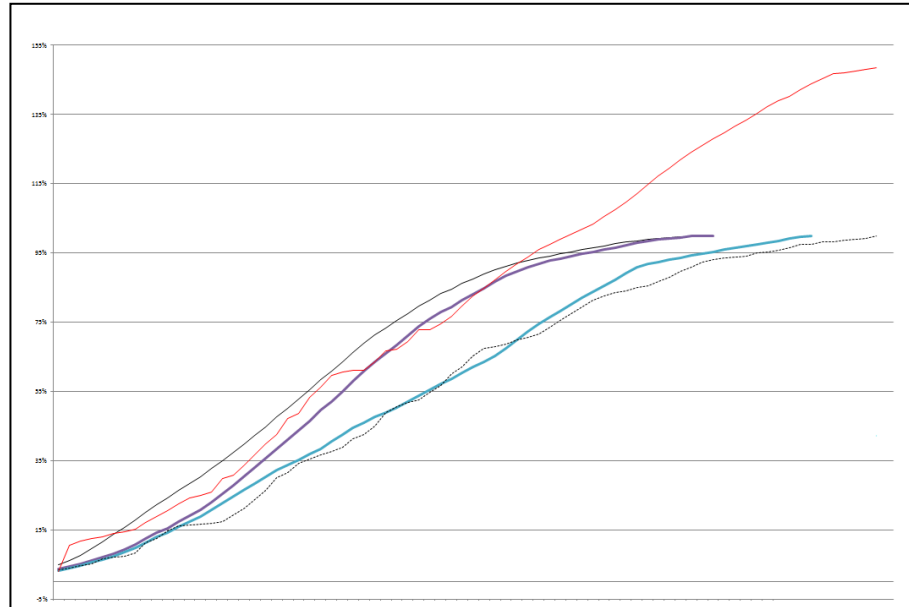




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

**ISEL**



## **Desenvolvimento de um modelo de apoio à avaliação de desempenho. Caso de estudo.**

**Tiago Manuel Feijão Caneira**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

*(Documento Final)*

**Orientador:**

Doutor António João da Costa Feliciano Abreu

**Júri:**

**Presidente:** Doutor João Manuel Ferreira Calado

**Vogais:**

Doutor Tiago Miguel Santa Rita Simões de Pinho

Doutor António João da Costa Feliciano Abreu

**Setembro de 2017**



## **Agradecimentos**

Agradeço ao orientador do meu trabalho final de mestrado, Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu, pelo apoio prestado e a disponibilidade para responder e encaminhar nas dúvidas que surgiram ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho e ao meu chefe pela ajuda e disponibilização dos dados necessários para o caso de estudo.

Aos meus pais, irmã e amigos, pela paciência durante este período.



*“Estamos num mundo confuso, em que a imprevisibilidade passou a ser a característica fundamental. Temos que ter grande rigor e capacidade de análise.”*

**António Guterres**



## Resumo

Num mundo em mudança, as empresas tem a necessidade de tornar-se mais competitivas, existindo, conseqüentemente, a necessidade de tomar medidas para a melhoria dos seus processos. Esta permissa de melhoria deve ser suportada em algo bastante simples que é o “estado atual da empresa”, isto é, avaliar, medir e monitorizar o atual desempenho em termos de satisfação dos objetivos e estratégias implementadas.

Existe uma grande quantidade ferramentas que permitem às organizações avaliar o seu estado atual. Contudo estas ferramentas de apoio á tomada de decisão fornecem uma diversidade de indicadores que normalmente dificultam a escolha dos mais relevantes, assim como as acções estratégicas a utilizar.

Em consciência da diversidade de indicadores de desempenho que podem ser aplicados a uma organização e aos seus processos, esta dissertação tem como objetivo efetuar uma avaliação de desempenho num projeto, considerando como relevantes os fatores tempo e custo.

Propõe-se a aplicação de uma metodologia de análise de valor agregado (*EVM – Earned Value Management*) na avaliação de desempenho ao longo de um projeto. Pretende-se estruturar esta metodologia pelo desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica que reflita a importância da metodologia de avaliação de desempenho escolhida, bem como a relevância dos indicadores de desempenho fornecidos pela mesma.

Esta proposta de modelo de avaliação de desempenho foi aplicada a um caso de estudo, que tinha por objetivo controlar e avaliar o progresso na construção de um permutador de calor, na sua fase de fabrico em oficina, controlando o valor agregado e custo despendido, face ao inicialmente orçamentado para a construção do equipamento.

O modelo de análise de valor agregado através da curva S era requisito contratual do projeto em estudo mas desde a sua implementação passou a ser aplicado em todos os projetos na empresa, com avaliação individual das diferentes áreas de fabrico.

**Palavras-chave:** Gestão de Projeto; Indicadores Chave de Desempenho, Avaliação de Desempenho, Análise de Valor Agregado



## **Abstract**

In a changing world, companies need to become more competitive, and there is a need to take actions to improve their processes. This allowance for improvement should be supported by something quite simple that is the "current state of the company", that is, evaluate, measure and monitor the current performance in terms of meeting the objectives and strategies implemented. There are a lot of tools that allow organizations to assess their current status. However, these tools, to support decision making, provide a diversity of indicators that usually make it difficult to choose the most relevant ones, as well as the strategic actions to be used. In the awareness of the diversity of performance indicators that can be applied to an organization and to his processes, this dissertation aims to elaborate a performance evaluation in a project, considering as relevant the time and cost factors.

It is proposed to apply a methodology of Earned Value Management (EVM) in the evaluation of performance throughout a project. The aim is to structure this methodology by the development of a bibliographical research that reflects the importance of the methodology of performance evaluation chosen, as well as the relevance of the performance indicators provided by it. This proposal for a performance evaluation model was applied to a case of study, whose propose was to control and evaluate the evolution of the construction of a heat exchanger, in its manufacturing phase in a workshop, controlling the added value and the cost expended, comparing with the initial budget for the construction of the equipment.

The earned value analysis model through the S curve was a contractual requirement of the project under study, but since its implementation it has been applied to all projects in the company, with individual evaluation of the different manufacturing areas.

**Keywords:** Project Management; Key Performance indicators, performance evaluation, Earned Value Analysis.



## **Siglas/Acrónimos**

AC – Custo Real (*Actual Cost*)

ACWP – Custo Real do trabalho realizado (*Actual Cost of Work Performed*)

ANSI – *American National Standards Institute*

APM – *Association for Project Management*

AVA – Análise de Valor Agregado (*Earned Value Analysis*)

BAC – Orçamento no Final (*Budget At Completion*)

BCWP – Custo Orçamentado do trabalho realizado (*Budgeted Cost of Work Performed*)

BCWS – Custo Orçamentado do trabalho programado (*Budgeted Cost of Work Scheduled*)

CV – Desvio de Custo (*Cost Variance*)

CPI – Desempenho do custo (*Cost Performance Index*)

C/SCSC – Sistema de controlo de custo e prazo (*Cost/Schedule Control System Criteria*)

DAC – Variação Final dos Prazos (*Difference at Completion*)

DoD – Departamento de Defesa Norte Americano (*Department of Defense*)

EAC – Estimativa ao término (*Estimate At Completion*)

EAP – Estrutura Analítica do Projeto (*WBS – Work Breakdown Structure*)

EV – Valor Agregado (*Earned Value*)

PMI – *Project Management Institute*

EVM – *Earned Value Management*

EVA – *Earned Value Analysis*

EVMS – *Earned Value Management System*

ETC – Estimativa para terminar (*Estimate To Complete*)

H.H. – Horas.Homem (*Man.Hours*)

PAC – Término Previsto (*Plan At Completion*)

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PV – Valor Planeado (*Planned Value*)

SPI – Índice de desempenho de Prazos (*Schedule Performance Index*)

SV – Desvio do Prazo (*Schedule Variance*)

TAC – Duração Prevista para o projeto (*Time At Completion*)

TCPI – Índice de desempenho de recuperação de custos (*To-Complete Performance Index*)

TV – Variação de Tempo (*Time Variance*)

VAC – Variação Final dos Custos (*Variation at Completion*)



## Índice

1. Introdução .....	1
1.1 Relevância do tema .....	1
1.2 Revisão Bibliográfica .....	2
1.3 Objetivos e campo de aplicação deste trabalho final de mestrado .....	2
1.4 Estrutura do documento .....	2
2. Gestão de Projetos .....	5
2.1 Definição de Gestão .....	5
2.2 Definição de Projeto .....	6
2.3 Evolução da Gestão de Projetos .....	8
2.4 O valor adicional da Gestão de Projetos .....	10
2.5 Normas e Metodologias de Gestão de Projetos .....	11
2.6 Áreas da gestão de Projetos - PMBOK .....	12
2.6.1 Gestão da Integração .....	14
2.6.2 Gestão do Âmbito .....	15
2.6.2.1 Criação de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP) .....	16
2.6.3 Gestão do tempo .....	19
2.6.4 Gestão de Custos .....	21
2.6.5 Gestão de Qualidade .....	21
2.6.6 Gestão dos Recursos Humanos .....	22
2.6.7 Gestão da Comunicação .....	23
2.6.8 Gestão de Risco .....	23
2.6.9 Gestão das Aquisições/Abastecimento ( <i>Procurement</i> ) .....	24
2.6.10 Gestão das Partes Interessadas ( <i>Stakeholders</i> ) .....	24
2.7 Interação dos processos de Gestão de Projeto .....	25
2.8 Identificação dos Indicadores-Chave de Desempenho ( <i>KPI's</i> ) .....	26
2.8.1 Indicadores de desempenho quantitativos .....	27
2.8.2 Indicadores de desempenho Qualitativos .....	29
2.9 O triângulo de Ferro .....	30
3. Análise de Valor Agregado ( <i>EVA – Earned Value Analysis</i> ) .....	335
3.1 Introdução .....	35
3.2 Conceitos e parâmetros da análise de valor agregado .....	38
3.2.1 Agrupamento dos Indicadores EV .....	44
3.3 Estimativa futura através da análise de valor agregado .....	46
3.4 Valor Planeado do Projeto ( <i>Baseline</i> ) .....	47
3.5 Exemplo de Aplicação da análise de valor agregado .....	49
3.6 Implementação por aplicação da Norma ANSI/EIA -748 .....	55
3.7 Possíveis estratégias para diferentes evoluções <i>Earned Value</i> .....	60
3.8 Execução, vantagens e falhas da metodologia .....	62

