish* da sua atividade sucessora. Caso existam atividades com mais do que uma atividade sucessora, a atividade em questão assume como valor de *latest finish* o mínimo valor de *latest start* das respectivas atividades sucessoras (Ilustração 64 do Apêndice VIII).

Atente-se a Ilustração 33 e a Ilustração 34, que figuram o raciocínio associado ao *backward-pass* (valores assinalados a azul escuro), até então explicado, para cada rede dos subprojetos em análise. Ainda nas Ilustração 33 e Ilustração 34, constam os valores de folga (assinalados a vermelho) de cada atividade que resultam da diferença entre o *latest finish* e o *earliest finish* e o da respectiva atividade.

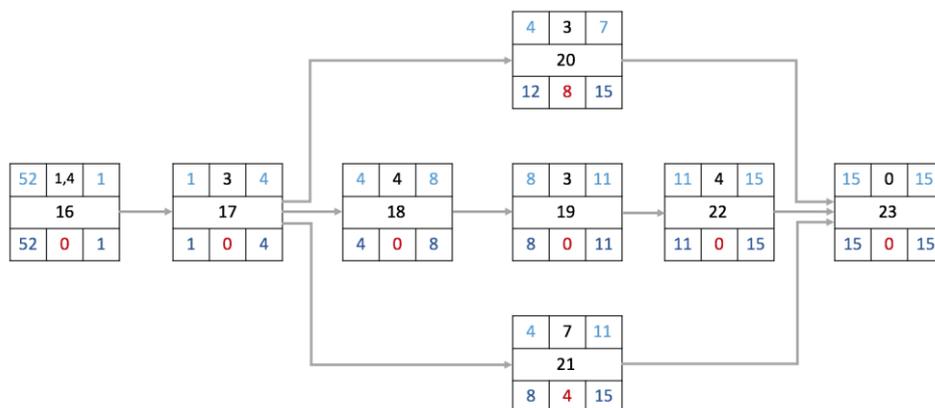


Ilustração 33 - Rede de atividades completada com os valores de *latest start*, *latest finish* e folga de cada atividade pertencente ao subprojeto II (*backward-pass*)

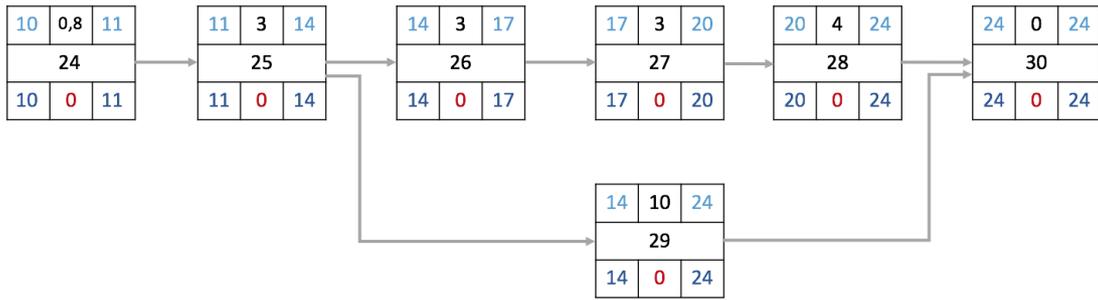


Ilustração 34 - Rede de atividades completada com os valores de latest start, latest finish e folga de cada atividade pertencente ao subprojeto II (backward-pass)

Note-se que, nesta iteração, o facto de o subprojeto III suceder o subprojeto II e este último terminar na semana 15, não invalida que o subprojeto III inicie na semana 10. Isto para dizer que o algoritmo está orientado às QGCs e nunca às atividades. O certo é que, no final do algoritmo, espera-se que a conclusão do subprojeto II coincida com a data da QGC1.

Após terem sido calculados todos os parâmetros, criou-se, como meio auxiliar, uma matriz designada por “Matriz Alocação”. A sua dimensão não é fixa, sendo que o número de linhas depende do horizonte temporal do problema. Assim, definiu-se a variável “Row” para guardar o número de anos que decorrem desde a data do *business plan* e a data de conclusão do projeto que termina mais tarde (o seu cálculo no código encontra-se na Ilustração 63 do Apêndice VIII. A variável “Row” indica, portanto, o número de linhas da matriz. O número de colunas é constante e igual a 52, valor relacionado com o número de semanas do calendário. Os valores que integram a Matriz Alocação correspondem aos valores de esforço que cada atividade requer dentro daquilo que é a sua duração.

Para que se perceba o conteúdo da matriz e a própria dimensão, concebeu-se um exemplo de matriz com base dos dois subprojetos em análise, representado na Ilustração 35.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	...	52	
																									0,2
0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,55	0,7	0,7	1,1	0,7	0,7	0,7	0,25	0,15	0,15	0,45	0,45	0,45	0,2	0,2	0,2	0,2			

Ilustração 35 - Matriz Alocação para os subprojetos II e III.

A matriz está dimensionada com duas linhas, a primeira linha relativa ao ano 2018 (ano que inicia o subprojeto II) e a segunda ao ano 2019 (ano em que finaliza o subprojeto III). Pode dizer-se que a matriz apresentada cobre todo o horizonte temporal do exemplo aportado.

Para o seu preenchimento (apresentado em código na Ilustração 65 do Apêndice VIII) seguiu-se o princípio de que os valores de *earliest start* e *earliest finish* dizem respeito ao início de cada semana. Assim, utilizando a atividade 16 como exemplo, esta inicia na semana 52 do ano 2018 e termina na semana 1 do ano 2019, como consta na rede da Ilustração 33. Uma vez que o término da atividade corresponde ao início da semana 1, a exigência, em termos de utilização de recurso, que a atividade requer (o valor de 0.2) é apenas contabilizada na semana 52. Esta lógica aplica-se a todas as atividades, sendo que em situações de performances paralelas, os valores de utilização de recurso são somados. Evidenciando este cenário pelas atividades 8, 20 e 21, percebe-se que o valor que consta na Matriz Alocação para a semana 4 (data de início das três atividades) resulta da soma dos valores 0.25, 0.25 e 0.3, valores relativos à utilização de recurso pela atividade 18, 20 e 21, respetivamente.

#### Cálculo das variáveis “compress” e “descompress”

A variável “descompress” consiste na diferença entre a data da *quality-gate* posterior à última atividade da rede e o *earliest finish* dessa mesma atividade. Por outro lado, a variável “compress” consiste na diferença entre o *earliest finish* e a data da *quality-gate* posterior à última atividade da rede. Ambas as variáveis indicam a folga (positiva ou negativa) que cada subprojeto tem, indicando se é necessário comprimir ou descomprimir o *baseline*. No caso concreto do exemplo apresentado, os valores de “compress” e “descompress”, de cada subprojeto, são obtidos pelas expressões seguintes (29, 30, 31, 32):

$$\text{compress}_{\text{subprojetoII}} = 15 - 10 = 5 \text{ semanas} \quad (29)$$

$$\text{descompress}_{\text{subprojetoII}} = 10 - 15 = -5 \text{ semanas} \quad (30)$$

$$\text{compress}_{\text{subprojetoIII}} = 24 - 30 = -6 \text{ semanas} \quad (31)$$

$$\text{descompress}_{\text{subprojetoIII}} = 30 - 24 = 6 \text{ semanas} \quad (32)$$

Um reparo importante é o facto de tanto as datas das *quality-gates* que marcam o fim de cada rede, como as datas de conclusão das atividades 23 e 30, ocorrerem no ano 2019. Por esta razão, os cálculos apresentados anteriormente recorrem apenas com as semanas de cada data. Porém, no código (Ilustração 66 do Apêndice VIII), o cálculo destas variáveis considera a diferença de anos entre as várias datas. Após a sua determinação e dependendo dos valores que as variáveis aportam, a heurística prossegue por dois caminhos diferentes. É neste momento que o algoritmo detém a primeira porta lógica, onde é testado se a variável “*compress*” é positiva (6). Em caso afirmativo, é necessário comprimir o *baseline*, sendo todo o procedimento explicado em seguida.

### Sort activities by descending of resource usage

Anteriormente à explicação da iteração, importa referir que se estipulou, à partida, que as atividades sujeitas a alteração seriam apenas atividades do caminho crítico. Com base na teoria, estas são as únicas que afetam a data de conclusão do subprojeto. Porém, percebeu-se mais tarde que esta consideração não era suficiente para lidar com a necessidade de respeitar as datas das *quality-gates*. Outra decisão que mais tarde se revelou limitativa foi o facto de determinar o caminho crítico pelo valor de folga das atividades. Com o desenrolar do exemplo, perceber-se-á o sentido das afirmações anteriores bem como as abordagens utilizadas para contornar as limitações.

Seguindo a notação do PMBOK e o princípio das folgas nulas, definiu-se o caminho crítico de cada uma das redes, representado nas ilustrações seguintes (Ilustração 36 e Ilustração 37).

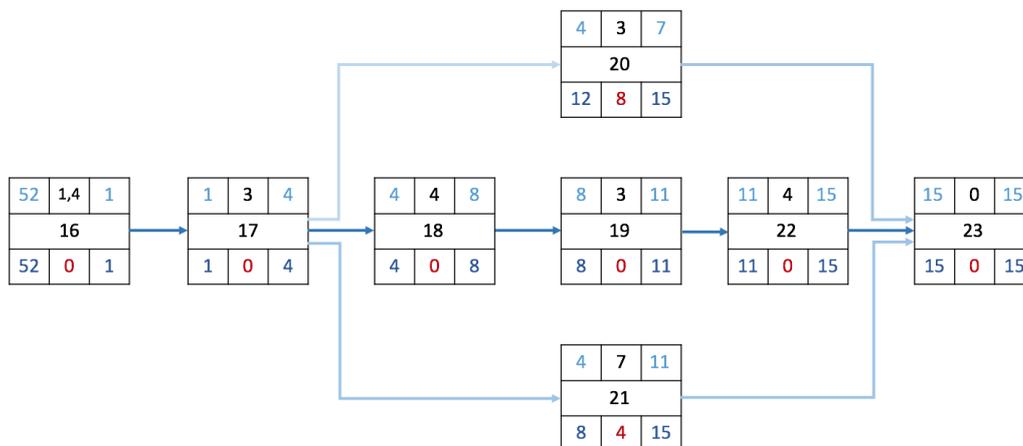


Ilustração 36 - Representação do caminho crítico do subprojeto II.

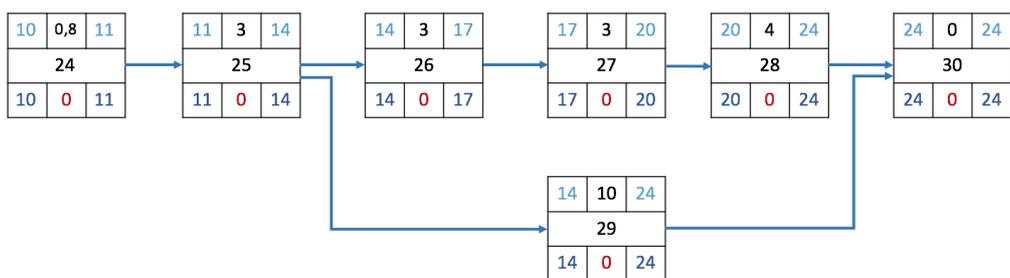


Ilustração 37 - Representação do caminho crítico do subprojeto III.

Pelo que é possível observar na Ilustração 36, o caminho crítico é composto pelas atividades 16, 17, 18, 19, 22 e 23. Estas são as únicas atividades sujeitas a alterações de duração na compressão ou descompressão do cronograma. Uma vez que, neste cenário, é necessário comprimir o *baseline*, as atividades em questão sentirão uma diminuição nas suas durações o que, por consequência, aumentará a necessidade de recurso que cada uma requer. Neste sentido, e com o objetivo de equilibrar a utilização do recurso, importa priorizar as atividades que requerem menor utilização do mesmo.

Deste modo, as atividades são ordenadas do seguinte modo: recorrendo à matriz alocação, para cada uma das atividades, é registado o valor mais baixo de utilização de recurso entre os diversos valores de cada instante  $t$ , compreendidos entre o *earliest start* e *earliest finish* da respetiva atividade. Com base nesse valor, as atividades são ordenadas de forma crescente, sendo priorizada a atividade com o menor valor de utilização registado. Para o exemplo apresentado relativo ao subprojeto II, tem-se a Tabela 9 como meio elucidativo para o que foi anteriormente explicado. A ordenação encontra-se no código apresentado na Ilustração 67 do Apêndice VIII.

Tabela 9- Priorização das atividades por ordem crescente consoante mínimo valor registado de utilização de recurso.

Ordem	Atividade	Mínimo valor de utilização de recurso
1º	16	0,20
2º	22	0,25
3º	18	0,55
4º	17	0,60
5º	19	0,70

A atividade 23, ainda que pertença ao caminho crítico, não consta na Tabela 9 pelo facto de ser uma atividade *dummy*, com taxa de utilização de recurso e duração nulas. De facto, não pareceu fazer

sentido considerar esta atividade para possíveis alterações, tanto de um parâmetro como de outro. As alterações efetuadas para restantes atividades serão exploradas seguidamente.

Para concluir a explicação desta iteração, é de mencionar que a lógica associada ao subprojeto III é a mesma. Porém, uma vez que lhe está associado o objetivo de descomprimir o *baseline*, ou seja, alongar a duração das atividades e, conseqüentemente, diminuir as taxas de utilização de recurso, a priorização é feita por ordem crescente de acordo com o máximo valor registado de utilização durante todo o seu período de execução. Para o subprojeto III e pelo que é possível observar na Ilustração 37, todas as atividades pertencem ao caminho crítico pelo facto de possuir folga nula. No sentido de colmatar a situação e permitir que seja possível o ajuste do cronograma consoante as *quality-gates*, foi incluído no código um método para selecionar um caminho crítico entre os possíveis caminhos. Este detalhe adicional (presente no código que a Ilustração 68 do Apêndice VIII contém) opera no sentido de permitir que uma atividade do caminho crítico tenha um e apenas um sucessor também no caminho crítico. A escolha entre os diversos sucessores de uma atividade é feita seguindo o princípio do menor número de atividade, o que pode ser uma limitação do sistema naquilo que é o alcance do objetivo do modelo.

#### Diminuição da duração das atividades e determinação dos novos valores de utilização de recurso

Esta fase segue um processo ele próprio composto por um conjunto de iterações, caracterizadas por uma sequência de subtrações à duração das atividades. Uma vez que a base temporal associada à duração das atividades é diária, assumiu-se que se devia subtrair, em cada iteração, dia a dia, para que não resultassem durações completamente desfasadas dos valores recolhidos. Pelo facto de o modelo estar projetado numa base semanal, considerou-se um dia como sendo 0,2 semanas e este foi o valor que se foi retirando de iteração para iteração.

A Tabela 10 foi criada para esquematizar o processo (efetuado no código como consta na Ilustração 69 do Apêndice VIII) sabendo que, no caso do subprojeto II, existem 5 semanas para comprimir no *baseline*. Considerando os 5 dias que constituem uma semana, existem, portanto, 25 dias para subtrair num total.

Um reparo importante é o facto de existir um requisito imposto por parte da organização que dita que uma atividade com duração superior a uma semana, não deve reduzir a sua duração a um valor inferior a uma semana. Este aspeto é passível de se constatar para a atividade 16, que mantém a sua duração constante e unitária a partir da segunda iteração. Neste âmbito, não existe mais nenhuma condição criada o que, pode, efetivamente, ser outra limitação do modelo. De facto, o desfasamento entre a data de conclusão e a *quality-gate* pode ser tal que resulta em decrementos que originem

durações descabidas. Nesta fase da investigação aceitou-se que os *inputs* relacionados com as datas das *quality-gates* vão estar próximos dos parâmetros do modelo, deixando como apontamento para trabalho futuro uma possível investigação acerca dos limites superior e inferior para a duração de cada atividade.

Tabela 10 - Método para diminuição dos valores de duração de cada atividade.

		<b>Novos valores da duração das atividades (semanas)</b>					
<b>Atividades ordenadas</b>	<b>Valor inicial da duração (semanas)</b>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
		iteração	iteração	iteração	iteração	iteração	iteração
16	1.4	1.2	1	1	1	1	1
22	4	3.8	3.6	3.4	3.2	3	2.8
18	4	3.8	3.6	3.4	3.2	3	2.8
17	3	2.8	2.6	2.4	2.2	2	1.8
19	3	2.8	2.6	2.4	2.2	2	2
<b>Total subtraído (semanas)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>
<b>Total a subtrair (semanas)</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0</b>

Após serem determinadas as novas durações, foram calculados os novos valores de utilização de recurso  $x_{ij}$ , pela equação 13, sabendo que o conteúdo de trabalho ( $W_{ij}$ ) de cada atividade se manteve. A título exemplificativo, apresenta-se, na equação 33, o cálculo deste novo valor para a atividade 16 ( $x_{i16}$ ).

$$x_{i16} = \frac{W_{i16}}{d_{i16}} = \frac{1.4 \times 0.2}{1.0} = 0.28 \quad (33)$$

Os novos valores de utilização de recurso das restantes atividades estão visíveis na Tabela 11 e o modo como se processou o seu cálculo está sinalizado, no código da Ilustração 69 do Apêndice VIII. Observando os valores da Tabela 11, verifica-se que a compressão do *baseline* provoca um aumento na utilização do recurso durante o período de execução de todas as atividades, como seria de esperar.

Tabela 11 - Ajustes efetuados na taxa de utilização do recurso após alteração da duração das atividades.

Atividade	Novos valores de $x_{ij}$
<b>16</b>	0.28
<b>17</b>	0.64
<b>18</b>	0.36
<b>19</b>	0.6
<b>22</b>	0.14

Dadas estas alterações, a Matriz Alocação deixa de fazer sentido da forma que está preenchida. Assim, foi necessário percorrer as atividades do projeto em questão e, para cada uma, entre o seu *earliest start* e *earliest finish*, subtrair o valor de utilização de recurso anterior. Deste modo, foi necessário atualizar a matriz com os novos valores de alocação e é neste sentido que surge a seguinte iteração da heurística.

Cálculo dos novos valores de *earliest finish*, *latest finish* e *float*

Esta iteração marca a heurística pelo facto de ser crucial na atualização da Matriz Alocação após ajustes do cronograma. O foco não será a forma como se obtiveram os novos valores, até porque o raciocínio segue os mesmos princípios apresentados para o ponto 4 do fluxograma representativo da heurística. Assim, apresenta-se, na Ilustração 38, a rede relativa ao subprojeto II, com os valores de *earliest finish*, *latest finish* e *float* atualizados.

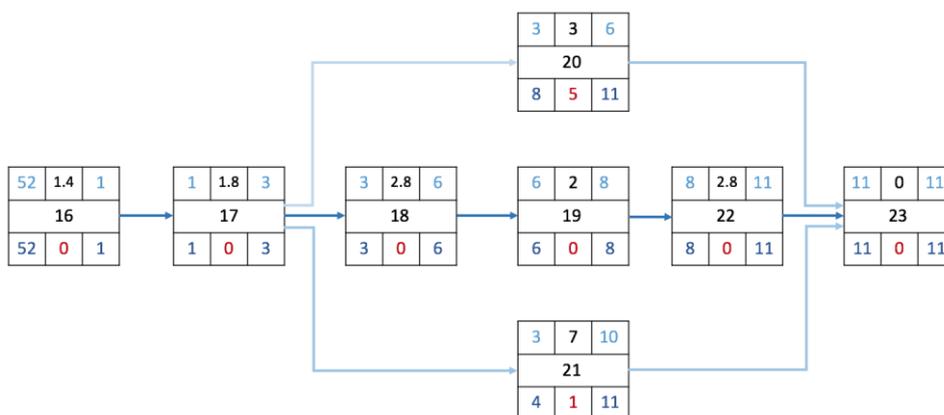


Ilustração 38 - Rede de atividades, do subprojeto II, atualizada com os valores ajustados às novas durações.

Numa análise minuciosa da rede anteriormente exposta, várias são as elações a reter. A conclusão que se destaca é o facto de a data da *quality-gate* continuar a não ser respeitada. A escolha

propositada deste exemplo permite perceber que as aproximações feitas na determinação destes valores são, como já referido, uma limitação do modelo.

Um outro aspeto relevante está inerente às atividades que não pertencem ao caminho crítico. Ao comparar as redes da Ilustração 33 e da Ilustração 38, constata-se que as folgas das atividades 20 e 21 diminuem com a compressão do cronograma. Podem ocorrer situações em que as folgas reduzam ao ponto de igualar o valor 0 ou ainda atingir valores negativos. Neste cenário, o caminho crítico podia sofrer alterações, passando a incluir outras atividades como atividades críticas. No exemplo apresentado, tal não acontece e, de facto, não se verificam alterações nas atividades críticas do subprojeto II. Porém, basta equacionar-se a possibilidade de a duração da atividade 21 ser 9 semanas. Efetivamente, este valor não seria suficiente para que esta atividade integrasse o caminho crítico da rede da Ilustração 33. No entanto, esta duração faria com que o seu *earliest finish*, após a compressão do cronograma, correspondesse ao instante  $t$  correspondente à 12ª semana. Assim, a data de conclusão do projeto seria definida pela atividade 21, o que pressupõe que esta passaria a atividade crítica.

No sentido de colmatar as ressalvas mencionadas, a heurística termina com uma porta lógica (ponto 13 da Ilustração 29) que assegura o cumprimento da restrição fundamental do modelo: respeitar as várias datas das *quality-gates*. No código, esta salvaguarda é conseguida pelo ciclo “*while*”, presente na Ilustração 70 do Apêndice VIII. Caso, em cada subprojeto, não se verifique o cumprimento destas *due-dates*, a heurística repete-se para o subprojeto em situação irregular, tendo como ponto de partida os valores calculados até então. Contrariamente, a heurística termina para o projeto em análise e, caso existam mais do que um projeto em *business plan*, outro projeto é submetido a todo o processo explicado.

## **Finalização**

### **5.2 Funcionamento e manual de utilização da ferramenta desenvolvida**

A principal característica pretendida, por parte dos colaboradores da empresa, em relação à ferramenta, designada por “Capacity Plan”, é o fácil acesso e manuseamento da mesma. Como tal, os utilizadores têm apenas acesso a duas das oito *worksheets* existentes. O intuito do presente subcapítulo é a explicação do funcionamento da ferramenta em geral, isto é, sem especificar a parte técnica associada à programação da mesma. Assim, esta secção pode ser considerada uma espécie de manual de utilização com informações adicionais, relativas ao modo como a ferramenta opera.

Como referido anteriormente, os utilizadores acedem a duas *worksheets*, designadas por: *Overview* e *Business Plan*. De forma geral, a primeira contém informação útil ao entendimento e aplicação da ferramenta. A segunda é a *framework* onde são introduzidos os *inputs* e onde são gerados os *outputs*. Cada uma das *worksheets*, passíveis de acesso pelo utilizador, será seguidamente explorada em detalhe. Em simultâneo, serão referidas, de forma sucinta, funcionalidades complementares ao funcionamento da aplicação.

### 5.2.1 Overview Worksheet

A *worksheet* que se expõe nesta secção é meramente informativa e tem o aspeto visual que se pode observar na Ilustração 39.

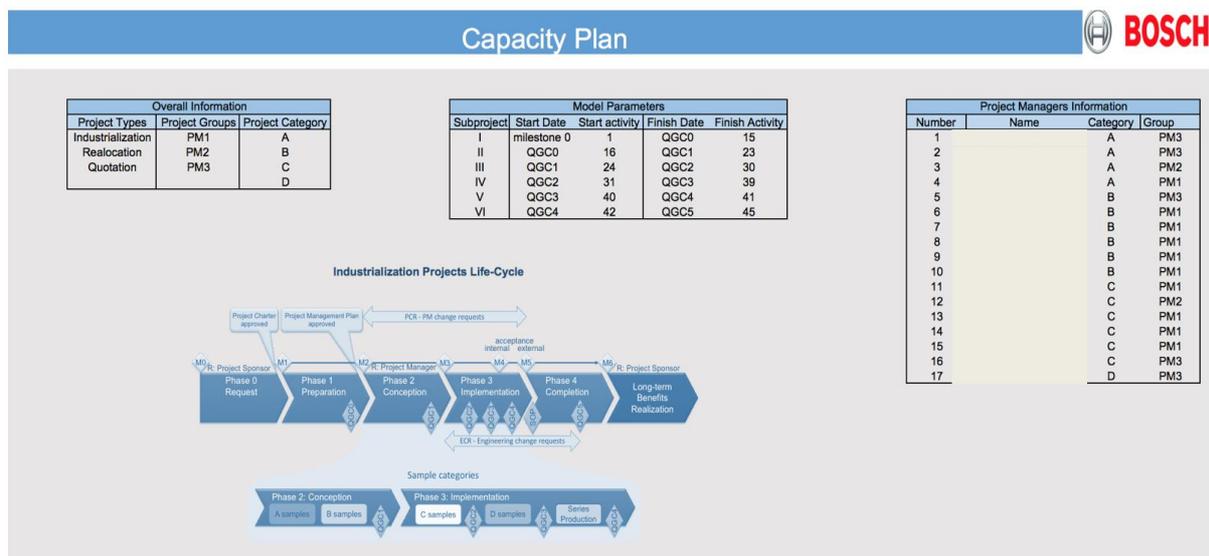


Ilustração 39 - Aspeto Visual da "Overview Worksheet".

A tabela mais à esquerda ("*Overall Information*") contém o que é considerado conhecimento geral necessário à ferramenta, desde os tipos de projetos que o departamento MFE aporta - Industrialização, Realocação e Cotação - passando pelos diferentes grupos responsáveis pelas divisões CM-CI1, CM-CI2 e CM-CI3, até às categorias que distinguem os projetos pela sua complexidade. Este tipo de conteúdo, bem como o esquema relativo ao ciclo de vida de um projeto de industrialização, é meramente informativo. A sua inclusão na primeira *worksheet* da aplicação serve para contextualizar o utilizador, para que as suas ações, aquando o uso da ferramenta, estejam em sintonia com o modelo conceptualizado. Uma vez que os elementos que utilizarão a ferramenta estão familiarizados com a figura

que retrata o ciclo de vida de um projeto, não houve necessidade de detalhar uma explicação sobre a mesma na “*Overview Worksheet*”.

A tabela ao centro (“*Model Parameters*”) apresenta características diferentes da primeira tabela, uma vez que uma alteração em algum dos seus valores provoca uma alteração em certos parâmetros do modelo (daí o nome que foi atribuído à tabela). De facto, este aspeto é intencional e seguidamente é explicado o seu intuito. Para os que conhecem o modelo que suporta a ferramenta, sabe-se que esta foi projetada considerando apenas projetos de industrialização. Além disso, estabeleceu-se que os projetos são compostos pelos “*so-called*” subprojetos que, apesar de não corresponderem exatamente às fases do ciclo de vida de um projeto, estão relacionados com as mesmas. Pressupõe-se que cada subprojeto inicia e finaliza com uma atividade específica (que pertence à rede de atividades genérica de um projeto de industrialização). As atividades relativas ao início e ao fim de cada subprojeto encontram-se discriminadas na tabela em análise e resultam da investigação em curso. Porém, fruto de trabalho futuro, poderá ser necessário alterar estes parâmetros. Essa modificação pode ser feita diretamente na tabela o que, indiretamente, alterará os parâmetros no código.

Por fim, a tabela da direita (“*Project Managers Information*”) é um referencial para os *inputs* necessários na *worksheet Business Plan*, relativamente aos gestores de projeto que integram o departamento. Em termos de programação da aplicação, os gestores de projeto são endereçados com um número. Na tabela encontram-se associados o número e o nome do respetivo gestor, ocultado por questões de confidencialidade, e ainda alguma informação útil adicional.

A ferramenta será utilizada, em princípio, por gestores de programas apenas. Este facto pressupõe que estes conheçam a aplicação, assim como o modelo que a suporta. Efetivamente, não é suposto que a ferramenta decida se determinadas ações do utilizador são corretas. O principal objetivo é que a ferramenta seja capaz de auxiliar o gestor de programas nas suas tomadas de decisão. Dito isto, ainda que o gestor de programas, por algum motivo, decida atribuir um gestor de projetos de categoria B a um projeto de categoria A, por exemplo, não haverá nenhum impedimento por parte da ferramenta. Por esse motivo, houve necessidade de agregar, na ferramenta, informação relativa aos projetos e aos gestores de projeto.

Deste modo, as tomadas de decisão, bem como os resultados que estas geram, podem ser facilmente relacionadas com dados adquiridos ao longo da investigação e do desenvolvimento do modelo. Este é, portanto, o fundamento da *worksheet “Overview”*. Importa agora perceber a funcionalidade da *worksheet “Business Plan”*, funcionalidade essa que lhe é conferida pela recorrência a outras *worksheets*, que serão mencionadas.

## 5.2.2 Business Plan Worksheet

Esta é a *worksheet* onde deve incidir o foco do entendimento da ferramenta, por ser, ela própria, o “motor” da aplicação. Comece-se por apresentar o seu aspeto geral (Ilustração 40):

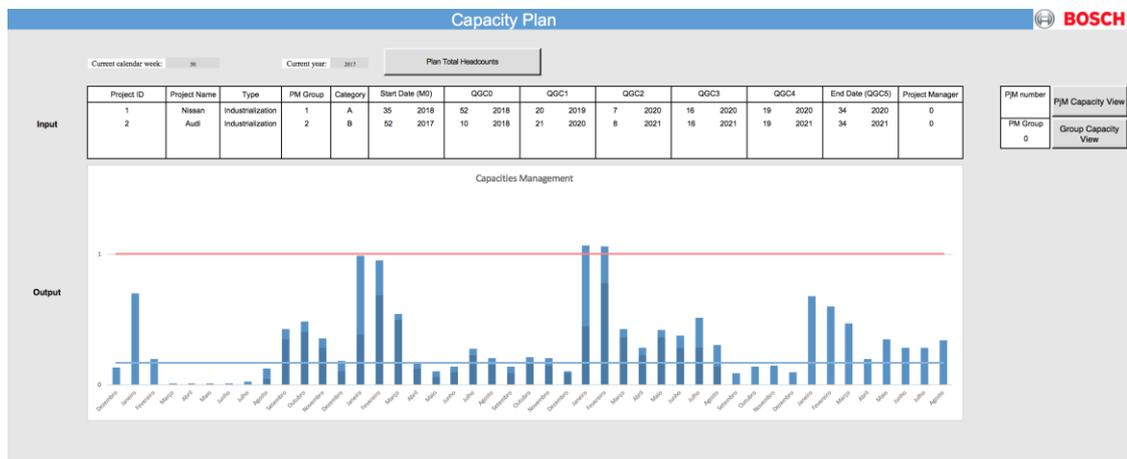


Ilustração 40 - Aspeto geral da “Business Plan” Worksheet.

O primeiro aspeto a mencionar é a introdução da data em que decorre o *business plan*, ou seja, a data atual visto que a utilização da ferramenta ocorre quando o *business plan* (Ilustração 41). Tal como os restantes parâmetros, a data a inserir deve conter a semana do calendário e ano atuais. O exemplo escolhido aponta para um *business plan* que aconteceu na semana 50 do ano 2017. Este é o ponto de partida no que concerne ao planeamento do número total de *headcounts* necessários, isto é, esta data marca o início do horizonte temporal que contém todos os projetos em análise no *business plan*.

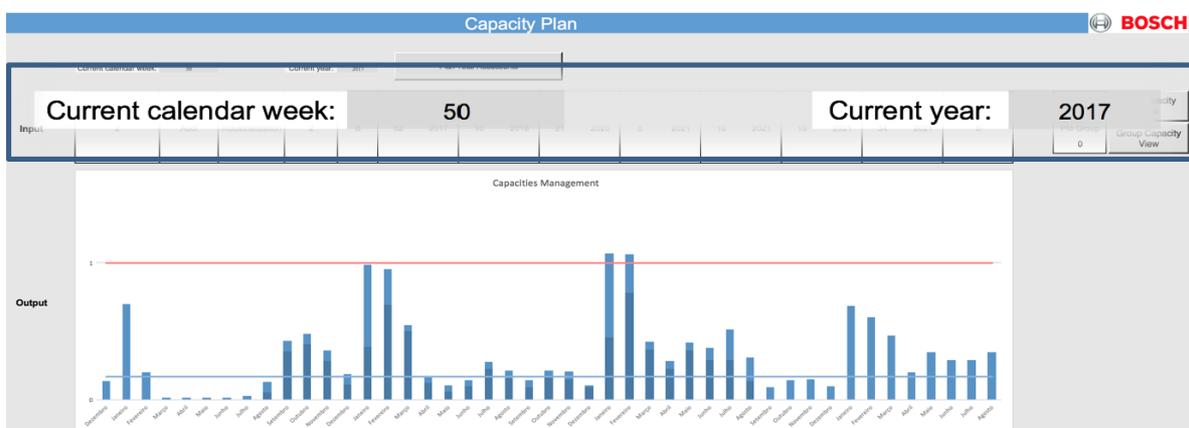


Ilustração 41 - Detalhes da "Business Plan" Worksheet data do business plan.

Um parêntese que surge neste âmbito é o facto de a ferramenta não ter necessidade de possuir memória. Quer isto dizer que, na transição de um *business plan* para outro, existem projetos que iniciam, mas não concluem. Como se sabe, o *business plan* é anual e, como foi também já confirmado, um projeto pode demorar mais do que um ano. Assim, o perfil de alocação de um recurso, estimado em determinado *business plan*, deveria ser algo “transportado” para o *business plan* seguinte. Com o desenvolver da aplicação e ao confrontar os gestores de programa com esta questão, percebeu-se que existem os considerados projetos “*on-going*”. Estes são os projetos que já iniciaram, mas que ainda decorrem no momento do atual *business plan* e devem ser também introduzidos como *inputs* da ferramenta, em conjunto com os novos projetos.

A data do atual *business plan* permite marcar o momento, destes projetos “*on-going*”, a partir do qual é necessário considerar a utilização de recurso. Deste modo, o gráfico gerado em cada *business plan* não inclui necessidades do passado, o que faz desta ferramenta um auxílio na tomada de decisões futuras apenas.

Segue-se a apresentação da tabela fundamental desta *worksheet*, evidenciada na Ilustração 42, onde são inseridos os projetos que serão, portanto, analisados no *business plan*.

Project ID	Project Name	Type	PM Group	Category	Start Date (M0)	QGC0	QGC1	QGC2	QGC3	QGC4	End Date (QGC5)	Project Manager
1	Nissan	Industrialization	1	A	35 2018	52 2018	20 2019	7 2020	16 2020	19 2020	34 2020	0
2	Audi	Industrialization	2	B	52 2017	10 2018	21 2020	8 2021	16 2021	19 2021	34 2021	0

Ilustração 42 - Detalhes da "Business Plan" Worksheet: tabela com os parâmetros de entrada relativos aos projetos

Como se pode verificar, pela observação dos campos da tabela, esta contém aquilo que foi definido, na Tabela 8, como parâmetros de entrada do modelo, tanto em termos de características do projeto como as datas dos seus entregáveis. Nela podem ser introduzidos tanto novos projetos como projetos “*on-going*”, sem necessidade de distinção.

Aquando da introdução de um projeto, através do nome, por exemplo, o seu ID é gerado automaticamente. O ID é o que permite contabilizar o número de projetos em análise e o nome é meramente uma referência. Na Ilustração 42, os exemplos que se apresentam como nome podem

induzir em erro por sugerir que este campo contém o nome do cliente (“Audi” ou “Nissan”). Importa não confundir e ressalva-se que a introdução destes exemplos foi uma questão de simplificação. Ainda no âmbito das características dos projetos, a inclusão do campo “tipo de projeto” salvaguarda que o utilizador está consciente de que o modelo se cinge a projetos de industrialização.

Seguem-se os parâmetros que, efetivamente, causam impacto no gráfico gerado como *output*: a categoria e as datas das *quality-gates*. O primeiro parâmetro mencionado remete para duas *worksheets* auxiliares (apresentadas de forma agrupada na Ilustração 43). A primeira (à esquerda) contém os parâmetros do modelo relativos à alocação de recursos (“InfoAllocation”) que cada atividade requer no decorrer da sua duração, consoante a categoria do projeto. Em relação à duração, tem-se a segunda *worksheet* (à direita) que contém os valores da duração de cada atividade (“InfoDuration”), em semanas e, também, de acordo com a categoria do projeto.

	A	B	C	D
1	0,2	0,2	0,2	0,2
2	0,2	0,2	0,1	0,05
3	0,25	0,25	0,2	0,2
4	0,4	0,4	0,2	0,2
5	0,4	0,4	0,2	0,1
6	0,2	0,2	0,1	0,05
7	0,8	0,8	0	0
8	0,7	0,7	0,7	0,5
9	0,25	0,25	0,1	0,05
10	0,3	0,3	0,25	0,25
11	0,7	0,7	0,7	0,5
12	0,25	0,25	0,1	0,1
13	0,4	0,4	0,2	0,1
14	0,1	0,1	0,1	0,1
15	0	0	0	0
16	0,2	0,2	0,1	0,1
17	0,6	0,6	0	0
18	0,25	0,25	0	0
19	0,4	0,4	0	0
20	0,25	0,25	0	0
21	0,3	0,3	0	0
22	0,1	0,1	0	0
23	0	0	0	0
24	0,4	0,4	0	0
25	0,6	0,6	0,4	0
26	0,1	0,1	0,1	0
27	0,4	0,4	0,4	0
28	0,15	0,15	0,1	0
29	0,05	0,05	0,05	0,05
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0
32	0,1	0,1	0,1	0,05
33	0,05	0,05	0,05	0,05
34	0,6	0,6	0,4	0,4
35	0,05	0,05	0,05	0,05
36	0,1	0,1	0,1	0,1
37	0,3	0,3	0,2	0,2
38	0,1	0,1	0,1	0,1
39	0	0	0	0
40	0,2	0,2	0,1	0,05
41	0,1	0,1	0,1	0,1
42	0,2	0,2	0,2	0,1
43	0,1	0,1	0,1	0,1
44	0,2	0,2	0,1	0,05
45	0	0	0	0

	A	B	C	D
1	0,2	0,2	0,2	0,2
2	2	2	1	1
3	0,2	0,2	0,2	0,2
4	2	2	2	1
5	2,4	2,4	2,4	1
6	2	2	1	1
7	0,6	0,6	0	0
8	0,4	0,4	0,2	0,2
9	2	2	1	1
10	0,6	0,6	0,4	0,2
11	0,4	0,4	0,2	0,2
12	0,4	0,4	0,2	0,2
13	1	1	1	1
14	4	4	4	4
15	0	0	0	0
16	1,4	1,4	1,4	1,4
17	3	3	0	0
18	4	4	0	0
19	3	3	0	0
20	3	3	0	0
21	7	7	0	0
22	4	4	0	0
23	0	0	0	0
24	0,8	0,8	0	0
25	3	3	3	0
26	3	3	2	0
27	3	3	3	0
28	4	4	4	0
29	10	10	9	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0
32	2	2	2	2
33	11	11	11	11
34	3	3	3	3
35	3	3	3	3
36	6	6	6	6
37	2	2	2	2
38	4	4	4	4
39	0	0	0	0
40	3	3	3	1
41	3	3	3	3
42	20	20	16	12
43	4	4	4	4
44	2	2	2	2
45	0	0	0	0

Ilustração 43 - Worksheets auxiliares com informação relativa à duração e à alocação de recurso que cada atividade requer, de acordo com a categoria do projeto

Relativamente às datas das *quality-gates*, estas devem ser introduzidas na tabela de *inputs*, consoante o princípio de que o primeiro valor diz respeito à semana do calendário na qual esta irá ocorrer

e de que o segundo valor se refere ao ano respetivo. Para os projetos “*on-going*”, podem ser introduzidas todas as *quality-gates*, visto que a data do *business plan* define as *quality-gates* a considerar. A partir destes valores e recorrendo à Matriz de Precedências (suportada numa *worksheet* designada por “InfoPrecedences” e apresentada na Ilustração 71 do Apêndice IX, dado à sua dimensão), todos os projetos, pertencentes à tabela de *inputs*, são escalonados de acordo com a heurística desenvolvida. Quanto ao escalonamento, é pertinente apresentar a *worksheet* “Aux”, que funciona como folha auxiliar, utilizada para verificar se o modelo é respeitado, isto é, se as atividades de cada subprojeto são escalonadas entre as *quality-gates* que o baliza.