3.9 Qualidade como terceira dimensão do <i>Earned Value</i> .....	67
4. Caso de Estudo .....	69
4.1 Descrição do Projeto .....	69
4.2 Aplicação do Modelo de avaliação de desempenho .....	70
4.2.1 Definição do WBS .....	70
4.2.2 Processo criação de Ordem de Produção (PO) .....	72
4.2.3 Definição do Valor Planeado (PV) .....	74
4.2.4 Cálculo do Valor agregado (EV) .....	75
4.2.5 Controlo dos custos reais de execução (AC) .....	75
4.3 Tratamento de Dados e atualização de Progresso .....	75
4.3.1 Atualização de Progresso a 8 de Outubro de 2015 (Week 41) .....	76
4.3.2 Atualização de Progresso a 5 de Novembro de 2015 (Week 45) .....	77
4.3.3 Atualização de Progresso a 3 de Dezembro de 2015 (Week 49) .....	78
4.3.4 Atualização de Progresso a 17 de Dezembro de 2015 (Week 51) .....	79
4.3.5 Atualização de Progresso a 28 de Janeiro de 2016 (Week 04) .....	79
4.3.6 Atualização de Progresso a 25 de Fevereiro de 2016 (Week 08) .....	80
4.3.7 Atualização de Progresso a 24 de Março de 2016 (Week 12) .....	81
4.3.8 Atualização de Progresso a 21 de Abril de 2016 (Week 16) .....	81
4.3.9 Atualização de Progresso a 19 de Maio de 2016 (Week 20) .....	82
4.3.10 Atualização de Progresso a 16 de Junho de 2016 (Week 24) .....	83
4.3.11 Atualização de Progresso a 14 de Julho de 2016 (Week 28) .....	83
4.3.12 Atualização de Progresso a 18 de Agosto de 2016 (Week 33) .....	84
4.3.13 Atualização de Progresso a 08 de Setembro de 2016 (Week 36) .....	85
4.3.14 Atualização de Progresso a 06 de Outubro de 2016 (Week 40) .....	85
4.3.15 Atualização de Progresso a 03 de Novembro de 2016 (Week 44) .....	86
4.3.16 Atualização de Progresso a 29 de Novembro de 2016 (Week 48) .....	87
4.3.17 Atualização de Progresso a 27 de Dezembro de 2016 (Week 52) .....	87
4.3.18 Atualização de Progresso a 24 de Janeiro de 2017 (Week 04) .....	88
4.3.19 Atualização de Progresso a 07 de Fevereiro de 2017 (Week 06) .....	89
4.3.20 Atualização de Progresso a 01 de Março de 2017 (Week 10) .....	89
4.4 Análise da evolução do projeto de acordo com os indicadores de desempenho .....	90
4.5 Análise dos indicadores de previsão .....	92
4.6 Trabalho não previsto no orçamento do projeto .....	93
4.7 Análise do progresso das atividades de forma individual .....	94
5. Conclusões .....	97
6. Bibliografia.....	101
Anexo A	
Anexo B	

## Índice de Figuras

Figura 2.1 – Tarefas apresentadas a um Gestor .....	6
Figura 2.2 – Evolução típica dos custos e recursos humanos durante um projeto .....	7
Figura 2.3 – Áreas de conhecimento .....	13
Figura 2.4 - Exemplo de Matriz para criar um WBS .....	17
Figura 2.5 – Exemplo de Matriz para gestão de pacotes de WBS .....	18
Figura 2.6 – Princípios da gestão de tempo e exemplo de cronograma .....	20
Figura 2.7 – Interação dos grupos de processos numa fase e no Projeto .....	25
Figura 2.8 - Triangulo de Ferro de Oisen .....	31
Figura 2.9 - Critérios para medição de desempenho em grandes projetos .....	32
Figura 2.10. – Gestão de custo tradicional versus abordagem de valor agregado .....	33
Figura 3.1 – Variáveis intrínsecas á Análise de Valor Agregado .....	35
Figura 3.2- Gráfico com indicadores da Análise de valor agregado .....	43
Figura 3.3 – Curva S distorcida á esquerda .....	44
Figura 3.4 – Exemplo de monitorização de uma evolução EV com os diferentes parâmetros..	45
Figura 3.5 – Exemplo de construção de um modelo de distribuição final de custos e atividades (pacote de trabalho) a partir de dados aleatórios do projeto .....	46
Figura 3.6 – Passos para construção da baseline de orçamento de um projeto (PV) .....	48
Figura 3.7 – Diagrama de Gantt das atividades a desenvolver .....	50
Figura 3.8 – Gráfico do Valor Planeado do Projeto ( <i>baseline</i> ) .....	52
Figura 3.9 – Gráfico de monitorização do estado do projeto na semana 50 .....	53
Figura 3.10 - Exemplo de várias contas de controlo introduzidas numa Estrutura Analítica do Projeto .....	56
Figura 3.11 – Exemplo de hierarquia dos elementos que compõem o orçamento.....	57
Figura 4.1 – MSR para retrofit na Central de Leibstadt .....	69
Figura 4.2 – Foto aérea da fábrica da Alstom (Atualmente G.E.) em Setúbal .....	70
Figura 4.3 – Fluxograma do processo para a alocação de H.H. por pacote de trabalho .....	73
Figura 4.4 – Gráfico do Valor Planeado (PV) do Projeto – <i>Baseline</i> inicial .....	74



## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Períodos de evolução da gestão de projetos por Aboobakar (2013) .....	8
Tabela 2.2 – Ferramentas e acontecimentos que influenciaram a gestão de projetos .....	9
Tabela 3.1 – Evolução do AVA ao longo do tempo (Kwak Y., Anbari F., 2012) .....	36
Tabela 3.2 – Sequência das atividades de construção com tempos e custos .....	49
Tabela 3.3 – Sequência das atividades de construção com tempos e custos .....	51
Tabela 3.4 – Combinações de desenvolvimentos e estratégias .....	61
Tabela 3.5 – Descrição dos parâmetros de Qualidade na AVA e as suas Fórmulas .....	67
Tabela 4.1 – Divisão do orçamento de acordo com as atividades a realizar .....	71
Tabela 4.2 – Parâmetros de referência para interpretação dos resultados AVA .....	76
Tabela 4.3 – Avaliação de desempenho a 5 de Novembro de 2015 .....	77
Tabela 4.4 – Avaliação de desempenho a 5 de Novembro de 2015 .....	77
Tabela 4.5 – Avaliação de desempenho a 3 de Dezembro de 2015 .....	78
Tabela 4.6 – Avaliação de desempenho a 17 de Dezembro de 2015 .....	79
Tabela 4.7 – Avaliação de desempenho a 28 de Janeiro de 2016 .....	79
Tabela 4.8 – Avaliação de desempenho a 25 de Fevereiro de 2016 .....	80
Tabela 4.9 – Avaliação de desempenho a 24 de Março de 2016 .....	81
Tabela 4.10 – Avaliação de desempenho a 21 de Abril de 2016 .....	81
Tabela 4.11 – Avaliação de desempenho a 19 de Maio de 2016 .....	82
Tabela 4.12 – Avaliação de desempenho a 16 de Junho de 2016 .....	83
Tabela 4.13 – Avaliação de desempenho a 14 de Julho de 2016 .....	83
Tabela 4.14 – Avaliação de desempenho a 18 de Agosto de 2016 .....	84
Tabela 4.15 – Avaliação de desempenho a 08 de Setembro de 2016 .....	85
Tabela 4.16 – Avaliação de desempenho a 6 de Outubro de 2016 .....	85
Tabela 4.17 – Avaliação de desempenho a 3 de Novembro de 2016 .....	86
Tabela 4.18 – Avaliação de desempenho a 29 de Novembro de 2016 .....	87
Tabela 4.19 – Avaliação de desempenho a 27 de Dezembro de 2016 .....	87
Tabela 4.20 – Avaliação de desempenho a 24 de Janeiro de 2017 .....	88
Tabela 4.21 – Avaliação de desempenho a 07 de Fevereiro de 2017 .....	89
Tabela 4.22 – Avaliação de desempenho a 01 de Março de 2017 .....	89
Tabela 4.23 – Avaliação de estado e desempenho consolidada, da primeira á ultima monitorização .....	90
Tabela 4.24 – Indicadores de previsão, da primeira á ultima monitorização .....	92
Tabela 4.25 – Horas.Homem despendidas em trabalhos adicionais .....	94
Tabela 4.26 - Horas.Homem orçamentadas vs. Despendidas, por atividade .....	94



# 1. Introdução

## 1.1. Relevância do tema

Segundo o PMBOK (2013), um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um único produto, serviço ou resultado, desenvolvido de forma temporária e elaborado de forma progressiva. O desenvolvimento de um projecto deve ser suportada pela gestão de projetos, que terá a responsabilidade por aplicar os conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas necessárias às diversas atividades do projetos a fim de atender aos seus requisitos.

Segundo Pillai, A.S. *et al.* (2002), o sucesso na execução de um projeto será função de uma gestão devidamente treinada para a produção por projetos e que defina de uma forma estruturada as atividades que devem ocorrer.

Contudo, não só a capacidade de a gestão se adaptar a um projeto durante a sua execução define a competitividade e sobrevivência da empresa, hoje em dia as organizações são confrontadas com um contexto de grande complexidade no qual é necessário o desenvolvimento de novas estratégias e objetivos, com o intuito de atingir um desenvolvimento contínuo (*Plan-Do-Check-Act cycle*) (Deming, 1982). É necessário que as empresas apresentem uma gestão eficaz e eficiente de monitorização para a sua sustentabilidade e sobrevivência a longo prazo (Parida, 2006), tentando conseguir uma vantagem de sustentabilidade competitiva sobre a concorrência. Um modo de uma organização se destacar da concorrência será através do conhecimento dos seus próprios processos e pela medição do seu desempenho, permitindo assim avaliar o estado atual da organização e compará-la com a concorrência.