A título exemplificativo, apresenta-se, na Ilustração 44, o que poderia ser o escalonamento das atividades dos dois primeiros subprojetos, de cada projeto. Note-se que, em cada projeto, as atividades que marcam o início do subprojeto I e subprojeto II (1 e 16, respetivamente) iniciam nas datas previstas para o *milestone 0* e *quality-gate 0*, respetivamente. Do mesmo modo, em cada projeto, as atividades que marcam o fim do subprojeto I e subprojeto II (15 e 23, respetivamente) terminam nas datas previstas para a *quality-gate 0* e *quality-gate 1*, respetivamente.

Matrix ES Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	35	35	35	37	39	41	43	43	43	45	46	47	47	48	52	52	2	6	11	6	6	15	20
	52	52	52	1	2	3	4	4	4	5	6	6	6	7	10	10	31	2	26	2	2	49	21
Matrix ES Year																							
	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Matrix EF Week																							
	35	37	35	39	41	43	44	43	45	46	47	47	48	52	52	2	6	11	15	9	13	20	20
	52	1	52	2	3	4	5	4	5	6	6	6	7	10	10	31	2	26	49	5	9	21	21
Matrix EF Year																							
	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
	2017	2016	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018

Ilustração 44 - Escalonamento dos dois primeiros subprojetos pertencentes aos projetos inseridos na tabela de *inputs* da ferramenta

Após ser calculado, para todos os projetos pertencentes à tabela de *inputs*, o valor relativo ao *earliest finish* da última atividade do último subprojeto, é definido o valor máximo entre estes, sendo que é esse máximo que determina o fim do horizonte temporal para o *business plan*. Logicamente, esse valor equivale ao máximo valor entre as datas das GQC5 (End date) dos diversos projetos.

Quando os valores de *earliest start* e *earliest finish* ficam estáveis, isto é, após a finalização da heurística, é criada uma matriz, a Matriz Final, cujo princípio é o mesmo da Matriz Alocação, porém, é própria a cada projeto. Esta contém, para todo o horizonte tempo do projeto (desde a data da MO à data da QGC5 do respetivo projeto), os valores de alocação do recurso em cada semana. É a partir da Matriz Final de cada projeto, que se cria a tabela que alimenta o gráfico do *output*. Esta tabela encontra-se na *worksheet* “Outputs” e apresenta-se, em seguida, na Ilustração 45.

		1	2
	Dezembro	0	0,133333333
	Janeiro	0	0,697142857
	Fevereiro	0	0,2
	Março	0	0,013084112
	Abril	0	0,013084112
	Maio	0	0,013084112
	Junho	0	0,013084112
	Julho	0	0,026119464
	Agosto	0,05	0,07826087
	Setembro	0,35	0,07826087
	Outubro	0,403636364	0,07826087
	Novembro	0,28125	0,07826087
	Dezembro	0,106818182	0,07826087
	Janeiro	0,385454545	0,598985507
	Fevereiro	0,6875	0,266666667
	Março	0,5	0,041666667
	Abril	0,124	0,041666667
	Maio	0,06137931	0,041666667
	Junho	0,09762931	0,044293478
	Julho	0,225	0,052173913
	Agosto	0,15625	0,052173913
	Setembro	0,0875	0,052173913
	Outubro	0,159375	0,052173913
	Novembro	0,15	0,052173913
	Dezembro	0,0875	0,016806723
	Janeiro	0,452121212	0,61579223
	Fevereiro	0,778549078	0,283473389
	Março	0,365726665	0,058473389
	Abril	0,225041806	0,058473389
	Maio	0,360714286	0,056822902
	Junho	0,285714286	0,089137931
	Julho	0,285714286	0,225
	Agosto	0,137142857	0,17
	Setembro	0	0,0875
	Outubro	0	0,14375
	Novembro	0	0,15
	Dezembro	0	0,094444444
	Janeiro	0	0,682458897
	Fevereiro	0	0,599704768
	Março	0	0,469694056
	Abril	0	0,196033654
	Maio	0	0,345714286
	Junho	0	0,285714286
	Julho	0	0,285714286
	Agosto	0	0,342857143

Ilustração 45 - Outputs do modelo utilizados para gerar o gráfico "Capacities Management".

Os *outputs* não são mais um planeamento semanal, mas sim mensal, de acordo com o que foi requerido pelos utilizadores. Deste modo, foi necessário agrupar cada semana de cada ano no respetivo mês, sendo que o valor de alocação que caracteriza cada mês resulta da média de alocações características de cada semana incluída no mês. Os cálculos auxiliares a este processo foram feitos recorrendo a uma *worksheet* auxiliar, que a autora não considera a apresentação pertinente ou necessária. Uma das limitações destes outputs, em termos de gestão visual, é o facto de não se conseguir associar a cada mês o ano a que diz respeito. Após várias tentativas de o fazer, a autora não arranjou solução para tal, deixando assim como ponto sujeito a melhoria. Aliado a este fator limitativo, tem-se o facto de não conseguir fazer a geração automática do gráfico final. Dependendo do número de projetos, é necessário ajustar os valores de entrada do gráfico.

No exemplo apresentado, existem dois projetos na tabela de *input*, o que origina um gráfico de colunas empilhadas com duas cores (cada uma relativa a cada projeto), passível de se observar na Ilustração 46.

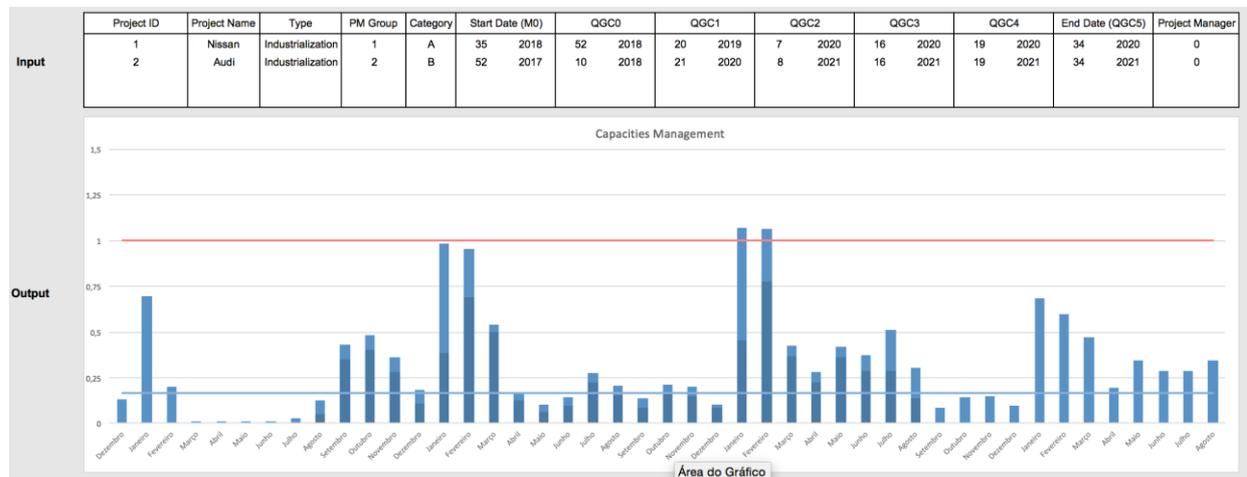


Ilustração 46 - Gráfico "Capacity Management" para gestão visual de capacidades.

Para além das colunas empilhadas, existem ainda duas linhas com valor igual e constante em todos os intervalos de tempo. A linha azul representa um valor médio da utilização de recursos de todo o horizonte temporal do *business plan* e a vermelha marca o valor ideal de alocação para um recurso, isto é, a utilização de 100% da sua capacidade. Note-se que o gráfico reflete, no eixo das abcissas, o horizonte temporal do *business plan*: inicia no mês de dezembro de 2017 (data do *business plan*) e finaliza no mês de agosto de 2021 (diz respeito à data da QGC5 mais tardia entre os dois projetos).

Este gráfico é gerado, após preenchimento da tabela de *inputs*, clicando no botão "Plan Total Headcounts", evidenciado na Ilustração 47. Ao clicar nele, surge uma caixa de diálogo na janela, também presente na Ilustração 47, que questiona o número total de projetos do *business plan* atual (dado pelo ID do último projeto da tabela de *inputs*).

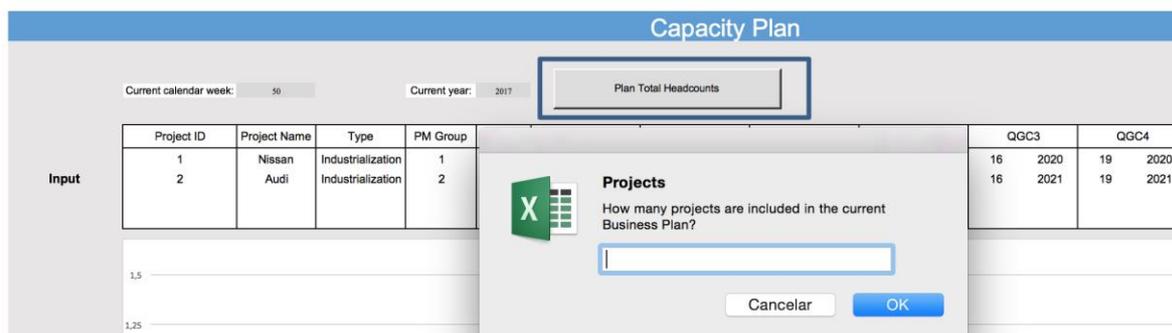


Ilustração 47 - Funcionamento do botão "Plan Total Headcounts".

A utilização do botão “Plan Total Headcounts” gera um gráfico que providencia um valor referência em relação ao número de gestores de projeto necessários para gerir o número de projetos presentes na tabela de *inputs*. A decisão cabe ao utilizador da ferramenta e pode ser baseada no valor máximo de alocação atingido (fazer proporção em relação à linha vermelha) ou no valor médio de utilização de recursos (dado pela linha azul). Nesta fase, o programa atribui automaticamente, na tabela de *inputs*, no campo relativo ao gestor de projeto, o valor 0. Isto significa que nenhum projeto está ainda atribuído ao gestor responsável, estando a ferramenta a funcionar quantitativamente, em termos gerais.

Face ao que foi anteriormente dito, o utilizador pode fazer, com base no seu conhecimento e experiência, a atribuição de cada projeto a cada gestor. Para que possa fazer uma análise visual específica a cada gestor, foi criado um botão, designado “PjM Capacity View”, que permite filtrar os valores do gráfico, apresentando apenas o perfil de alocação do gestor selecionado. Replicou-se a mesma funcionalidade para os grupos de gestores de projeto (PM group).

Atente-se à Ilustração 48, onde se exemplifica o funcionamento do filtro ao gestor de projeto. Atribui-se ao primeiro projeto o gestor de projeto 2 que, de acordo com a tabela “Project Managers Information” da Ilustração 39, é o número associado ao gestor de projeto com o nome “António Silva”.

Project ID	Project Name	Type	PM Group	Category	Start Date (M)	QGC0	QGC1	QGC2	QGC3	QGC4	End Date (QGC5)	Project Manager
1	Nissan	Industrialization	1	A	35 2018	52 2018	20 2019	7 2020	16 2020	19 2020	34 2020	2
2	Audi	Industrialization	2	B	52 2017	10 2018	21 2020	8 2021	16 2021	19 2021	34 2021	0

Ilustração 48 - Filtro dos dados do gráfico ao perfil de alocação de um gestor de projetos selecionado.

Ao fazer *double-click* no número 2, no campo relativo aos gestores de projeto, em todos os projetos detentores deste gestor, verificar-se uma alteração no número, ou seja, este passa a estar a negrito para se diferenciar dos outros. Este valor é, automaticamente, trasposto para a caixa em branco, ao lado do botão (assinalado na Ilustração 48). Ao clicar neste, gera-se um gráfico igual ao gráfico apresentado anteriormente, que contém apenas os projetos que estão a cargo do gestor selecionado.

### **5.3 Validação da ferramenta desenvolvida para gestão de capacidades**

Após o desenvolvimento da ferramenta, importa testar o seu comportamento, através da execução do *software*, e validar a sua funcionalidade, isto é, assegurar se a mesma corresponde aos requisitos estabelecidos.

A inspeção de possíveis defeitos/deficiências de algoritmia que possam originar falhas foi algo que o presente estudo não conseguiu cobrir, deixando já um breve apontamento para trabalho futuro. Porém, foram efetuados testes funcionais, em conjunto com eventuais utilizadores da mesma, que validaram não só o sucesso associado à execução da ferramenta, como a correspondência entre os *outputs* gerados pela mesma e os requisitos estabelecidos. A acessibilidade e o fácil manuseamento da janela de *inputs* e *outputs* foram aspetos referidos pelos elementos que efetuaram os testes, não lhes sendo possível indicar algum tipo de melhoria ou sugestão.

A investigadora tentou ainda validar os parâmetros intrínsecos ao modelo, relativos à duração de cada atividade e ao esforço que estas requerem, através de um questionário. Porém, o tempo da investigação não foi suficiente para recolher e analisar o questionário. Para isso, o que estava planeado era a distribuição do questionário cujo exemplar se encontra no Apêndice X, que consistiria numa validação meramente qualitativa. Melhor dizendo, os questionários seriam distribuídos pelos gestores de projeto, com experiência suficiente na empresa que lhes tenha permitido acompanhar um projeto de início ao fim, e estes teriam de avaliar, na sua ótica, numa escala estabelecida, se os valores de duração e esforço de cada atividade estavam ajustados à realidade. O objetivo não seria obter um contributo de novos valores (mais ajustados) mas sim perceber se os parâmetros do modelo estão muito desfasados da realidade dos gestores de projeto.

Sugerindo também como proposta de trabalho, importa esclarecer que diferentes questionários devem ser distribuídos por diferentes gestores. Os valores de duração e esforço devem estar alinhados com as categorias dos projetos e cada questionário deve ser dirigido para o tipo específico de gestores ajustados a cada categoria.



## 6. PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA ATRIBUIÇÃO DE UM PROJETO A UM GESTOR DE PROJETOS

O trabalho relatado, até ao momento, resultou numa ferramenta de suporte à tomada de decisão relativamente à atribuição de projetos aos gestores de projetos. Todo o processo convoca a participação e a experiência dos utilizadores da ferramenta, tanto na introdução dos inputs, como na análise dos outputs. No entanto, a ferramenta ganharia valor adicional com uma funcionalidade que consiste na atribuição automática do gestor de projeto mais indicado a cada projeto pertencente ao portefólio de determinado *business plan*.

Uma vez que esta funcionalidade representa uma proposta de acrescento à ferramenta desenvolvida, não se conceptualizou um modelo no sentido de originar soluções ótimas. Optou-se, novamente, por uma abordagem heurística, baseada em heurísticas construtivas.

Esquemáticamente, o objetivo da nova funcionalidade consiste em (Ilustração 49):



Ilustração 49 - Esquematização da funcionalidade proposta

Existe um determinado número de projetos ( $P$ ) pertencentes ao portefólio dos quais existem projetos já atribuídos a um gestor (os projetos “on-going”) e existem os projetos que é necessário atribuir.

A nova funcionalidade, resultaria da integração de grande parte dos *inputs* da ferramenta “Capacity Plan” e dos parâmetros que o modelo contém já. Os únicos *inputs* necessários para o sistema seriam, portanto, a categoria do projeto, a data do *milestone* 0 e as datas das QGCs. Neste cenário, só seria necessário introduzir como *input* o gestor de projeto responsável pelo projeto caso o projeto pertencesse ao grupo dos projetos “on-going”.

O método de atribuição pensado teria como objetivo a minimização das cargas de trabalho dos gestores de projeto, ou seja, percorrendo a lista de projetos contidos no portefólio, simular-se-ia a atribuição do projeto para cada gestor e a atribuição do projeto recairia no gestor com menor carga total (nivelamento de recursos).

Seguindo a linha de raciocínio transversal a toda a investigação, subjacente à atribuição de cada projeto, ter-se-ia o escalonamento do mesmo. Este procedimento, que se aplica de igual forma aos projetos novos e aos projetos “on-going”, teria ele próprio um objetivo, relacionado com o modelo anterior e enunciado como: cada atividade deverá ser escalonada nos períodos de tempo onde houver menor sobre-alocação do gestor de projetos. Deste modo, está-se perante um modelo composto por duas funções objetivo, conceptualmente formulado com base nos modelos que caracterizam as heurísticas construtivas (Formulação 2):

*Formulação 2:*

*min totalexceeded*  
*min totalallocation*

*sujeito a:*

$$FT_l \leq QGC_x$$

$$FT_i \leq FT_j - d_j \quad j = 1, \dots, 45; i \in P_j$$

Neste cenário, matem-se a restrição associada ao cumprimento das datas das *quality-gates*, o que desfaz o objetivo dos modelos tradicionais deste tipo de problemas, a minimização da duração do projeto. Ainda relacionado com a formulação tradicional deste tipo de modelos, a restrição associada ao limite de recursos em cada período de tempo, segundo requisitos do contexto empresarial da investigação, não se aplica de forma rigorosa. Esta surge associada ao conceito de minimização da utilização de recurso em cada instante. Isto é uma questão crítica, porque a essência de um tipo de problema RCPSP pode ser questionada. Assim, consoante tudo o que foi referido até agora, a minimização da variável “totalexceeded” e a minimização da variável “totalallocation” constituirão o objetivo do modelo. Estas serão exploradas seguidamente, aquando a explicação do método idealizado.

Conhecendo a categoria do projeto, é convocado um perfil “duração vs. alocação” próprio da categoria, de acordo com os parâmetros do modelo já conhecidos. Desta forma, são atribuídos valores à duração (parâmetro fixo) de todas as atividades, bem como ao esforço requerido para realizar a mesma.

O *input* associado à data MO inicia o cálculo do *earliest start* (ES) de todas as atividades, sendo que o *earliest start* da primeira atividade do projeto corresponde a esta data de inicialização.

Aliado a isso, as datas de QGC definem o *latest finish* (LF) da última atividade antes da respetiva QGC. Seguindo o Método do Caminho Crítico, o *forwardpass* começa com a data MO e o *backawrdpass* inicia com a data da QGC. Após esses cálculos, a lista de atividades organizadas de acordo com a regra de prioridade é criada.

É neste momento que o algoritmo clássico do *Serial Scheduling Scheme* sofre alterações, já que é obrigatório respeitar a data das QGCs. Para que se perceba, foi criado o exemplo enunciado seguidamente (Ilustração 50). Assuma-se um projeto com apenas um subprojeto, uma *quality-gate* e duas atividades (a atividade 1 precede a atividade 2). A duração da atividade 1 e 2 é  $d_1 = 2$  e  $d_2 = 1$  e a taxa de utilização do recurso  $k$  é  $r_{1,k}$  e  $r_{2,k}$ , respetivamente.

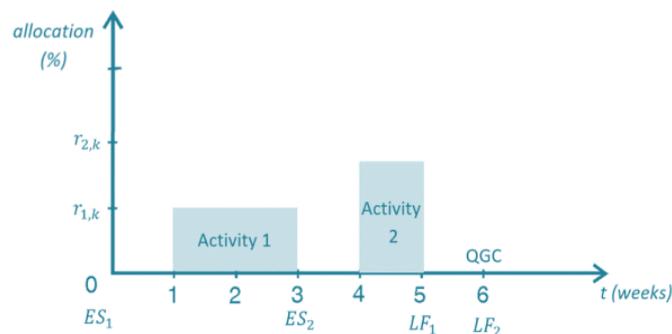


Ilustração 50 - Escalonamento das atividades entre o seu ES e LF

A data da QGC define o LF da atividade anterior à QGC (atividade 2) e o LF da atividade 2 define o LF da sua atividade precedente (atividade 1), sendo  $LF_1 = LF_2 - d_2$ . A data de início do projeto define o ES da primeira atividade (atividade 1). A título de exemplo, a atividade 1 não inicia no seu ES devido a questões de recurso, que não estão representadas no gráfico (Ilustração 50). Este fator poderia estar relacionado com o perfil de alocação do recurso resultante da atribuição dos projetos “on-going”. Além disso, a atividade 2 começa 1 semana mais tarde em relação ao seu ES, mas é importante garantir que a duração da atividade está sempre contida entre o ES e LF.

Para ir ao encontro do objetivo de minimizar a variável “totalexceeded”, cada atividade é testada do seu ES, sendo  $ES_j \leq t \leq LF_j - d_j$ . Considerando um limite de recursos máximo aceitável (100%) e conhecendo o perfil de alocação de cada PjM (resultante dos projetos “on-going”), para cada cenário, é possível saber se e quanto é o limite excedido, em toda a duração da atividade. A soma desses valores fornece a variável “totalexceeded”. O cenário selecionado é aquele com o menor valor de “totalexceeded”, a menos que não seja excedido de todo. Nesta última situação, a atividade é

programada no seu ES, como sugere a heurística clássica. Novamente para ilustrar, considere o seguinte gráfico (Ilustração 51).

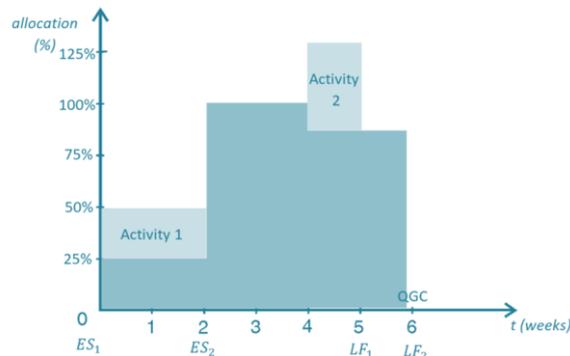


Ilustração 51 - Exemplo gráfico de como opera a variável "totalexceeded"

Assumindo que a região mais escura do gráfico representa um suposto perfil de alocação de um PjM e considerando agora o limite de recurso  $K = 100\%$ : como a atividade 1 nunca excede  $K$  durante toda a sua duração ( $\text{totalexceeded} = 0$ ), ela é escalonada em  $t = ES_1 = 0$ . O ES da atividade 2 é igual ao tempo de fim da atividade 1, em  $t = 2$ . No entanto, a atividade 2 apenas começa no mínimo  $t$  (entre  $ES_2$  e  $LF_2 - d_2$ ) para o qual a variável "totalexceeded" é o menor valor possível, em  $t = 4$ .

Resumidamente, o escalonamento de cada atividade pode exceder o limite estipulado. No entanto, importa reter que este excedente será o menor possível. Tendo percebido o procedimento associado ao escalonamento das atividades, e concluindo que este gera, para cada gestor, um perfil de alocação semelhante ao da Ilustração 51, importa agora focar na variável "totalallocation".

Na atribuição de cada projeto a um gestor ( $n \times x$  cenários), será construído um perfil de alocação do recurso com a geração do esquema de escalonamento, muito à semelhança do gráfico da Ilustração 51. A variável "totalallocation" será o somatório dos valores de alocação (eixo das ordenadas) para cada período  $t$ , em todo o horizonte temporal. Utilizando o exemplo da Ilustração 51, para um horizonte que inicia na semana 0 e finaliza na semana 6, a valor da variável seria:

$$\text{total allocation} = 50 + 50 + 100 + 100 + 125 + 100 = 525\%$$

O objetivo do método de atribuição é que para cada projeto, percorrendo os  $x$  cenários possíveis, o que apresentar menor valor para esta variável, seja o gestor de projeto que fica a responsável pelo projeto em questão.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Apresenta-se como contributo fundamental do decorrer da investigação, uma ferramenta capaz de auxiliar o processo de tomada de decisões associadas à gestão do portefólio de projetos de industrialização pelo facto de permitir uma gestão visual das capacidades dos gestores de projeto de industrialização da empresa Bosch Car Multimedia, Braga S.A. Esta ferramenta é sustentada pela heurística desenvolvida pela integração dos requisitos da empresa e dos fundamentos teóricos da revisão de literatura. O resultado acaba por justificar o propósito da investigação, que consistiu no desenvolvimento de um método para gestão de capacidades, dando resposta à pergunta de investigação: *“Como gerir capacidades em projetos de industrialização, ajustando-se à realidade de uma empresa do setor automóvel?”*.

De forma mais específica, pode afirmar-se que os objetivos delineados foram correspondidos, na íntegra. A forma como se atingiu cada um dos objetivos é disseminada seguidamente, ao passo que é feito um resumo de todo o trabalho desenvolvido.

Todo o estudo se baseia na associação que é feita entre a gestão de capacidades e o escalonamento de projetos. De facto, escalonar atividades no tempo exige que se conheçam as suas exigências em termos de recurso e, invertendo o sentido da lógica, para que se conheça o perfil de alocação é necessário perceber que atividades o ocuparão (e de que forma) em todo um horizonte temporal. Assim, e uma vez que toda a investigação se cinge à gestão de capacidades dos gestores de projeto, iniciou-se o presente trabalho pelo levantamento das atividades que constituem a função dos mesmos.

Pela perceção de que os projetos de industrialização convocam o mesmo tempo de atividades, ainda que com uma complexidade associada diferente, fez-se o estudo das atividades que poderiam constituir um projeto genérico. Isto permitiu responder ao **objetivo 2**, para o qual se estipulou a construção de uma rede de atividades que caracterizasse um projeto de industrialização genérico, no que concerne à função de um gestor de projeto. De uma forma breve, um projeto de industrialização é caracterizado por uma rede que possui na sua constituição 45 atividades. Inseridos numa realidade onde a gestão de projetos é feita segundo um sistema de *quality-gates*, e pela necessidade de respeitar estas “portas de qualidade” enquanto *due dates* do projeto, a construção da rede de atividades (passível de compreender segundo o que é explicado no Capítulo 4) é feita assumindo que cada projeto é constituído por 6 subprojetos. As datas de início e conclusão de cada subprojeto correspondem, portanto,

às datas em que ocorrem as *quality-gates*. Podemos então concluir que, a rede de atividades que caracteriza um projeto de industrialização é dividida em subprojetos, como podemos observar nas representações apresentadas no Apêndice III, balizados pelas ocorrências das *quality-gates*.

Ainda que um projeto de industrialização possa ser caracterizado por uma rede genérica, percebeu-se que a alocação de um gestor de projetos variava consoante o(s) projeto(s) que gere. A abordagem utilizada, para lidar com questões relacionadas com as diferentes complexidades dos projetos, traduz-se na categorização dos projetos em quatro categorias, A, B, C, D baseado num conjunto de fatores como o grau de inovação dos projetos, interculturalidade e investimentos associados. Assim, viu-se cumprido o **objetivo 1**, que aportava a definição de uma abordagem para lidar com as diferentes exigências dos projetos. Este alcance resultou da análise documental esmiuçada no Capítulo 3, relativamente ao modo como se podem categorizar os projetos.

Em seguida, procedeu-se ao levantamento do conteúdo de trabalho de cada atividade, tendo em conta que projetos de diferentes categorias teriam diferentes valores associados ao conteúdo de trabalho de cada atividade (**objetivo 3**). O conteúdo de trabalho de cada atividade foi recolhido, para cada categoria de projeto, consoante dois parâmetros: duração e utilização de recurso. Aliados à rede de atividades que caracteriza, genericamente, um projeto de industrialização, estes são os parâmetros fundamentais do modelo.

A Ilustração 52 descreve o método de gestão de capacidades como resultado da integração dos objetivos da investigação e resume todo o procedimento associado à mesma.

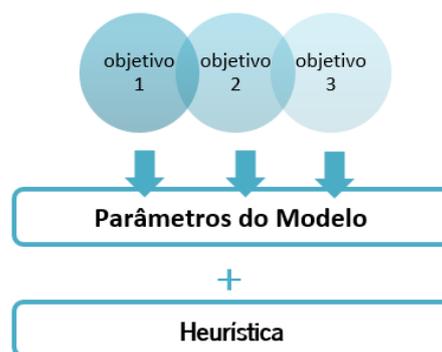


Ilustração 52 - Esquematização do procedimento associado ao desenvolvimento do método para a gestão de capacidades

A heurística desenvolvida baseia-se na literatura existente no âmbito dos problemas tradicionais de escalonamento de projetos, incluindo ligeiras modificações, pelo facto de o objetivo não ser a minimização da duração do projeto, mas sim o cumprimento das datas das *quality-gates* (entregáveis

do projeto). Toda a conceptualização da heurística que suporta o método procurou ajustar-se à realidade do contexto empresarial no qual a empresa está inserida, bem como o cumprir os requisitos definidos pelos elementos da empresa que participaram no presente estudo. Neste sentido, importa referir que as soluções apresentadas seguem estratégias simplistas, numa perspetiva de contornar a complexidade associada ao contexto empresarial. O algoritmo que se desenvolveu ajusta-se ao problema de escalonamento de projetos levantado, estando-lhe inerente a função objetivo de minimização da utilização máxima de recursos, numa perspetiva de nivelar a sua alocação. A heurística utiliza os valores de duração recolhidos e a partir destes é feita uma compressão ou descompressão de um *baseline schedule* inicial, gerado pelo Método do Caminho Crítico, com a finalidade de cumprir as *due dates*. O desenvolvimento da heurística permite assumir como cumprido o **objetivo 4** e toda a sua compreensão é passível no Capítulo 4.

Por fim, partindo da heurística desenvolvida, criou-se uma ferramenta de fácil acesso e utilização, com o propósito de ver cumprido o **objetivo 5**. A ferramenta possui como parâmetros tudo o que resulta da conceptualização do problema de escalonamento de projetos, requer como *inputs* os projetos que constituem o portefólio, bem como informações específicas de cada projeto (por exemplo a categoria e as datas das *quality-gates*) e retorna como *output* a alocação total, tendo em conta os projetos existentes e as suas características. Esta permite ainda filtrar os *outputs* de modo a focar num gestor de projeto ou grupo de gestores e perceber exclusivamente a alocação dos elementos seleccionados. O entendimento do modo como a ferramenta opera é conseguido pela análise do Capítulo 5.

Em suma, considera-se a presente investigação como o ponto de partida para a criação de uma ferramenta tecnicamente mais avançada, até mesmo sustentada por métodos de solução ótima. Para isso a autora considera necessário um trabalho anterior a isto, referindo-se, seguidamente, breves apontamentos de trabalho futuro.

Inserido no contexto da investigação e aliado ao modelo desenvolvido, foram delineados os seguintes objetivos para trabalho futuro (para além dos que já foram referidos em breves apontamentos ao longo da dissertação):

- No âmbito da categorização dos projetos, importa repensar a divisão estabelecida. Efetivamente, não é possível identificar grandes diferenças entre projetos de categoria A e B, no que concerne à duração das atividades e à respetiva utilização de recursos. Ainda neste âmbito, seria pertinente pensar numa forma de diferenciar gestores de projeto responsáveis pelo mesmo tipo de categoria. De facto, ainda que dois recursos tenham qualificações para pertencer à mesma categoria de projeto, tem modos de operar diferentes. Pela inclusão de um “*fine-tuning*”, o

gestor de programas, aquando da utilização da ferramenta, poderia acrescentar uma certa percentagem de alocação, consoante o que conhece do “*modus operandi*” do recurso.

- Existe um conjunto de projetos que complementam os projetos de industrialização. Um breve estudo poderia ser feito para perceber como se poderiam integrar estes projetos na ferramenta, no sentido de os contabilizar no perfil de alocação dos recursos.
- Relativamente ao funcionamento da heurística, naquilo que é a manipulação das durações das atividades, seria interessante definir um “*lower bound*” para cada atividade. De facto, poder-se-á cometer grandes desvios face à realidade ao assumir que certas durações podem reduzir mais do que o seu “*lower bound*”. Assim, seria interessante fazer um levantamento deste parâmetro e incluí-lo no modelo.

Tomando o presente estudo como ponto de partida, a rede de atividades criada poderia ser utilizada para monitorizar e controlar os projetos daqui em diante, no sentido de verificar se as durações recolhidas correspondem à realidade e proceder a alterações sempre que necessário. Depois de estabilizadas, estas durações passariam a ser parâmetros fixos que alimentariam um novo modelo. Apenas neste cenário, onde as atividades possuem durações fixas, faria sentido basear o modelo numa heurística construtiva, exclusivamente. Assim, faria sentido incluir na ferramenta a funcionalidade apresentada no Capítulo 6.

Relativamente à proposta de um método para atribuição de projetos aos gestores, assumiu-se que os projetos estão todos contidos no mesmo “*package*”, ou seja, não existem fatores de diferenciação entre projetos. Nesta questão, seria pertinente, para além de considerar a categorização dos projetos, pensar em medidas de priorização de projetos e formas de relacionar os gestores com os projetos (por exemplo, sabendo que determinado gestor está habituado a um tipo de cliente, em situações em que a carga não é suficiente para o processo de decisão, seria válido priorizá-lo no que concerne à atribuição de projetos do respetivo cliente). As sugestões de trabalho futuro prendem-se com o facto de após se ter conceptualizado o modelo e de se ter desenvolvido a ferramenta para gestão de capacidades, pouco tempo de investigação restar.

Como consideração final, pode referir-se que, no decorrer da investigação, foi possível constatar que a complexidade associada aos contextos industriais dificulta a utilização de métodos exatos nos procedimentos associados à gestão de projetos. Contudo, também foi possível perceber a relevância destas práticas naquilo que é o sucesso de um projeto de industrialização e comprovar o que Joy Gumz, auditora de projetos, defende: “*Operations keep the lights on (...) project management is the train engine that moves the organization forward*”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-jibouri, S. (2002). Effects of resource management regimes on project schedule. *International Journal of Project Management*, 20(4), 271–277. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(01\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(01)00020-5)
- Almeida, A. I., & Tereso, A. (2017). Customization of Industrialization Project Management workbook Practices : developing a, (October).
- Andaleeb, S. S., & Basu, A. K. (1994). Technical complexity and consumer knowledge as moderators of service quality evaluation in the automobile service industry. *Journal of Retailing*, 70(4), 367–381. [https://doi.org/10.1016/0022-4359\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0022-4359(94)90005-1)
- Andersen, E. S., & Vaagaasar, A. L. (2009). Project Management Improvement Efforts - Creating Project Management Value By Uniqueness or Mainstream Thinking? *Project Management Journal*, 40(1), 19–27. <https://doi.org/10.1002/pmj.20096>
- André, M., Baldoquín, M. G., & Acuña, S. T. (2011). Formal model for assigning human resources to teams in software projects. *Information and Software Technology*, 53(3), 259–275. <https://doi.org/10.1016/J.INFSOF.2010.11.011>
- APOGEP. (2008). *NCB – National Competence Baseline: Referencial de Competências para a Língua Portuguesa*. Associação Portuguesa de Gestão de Projetos.
- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to ... *International Journal of Project Management*, 17(6), 337. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=2457920&site=ehost-live>
- Baker, D. A. (2010). *Multi-company project management : maximizing business results through strategic collaboration*. J. Ross Pub. Retrieved from [https://books.google.nl/books/about/Multi\\_company\\_Project\\_Management.html?id=rv4tXEbdjY8C&redir\\_esc=y](https://books.google.nl/books/about/Multi_company_Project_Management.html?id=rv4tXEbdjY8C&redir_esc=y)
- Barry, E. J., Mukhopadhyay, T., & Slaughter, S. A. (2002). Software Project Duration and Effort: An Empirical Study. *Information Technology and Management*, 3(1/2), 113–136. <https://doi.org/10.1023/A:1013168927238>
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). The Qualitative Report Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers, 13, 12–13. Retrieved from <http://nsuworks.nova.edu/tqr/vol13/iss4/2>
- Bosch. (2017). *The Workbook, Bosch Industrialization Projects*.
- Bouleimen, K., & Lecocq, H. (2003). A new efficient simulated annealing algorithm for the resource-constrained project scheduling problem and its multiple mode version. In *European Journal of Operational Research* (Vol. 149, pp. 268–281). [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00761-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00761-0)
- Boyer, R. (1998). *Between imitation and innovation : the transfer and hybridization of productive models in the international automobile industry*. Oxford University Press. Retrieved from <https://global.oup.com/academic/product/between-imitation-and-innovation-9780198293682?cc=pt&lang=en&>
- Carvalho, S. (2017). *Melhoria das Práticas de Gestão de Projetos: Caso de Estudo no Setor de Engenharia e Construção. Dissertação de Mestrado*.
- Cooper, R. G. (1990). Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.474.1777&rep=rep1&type=pdf>
- Davis, E. W., & Patterson, J. H. (1975). A Comparison of Heuristic and Optimum Solutions in Resource-Constrained Project Scheduling. *Management Science*, 21(8), 944–955.