Com o desenvolvimento desta tese pretende-se apresentar e descrever conceitos, ferramentas e indicadores de desempenho utilizados na gestão de projetos. Após essa exposição deu-se destaque ao estudo da metodologia de Gestão de Valor Agregado (sigla inglês *EVM - Earned Value Management*) e ao controlo que este método permite obter sobre a evolução de custos e de prazos ao longo do projeto, dando resposta a algumas perguntas que ocorrem frequentemente ao longo do desenvolvimento do projeto, como por exemplo:

- Estamos abaixo ou acima do orçamento?
- Face ao que já foi gasto em orçamento, o valor agregado está de acordo com o previsto?

Esta ferramenta permite ao gestor de projeto verificar se está a gastar mais para realizar as atividades orçamentadas ou caso esteja a cumprir o orçamento verificar se o desempenho, á data de monitorização, está de acordo o previsto. De forma geral, qualquer alerta emitido sobre desvios permite ao gestor de projetos confrontar o cronograma de atividades e tomar medidas corretivas e preventivas de forma a cumprir o prazo de conclusão e orçamento vendidos.

## 1.2. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica efetuada teve por base os conceitos aplicados em gestão de projetos. Primeiro efetuou-se uma análise do desenvolvimento histórico, de forma a criar uma base sólida

de definições que permitiram posteriormente analisar metodologias, ferramentas e os indicadores de desempenho relevantes no desenvolvimento de um projeto.

A informação foi recolhida através de artigos, publicações e teses sobre gestão de projetos e de aplicação da análise de valor agregado.

### **1.3. Objetivos e campo de aplicação deste trabalho final de mestrado**

Este trabalho final de mestrado tem como objetivo monitorizar os custos e o prazo de entrega durante o fabrico de um permutador de calor para uma central nuclear de produção de energia elétrica.

Pretende-se aplicar a análise de valor agregado (*EVA – Earned Value Analysis*) para monitorizar a evolução deste projeto e utilizar os indicadores que a metodologia fornece para verificar eventuais desvios e a necessidade de alterar a estratégia definida e tomar medidas adicionais para que sejam cumpridos o prazo e custo inicialmente definidos.

De referir que este modelo utilizou as seguintes ferramentas informáticas:

- *MS Project* – utilizado na elaboração do programa de atividades do projeto, definição da S- curve de referência baseada no orçamento e atualização do progresso ao longo da sua execução.
- *SAP* – utilizado na recolha de Horas.Homem (H.H.) associadas á execução das diversas atividades previstas no âmbito do projeto.
- *MS Excel* – utilizado na manipulação dos dados relativos a horas de fabrico despendidas e progresso efetivo. No cálculo e atualização da S-curve e de outros indicadores, com o objetivo de comparar a evolução á data de atualização com a inicialmente orçamentada e expectável para esse momento.

### **1.4. Estrutura do documento**

Em termo de organização este trabalho final de mestrado, além do presente capítulo, foram desenvolvidos mais quatro capítulos que pretendem expor de forma coerente o trabalho efetuado, sendo apresentada em cada um deles a seguinte informação:

- Capítulo 2 – São apresentadas as definições, normas e indicadores de desempenho associados á gestão de projetos
- Capítulo 3 – É apresentada a evolução, conceitos, normas, boas práticas e tendências de evolução e otimização do método de Gestão do Valor Agregado (*Earned Value Management*), assim como as limitações na sua utilização.
- Capítulo 4 – É descrito o caso de estudo, analisados os dados recolhidos por aplicação do modelo de avaliação de desempenho e comentados os resultados obtidos durante as várias monitorizações de progresso efetuadas ao longo da execução do projeto.

- Capítulo 5 – São apresentadas as principais conclusões sobre a aplicação do modelo de avaliação de desempenho no caso de estudo, assim como referidos trabalhos futuros tendo em conta essas conclusões.



## **2. Gestão de Projetos**

### **2.1. Definição de Gestão**

Possivelmente existem tantas definições diferentes de gestão como autores que as descrevem, gestores que as praticam e as áreas onde aplicam.

De forma genérica pode-se definir como a aplicação de conhecimentos, técnicas, capacidades e habilidades para concretizar determinado objetivo.

Para Drucker P., et al. (1975), a gestão não é simplesmente considerada como uma simples atividade funcional, mas como uma tecnologia complexa que desempenha uma função central na sociedade e que, por sua vez, é crucial para o desempenho da mesma.

Teece D. (2010), fazendo referência a uma aplicação prática da gestão numa organização defende que as próprias organizações devem ser objeto de inovação através de uma forma multidivisional da organização de negócios. Assim com cada divisão organizada como um centro de lucro independente (em empresas que crescem acima de um determinado tamanho) é possível estruturar a alocação de recursos internamente, permitindo também melhores decisões através da separação das decisões operacionais das estratégicas, resultando numa diminuição da arbitrariedade da gestão.

Frequentemente a palavra gestão surge associada a outras, como por exemplo, gestão de empresa, gestão de fabrico, gestão de recursos humanos ou gestão de projetos. Numa empresa as áreas descritas anteriormente são, normalmente, geridas por gestores diferentes contudo independentemente dos diferentes objetivos pretendidos nessas diferentes áreas, todos os gestores devem desenvolver metodologias que permitam atingir os objetivos da empresa, que poderão ser de forma simplista estruturados de acordo com a figura 2.1.

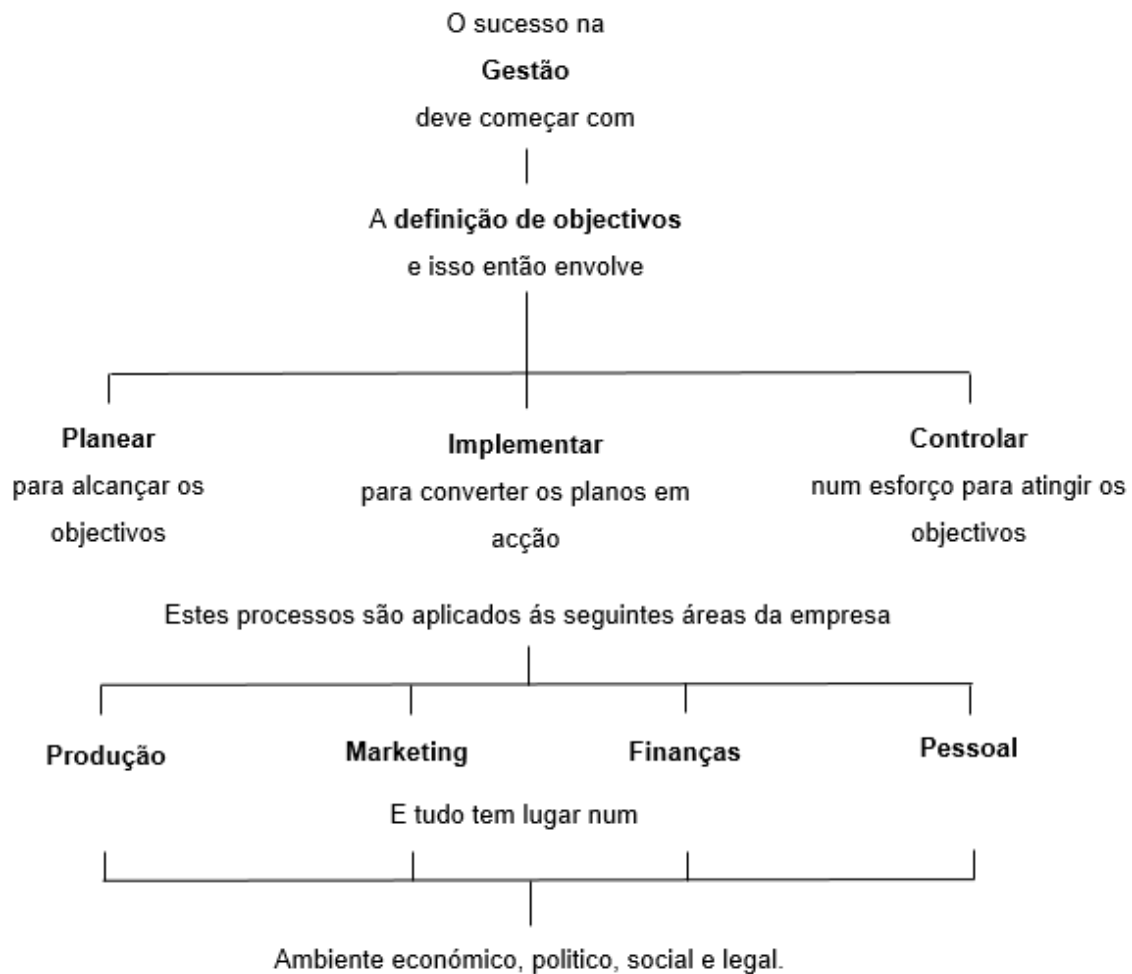


Figura 2.1 – Tarefas apresentadas a um Gestor.

(Fonte: <http://www.ci.esapl.pt/jcms/materiais/Econ%20Gest/Gestao.PDF>)

## 2.2. Definição de Projeto

Como anteriormente mencionado, um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um único produto, serviço ou resultado, desenvolvido de forma temporária e elaborado de forma progressiva. O seu fim é alcançado quando os objetivos do projeto são alcançados ou quando o projeto é finalizado porque seus objetivos não foram ou não podem ser cumpridos, ou ainda quando a necessidade do projeto não existe mais. Um projeto pode igualmente ser interrompido quando o cliente deseja terminar o projeto. Mas de forma geral e segundo Aboobakar (2013) trata-se de um empreendimento com começo e fim definidos, dirigido por pessoas, para cumprir metas estabelecidas dentro de parâmetros de custo, tempo e qualidade.

Caracteriza-se como único, pois comparando dois projetos que utilizem os mesmos materiais ou semelhantes e sejam construídos pela mesma ou diferente equipas, o projeto de construção poderá ser aplicado num local diferente, ter design diferente, diferentes circunstâncias, existirem diferentes partes interessadas, e assim por diante.