<https://doi.org/10.1287/mnsc.21.8.944>

- Esearch, S. Y. R., Hevner, B. A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). DESIGN SCIENCE IN INFORMATION, 28(1), 75–105.
- Faria, J. (2016). *Project Management Under Uncertainty: a mixed approach using flexible resource management to exploit schedule flexibility*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/41861>
- Fernandes, G., Ward, S., Araújo, M., Zabukovsek, S. S., Bobek, S., Pejić, M., ... Vukšić, B. (2013). Identifying useful project management practices: A mixed methodology approach TAM-based external factors related to ERP solutions acceptance in organizations SciKA -Association for Promotion and Dissemination of Scientific Knowledge. *International Journal of Information Systems and Project Management Ent*, 1(4). Retrieved from <http://www.sciencesphere.org/ijispm/archive/ijispm-0104.pdf>
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., & Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and risk : an anatomy of ambition*. Cambridge University Press.
- Gerhardt, T., & Silveira, D. (2009). *Métodos de Pesquisa*. UFRGS Editora. Retrieved from <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>
- Gonçalves, J. F., Mendes, J. J. M., & Resende, M. G. C. (2008). A genetic algorithm for the resource constrained multi-project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 189(3), 1171–1190. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.06.074>
- Hartmann, S. (1998). A Competitive Genetic Algorithm for Resource-Constrained Project Scheduling. *Naval Research Logistics (NRL)*, 45, 733–750. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6750\(199810\)45:7<733::AID-NAV5>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6750(199810)45:7<733::AID-NAV5>3.0.CO;2-C)
- Herroelen, W. (2005). Project scheduling - Theory and practice. *Production and Operations Management*, 14(4), 413–432. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2005.tb00230.x>
- IPMA. (2015). Retrieved from [http://products.ipma.world/wp-content/uploads/2016/03/IPMA\\_ICB\\_4\\_0\\_WEB.pdf](http://products.ipma.world/wp-content/uploads/2016/03/IPMA_ICB_4_0_WEB.pdf)
- Jarboui, B., Damak, N., Siarry, P., & Rebai, A. (2008). A combinatorial particle swarm optimization for solving multi-mode resource-constrained project scheduling problems. *Applied Mathematics and Computation*, 195(1), 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2007.04.096>
- Kastor, A., & Sirakoulis, K. (2009). The effectiveness of resource levelling tools for Resource Constraint Project Scheduling Problem. *International Journal of Project Management*, 27(5), 493–500. <https://doi.org/10.1016/J.IJROMAN.2008.08.006>
- Kerzner, H. (2017). *Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. (J. Wiley, Ed.) (20th ed.). Hoboken, New Jersey. Retrieved from [https://books.google.nl/books?hl=pt-PT&lr=&id=xIASDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR19&dq=%22project+management%22&ots=Xb1oUSN4xQ&sig=T7sGZYHWvUizknsYTB\\_XO7m5o4k&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.nl/books?hl=pt-PT&lr=&id=xIASDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR19&dq=%22project+management%22&ots=Xb1oUSN4xQ&sig=T7sGZYHWvUizknsYTB_XO7m5o4k&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Kolisch, R. (1996). Serial and parallel resource-constrained project scheduling methods revisited: Theory and computation. *European Journal of Operational Research*, 90(2), 320–333. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00357-6](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00357-6)
- Kolisch, R. (1999). Resource Allocation Capabilities of Commercial Project Management Software Packages. *Interfaces*, 29(4), 19–31. <https://doi.org/10.1287/inte.29.4.19>
- Kolisch, R. (2000). Experimental evaluation of state-of-the-art heuristics for the resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 127, 394–407.
- Kolisch, R., & Padman, R. (1997). An integrated survey of project scheduling. *Omega*, 29, 249–272. <https://doi.org/http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.55.9870&rep=rep1&type=pdf>
- Leus, R., & Herroelen, W. (2004). Stability and resource allocation in project planning. *IIE Transactions*

- (*Institute of Industrial Engineers*), 36(7), 667–682.  
<https://doi.org/10.1080/07408170490447348>
- Lianying, Z., Jing, H., & Xinxing, Z. (2012). The Project Management Maturity Model and Application Based on PRINCE2. *Procedia Engineering*, 29, 3691–3697.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.554>
- Management, P., & Projects, I. (2017). *MIPBok*.
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2012). *Project management : a managerial approach*. Wiley.  
 Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=xGRtQetWjNsC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Meredith,+J.+R.,+%26+Mantel,+S.+J.+\(2011\).+Project+Management:+A+Managerial+Approach.+John+Wiley+%26+Sons&ots=MDC35CFO27&sig=KOTuS0-7h2PO1\\_Fod61h28iax9g&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Meredith%2C%20J.%20%26Mantel%2C%20S.%20J.%20\(2011\).%20Project%20Management%3A%20A%20Managerial%20Approach.%20John%20Wiley%26Sons&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=xGRtQetWjNsC&oi=fnd&pg=PA2&dq=Meredith,+J.+R.,+%26+Mantel,+S.+J.+(2011).+Project+Management:+A+Managerial+Approach.+John+Wiley+%26+Sons&ots=MDC35CFO27&sig=KOTuS0-7h2PO1_Fod61h28iax9g&redir_esc=y#v=onepage&q=Meredith%2C%20J.%20%26Mantel%2C%20S.%20J.%20(2011).%20Project%20Management%3A%20A%20Managerial%20Approach.%20John%20Wiley%26Sons&f=false)
- Milosevic, D., & Patanakul, P. (2005). Standardized project management may increase development projects success. *International Journal of Project Management*, 23(3), 181–192.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.11.002>
- Morris, T., & Wood, S. (1991). Testing the Survey Method: Continuity and Change in British Industrial Relations. *Work, Employment and Society*, 5(2), 259–282.  
<https://doi.org/10.1177/0950017091005002007>
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3 ed.). Thousand Oaks Calif.: Sage Publications. Retrieved from <http://www.worldcat.org/title/qualitative-research-and-evaluation-methods/oclc/47844738>
- Perrotta, D., Araújo, M., Fernandes, G., Tereso, A., & Faria, J. (2017). Towards the development of a methodology for managing industrialization projects. *Procedia Computer Science*, 121, 874–882. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.11.113>
- PMI. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK GUIDE)* (6th ed.). Pennsylvania, USA: Project Management Institute, Inc.
- Popa, V., & Tanasescu, D. (2010). Project management on new product development and launch in the automotive industry. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems* (pp. 217–223). University of Valahia Targoviste.
- Remidez, H., & Jones, N. B. (2012). Developing a model for social media in project management communications. *International Journal of Business and Social Science*, 3(3), 33–36.
- Robert Bosch GmbH. (2015). Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. *Bem-Vindo à Nossa Equipa*, 26–32.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, a. (2009). *Research Methods for Business Students. Business* (Vol. 5th). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Schatteman, D., Herroelen, W., Van De Vonder, S., & Boone, A. (n.d.). *A methodology for integrated risk management and proactive scheduling of construction projects*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/dd0c/89b382a09d4c346d5b936164eef0cccd5ee8.pdf>
- Slowinski, R. (1980). Two approaches to problems of resource allocation among project activities—A comparative study. *Journal of the Operational Research Society*, 31(8), 711–723. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0019047699&partnerID=tZOtx3y1>
- Talbot, F. B., & Brian, F. (1982). Resource-Constrained Project Scheduling with Time-Resource Tradeoffs: The Nonpreemptive Case. *Management Science*, 28(10), 1197–1210.  
<https://doi.org/10.1287/mnsc.28.10.1197>
- Tellis, W. M. (1997). Application of a Case Study Methodology Application of a Case Study Methodology, 3(3), 1–19.

- Tereso, A. P. (2005). Multi-Mode Resource Constrained Project Scheduling Problem Including Multi-Skill Labor ( Mrcpsp-Ms ) -Model and a Solution.
- Tereso, A. P. (2016a). Slides de Escalonamento de Projetos, Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.
- Tereso, A. P. (2016b). Slides de Gestão Integrada de Projetos, Mestrado em Gestão de Projetos de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho., 1–45.
- Tereso, A. P., Araújo, M. M. T., & Elmaghraby, S. E. (2004). Adaptive resource allocation in multimodal activity networks. *International Journal of Production Economics*, 92(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.09.005>
- Vanhoucke, M., & Coelho, J. (2016). An approach using SAT solvers for the RCPSP with logical constraints. *European Journal of Operational Research*, 249(2), 577–591. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.044>
- Wilson, J. M. (2003). Gantt charts: A centenary appreciation. *European Journal of Operational Research*, 149(2), 430–437. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00769-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00769-5)

## **Apêndice I GUIÃO INFORMATIVO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA, COM UM ELEMENTO DO *PROJECT MANAGEMENT OFFICE*, PARA DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO**

A presente investigação é levada a cabo por Maria José da Silva Pereira, no âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia de Sistemas, sob a orientação da Professora Doutora Anabela Tereso. O contexto do estudo é a gestão de projetos de industrialização, mais concretamente a gestão das capacidades dos gestores de projeto do departamento MFE. Informo que todas as respostas às entrevistas são confidenciais e serão tratadas neste trabalho de investigação de forma anónima. Agradeço, desde já, a colaboração.

### **Objetivo da Entrevista**

Antes de introduzir o objetivo da entrevista, importa explicar, de forma mais específica, o propósito do presente estudo é desenvolver um método capaz de gerir as capacidades dos gestores de projeto de industrialização. Isso implica a construção de um perfil de alocação/utilização de recursos que requer que se conheçam as atividades que constituem a função de um gestor de projeto. Neste sentido, conhecendo a exigência de cada atividade em termos de conteúdo de trabalho, através de um método de escalonamento, é possível definir um perfil de alocação do recurso.

Pela análise dos fluxogramas subjacentes a cada fase do ciclo de vida de um projeto de industrialização Bosch, optou-se por transpô-los para uma rede de atividades à qual assiste um grau de detalhe menor. Isto por ter consciência que é difícil quantificar o conteúdo trabalho associado a cada componente do fluxograma e por ser inconcebível tal minúcia no que concerne ao escalonamento das atividades.

Neste sentido, pretende-se com esta entrevista validar as atividades estipuladas para cada fase com base nos fluxogramas. Seguidamente, será necessário entender possíveis relações de precedência entre as atividades para estabelecer uma rede de atividades que caracterize um projeto.

Conhecendo o ciclo de vida de um projeto de industrialização e por perceber que é sistema de *quality-gates*, estipulou-se que o escalonamento das atividades será feito tendo em consideração o respeito pelas datas estipuladas para as *quality-gates*. Por este motivo, a rede de atividades será balizada pelas *quality-gates*, isto é, um projeto é caracterizado não por uma rede mas por um número de redes igual ao número de “subprojetos” balizados pelas 6 *quality-gates*.

## Tópicos da Entrevista

Com base nos fluxogramas, definiu-se, para cada fase, as atividades apresentadas nas tabelas. Cada atividade é constituída por um conjunto de tarefas, discriminadas também na tabela. Aquando a validação, é suposto estabelecer-se possíveis relações de precedência entre as atividades.

### Fase Request

Atividade	Tarefas
<b>Confirmar a receção do projeto.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Confirmar a receção do projeto.</li></ul>
<b>Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requerer e formalizar os elementos da <i>core team</i>.</li></ul>
<b>Organizar a <i>core team</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Criar <i>team Open Points List</i> (OPL).</li><li>• Criar Project OBS.</li></ul>
<b>Desenvolver o <i>Project Charter</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar riscos de alto nível.</li><li>• Identificar <i>stakeholders</i>.</li><li>• Finalizar e submeter o <i>Project Charter</i> para aprovação.</li><li>• Rever o Project Charter.</li></ul>

### Fase Preparation

Atividade	Tarefas
<b>5 Definir o <i>Project Management Plan</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definir Project Plans.</li><li>• Desenvolver Project Plans.</li><li>• Iniciar o desenvolvimento do <i>Project Management Plan</i> (PMP).</li></ul>
<b>6 Recolher requisitos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recolher requisitos preliminares.</li><li>• Registar os requisitos recolhidos.</li></ul>
<b>7 Participar em <i>workshops</i> PGL.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Participar em <i>workshops</i> PGL.</li></ul>
<b>8 Desenvolver o <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definir a <i>scope</i> e a WBS preliminar.</li><li>• Desenvolver a WBS.</li></ul>
<b>9 Organizar a <i>Project team</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definir funções requeridas para o projeto, requerer e formalizar a equipa do projeto.</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atualizar os documentos da <i>project team</i>.</li> </ul>
10	<b>Conduzir a <i>kick-off meeting</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduzir a <i>kick-off meeting</i>.</li> </ul>
11	<b>Desenvolver o <i>time schedule</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver o <i>time schedule</i>.</li> </ul>
12	<b>Desenvolver o plano de comunicação.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver o plano de comunicação.</li> </ul>
13	<b>Desenvolver o <i>Risk Plan</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar riscos.</li> <li>• Proceder à análise qualitativa e quantitativa dos riscos.</li> <li>• Planear respostas aos riscos identificados.</li> </ul>
14	<b>Validar <i>QGCO scope</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validar <i>QGCO scope</i>.</li> </ul>
15	<b>Finalizar o <i>Project Management Plan (PMP)</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalizar o PMP.</li> <li>• Atualizar documentos.</li> </ul>

#### Fase Conception

	Atividade	Tarefas
16	<b>Planear a fase <i>Conception</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever a fase de amostras.</li> <li>• Definir a <i>Sample Distribution List (SDL)</i>.</li> <li>• Rever informação geral do projeto, os riscos identificados e a OPL.</li> <li>• Refinar o WBS e o <i>time schedule</i>.</li> <li>• Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
17	<b>Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>• Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>• Confirmar a chegada das peças.</li> <li>• Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
18	<b>Executar a fase de amostras.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>• Rever a fase de amostras.</li> </ul>
19	<b>Monitorizar a aquisição de equipamento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir o conceito da linha de produção.</li> <li>• Retenção de equipamento.</li> <li>• Proceder à elaboração das peças.</li> <li>• Acompanhar os equipamentos e as peças.</li> </ul>
20	<b>Monitorizar e controlar o <i>project work</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o trabalho.</li> <li>• Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li> </ul>

<b>21</b>	<b>Validar QGC1 scope.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC1.</li> <li>• Rever QGC1 OPL.</li> </ul>
<b>22</b>	<b>Rever o trabalho desenvolvido na fase.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar candidatos a Lessons Learn (LL).</li> <li>• Analisar os resultados da fase de Conceção.</li> <li>• Organizar e conduzir reunião para revisão da fase.</li> <li>• Alinhar, finalizar e disponibilizar LL.</li> </ul>

### Fase Implementation

	Atividade	Tarefas
<b>23</b>	<b>Planear a fase Implementation.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever a fase de amostras.</li> <li>• Definir SDL.</li> <li>• Rever informação geral do projeto.</li> <li>• Rever os riscos identificados e a OPL.</li> <li>• Refinar o WBS e o time schedule.</li> <li>• Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
<b>24</b>	<b>Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças, acompanhar a disponibilidade e confirmar a sua chegada.</li> <li>• Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
<b>25</b>	<b>Executar a fase de amostras.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>• Rever a fase de amostras.</li> </ul>
<b>26</b>	<b>Validar QGC2 scope.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC2.</li> <li>• Rever QGC2 OPL.</li> </ul>
<b>27</b>	<b>Preparar a fase de amostras D (monitorizar a aquisição de peças).</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>• Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>• Confirmar a chegada das peças.</li> </ul>
<b>28</b>	<b>Rever o trabalho desenvolvido na fase</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduzir a transformação para 13 dígitos.</li> <li>• Preparar a transição para produção.</li> <li>• Monitorizar a transição das peças entre os departamentos COS-M e MOE.</li> <li>• Monitorizar a responsabilidade sobre as peças entre os departamentos PPM e LOG.</li> <li>• Iniciar <i>Project Deliverables Release</i> (PDR).</li> </ul>
<b>29</b>	<b>Acompanhar as séries de amostras D.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a evolução dos KPIs de qualidade.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorizar o processo <i>Initial Sample Inspection Report</i> (ISIR).</li> <li>• Atualizar PDR.</li> </ul>
30	<b>Validar QGC3 scope.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC3.</li> <li>• Rever QGC3 OPL.</li> </ul>
31	<b>Validar QGC4 scope.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC4.</li> <li>• Rever QGC4 OPL.</li> </ul>
32	<b>Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o estado dos equipamentos e das ferramentas (verificar se estão ou não prontas).</li> <li>• Determinar os resultados da avaliação das amostras C e das amostras D.</li> </ul>
33	<b>Monitorizar e controlar o <i>project work</i>.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o trabalho.</li> <li>• Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li> </ul>
34	<b>Início da produção em série.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalizar PDR.</li> <li>• Determinar o alcance dos targets do projeto.</li> </ul>

#### Fase Completion

Atividade	Tarefas
<b>Validar QGC5 scope.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar avaliação da QGC5.</li> <li>• Atualizar informação geral do projeto.</li> <li>• Rever QGC5 OPL.</li> </ul>
<b>Rever o trabalho desenvolvido na fase.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar LL candidatos e avaliar LL identificados no projeto.</li> <li>• Analisar resultados finais do projeto.</li> </ul>
<b>Fechar o projeto.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entregar o projeto a <i>Follow-up Manager</i> (FUM) e à produção.</li> </ul>

Após validar, para cada fase, as atividades integrantes da função dos gestores de projeto, é pertinente avaliar de que forma se pode quantificar questões relacionadas com os e-mails, conferências, etc. Mais ainda, será útil averiguar aspetos não mencionados e relevantes.

#### **Confidencialidade e Anonimato**

Todas as respostas à entrevista são confidenciais e apenas serão mencionadas neste trabalho de investigação de forma anónima. Caso seja necessário esclarecer alguma dúvida sobre o trabalho de investigação que está a ser desenvolvido antes da entrevista, não hesite em contactar-me através do e-mail: [fixed-term.Maria.Pereira3@pt.bosch.com](mailto:fixed-term.Maria.Pereira3@pt.bosch.com)



## Apêndice II ATIVIDADES DA FUNÇÃO DOS GESTORES DE PROJETO

Tabela 12- Atividades relativas à função do PjM no processo de gestão de projetos de industrialização.

<b>Fase Request</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
1	Confirmar a recepção do projeto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmar a recepção do projeto.</li> </ul>
2	Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerer e formalizar os elementos da <i>core team</i>.</li> </ul>
3	Organizar a <i>core team</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar <i>team Open Points List</i> (OPL).</li> <li>• Criar Project OBS.</li> </ul>
4	Desenvolver o <i>Project Charter</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar riscos de alto nível.</li> <li>• Identificar <i>stakeholders</i>.</li> <li>• Finalizar e submeter o <i>Project Charter</i> para aprovação.</li> <li>• Rever o Project Charter.</li> </ul>
<b>Fase Preparation</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
5	Definir o <i>Project Management Plan</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir Project Plans.</li> <li>• Desenvolver Project Plans.</li> <li>• Iniciar o desenvolvimento do <i>Project Management Plan</i> (PMP).</li> </ul>
6	Recolher requisitos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher requisitos preliminares.</li> <li>• Registar os requisitos recolhidos.</li> </ul>
7	Participar em <i>workshops</i> PGL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar em <i>workshops</i> PGL.</li> </ul>
8	Desenvolver o <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir a <i>scope</i> e a WBS preliminar.</li> <li>• Desenvolver a WBS.</li> </ul>
9	Organizar a <i>Project team</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir funções requeridas para o projeto, requerer e formalizar a equipa do projeto.</li> <li>• Atualizar os documentos da <i>project team</i>.</li> </ul>
10	Conduzir a <i>kick-off meeting</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduzir a <i>kick-off meeting</i>.</li> </ul>
11	Desenvolver o <i>time schedule</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver o <i>time schedule</i>.</li> </ul>

12	Desenvolver o plano de comunicação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver o plano de comunicação.</li> </ul>
13	Desenvolver o <i>Risk Plan</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar riscos.</li> <li>Proceder à análise qualitativa e quantitativa dos riscos.</li> <li>Planear respostas aos riscos identificados.</li> </ul>
14	Validar <i>QGC0 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Validar <i>QGC0 scope</i>.</li> </ul>
15	Finalizar o <i>Project Management Plan</i> (PMP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Finalizar o PMP.</li> <li>Atualizar documentos.</li> </ul>

### Fase *Conception*

Atividade		Tarefas
16	Planear a fase <i>Conception</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rever a fase de amostras.</li> <li>Definir a <i>Sample Distribution List</i> (SDL).</li> <li>Rever informação geral do projeto, os riscos identificados e a OPL.</li> <li>Refinar o WBS e o <i>time schedule</i>.</li> <li>Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
17	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>Confirmar a chegada das peças.</li> <li>Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
18	Executar a fase de amostras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>Rever a fase de amostras.</li> </ul>
19	Monitorizar a aquisição de equipamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir o conceito da linha de produção.</li> <li>Retenção de equipamento.</li> <li>Proceder à elaboração das peças.</li> <li>Acompanhar os equipamentos e as peças.</li> </ul>
20	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acompanhar o trabalho.</li> <li>Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li> </ul>
21	Validar <i>QGC1 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparar a avaliação da QGC1.</li> <li>Rever QGC1 OPL.</li> </ul>
22	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selecionar candidatos a Lessons Learn (LL).</li> <li>Analisar os resultados da fase de Conceção.</li> <li>Organizar e conduzir reunião para revisão da fase.</li> <li>Alinhar, finalizar e disponibilizar LL.</li> </ul>

## Fase Implementation

Atividade		Tarefas
23	Planear a fase Implementation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever a fase de amostras.</li> <li>• Definir SDL.</li> <li>• Rever informação geral do projeto.</li> <li>• Rever os riscos identificados e a OPL.</li> <li>• Refinar o WBS e o time schedule.</li> <li>• Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
24	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças, acompanhar a disponibilidade e confirmar a sua chegada.</li> <li>• Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
25	Executar a fase de amostras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>• Rever a fase de amostras.</li> </ul>
26	Validar QGC2 scope.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC2.</li> <li>• Rever QGC2 OPL.</li> </ul>
27	Preparar a fase de amostras D (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>• Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>• Confirmar a chegada das peças.</li> </ul>
28	Rever o trabalho desenvolvido na fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduzir a transformação para 13 dígitos.</li> <li>• Preparar a transição para produção.</li> <li>• Monitorizar a transição das peças entre os departamentos COS-M e MOE.</li> <li>• Monitorizar a responsabilidade sobre as peças entre os departamentos PPM e LOG.</li> <li>• Iniciar <i>Project Deliverables Release</i> (PDR).</li> </ul>
29	Acompanhar as séries de amostras D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a evolução dos KPIs de qualidade.</li> <li>• Monitorizar o processo <i>Initial Sample Inspection Report</i> (ISIR).</li> <li>• Atualizar PDR.</li> </ul>
30	Validar QGC3 scope.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC3.</li> <li>• Rever QGC3 OPL.</li> </ul>
31	Validar QGC4 scope.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC4.</li> <li>• Rever QGC4 OPL.</li> </ul>
32	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o estado dos equipamentos e das ferramentas (verificar se estão ou não prontas).</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar os resultados da avaliação das amostras C e das amostras D.</li> </ul>
<b>33</b>	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acompanhar o trabalho.</li> <li>Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li> </ul>
<b>34</b>	Início da produção em série.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Finalizar PDR.</li> <li>Determinar o alcance dos targets do projeto.</li> </ul>
<b>Fase Completion</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
<b>35</b>	Validar <i>QGC5 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preparar avaliação da QGC5.</li> <li>Atualizar informação geral do projeto.</li> <li>Rever QGC5 OPL.</li> </ul>
<b>36</b>	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selecionar LL candidatos e avaliar LL identificados no projeto.</li> <li>Analisar resultados finais do projeto.</li> </ul>
<b>37</b>	Fechar o projeto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entregar o projeto a <i>Follow-up Manager (FUM)</i> e à produção.</li> </ul>

### Apêndice III REPRESENTAÇÃO DA REDE DE ATIVIDADES QUE CARACTERIZAM UM PROJETO DE INDUSTRIALIZAÇÃO BOSCH

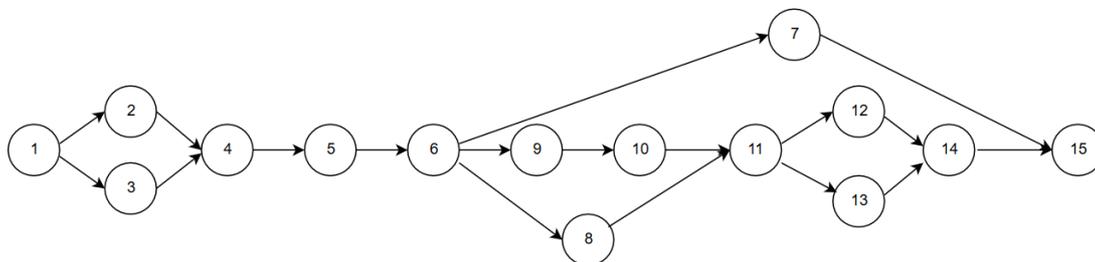


Ilustração 53 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto I (milestone 0- QGC0)

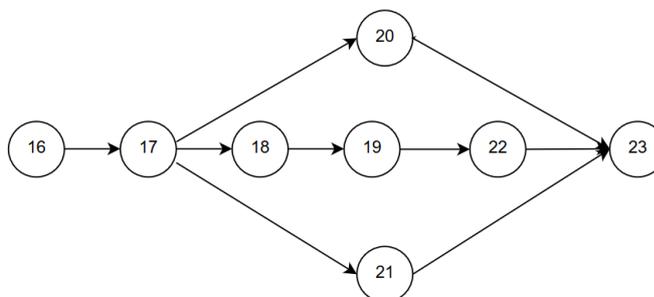


Ilustração 54 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto II (QGC0-QGC1)

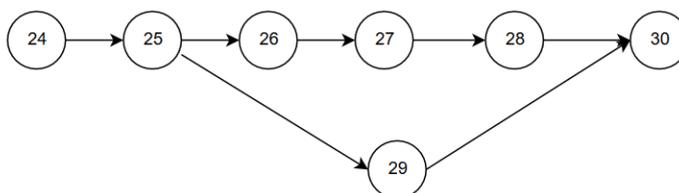


Ilustração 55 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto III (QGC1-QGC2)

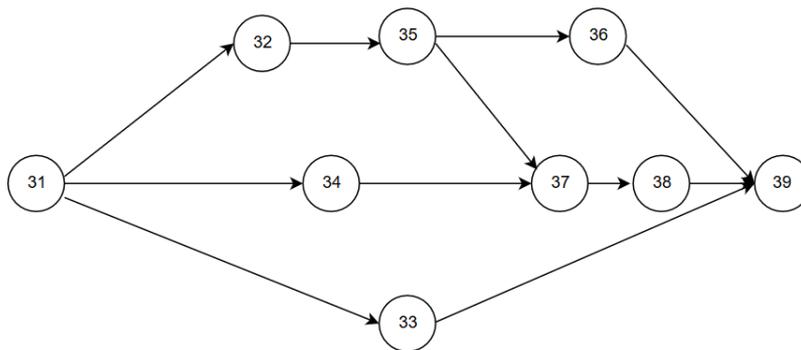


Ilustração 56 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto IV (QGC2-QGC3)

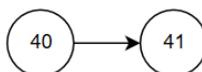


Ilustração 57 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto V (QGC3-QGC4)

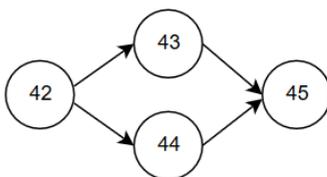


Ilustração 58 - Representação da rede de atividades que caracterizam o subprojeto VI (QGC4-QGC5)

## Apêndice IV AJUSTE NO NÚMERO DAS ATIVIDADES PELA INCLUSÃO DE ATIVIDADES DUMMY NAS REDES DE ATIVIDADES

Tabela 13 - N° das atividades ajustados à inclusão das atividades *dummy* nas redes de atividades.

N° originais das atividades	N° das atividades após ajuste
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
dummy 1	15
15	16
16	17
17	18
18	19
19	20
20	21
21	22
dummy 2	23
22	24
23	25
24	26
25	27
26	28
32	29
dummy 3	30
dummy 4	31
23	32
24	33
28	34
32	35
29	36
25	37
30	38
dummy 5	39
32	40
31	41
34	42
35	43
36	44
dummy 6	45



## **Apêndice V GUIÃO INFORMATIVO DA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM UM PROGRAM MANAGER, PARA DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DO MODELO**

A presente investigação é levada a cabo por Maria José da Silva Pereira, no âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia de Sistemas, sob a orientação da Professora Doutora Anabela Tereso. O contexto do estudo é a gestão de projetos de industrialização, mais concretamente a gestão das capacidades dos gestores de projeto do departamento MFE. Informo que todas as respostas à entrevistas são confidenciais e serão tratadas neste trabalho de investigação de forma anónima. Agradeço, desde já, a colaboração.

### **Objetivo da Entrevista**

Antes de introduzir o objetivo da entrevista, importa explicar, de forma mais específica, o propósito do presente estudo é desenvolver um método capaz de gerir as capacidades dos gestores de projeto de industrialização. Isso implica a construção de um perfil de alocação/utilização de recursos que requer que se conheçam as atividades que constituem a função de um gestor de projeto. Neste sentido, conhecendo a exigência de cada atividade em termos de conteúdo de trabalho, através de um método de escalonamento, é possível definir um perfil de alocação do recurso.

Após se definir o conjunto de atividades que integram a função do gestor de projetos, bem como a rede que define a relação de precedência entre as mesmas, é necessário quantificar o conteúdo de trabalho de cada atividade.

### **Conceitos necessários à entrevista**

Subjacente ao conceito de conteúdo de trabalho tem-se os termos “duração” e “esforço<sup>2</sup>”. Entende-se por duração o tempo que decorre desde o início até ao fim de uma atividade. Esta pode ser tanto menor quanto maior for o esforço aplicado à atividade. A relação entre os dois conceitos mencionados resulta no conteúdo de trabalho de cada atividade. A título de exemplo, uma atividade possui um conteúdo de trabalho igual *2 homens.dia*. Existe uma infinidade de cenários para o modo como esta é executada: A atividade pode durar 2 dias com 1 homem afeto, 1 dia com 2 homens afetos, etc.

Por norma, subsiste apenas um gestor a cada projeto. Por este motivo, assumem-se valores percentuais para o esforço. Obviamente, uma atividade nunca possuirá um valor de esforço superior a 100%.

O objetivo da presente entrevista, para além da validação da rede de atividades, é o levantamento dos valores de esforço e duração de cada atividade, para cada categoria do projeto, no sentido de preencher a tabela seguinte.

		<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
<b>Fase Request</b>		Duração (dias)	Esforço						
1	Confirmar a receção do projeto.								
2	Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i> .								
3	Organizar a <i>core team</i> .								
4	Desenvolver o <i>Project Charter</i> .								
<b>Fase Preparation</b>		Duração (dias)	Esforço						
5	Definir o <i>Project Management Plan</i> .								
6	Recolher requisitos.								
7	Participar em <i>workshops</i> PGL.								
8	Desenvolver o <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).								
9	Organizar a <i>Project team</i> .								
10	Conduzir a <i>kick-off meeting</i> .								
11	Desenvolver o <i>time schedule</i> .								
12	Desenvolver o plano de comunicação.								
13	Desenvolver o <i>Risk Plan</i> .								
14	Validar <i>QGC0 scope</i> .								
15	Finalizar o <i>Project Management Plan</i> (PMP)								
<b>Fase Conception</b>		Duração (dias)	Esforço						
16	Planear a fase <i>Conception</i> .								
17	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças).								
18	Executar a fase de amostras.								
19	Monitorizar a aquisição de equipamento.								
20	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .								
21	Validar <i>QGC1 scope</i> .								
22	Rever o trabalho desenvolvido na fase.								

<b>Fase Implementation</b>		Duração (dias)	Esforço						
23	Planear a fase Implementation.								
24	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças).								
25	Executar a fase de amostras.								
26	Validar <i>QGC2 scope</i> .								
27	Preparar a fase de amostras D (monitorizar a aquisição de peças).								
28	Rever o trabalho desenvolvido na fase								
29	Acompanhar as séries de amostras D.								
30	Validar <i>QGC3 scope</i> .								
31	Validar <i>QGC4 scope</i> .								
32	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos.								
34	Início da produção em série.								
<b>Fase Completion</b>		Duração (dias)	Esforço						
35	Validar <i>QGC5 scope</i> .								
36	Rever o trabalho desenvolvido na fase.								

## Confidencialidade e Anonimato

Todas as respostas à entrevista são confidenciais e apenas serão mencionadas neste trabalho de investigação de forma anónima. Caso seja necessário esclarecer alguma dúvida sobre o trabalho de investigação que está a ser desenvolvido antes da entrevista, não hesite em contactar-me através do e-mail: [fixed-term.Maria.Pereira3@pt.bosch.com](mailto:fixed-term.Maria.Pereira3@pt.bosch.com)

## Apêndice VI DURAÇÃO E ESFORÇO NECESSÁRIO PARA EXECUTAR CADA ATIVIDADE DE UM QUALQUER PROJETO (DE ACORDO COM A SUA CATEGORIA)

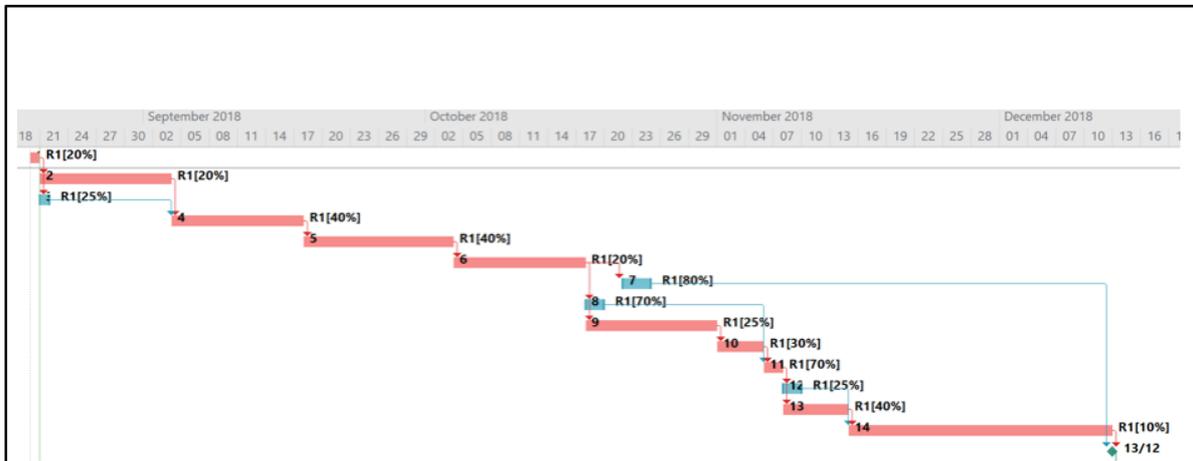
Tabela 14 - Duração (dias) das atividades de um projeto, de acordo com a sua categoria.

categoria atividade	A	B	C	D
<b>1</b>	1	1	1	1
<b>2</b>	10	10	5	5
<b>3</b>	1	1	1	1
<b>4</b>	10	10	10	5
<b>5</b>	12	12	12	5
<b>6</b>	10	10	5	5
<b>7</b>	3	3	0	0
<b>8</b>	2	2	1	1
<b>9</b>	10	10	5	5
<b>10</b>	3	3	2	1
<b>11</b>	2	2	1	1
<b>12</b>	2	2	1	1
<b>13</b>	5	5	5	5
<b>14</b>	20	20	20	20
<b>15</b>	0	0	0	0
<b>16</b>	7	7	7	7
<b>17</b>	15	15	0	0
<b>18</b>	20	20	0	0
<b>19</b>	15	15	0	0
<b>20</b>	15	15	0	0
<b>21</b>	35	35	0	0
<b>22</b>	20	20	0	0
<b>23</b>	0	0	0	0
<b>24</b>	4	4	0	0
<b>25</b>	15	15	15	0
<b>26</b>	15	15	10	0
<b>27</b>	15	15	15	0
<b>28</b>	20	20	20	0
<b>29</b>	50	50	45	0
<b>30</b>	0	0	0	0
<b>31</b>	0	0	0	0
<b>32</b>	10	10	10	10
<b>33</b>	55	55	55	55
<b>34</b>	15	15	15	15
<b>35</b>	15	15	15	15
<b>36</b>	30	30	30	30
<b>37</b>	10	10	10	10
<b>38</b>	20	20	20	20
<b>39</b>	0	0	0	0
<b>40</b>	15	15	15	5
<b>41</b>	15	15	15	15
<b>42</b>	100	100	80	60
<b>43</b>	20	20	20	20
<b>44</b>	10	10	10	10
<b>45</b>	0	0	0	0

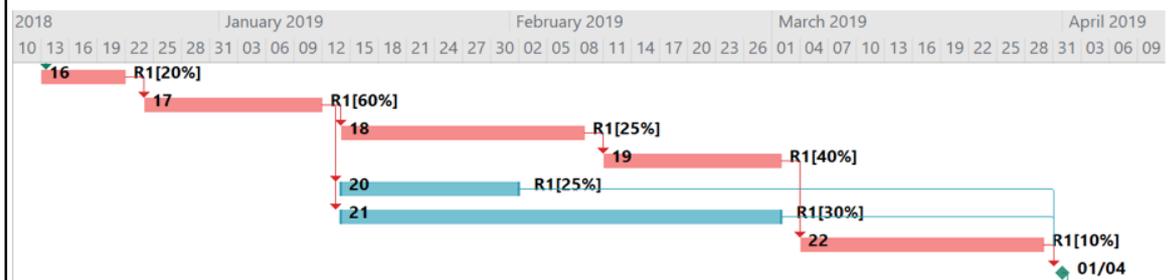
Tabela 15 - Quantidade de recurso necessário para executar cada atividade de um projeto, de acordo com a sua categoria.