Por outro lado, devido à natureza única de projetos, podem haver incertezas ou diferenças nos produtos, serviços ou resultados que o projeto cria. As atividades do projeto podem ser novidade

para os membros de uma equipe de projeto, que pode exigir um planeamento mais dedicado do que outros trabalhos de rotina. Segundo o mesmo autor (Aboobakar), um projeto cria o desafio de gerir atividades nunca antes tentadas e que nunca serão repetidas no futuro.

Segundo o PMBOK (2013), o ciclo de vida de um projeto determina as fases de desenvolvimento do projeto onde devem ser estabelecidos, o início e o fim do projeto, a sequência de atividades de forma a atingir um objetivo e proporcionar uma boa gestão, sendo composto, de forma simplista, pelas seguintes 5 fases:

- Iniciação: Avaliar a ideia e analisar os riscos, custos e requisitos iniciais;
- Planeamento: Organização das atividades, recursos e documentos necessários.
- Execução: Desenvolver o produto/serviço até que ele esteja concluído;
- Monitorização e Controle: Garantir que os objetivos do projeto são atingidos através da monitorização e medição regular do progresso, de modo a aplicar, caso necessário, ações corretivas quando necessário;
- Finalização: Transferência e avaliação dos resultados e realocação dos recursos.

Estas fases são independentes do seu tamanho ou complexidade. A figura 2.2. apresenta as cinco fases do ciclo de vida do projeto ao longo do tempo, onde se verifica a evolução dos custos e dos recursos humanos envolvidos, durante o seu desenvolvimento.

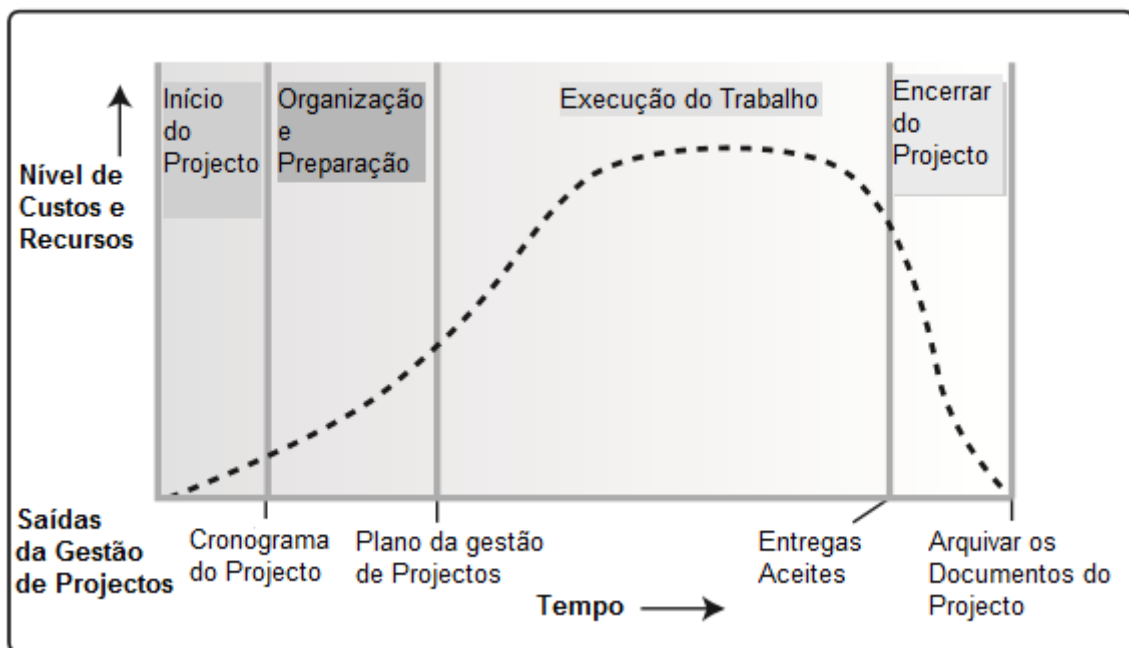


Figura 2.2 – Evolução típica dos custos e recursos humanos durante um projeto (Adaptado PMBOK).

Analisando a figura, verifica-se que na fase iniciação os recursos e os custos envolvidos são poucos, começando a aumentar quando se entra na fase de planeamento e atingindo o ponto mais alto durante a execução, monitorização e controlo, decrescendo á medida que se aproxima a finalização do projeto.

Assim, de acordo com os conceitos apresentados neste capítulo, o termo projeto pode ser aplicado a algo simples, como organizar uma viagem, até algo mais complexo como a construção de uma central termoelétrica.

### 2.3. Evolução da Gestão de Projetos

Após a definição do conceito de Projecto, apresentado no subcapítulo anterior, pode se concluir que a gestão de projeto existe á milhares de anos, segundo Aboobakar (2013), desde o tempo dos Egípcios, mas só há cerca de meio século se começou a aplicar técnicas e ferramentas de gestão em projetos complexos.

Durante a década de 50 que o conceito moderno de gestão de projetos tornou-se um assunto de estudo no âmbito das ciências económicas, entre 1960 e 1990 os princípios e ferramentas de gestão de projetos começaram a ser utilizadas em projetos com elevados orçamentos, em indústrias como aeroespacial e de desenvolvimento de software.

A tabela 2.1 apresentada abaixo classifica três períodos da evolução da gestão de projetos.

Tabela 2.1 – Períodos de evolução da gestão de projetos (Fonte: Aboobakar – 2013).

<b>Evolução da Gestão de Projetos</b>	
<b>Gestão de Projetos Tradicional</b>	Compreende o período entre 1950 a 1985, quando os projetos estavam limitados a organizações públicas. Foi no sector público que surgiu a disciplina gestão de projetos como militares e aeroespaciais do governo americano. Cabe ainda ressaltar, que nesta fase os profissionais gestor de projetos eram escolhidos mediante critérios técnicos.
<b>Gestão de Projetos Renascimento</b>	Refere-se ao período entre 1985 a 1993, e é identificado pela migração da gestão de projetos para as organizações privadas, como forma de ampliar seus negócios, visando aumentar a produtividade e o lucro. O que contribuiu para emergir diversos confrontos do gestor de projetos, em torno de questões de autoridade e poder.
<b>Moderna Gestão de Projetos</b>	Abrange o período entre 1993 até hoje, e está relacionado com a migração da disciplina para todas as áreas de negócio da empresa, tornando-a orientada a projetos. A autoridade máxima do gestor de projetos foi à solução para resolver os confrontos ocorridos no período do Renascimento

A evolução da gestão de projetos foi sendo suportada pelo aparecimento de novas ferramentas e por acontecimentos que contribuíram para o crescimento da Gestão de Projetos, como os apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Ferramentas e acontecimentos que influenciaram a gestão de projetos. (Fonte: Oliveira, R. C. F., 2003)

Data	Acontecimento
Década de 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação do método CPM (<i>Critical Path Method</i>);</li> <li>• A Marinha americana adota CPM;</li> <li>• Criação do método PERT (<i>Program Evaluation and Review Technique</i>);</li> </ul>
Década de 60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DoD (<i>Department of Defense</i>) americano apresenta o critério C/SCSC (<i>Cost/Schedule Control System Criteria</i>) para seus projetos;</li> <li>• O <i>Project Management Institute</i> (PMI) é fundado em 1969;</li> </ul>
Década de 70	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação e consolidação do MRP (<i>Material Requirement Planning</i>);</li> </ul>
Década de 80	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação do MRP II;</li> <li>• Primeira certificação PMP (<i>Project Management Professional</i>);</li> <li>• Criação do TQM (<i>Total Quality Management</i>);</li> </ul>
Década de 90	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PMBoK (<i>Project Management Body of Knowledge</i>) é criado pelo PMI</li> <li>• A Austrália e outras potências mundiais adotam o método C/SCSC;</li> <li>• ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>) emerge nos EUA;</li> <li>• Introdução dos conceitos de Engenharia Simultânea;</li> </ul>
1991	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consagração do TQM (<i>Total Quality Management</i>);</li> </ul>
1992	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação do C/SPMS (<i>Cost/Schedule Performance Management Standard</i>) canadense;</li> </ul>
1993	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação do IPMC (<i>International Performance Measurement Council</i>);</li> <li>• DoC (<i>Department of Commerce</i>) americano passa a utilizar EVM (<i>Earned Value Management</i>), uma variação do C/SCSC;</li> <li>• Introdução dos conceitos de Reengenharia;</li> </ul>
1994	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FBI americano passa a utilizar o EVM;</li> </ul>
1995	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecimento do “<i>Department of Transportation Performance Measurement Council</i>” nos EUA para medir desempenho de projetos;</li> </ul>
1996	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OMB (<i>Office of Management and Budget</i>) americano edita o requisito A-11 exigindo EVM em todos os contratos do governo;</li> <li>• EVM é acrescentado ao PMBoK</li> <li>• DoD americano cria o <i>EVM Implementation Guide</i>;</li> <li>• A Gestão de Riscos passa a ser incluída no planejamento e no controle de projetos;</li> </ul>
1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NASA cria política de gestão de desempenho baseado em EVM;</li> <li>• Surge o conceito de Cadeia Crítica (<i>Critical Chain</i>);</li> </ul>
1998	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVM passa a ter uma normalização pela ANSI (<i>American National Standards Institute</i>);</li> </ul>

1999	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PMA (<i>Performance Measurement Association</i>) se torna a primeira faculdade do PMI com o intuito de divulgar o EVM;</li> <li>• DoD americano adota as normas ANSI para EVM;</li> </ul>
2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PMBoK é atualizado com detalhes de EVM;</li> <li>• Crescimento de equipes itinerantes e multinacionais</li> </ul>
2002	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APM (<i>Association for Project Management</i> - Inglaterra) edita normas para EVM;</li> <li>• Ministério da Defesa britânica passa a utilizar o EVM.</li> </ul>

Das ferramentas apresentadas na tabela anterior verifica-se que a avaliação de desempenho do projeto através da análise do valor agregado durante a sua execução foi inicialmente fornecida pelo critério C/SCSC (*Cost/Schedule Control System Criteria*) que surgiu durante a década de 60, e sofreu uma constante evolução até ao aparecimento, em 1993, do EVM (*Earned Value Management*).

#### **2.4. O valor adicional da Gestão de Projetos**

Em geral, a gestão de projetos é amplamente utilizado em muitas organizações. De facto, segundo Cleland, D. I., *et al.* (2002), ainda não foi identificada profissão ou indústria onde as práticas de gestão de projetos não sejam úteis. A utilização da gestão de projetos permite uma clarificação dos objetivos pretendidos e identificação das áreas problemáticas e de risco, permitindo discriminar diferentes atividades e facilmente monitorizar o seu desenvolvimento e evolução, com o conhecimento de quem são os envolvidos na evolução e execução da tarefa. Segundo o mesmo autor a gestão de projetos cria um maior valor acrescentado ao ser aplicada quando é necessário:

- Compartilhar recursos entre muitas unidades.
- Dar especial atenção a empresas importantes (exemplo para concentrar a atenção em clientes específicos num mercado específico),
- Lidar com problemas complexos, desconhecidos, únicos ou raros. Com atividades, problemas e oportunidades.
- Lidar com tarefas que exigem o agrupamento de muitos recursos e capacidades multidisciplinares (por exemplo, dar resposta de emergência durante desastres).
- Trazer uma ampla gama de experiência e pontos de vista para a resolução de problemas (por exemplo, na investigação e desenvolvimento de produtos ou na resolução de problemas complexos).
- Negociar com uma empresa que requer uma entrada maciça de capital, tecnologia, habilidades e recursos.
- A gestão centralizada de um contrato base, a fim de evitar que o cliente trabalhe com muitas unidades funcionais diferentes nesse projeto.
- Gerir mudanças.

## 2.5. Normas e Metodologias de Gestão de Projetos

Como seria de esperar esta área tem disponível bastante literatura e documentação aplicável e de valor reconhecido pelos resultados alcançados no seguimento utilização das diretrizes apresentadas em diversas normas.

Em termos de normalização ISO (Organização Internacional de Normalização), foi emitida em Setembro de 2012 a *ISO 21500:2012 – Guidance on Project Management*, e posteriormente adaptada por Portugal na Norma Portuguesa 21500 – Linhas de Orientação sobre Gestão de Projetos. Esta norma tem como objetivo principal criar uma linha guia para a gestão de projetos, sendo recomendada para empresas de todos os sectores e de todas as dimensões organizacionais. São descritos processos e conceitos, que possibilitam a gestão de projetos com base nas melhores práticas.

Existem outras normas reconhecidas e utilizadas, como:

- PMBOK (PMI, 2013), que será melhor abordado no subcapítulo seguinte.
- Prince2 (<http://www.prince2portugal.pt/>).
- APMBOK (<https://www.apm.org.uk/sites/default/files/definitions2012.pdf>).
- P2M (<http://www.pmpofy.ru/files/756/p2m.pdf>).
- ICB (<http://www.ipma.world/>)

O Prince 2 (*Projects in a Controlled Environment*) apresenta uma metodologia orientada para a organização, gestão e controlo dos projetos. A metodologia foi desenvolvida em 1989 pela *Computer and Telecommunications Agency (CCTA)* e o livro foi publicado em 1996 pelo *Office of Government Commerce (OGC)* do Reino Unido, onde é bastante reconhecido no sector privado e adaptado a qualquer ambiente organizacional, independentemente do tipo ou dimensão do projeto, em qualquer sector de atividade.

O APMBOK - *Association for Project Management Body Of Knowledge*, desenvolvido em Inglaterra em 1970, apresenta de uma forma resumida aspetos práticos da Gestão de Projetos como por exemplo, questões práticas, técnicas, comerciais, estratégicas, de controlo, cujos princípios consistem na definição do âmbito e características comportamentais, visto que é considerado que o sucesso de um projeto não é resultante apenas de competências técnicas, mas sim de uma conjugação de conhecimentos e de atitudes adequadas. O mais recente standard vai na sexta edição (2012) e apresenta uma estrutura que se divide em 4 seções e que identifica 69 áreas de conhecimento/tópicos.

A *Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation (P2M)* foi desenvolvido pelo *Project Management Association of Japan (PMAJ)*, antigo *Project Management Professionals Certification Center*, e é uma associação sem fins lucrativos. Esta associação promove a gestão de projetos e pela certificação, atualização e manutenção do P2M para os profissionais de diversas indústrias. Desenvolveu o P2M, *Project and Program Management*, que foi lançado em Novembro de 2001 e se encontra disponível no seu site online (<http://www.pmaj.or.jp/ENG/index.htm>).

O P2M é um *standard* com foco na gestão de projetos e programas, e tem como objetivo orientar as empresas para a inovação empresarial com o intuito de ajudar no crescimento das mesmas em termos de sobrevivência e desenvolvimento de fatores de competitividade. A criação de valor é obtido através de uma estrutura que facilita o planeamento, a gestão e a implementação dos projetos e dos programas.

A *International Project Management Association (IPMA)*, é uma das Associações sem fins lucrativos mais antigas da área de Gestão de Projetos. Data de 1965 e tem origem europeia (Suíça) e agrega atualmente 60 associações. O IPMA conta já com 4 versões do *Individual Competence Baseline (ICB)*. O ICB apresenta uma descrição de ferramentas, técnicas, métodos, conceitos básicos, habilidades e processo de gestão, geralmente utilizados na Gestão de Projetos, permitindo a avaliação de competências do tipo comportamental, contextual e técnicas.

## **2.6. Áreas da gestão de Projetos - PMBOK**

O guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) é o *standard* escolhido para abordar as áreas da gestão de projetos, pelo conjunto descritivo de termos, conceitos e atividades que apresenta, assim como a sua grande utilidade em projetos de diferentes sectores, como o projeto abordado no caso de estudo.

Como anteriormente referenciado, apresenta um conjunto de práticas de gestão de projetos organizadas pelo PMI (*Project Management Institute*), que são consideradas pelos profissionais da área como a base de conhecimento sobre a gestão projetos.

A primeira edição deste guia foi lançada em 1996 e já se encontra na quinta edição, lançada em 2013, durante o 3º trimestre de 2017 é expectável que seja emitida a sexta edição.

O PMBOK identifica 10 áreas de conhecimento que são empregues, com maior ou menor relevância, nos projetos:

- Gestão da Integração;
- Gestão do Âmbito;
- Gestão do Tempo;
- Gestão do Custo;
- Gestão da Qualidade;
- Gestão de Recursos Humanos;
- Gestão da Comunicação;
- Gestão de Risco;
- Gestão das Aquisições (Procurement);
- Gestão das partes interessadas (Stakeholders).

A interação entre as várias de conhecimento contribui para melhores resultados na gestão de projetos.

Estas 10 áreas de conhecimento integram as cinco fases de desenvolvimento do projeto, descritas no capítulo 2.2., que são caracterizadas como grupos de processos.



Figura 2.3 – Áreas de conhecimento.

(Fonte: <http://trentim.com.br/2015/10/guia-pmbok-5/>)

As áreas descritas agregam no seu conjunto 47 processos integrados de gestão agrupados de forma lógica, de modo a permitir á gestão do projeto a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, de encontro aos requisitos do mesmo. A integração dos diversos processos permite que a gestão de projetos execute, não de forma exclusiva, as seguintes tarefas:

- Identificação dos requisitos;
- Abordar as várias necessidades, preocupações e expectativas dos stakeholders no planeamento e execução do projeto;
- Definir, manter e realizar as comunicações entre os stakeholders de forma ativa e eficaz, permitindo uma colaboração natural ao longo do projeto;
- Gerir os stakeholders no sentido de cumprir os requisitos do projeto e criar as entregas do projeto;

- Balancear os requisitos do projeto de forma competitiva, analisando e respeitando, entre outros fatores:
  - Âmbito;
  - Qualidade;
  - Programa de execução;
  - Orçamento;
  - Recursos utilizados;
  - Riscos.

As características e circunstâncias específicas do projeto podem influenciar os condicionais em que a equipe de gestão do projeto necessita se focar.

A relação entre estes fatores é tal que a alteração de um fator vai certamente alterar um outro. Por exemplo, se o tempo de execução do trabalho necessita de ser encurtado, muitas vezes o orçamento tem de ser aumentado para adicionar os recursos necessários para completar a mesma quantidade de trabalho em menos tempo. Se um aumento do orçamento não for possível, o âmbito ou qualidade requerida pode ser reduzida para entregar o resultado final do projeto em menos tempo e dentro do valor inicialmente orçamentado.

Os stakeholders do projeto podem ter interpretações diferentes sobre os fatores mais importantes a cumprir, criando um desafio ainda maior. A possibilidade de alteração dos requisitos ou objetivos iniciais do projeto pode criar riscos adicionais. A equipe do projeto deve ter a capacidade de avaliar cada situação, equilibrar as exigências, e manter uma comunicação pró-ativa com os stakeholders, sempre com o objetivo de atingir o sucesso do projeto.

Devido ao potencial para a mudança, o desenvolvimento do plano de gestão de projetos é uma atividade iterativa, sendo por isso elaborada progressivamente ao longo do ciclo de vida do projeto. A elaboração progressiva envolve um processo de melhoria contínua possível através de informação mais detalhada e específica, e estimativas mais precisas. Essa elaboração progressiva permite também uma melhor definição do trabalho, e uma monitorização e avaliação com um maior nível de detalhe ao longo da evolução do projeto.

### **2.6.1. Gestão da Integração**

Esta área de conhecimento deve garantir que todas as necessidades dos envolvidos no projeto sejam atendidas, ou superados, através da confiança, comunicação e cooperação de todas as áreas envolvidas.

A integração envolve escolhas relativas a alocação de recursos, fazer o balanceamento entre os objetivos competitivos e as alternativas, e a gestão das interdependências das diversas áreas de conhecimento, visto que os processos são geralmente definidos como processos discretos com interfaces perfeitamente definidas, o que na prática não se verifica, pois existem sobreposições e interações que não se conseguem detalhar por completo.