categoria atividade	A	B	C	D
<b>1</b>	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>2</b>	0,2	0,2	0,1	0,05
<b>3</b>	0,25	0,25	0,2	0,2
<b>4</b>	0,4	0,4	0,2	0,2
<b>5</b>	0,4	0,4	0,2	0,1
<b>6</b>	0,2	0,2	0,1	0,05
<b>7</b>	0,8	0,8	0	0
<b>8</b>	0,7	0,7	0,7	0,5
<b>9</b>	0,25	0,25	0,1	0,05
<b>10</b>	0,3	0,3	0,25	0,25
<b>11</b>	0,7	0,7	0,7	0,5
<b>12</b>	0,25	0,25	0,1	0,1
<b>13</b>	0,4	0,4	0,2	0,1
<b>14</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>15</b>	0	0	0	0
<b>16</b>	0,2	0,2	0,1	0,1
<b>17</b>	0,6	0,6	0	0
<b>18</b>	0,25	0,25	0	0
<b>19</b>	0,4	0,4	0	0
<b>20</b>	0,25	0,25	0	0
<b>21</b>	0,3	0,3	0	0
<b>22</b>	0,1	0,1	0	0
<b>23</b>	0	0	0	0
<b>24</b>	0,4	0,4	0	0
<b>25</b>	0,6	0,6	0,4	0
<b>26</b>	0,1	0,1	0,1	0
<b>27</b>	0,4	0,4	0,4	0
<b>28</b>	0,15	0,15	0,1	0
<b>29</b>	0,05	0,05	0,05	0
<b>30</b>	0	0	0	0
<b>31</b>	0	0	0	0
<b>32</b>	0,1	0,1	0,1	0,05
<b>33</b>	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>34</b>	0,6	0,6	0,4	0,4
<b>35</b>	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>36</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>37</b>	0,3	0,3	0,2	0,2
<b>38</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>39</b>	0	0	0	0
<b>40</b>	0,2	0,2	0,1	0,05
<b>41</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>42</b>	0,2	0,2	0,2	0,1
<b>43</b>	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>44</b>	0,2	0,2	0,1	0,05
<b>45</b>	0	0	0	0

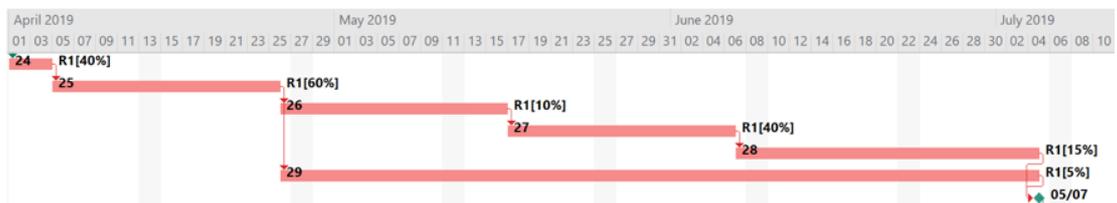
## Apêndice VII DIAGRAMA DE GANTT PARA REPRESENTAÇÃO DO BASELINE SCHEDULE DOS PROJETOS DE CADA CATEGORIA - MINIMAL MAKESPAN (MS PROJECT 2016)



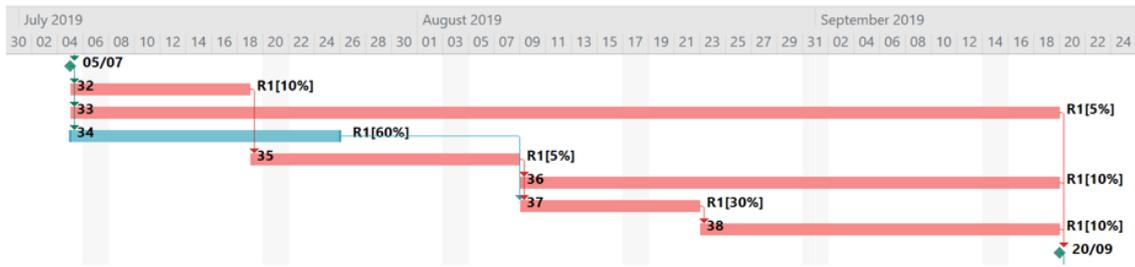
a) *baseline schedule* do subprojeto I



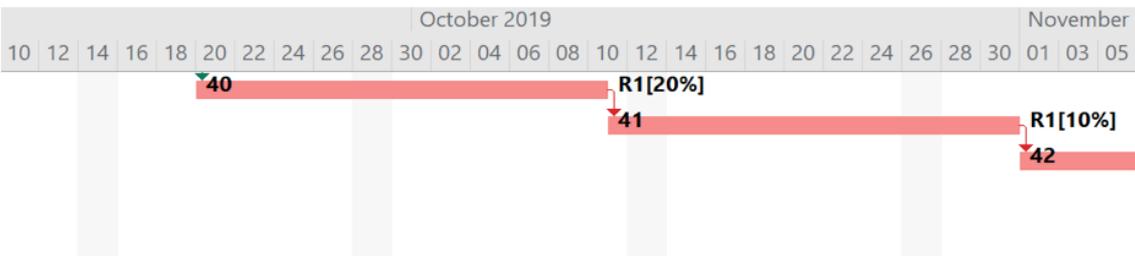
b) *baseline schedule* do subprojeto II



c) *baseline schedule* do subprojeto III



d) *baseline schedule* do subprojeto IV



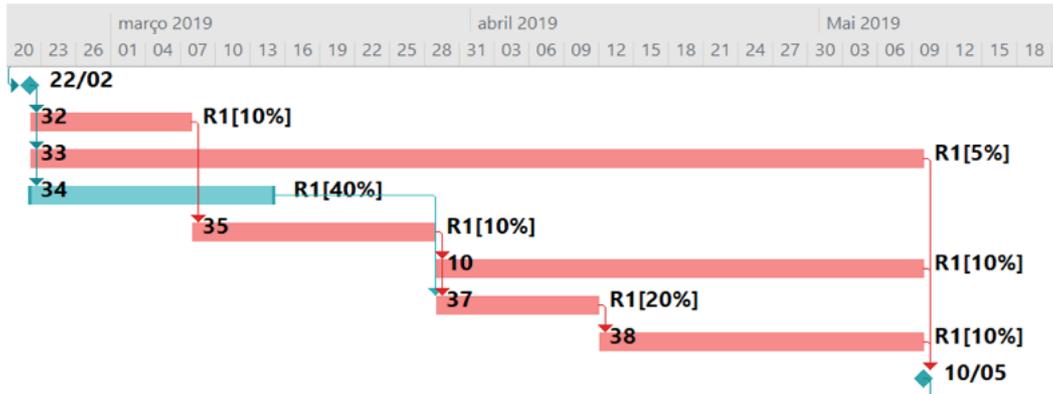
e) *baseline schedule* do subprojeto V



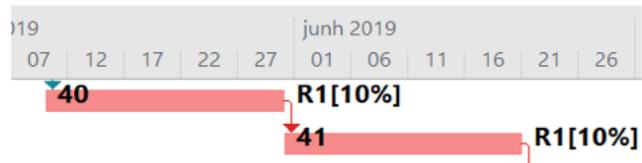
f) *baseline schedule* do subprojeto VI

Ilustração 59 - Diagrama de Gantt com a representação do baseline schedule de cada subprojeto dos projetos de categoria A e B





d) *baseline schedule* do subprojeto IV

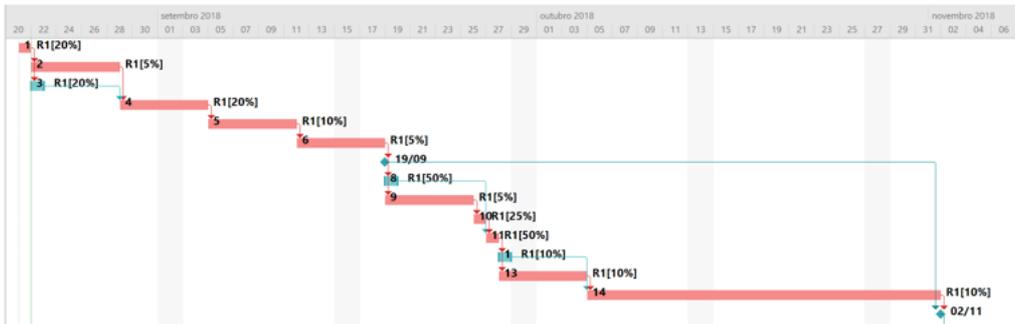


e) *baseline schedule* do subprojeto IV



f) *baseline schedule* do subprojeto IV

Ilustração 60 - Diagrama de Gantt com a representação do baseline schedule de cada subprojeto dos projetos de categoria C



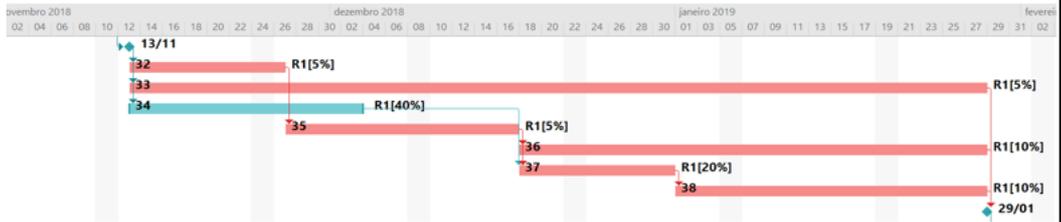
a) *baseline schedule* do subprojeto I



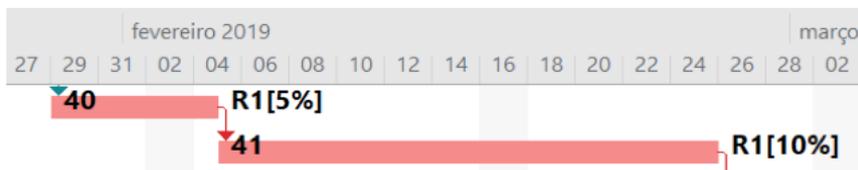
b) *baseline schedule* do subprojeto II



c) *baseline schedule* do subprojeto III



d) *baseline schedule* do subprojeto IV



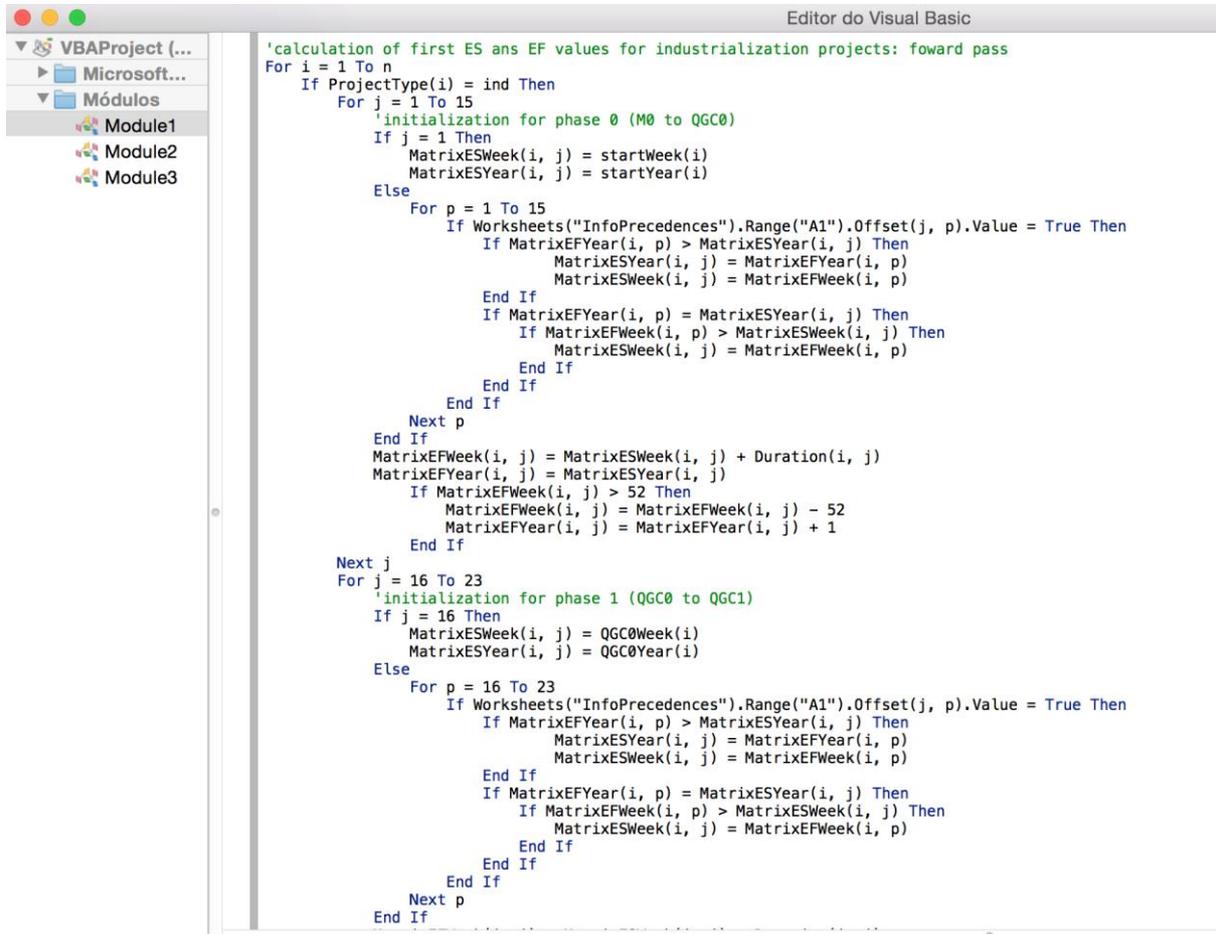
e) *baseline schedule* do subprojeto V



f) *baseline schedule* do subprojeto VI

Ilustração 61 - Diagrama de Gantt com a representação do baseline schedule de cada subprojeto dos projetos de categoria D

## Apêndice VIII IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DA HEURÍSTICA: DETALHES DO PROGRAMA DESENVOLVIDO EM VBA (VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS)



```
Editor do Visual Basic

'calculation of first ES ans EF values for industrialization projects: foward pass
For i = 1 To n
  If ProjectType(i) = ind Then
    For j = 1 To 15
      'initialization for phase 0 (M0 to QGC0)
      If j = 1 Then
        MatrixESWeek(i, j) = startWeek(i)
        MatrixESYear(i, j) = startYear(i)
      Else
        For p = 1 To 15
          If Worksheets("InfoPrecedences").Range("A1").Offset(j, p).Value = True Then
            If MatrixEFYear(i, p) > MatrixESYear(i, j) Then
              MatrixESYear(i, j) = MatrixEFYear(i, p)
              MatrixESWeek(i, j) = MatrixEFWeek(i, p)
            End If
            If MatrixEFYear(i, p) = MatrixESYear(i, j) Then
              If MatrixEFWeek(i, p) > MatrixESWeek(i, j) Then
                MatrixESWeek(i, j) = MatrixEFWeek(i, p)
              End If
            End If
          End If
        Next p
      End If
      MatrixEFWeek(i, j) = MatrixESWeek(i, j) + Duration(i, j)
      MatrixEFYear(i, j) = MatrixESYear(i, j)
      If MatrixEFWeek(i, j) > 52 Then
        MatrixEFWeek(i, j) = MatrixEFWeek(i, j) - 52
        MatrixEFYear(i, j) = MatrixEFYear(i, j) + 1
      End If
    Next j
  For j = 16 To 23
    'initialization for phase 1 (QGC0 to QGC1)
    If j = 16 Then
      MatrixESWeek(i, j) = QGC0Week(i)
      MatrixESYear(i, j) = QGC0Year(i)
    Else
      For p = 16 To 23
        If Worksheets("InfoPrecedences").Range("A1").Offset(j, p).Value = True Then
          If MatrixEFYear(i, p) > MatrixESYear(i, j) Then
            MatrixESYear(i, j) = MatrixEFYear(i, p)
            MatrixESWeek(i, j) = MatrixEFWeek(i, p)
          End If
          If MatrixEFYear(i, p) = MatrixESYear(i, j) Then
            If MatrixEFWeek(i, p) > MatrixESWeek(i, j) Then
              MatrixESWeek(i, j) = MatrixEFWeek(i, p)
            End If
          End If
        End If
      Next p
    End If
  End If
End For
```

Ilustração 62 - Detalhe no código associado à verificação do tipo de projeto e ao cálculo dos valores de ES e EF

```

'calculation of first LS and LF for industrialization projects: backward pass
For i = 1 To n
  If ProjectType(i) = ind Then
    For j = 45 To 42 Step -1
      'initialization for phase 1 (QGC2 to QGC3)
      If j = 45 Then
        MatrixLFWeek(i, 45) = MatrixEFWeek(i, 45)
        MatrixLFYear(i, 45) = MatrixEFYear(i, 45)
      Else
        For S = 42 To 45
          If Worksheets("InfoPrecedences").Range("A1").Offset(S, j).Value = True Then
            If MatrixLFYear(i, j) > MatrixLSYear(i, S) Then
              MatrixLFYear(i, j) = MatrixLSYear(i, S)
              MatrixLFWeek(i, j) = MatrixLSWeek(i, S)
            End If
            If MatrixLFYear(i, j) = MatrixLSYear(i, S) Then
              If MatrixLFWeek(i, j) > MatrixLSWeek(i, S) Then
                MatrixLFWeek(i, j) = MatrixLSWeek(i, S)
              End If
            End If
          End If
        Next S
      End If
      MatrixLSYear(i, j) = MatrixLFYear(i, j)
      MatrixLSWeek(i, j) = MatrixLFWeek(i, j) - Duration(i, j)
      If MatrixLSWeek(i, j) <= 0 Then
        MatrixLSWeek(i, j) = 52 + MatrixLSWeek(i, j)
        MatrixLSYear(i, j) = MatrixLSYear(i, j) - 1
      End If
    Next j
    For j = 41 To 40 Step -1
      'initialization for phase 1 (QGC2 to QGC3)
      If j = 41 Then
        MatrixLFWeek(i, 41) = MatrixEFWeek(i, 41)
        MatrixLFYear(i, 41) = MatrixEFYear(i, 41)
      Else
        For S = 40 To 41
          If Worksheets("InfoPrecedences").Range("A1").Offset(S, j).Value = True Then
            If MatrixLFYear(i, j) > MatrixLSYear(i, S) Then
              MatrixLFYear(i, j) = MatrixLSYear(i, S)
              MatrixLFWeek(i, j) = MatrixLSWeek(i, S)
            End If
            If MatrixLFYear(i, j) = MatrixLSYear(i, S) Then
              If MatrixLFWeek(i, j) > MatrixLSWeek(i, S) Then
                MatrixLFWeek(i, j) = MatrixLSWeek(i, S)
              End If
            End If
          End If
        Next S
      End If
    Next j
  End If
End For

```

Ilustração 63 - Detalhe no código relacionado com o cálculo dos valores de ES e EF

```

'auxiliaries
Rows = 0
For i = 1 To n 'Comparing the major project finish to define the size of allocation matrix
  If ProjectType(i) = ind Then
    If MatrixEFYear(i, 45) > Rows Then
      Rows = MatrixEFYear(i, 45)
    End If
  End If
Next i

Rows = Rows - CurrentY + 1

ReDim Allocation(1 To Rows, 1 To 52) As Double
ReDim FinalMatrix(1 To Rows, 1 To 52) As Double

For k = 1 To Rows
  For l = 1 To 52
    Allocation(k, l) = 0
  Next l
Next k