A gestão da integração agrega os seguintes 6 processos:

- Desenvolvimento do programa do projeto – Processo de elaboração o documento que formalmente autoriza a existência do projeto e permite ao gestor de projeto alocar os recursos às atividades de projeto.
- Desenvolvimento o plano da gestão de projetos – Processo de definição, preparação e coordenação de todos planos secundários pela integração num plano geral mais abrangente.
- Direcção e gerir o trabalho do projeto – Processo de liderar e executar o trabalho definido no plano da gestão de projetos e implementar as ações necessárias para se atingirem os objetivos do projeto.
- Monitorizar e controlar o trabalho desenvolvido – Processo de monitorizar, rever e reportar o progresso do projeto face aos objetivos definidos no plano de gestão do projeto.
- Controlo integrado de mudanças – Processo de rever todas as alterações requeridas. Aprovação e gestão de entregas, dos ativos da empresa, dos documentos do projeto e do plano da gestão de projetos, comunicando como ficam distribuídos esses pontos.
- Encerramento total ou de uma fase do projeto – Processo de finalizar todas as atividades transversais aos grupos de processos da gestão de projetos, para formalmente concluir uma fase ou a totalidade do projeto.

### **2.6.2. Gestão do Âmbito**

Esta área de conhecimento deve garantir que é incluído só e apenas o trabalho requerido para que o projeto seja completo com sucesso. Nesta fase está principalmente em causa a definição e controlo do está e ou não incluído no projeto.

A gestão do âmbito agrega os seguintes 6 processos:

- Plano de Gestão do âmbito – Processo de criar o plano de gestão do âmbito que documente como o âmbito do trabalho vai ser definido, validado e controlado.
- Reunir os requisitos – Processo de determinar, documentar e gerir as necessidades dos Stakeholders e os requisitos para atingir os objetivos do projeto.
- Definição do âmbito – Processo de desenvolver uma descrição detalhada do projeto e produto.
- Criação de uma Estrutura Analítica do Processo (EAP) WBS (*Work Breakdown Structure*) – Processo de subdividir as entregas do projecto, assim como repartir o trabalho do projeto em pacotes de trabalho para a sua melhor gestão.
- Validação do âmbito – Processo de formalizar a aceitação das entregas do projeto anteriormente definidas.
- Controlo do âmbito – Processo de monitorizar a condição do âmbito do projeto e produto e se necessário gerir mudanças para cumprir o âmbito definido.

### **2.6.2.1. Criação de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP)**

A criação de uma Estrutura Analítica do Projeto (com sigla inglesa WBS – *Work Breakdown Structure*) é uma das fases mais importantes no planejamento de um projeto.

De acordo com Clark J.J., *et al.* (2002), o WBS é uma árvore genealógica orientada a produtos, composta de hardware, software, serviços, dados, instalações, testes e todo o restante de um processo de engenharia de sistemas. Sempre que uma organização tem um grande projeto para gerir – seja a organização um piquenique para várias centenas de pessoas ou o desenvolvimento de um sistema complexo de armamento - dividir o esforço em partes para melhor gestão é o primeiro passo.

Este processo fornece uma visão estruturada sobre o que é necessário entregar, através de uma decomposição hierárquica completa do âmbito de trabalho que deverá ser realizado pela equipa de trabalho. A decomposição do trabalho a realizar é efetuada através de pacotes de trabalho ou subsistemas, cujo trabalho pode ser planeado e estimado, bem como monitorizado e controlado. O WBS deve referir os resultados/entregas que devem ser obtidas por realização do pacote de trabalho e não a descrição das atividades a realizar.

De acordo com Chua D., *et al.* (2006), analisando o projeto como um todo, os esforços dos subsistemas têm de estar fortemente coordenados de forma a garantir que os objetivos do sistema sejam atingidos de forma adequada.

Cada subsistema pode ser altamente dependente dos outros. O fluxo de parâmetros de projeto, instruções de trabalho, informações sobre o planejamento do espaço e do uso de recursos deve ser coordenado através dos limites abstratos entre esses subsistemas. De certo modo, esses atributos de um subsistema formam as restrições das interfaces dos outros subsistemas. O controlo inadequado dessas restrições pode levar a interrupções no trabalho e retrabalho devido a incompatibilidade interfacial. Assim, a capacidade de gerir as muitas interfaces entre as diversas divisões de trabalho especializado determinará o sucesso geral do projeto.

Esta ferramenta pode ser aplicada a projeto bastante complexos ou a projetos mais simples, como a pintura de uma sala, apresentada como um exemplo de matriz WBS e exposto na figura 2.4, apresentada abaixo.

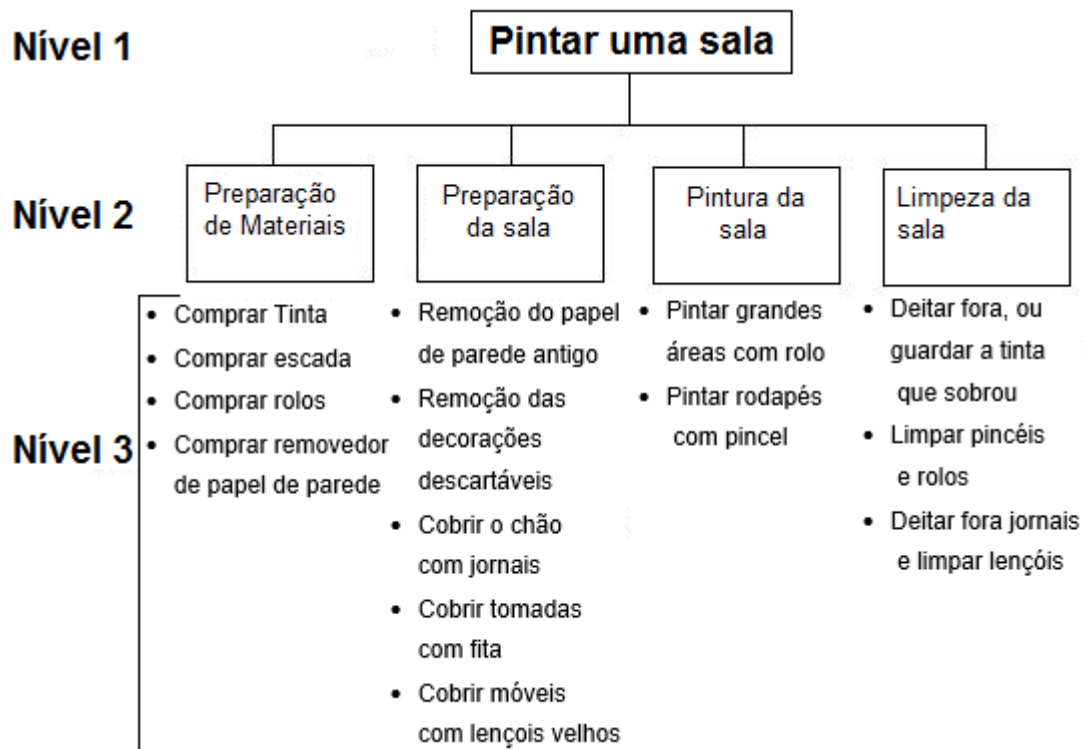


Figura 2.4 - Exemplo de Matriz para criar um WBS.

(Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/WBS\\_portuguese.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/WBS_portuguese.JPG))

Por análise do exemplo exposto na figura anterior, verifica-se em primeiro lugar, o estabelecimento de uma estrutura de repartição vertical do Produto (*PBS – Product Breakdown Structure*) e uma estrutura de repartição horizontal das atividades (*ABS – Activity Breakdown Structure*) para descrever, com o nível de detalhe requerido, o produto final a ser entregue e as atividades a serem realizadas durante o projeto.

Cada nível descendente da WBS representa uma definição gradualmente mais detalhada da definição do trabalho do projeto. Apesar da WBS poder ser representada de forma semelhante a um organograma, não o é, pode estar associado a um organograma onde esteja descrita a equipa de projeto que irá realizar o mesmo.

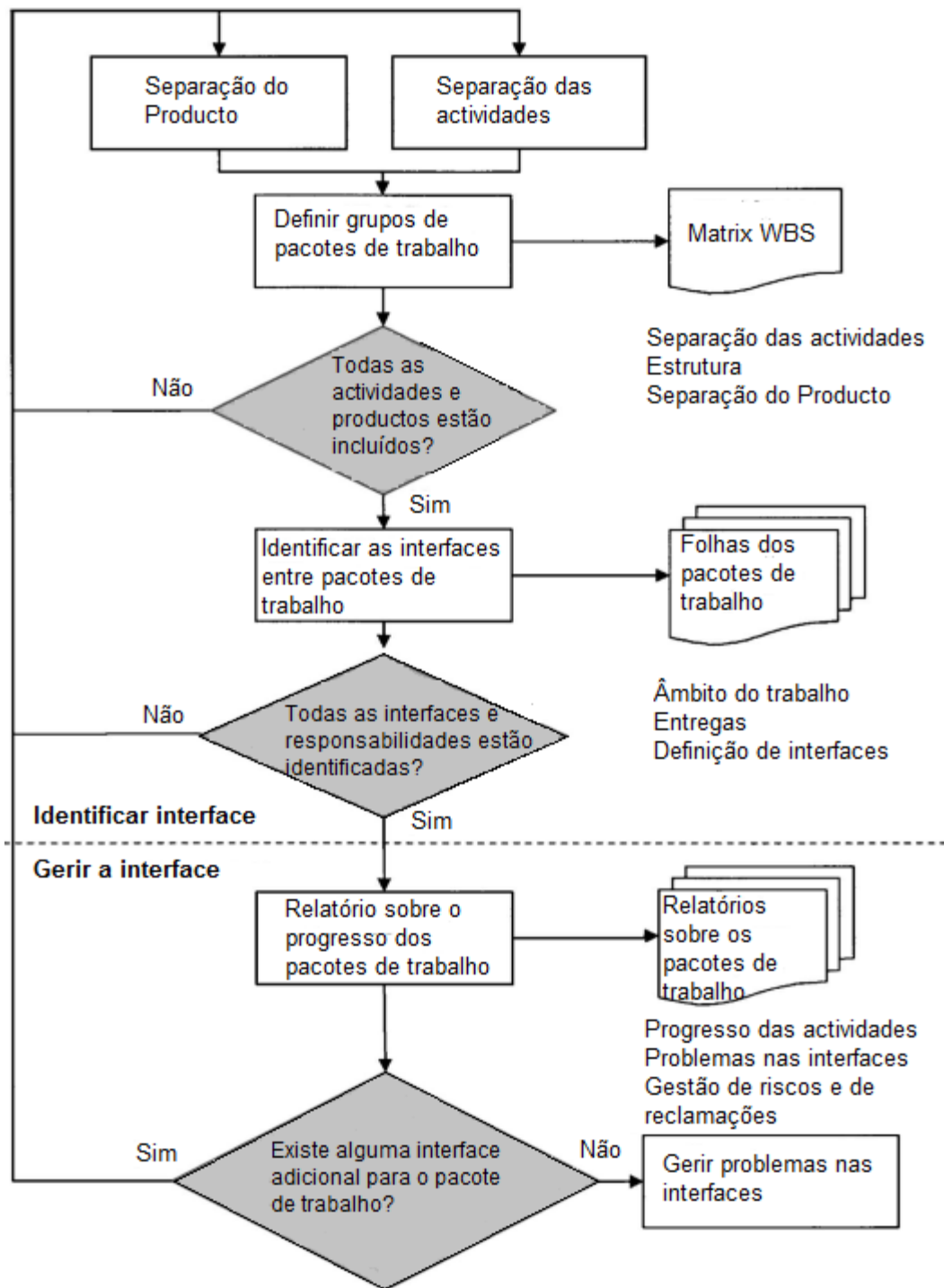


Figura 2.5 – Exemplo de Matriz para gestão de pacotes de WBS. (Adaptado de Chua D., *et al.* – 2006)

Assim, de forma resumida, um WBS permite:

- Fornecer uma estrutura para organizar e gerir o projeto aprovado;
- Ajudar a garantir que todos os assuntos e itens do projeto estão definidos;
- Fornecer suporte à gestão de riscos;

Abordando de forma geral os projetos, em particular os de maior complexidade, as células do corpo matriz WBS são reagrupadas em pacotes de trabalho (*WP – Works Packages*) correspondentes a uma atividade em particular ou a conjunto de atividades a serem realizadas num determinado produto ou conjunto de produtos.

A matriz WBS é complementada, nesses casos, com um pacote de documentos WP e relatórios WP que ajudam a gerir a interface como descrito na figura 2.5.

Numa revisão feita por Kenley R., *et al.* (2014), a publicações emitidas pelo Jornal internacional de gestão de Projetos (*IJPM – International Journal of Project Management*) entre o ano de 1983 (data da primeira publicação da IJPM) e 2013, apenas identificaram, de forma significativa e relevante o termo WBS em 108 publicações, e em 11 artigos o termo WBS é considerado como um conceito importante para os aspetos práticos de planeamento e controlo das atividades de trabalho necessárias para concluir um projeto.

Contudo, esses artigos espalhados ao longo de 3 décadas, indicam a contínua relevância do conceito de WBS desde a visão tradicional de gestão de projetos até às revisões literárias mais recentes.

### **2.6.3. Gestão do tempo**

Esta área de conhecimento inclui os processos requeridos para completar o projeto no tempo previsto.

A gestão do tempo agrega os seguintes 7 processos:

- Plano do cronograma de Gestão – Processo de estabelecer as políticas, procedimentos e documentação para o planeamento, desenvolvimento, gestão, execução e controlo do projeto.
- Definição de atividades – Processo de identificar e documentar as ações necessárias realizar para produzir as entregas pretendidas.
- Sequência de atividades – Processo de identificar e documentar a relação entre as diversas atividades do projeto (dependências, precedências).
- Estimar recursos necessários – Processo de estimar, para a execução de cada atividade, o tipo e quantidades de materiais necessários, os recursos humanos, equipamentos ou outros fornecimentos.
- Estimar duração das atividades – Processo de estimar o período de tempo necessário para completar individualmente cada atividade, com os recursos estimados.
- Desenvolvimento do Cronograma – Processo de analisar a sequência, duração, recursos necessários e constrangimentos das atividades de forma a criar o programa base do projeto.
- Controlo do Cronograma – Processo de monitorizar a evolução das atividades do projeto de forma a atualizar o progresso e gerir eventuais mudanças no cronograma de forma a cumprir o inicialmente planeado.

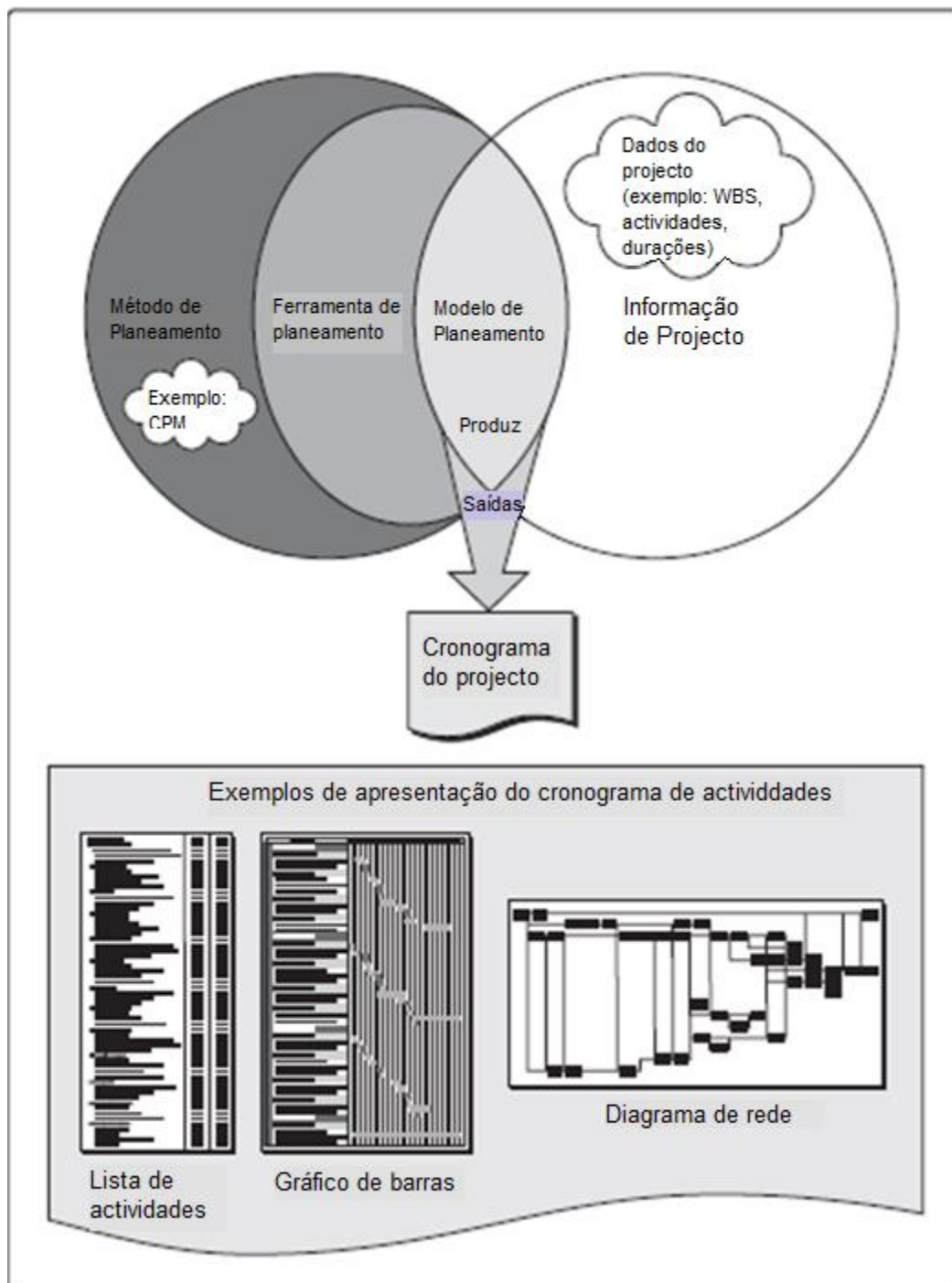


Figura 2.6 – Princípios da gestão de tempo e exemplo de cronograma. (Adaptado de PMBOK)

Em alguns projetos, especialmente os mais pequenos, a definição, a sequência, os recursos alocados, estimativa da duração e o desenvolvimento do cronograma de atividades estão relacionados, e podem ser vistos como um único processo.

A figura 2.6 apresenta os princípios da gestão de tempo e um exemplo de cronograma que mostra a relação entre os métodos, ferramentas e as saídas da gestão de tempo do projeto, com a criação do cronograma do projeto.

Segundo Bianco L., *et al.* (2016), o nivelamento de recursos desempenha um papel fundamental no gestão de projetos quando se pretende manter sob controlo os picos de utilização de recursos

ao longo do tempo, isto é, evitar sobrecargas indesejadas de recursos e desta forma tornar inviável um planeamento com muitos picos de recursos. Assim, é necessário ter conhecimento das relações de precedências entre as atividades, atribuir um prazo para a conclusão de todas as atividades, caracterizar as variações de execução, em termos de utilização de recursos e atribuir uma duração para cada atividade.

De acordo com Jahr M. (2014), na sua abordagem para a elaboração de um cronograma quantitativo dentro de uma estrutura ágil (isto é, com muito potencial para que existam variações ao longo do projeto muito diferentes do inicialmente programado) na construção de software, conclui que os métodos ágeis e as abordagens tradicionais não são mundos contrários. De fato, os modelos quantitativos podem ser ferramentas importantes para apoiar a gestão de projetos em estruturas ágeis. A combinação de gestão de projetos quantitativos e fluxos ágeis é uma direção de pesquisa promissora. As abordagens híbridas de gestão de projetos quantitativos podem ser um grande benefício para os gestores de projetos de software e para outras indústrias.

#### **2.6.4. Gestão de Custos**

Esta área de conhecimento inclui os processos que permitem planejar, estimar, orçar, financiar, gerir e controlar os custos para que o projeto seja concluído dentro do orçamento aprovado.