```

Ilustração 64 - Detalhe no código relacionado com o cálculo variável "Row"

```

'Matrix Allocation
For i = 1 To n
  If ProjectType(i) = ind Then
    For j = 1 To 45
      dif = MatrixESYear(i, j) - CurrentY
      If Not MatrixESYear(i, j) = MatrixEYYear(i, j) Then
        For t = MatrixESWeek(i, j) To 52
          Allocation(dif + 1, t) = Allocation(dif + 1, t) + Effort(i, j)
        Next t
        For t = 1 To MatrixEYWeek(i, j) - 1
          Allocation(dif + 2, t) = Allocation(dif + 2, t) + Effort(i, j)
        Next t
      Else
        For t = MatrixESWeek(i, j) To MatrixEYWeek(i, j)
          Allocation(dif + 1, t) = Allocation(dif + 1, t) + Effort(i, j)
        Next t
      End If
    Next j
  End If
Next i

'print matrix allocation
For k = 1 To Rows
  For l = 1 To 52
    Worksheets("Aux").Range("A33").Offset(k, l).Value = Allocation(k, l)
  Next l
Next k

```

Ilustração 65 - Detalhe no código relacionado com o preenchimento da Matriz Alocação

```

'difference between EF and QGC date
For i = 1 To n
  If ProjectType(i) = ind Then
    'quality gate 0
    Difyear = MatrixEYYear(i, 15) - QGC0Year(i) 'number of the variable=bqualitygates
    Difweeks = MatrixEYWeek(i, 15) - QGC0Week(i)
    If Difyear > 0 Then 'phase to compress
      Compress(i, 0) = (52 * (Difyear - 1)) + (52 - QGC0Week(i)) + MatrixEYWeek(i, 15) + 1
    End If
    If Difyear < 0 Then
      Descompress(i, 0) = -(Difyear + 1) * 52 + (52 - MatrixEYWeek(i, 15)) + QGC0Week(i)
    End If
    If Difyear = 0 Then
      If Difweeks > 0 Then
        Compress(i, 0) = Difweeks
      End If
      If Difweeks < 0 Then
        Descompress(i, 0) = -Difweeks
      End If
    End If
  End If
End If

```

Ilustração 66 - Detalhe no código relacionado com o cálculo das variáveis “compress” e “descompress”

```

If Not Compress(i, 0) = 0 Then

    For j = 1 To 14 'find the minimum allocation in t to compress
        Min(j) = 9999
        If Float(i, j) = 0 Then
            dif = MatrixESYear(i, j) - CurrentY
            If Not MatrixESYear(i, j) = MatrixEFYear(i, j) Then
                min1 = 9999
                min2 = 9999
                For t = MatrixESWeek(i, j) To 52
                    If min1 > Allocation(dif + 1, t) Then
                        min1 = Allocation(dif + 1, t)
                    End If
                Next t
                For t = 1 To MatrixEFWeek(i, j) - 1
                    If min2 > Allocation(dif + 2, t) Then
                        min2 = Allocation(dif + 2, t)
                    End If
                Next t
                If Min(j) > min1 Then
                    Min(j) = min1
                End If
                If Min(j) > min2 Then
                    Min(j) = min2
                End If
            End If
            If MatrixESYear(i, j) = MatrixEFYear(i, j) Then
                For t = MatrixESWeek(i, j) To MatrixEFWeek(i, j) - 1
                    If Min(j) > Allocation(dif + 1, t) Then
                        Min(j) = Allocation(dif + 1, t)
                    End If
                Next t
            End If
        End If
    Next j
    For j = 1 To 14
        activities(j) = j
    Next j
    'sort activities by ascending order of minimum
    For k = 1 To 14
        For j = 1 To 14 - 1
            If Min(j) > Min(j + 1) Then
                aux = Min(j)
                aux1 = activities(j)
                Min(j) = Min(j + 1)
                activities(j) = activities(j + 1)
                Min(j + 1) = aux
                activities(j + 1) = aux1
            End If
        Next j
    Next k
End Sub

```

Ilustração 67 - Detalhe no código relacionado com a ordenação das atividades

```

CriticalPath = False
For j = 24 To 30 'para lidar com o caso de todas as folgas serem 0
    If Not Float(1, j) = 0 Then
        CriticalPath = True
    End If
Next j

If CriticalPath = False Then
    l = 1
    ReDim Preserve CP(1 To l)
    CP(1) = 24
    For j = 24 To 30
        done = False
        For k = 25 To 30
            If Worksheets("InfoPrecedences").Range("A1").Offset(j, k).Value = True And done = False Then
                l = l + 1
                ReDim Preserve CP(1 To l) As Integer
                CP(l) = k
                done = True
            End If
        Next k
    Next j
End If

x = 1
ReDim Preserve Path(1 To x) As Integer
Path(1) = CP(1)

For j = 1 To l
    found = False
    find = CP(j)
    For k = 1 To x
        If Path(k) = find Then
            found = True
        End If
    Next k
    If found = False Then
        x = x + 1
        ReDim Preserve Path(1 To x)
        Path(x) = find
    End If
Next j

```

Ilustração 68 - Detalhe no código relacionado com a determinação do caminho crítico

```

For j = 16 To 23
    dif = MatrixESYear(i, j) - CurrentY
    If Not MatrixESYear(i, j) = MatrixEYYear(i, j) Then
        For t = MatrixESWeek(i, j) To 52
            Allocation(dif + 1, t) = Allocation(dif + 1, t) - Effort(i, j)
        Next t
        For t = 1 To MatrixEFWeek(i, j) - 1
            Allocation(dif + 2, t) = Allocation(dif + 2, t) - Effort(i, j)
        Next t
    Else
        For t = MatrixESWeek(i, j) To MatrixEFWeek(i, j) - 1
            Allocation(dif + 1, t) = Allocation(dif + 1, t) - Effort(i, j)
        Next t
    End If
Next j

Do While Compress(1, 1) > 0 'ATENÇÃO: a data nunca será tao atrasada ou ponto de nao ter duratão suficiente para levar compress a 00
    For k = 16 To 22
        If Compress(i, 1) > 0 Then
            If Duration(i, activities(k)) > 1 And Float(i, activities(k)) = 0 Then
                Effort(i, activities(k)) = Duration(i, activities(k)) * Effort(i, activities(k)) / (Duration(i, activities(k)) - 0.2)
                Duration(i, activities(k)) = Duration(i, activities(k)) - 0.2
                Compress(i, 1) = Compress(i, 1) - 0.2
            End If
        End If
    Next k
Loop

```

Ilustração 69 - Detalhe no código relativo à alteração da duração e do esforço as atividades

```

'quality gate 3

Difyear = MatrixEYYear(i, 39) - QGC3Year(i) 'number of the variable=bqualitygates
Difweeks = MatrixEFWeek(i, 39) - QGC3Week(i)
If Difyear > 0 Then 'phase to compress
    Compress(i, 3) = (52 * (Difyear - 1)) + (52 - QGC3Week(i)) + MatrixEFWeek(i, 39) + 1
End If
If Difyear < 0 Then
    Descompress(i, 3) = -(Difyear + 1) * 52) + (52 - MatrixEFWeek(i, 39)) + QGC3Week(i)
End If
If Difyear = 0 Then
    If Difweeks > 0 Then
        Compress(i, 3) = Difweeks
    End If
    If Difweeks < 0 Then
        Descompress(i, 3) = -Difweeks
    End If
End If

If Not Descompress(i, 3) = 0 Then

    Do While Not MatrixESWeek(i, 39) >= QGC3Week(i) And MatrixESYear(i, 39) >= QGC3Year(i)

        For j = 31 To 39 'find the maximum allocation in t to descompress
            Max(j) = 0
            If Float(i, j) = 0 Then
                dif = MatrixESYear(i, j) - CurrentY
                If Not MatrixESYear(i, j) = MatrixEYYear(i, j) Then
                    max1 = 0
                    max2 = 0
                    For t = MatrixESWeek(i, j) To 52
                        If max1 < Allocation(dif + 1, t) Then
                            max1 = Allocation(dif + 1, t)
                        End If
                    End For
                End If
            End If
        Next j
    End Do
End If

```

Ilustração 70 - Detalhe no código relativo ao ciclo while correspondente à última porta lógica da heurística





## **Apêndice X SURVEY A APLICAR AOS GESTORES DE PROJETO PARA VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO**

Caro Gestor de Projeto,

No âmbito da investigação que está a ser desenvolvida em relação à gestão do *workload* dos Gestores de Projeto, agradeço o vosso contributo na validação dos valores estipulados para a "duração" e "esforço" das atividades que a vossa função integra. Os valores que se apresentam foram definidos conjuntamente com elementos do *Project Management Office* (PMO).

Para esclarecer, entende-se por duração o tempo que decorre desde o início até ao fim de uma atividade. Esta pode ser tanto menor quanto maior for o esforço aplicado à atividade. A relação entre os dois conceitos mencionados resulta no conteúdo de trabalho de cada atividade. A título de exemplo, uma atividade possui um conteúdo de trabalho igual *2 homens.dia*. Existe uma infinidade de cenários para o modo como esta é executada: A atividade pode durar 2 dias com 1 homem afeto, 1 dia com 2 homens afetos, etc.

Por norma, subsiste apenas um gestor a cada projeto. Por este motivo, assumem-se valores percentuais para o esforço. Obviamente, uma atividade nunca possuirá um valor de esforço superior a 100%.

Os parâmetros encontram-se na tabela que se apresenta seguidamente e espera-se que avaliem os valores de acordo com a escala:

- 1- Muito Menos
- 2- Menos
- 3- Ajustado
- 4- Mais
- 5- Muito Mais

Para cada valor de duração e esforço, ao lado, existe um quadrado a sombreado, destinado à avaliação. No anexo encontra-se uma outra tabela que detalha em que consiste cada atividade, à qual podem recorrer, caso existam eventuais dúvidas.

<b>Fase Request</b>		<b>Duração (dias)</b>		<b>Esforço</b>	
<b>1</b>	Confirmar a receção do projeto.	1		0,2	
<b>2</b>	Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i> .	10		0,2	
<b>3</b>	Organizar a <i>core team</i> .	1		0,25	
<b>4</b>	Desenvolver o <i>Project Charter</i> .	10		0,4	
<b>Fase Preparation</b>		<b>Duração (dias)</b>		<b>Esforço</b>	
<b>5</b>	Definir o <i>Project Management Plan</i> .	12		0,4	
<b>6</b>	Recolher requisitos.	10		0,2	
<b>7</b>	Participar em <i>workshops</i> PGL.	3		0,8	
<b>8</b>	Desenvolver o <i>Work Breakdown Structure (WBS)</i> .	2		0,7	
<b>9</b>	Organizar a <i>Project team</i> .	10		0,25	
<b>10</b>	Conduzir a <i>kick-off meeting</i> .	3		0,3	
<b>11</b>	Desenvolver o <i>time schedule</i> .	2		0,7	
<b>12</b>	Desenvolver o plano de comunicação.	2		0,25	
<b>13</b>	Desenvolver o <i>Risk Plan</i> .	5		0,4	
<b>14</b>	Validar <i>QGC0 scope</i> .	20		0,1	
<b>15</b>	Finalizar o <i>Project Management Plan (PMP)</i>	7		0,2	
<b>Fase Conception</b>		<b>Duração (dias)</b>		<b>Esforço</b>	
<b>16</b>	Planear a fase <i>Conception</i> .	15		0,6	
<b>17</b>	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças).	20		0,25	
<b>18</b>	Executar a fase de amostras.	15		0,4	
<b>19</b>	Monitorizar a aquisição de equipamento.	15		0,25	
<b>20</b>	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .	35		0,3	
<b>21</b>	Validar <i>QGC1 scope</i> .	20		0,1	
<b>22</b>	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	4		0,4	

<b>Fase Implementation</b>		Duração (dias)		Esforço	
<b>23</b>	Planear a fase Implementation.	15		0,6	
<b>24</b>	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças).	15		0,1	
<b>25</b>	Executar a fase de amostras.	15		0,4	
<b>26</b>	Validar <i>QGC2 scope</i> .	20		0,15	
<b>27</b>	Preparar a fase de amostras D (monitorizar a aquisição de peças).	50		0,05	
<b>28</b>	Rever o trabalho desenvolvido na fase	15		0,6	
<b>29</b>	Acompanhar as séries de amostras D.	30		0,1	
<b>30</b>	Validar <i>QGC3 scope</i> .	20		0,1	
<b>31</b>	Validar <i>QGC4 scope</i> .	15		0,1	
<b>32</b>	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos.	15		0,2	
<b>34</b>	Início da produção em série.	100		0,2	
<b>Fase Completion</b>		Duração (dias)		Esforço	
<b>35</b>	Validar <i>QGC5 scope</i> .	20		0,1	
<b>36</b>	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	10		0,2	



## Anexo do Survey - Tarefas que constituem cada atividade

<b>Fase Request</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
<b>1</b>	Confirmar a receção do projeto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmar a receção do projeto.</li> </ul>
<b>2</b>	Requisitar e formalizar os elementos da <i>core team</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerer e formalizar os elementos da <i>core team</i>.</li> </ul>
<b>3</b>	Organizar a <i>core team</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar <i>team Open Points List</i> (OPL).</li> <li>• Criar Project OBS.</li> </ul>
<b>4</b>	Desenvolver o <i>Project Charter</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar riscos de alto nível.</li> <li>• Identificar <i>stakeholders</i>.</li> <li>• Finalizar e submeter o <i>Project Charter</i> para aprovação.</li> <li>• Rever o <i>Project Charter</i>.</li> </ul>
<b>Fase Preparation</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
<b>5</b>	Definir o <i>Project Management Plan</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir <i>Project Plans</i>.</li> <li>• Desenvolver <i>Project Plans</i>.</li> <li>• Iniciar o desenvolvimento do <i>Project Management Plan</i> (PMP).</li> </ul>
<b>6</b>	Recolher requisitos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolher requisitos preliminares.</li> <li>• Registar os requisitos recolhidos.</li> </ul>
<b>7</b>	Participar em <i>workshops</i> PGL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar em <i>workshops</i> PGL.</li> </ul>
<b>8</b>	Desenvolver o <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir a <i>scope</i> e a WBS preliminar.</li> <li>• Desenvolver a WBS.</li> </ul>
<b>9</b>	Organizar a <i>Project team</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir funções requeridas para o projeto, requerer e formalizar a equipa do projeto.</li> <li>• Atualizar os documentos da <i>project team</i>.</li> </ul>
<b>10</b>	Conduzir a <i>kick-off meeting</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduzir a <i>kick-off meeting</i>.</li> </ul>
<b>11</b>	Desenvolver o <i>time schedule</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver o <i>time schedule</i>.</li> </ul>
<b>12</b>	Desenvolver o plano de comunicação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver o plano de comunicação.</li> </ul>
<b>13</b>	Desenvolver o <i>Risk Plan</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar riscos.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13.2. Proceder à análise qualitativa e quantitativa dos riscos.</li> <li>• 13.3. Planear respostas aos riscos identificados.</li> </ul>
14	Validar <i>QGC0 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validar <i>QGC0 scope</i>.</li> </ul>
15	Finalizar o <i>Project Management Plan</i> (PMP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalizar o PMP.</li> <li>• Atualizar documentos.</li> </ul>
<b>Fase Conception</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
16	Planear a fase <i>Conception</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever a fase de amostras.</li> <li>• Definir a <i>Sample Distribution List</i> (SDL).</li> <li>• Rever informação geral do projeto, os riscos identificados e a OPL.</li> <li>• Refinar o WBS e o <i>time schedule</i>.</li> <li>• Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
17	Preparar a fase de amostras A e B (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>• Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>• Confirmar a chegada das peças.</li> <li>• Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
18	Executar a fase de amostras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>• Rever a fase de amostras.</li> </ul>
19	Monitorizar a aquisição de equipamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir o conceito da linha de produção.</li> <li>• Retenção de equipamento.</li> <li>• Proceder à elaboração das peças.</li> <li>• Acompanhar os equipamentos e as peças.</li> </ul>
20	Monitorizar e controlar o <i>project work</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o trabalho.</li> <li>• Monitorizar e acompanhar o <i>project work</i>.</li> </ul>
21	Validar <i>QGC1 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC1.</li> <li>• Rever QGC1 OPL.</li> </ul>
22	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar candidatos a Lessons Learn (LL).</li> <li>• Analisar os resultados da fase de Conceção.</li> <li>• Organizar e conduzir reunião para revisão da fase.</li> <li>• Alinhar, finalizar e disponibilizar LL.</li> </ul>
<b>Fase Implementation</b>		

	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
<b>23</b>	Planejar a fase Implementation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rever a fase de amostras.</li> <li>• Definir SDL.</li> <li>• Rever informação geral do projeto.</li> <li>• Rever os riscos identificados e a OPL.</li> <li>• Refinar o WBS e o time schedule.</li> <li>• Atualizar dados de configuração do projeto.</li> </ul>
<b>24</b>	Preparar a fase de amostras C (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças, acompanhar a disponibilidade e confirmar a sua chegada.</li> <li>• Preparar a construção das amostras.</li> </ul>
<b>25</b>	Executar a fase de amostras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a produção de amostras (notificações de anomalias, desvios, etc).</li> <li>• Rever a fase de amostras.</li> </ul>
<b>26</b>	Validar <i>QGC2 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC2.</li> <li>• 26.2.Rever QGC2 OPL.</li> </ul>
<b>27</b>	Preparar a fase de amostras D (monitorizar a aquisição de peças).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obter o rastreamento da lista de peças.</li> <li>• Acompanhar a disponibilidade das peças.</li> <li>• Confirmar a chegada das peças.</li> </ul>
<b>28</b>	Rever o trabalho desenvolvido na fase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conduzir a transformação para 13 dígitos.</li> <li>• Preparar a transição para produção.</li> <li>• Monitorizar a transição das peças entre os departamentos COS-M e MOE.</li> <li>• Monitorizar a responsabilidade sobre as peças entre os departamentos PPM e LOG.</li> <li>• Iniciar <i>Project Deliverables Release</i> (PDR).</li> </ul>
<b>29</b>	Acompanhar as séries de amostras D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar a evolução dos KPIs de qualidade.</li> <li>• Monitorizar o processo <i>Initial Sample Inspection Report</i> (ISIR).</li> <li>• Atualizar PDR.</li> </ul>
<b>30</b>	Validar <i>QGC3 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC3.</li> <li>• Rever QGC3 OPL.</li> </ul>
<b>31</b>	Validar <i>QGC4 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar a avaliação da QGC4.</li> <li>• Rever QGC4 OPL.</li> </ul>
<b>32</b>	Monitorizar a disponibilidade e o funcionamento dos equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhar o estado dos equipamentos e das ferramentas (verificar se estão ou não prontas).</li> <li>• Determinar os resultados da avaliação das amostras C e das amostras D.</li> </ul>

<b>33</b>	Início da produção em série.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalizar PDR.</li> <li>• Determinar o alcance dos targets do projeto.</li> </ul>
<b>Fase Completion</b>		
	<b>Atividade</b>	<b>Tarefas</b>
<b>34</b>	Validar <i>QGC5 scope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar avaliação da QGC5.</li> <li>• Atualizar informação geral do projeto.</li> <li>• Rever QGC5 OPL.</li> </ul>
<b>35</b>	Rever o trabalho desenvolvido na fase.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selecionar LL candidatos e avaliar LL identificados no projeto.</li> <li>• Analisar resultados finais do projeto.</li> </ul>

### **Confidencialidade e Anonimato**

Todas as respostas ao questionário são confidenciais e apenas serão mencionadas neste trabalho de investigação de forma anónima. Caso seja necessário esclarecer alguma dúvida sobre o trabalho de investigação que está a ser desenvolvido, não hesite em contactar-me através do e-mail: [fixed-term.Maria.Pereira3@pt.bosch.com](mailto:fixed-term.Maria.Pereira3@pt.bosch.com)