A gestão de custos agrega os seguintes 4 processos:

- Plano de gestão de custos – Processo de estabelecer políticas, procedimentos e documentação para o planeamento, gestão e controlo dos gastos no projeto.
- Estimativa de custos – Processo de desenvolver uma aproximação dos recursos monetários necessários para completar as atividades do projeto.
- Determinar o Orçamento – Processo de agregar os custos estimados por atividades ou pacotes de trabalho, e estabelecer a base de custos do projeto (baseline) de forma a medir o seu desempenho.
- Controlo de Custos – Processo de monitorizar a evolução dos custos do projeto

Atualmente existem algumas formas de controlar os custos de um projeto. Um simples diagrama de Gantt não identifica os recursos a utilizar de forma a permitir a gestão de custos do projeto. Para realizar a gestão de custos através do diagrama de Gantt é necessário fazer recurso a um software, como por exemplo o *MS Project* que foi utilizado neste trabalho final de mestrado e é utilizado na gestão da maioria dos projetos. Contudo este software é pago e pode prejudicar o próprio custo do projeto.

#### **2.6.5. Gestão da Qualidade**

Esta área de conhecimento inclui os processos e a organização das actividades que determinam as políticas, objetivos e responsabilidades da qualidade de forma a satisfazer as necessidades para as quais o projeto foi concebido. Devem ser utilizadas políticas e procedimentos que

promovam a melhoria contínua dos processos, dentro do contexto do projeto, do sistema de gestão da qualidade e sempre que apropriado.

A Gestão da Qualidade do projeto deve garantir que os requisitos do projeto são atingidos e validados e agrega os seguintes 3 processos:

- Plano de Gestão da qualidade – Processo de identificar os requisitos ou padrões de qualidade do projeto, assim como documentação que demonstre conformidade perante os requisitos de qualidade.
- Realizar a Garantia de Qualidade - Processo de auditar os requisitos de qualidade e os resultados das medições de controlo de qualidade, com o objetivo de assegurar que padrões de qualidade e definições operacionais apropriadas são utilizados.
- Controlo de Qualidade - Processo de monitorizar e registar os resultados das atividades de qualidade com o objetivo de avaliar o desempenho e recomendar mudanças caso necessário.

#### **2.6.6. Gestão dos Recursos Humanos**

Esta área de conhecimento inclui os processos que permitem organizar, gerir e liderar a equipa do projeto. A equipa do projeto é composta pelas pessoas com funções e responsabilidades atribuídas com o objetivo de completar o projeto.

Os membros da equipa do projeto podem ter vários conjuntos de competências, podem estar presentes a tempo inteiro ou parcial, e podem ser adicionados ou removidos da equipa de acordo com a evolução do trabalho do trabalho.

Embora sejam atribuídos papéis e responsabilidades específicas a cada membro da equipa do projeto, é benéfico o envolvimento de todos os membros da equipa no planeamento do projeto e na tomada de decisões, permitindo acrescentar sua experiência ao processo e fortalecer seu compromisso com o projeto.

A gestão dos Recursos Humanos agrega os seguintes 4 processos:

- Plano de Gestão dos recursos humanos – Processo de identificar e documentar a função de cada interveniente no projeto, responsabilidades, as competências necessárias, reportar a relação entre os intervenientes e criar um plano de gestão de pessoal.
- Adquisição da equipe do projeto - Processo de confirmar a disponibilidade de recursos humanos e obter a equipe necessária para concluir as atividades do projeto.
- Desenvolver a equipa de projeto - Processo de melhorar as competências, a interação entre membros da equipa e o ambiente geral da equipa, com o objetivo de melhorar o desempenho do projeto.
- Gestão da Equipa do Projeto - Processo de monitorizar o desempenho de cada membro da equipa, fornecendo feedback, resolvendo problemas e gerindo as alterações necessárias para otimizar o desempenho do projeto.

### **2.6.7. Gestão da Comunicação**

Esta área de conhecimento inclui os processos que permitem planejar, reunir, criar, distribuir, armazenar, recuperar, gerir, controlar, monitorizar e ter a disposição final das informações do projeto.

Os gestores do projeto passam grande parte do tempo a realizar comunicações, seja com os membros da equipa, seja com outras partes interessadas do projeto (*stakeholders*), quer internos (em todos os níveis organizacionais), quer externos à organização. Nesse sentido, uma comunicação eficaz cria uma ponte entre os diversos intervenientes que têm impacto ou influência na execução ou no resultado do projeto, visto que estes podem ter origens culturais e organizacionais diferentes, diferentes níveis de especialização e diferentes perspetivas e interesses.

A gestão da Comunicação agrega os seguintes 3 processos:

- Plano de Gestão de Comunicações - Processo de desenvolver uma abordagem e um plano apropriados para as comunicações de projetos, baseados nas necessidades e requisitos de informações das partes interessadas e de acordo com os activos organizacionais disponíveis.
- Gestão das Comunicações - Processo de criar, reunir, distribuir, armazenar, recuperar e as últimas disposições das informações do projeto de acordo com o plano de Gestão de Comunicações.
- Controlo das Comunicações - Processo de monitorizar e controlar as comunicações ao longo de todo o ciclo de vida do projeto, com o objetivo de garantir que as necessidades de informação das partes interessadas do projeto sejam atendidas.

### **2.6.8. Gestão de Risco**

Esta área de conhecimento inclui os processos que permitem conduzir o planeamento da gestão de riscos, identificando, analisando, planeando as respostas e controlando os riscos do projeto. Os objetivos da gestão de risco são: aumentar a probabilidade e o impacto de eventos positivos, e diminuir a probabilidade e o impacto de eventos negativos no projeto.

A gestão de Riscos agrega os seguintes 6 processos:

- Planear a Gestão de Riscos - Processo de definir como realizar atividades de gestão de risco no projeto.
- Identificar Riscos - Processo de determinar quais os riscos que podem afetar o projeto e documentar as suas características.
- Realizar uma análise Qualitativa de Riscos - Processo de priorização de riscos, com o objetivo de analisar ou tomar uma acção adicional, avaliando a sua probabilidade de ocorrência e o seu impacto.
- Realizar Análise Quantitativa de Riscos - Processo de análise numérica sobre o efeito dos riscos identificados nos objetivos gerais do projeto.

- Planear respostas aos riscos - Processo de desenvolver opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto.
- Controlo de Riscos - Processo de implementar planos de resposta ao risco, rastrear os riscos identificados, monitorizar os riscos residuais, identificar o aparecimento de novos riscos e avaliar a eficácia do processo de gestão de risco ao longo do projeto.

#### **2.6.9. Gestão das Aquisições/Abastecimento (*Procurement*)**

Esta área de conhecimento inclui os processos que permitem comprar ou adquirir produtos, serviços ou resultados externos à equipa de projeto.

A gestão das aquisições do projetos inclui os processos de gestão de contratos e o controlo das mudanças necessários para desenvolver e administrar os contratos ou ordens de compra emitidos pelos membros da equipa do projeto autorizados para o efeito.

A gestão das aquisições agrega os seguintes processos:

- Planear a Gestão de Aquisições - Processo de documentar as decisões de aquisição do projeto, especificando a abordagem e identificando vendedores/fornecedores em potencial.
- Liderar as Aquisições - Processo de obter respostas dos fornecedores, selecionar o fornecedor e adjudicar um contrato.
- Controlo das Aquisições - Processo de gerir as relações de suprimento, monitorizando o desempenho do contrato e efetuando alterações e correções conforme apropriado.
- Encerramento das Aquisições - Processo de concluir cada aquisição do projeto.

#### **2.6.10. Gestão das Partes Interessadas (*Stakeholders*)**

Esta área de conhecimento inclui os processos que permitem identificar as pessoas, grupos ou organizações que podem impactar ou ser impactadas pelo projeto, analisar as expectativas e o seu impacto, e desenvolver estratégias de gestão apropriadas para envolver efectivamente as partes interessadas nas decisões e execução do projeto.

Esta área também se concentra na comunicação contínua com as partes interessadas, com o objetivo de compreender as suas necessidades e expectativas, abordar as questões à medida que estas ocorrem, gerir conflitos de interesses e promover o envolvimento apropriado das partes interessadas nas decisões e atividades do projeto. A satisfação das partes interessadas deve ser gerida como um objetivo chave do projeto.

A gestão das Partes Interessadas agrega os seguintes 4 processos:

- Identificar as Partes Interessadas - Processo de identificar as pessoas, grupos ou organizações que podem impactar ou ser impactadas por uma decisão, atividade ou resultado do projeto. Analisar e documentar informações relevantes sobre seus interesses, envolvimento, interdependências, influência e potencial impacto no sucesso do projeto.

- Plano de Gestão das Partes Interessadas - Processo de desenvolver estratégias de gestão apropriadas, com o objetivo de envolver efetivamente as partes interessadas ao longo do ciclo de vida do projecto, com base na análise das necessidades, interesses e potencial impacto no sucesso do projeto.
- Gestão do Envolvimento das Partes Interessadas - Processo de comunicar e trabalhar com as partes interessadas, com o objetivo de atender às suas necessidades e expectativas, abordar as questões à medida que elas ocorrem e promover o adequado envolvimento das partes interessadas nas atividades do projeto ao longo do ciclo de vida do mesmo.
- Participação das Partes Interessadas - Processo de monitorizar as relações entre as partes interessadas do projeto e ajustar estratégias e planos com objetivo de os envolver.

Pode-se afirmar que tão bom ou melhor que saber, é saber quem poderá a ser a pessoa/Stakeholder que terá o conhecimento necessário para ajudar na resolução de um problema. Em termos gerais, os *Stakeholders* devem ser vistos como uma mais-valia para a execução do projeto que devem ser devidamente geridos aos vários níveis da organização.

## 2.7. Interação dos processos de Gestão de Projeto

Os processos apresentados anteriormente integram as cinco fases de desenvolvimento do projeto, descritas no capítulo 2.2, passando a caracterizar cada fase como um grupo de processos. Esses grupos de processos apesar de serem caracterizados de forma individualizada interagem entre si. A figura 2.7 ilustra como os grupos de processos interagem e o nível de sobreposição ao longo da vida do Projeto.

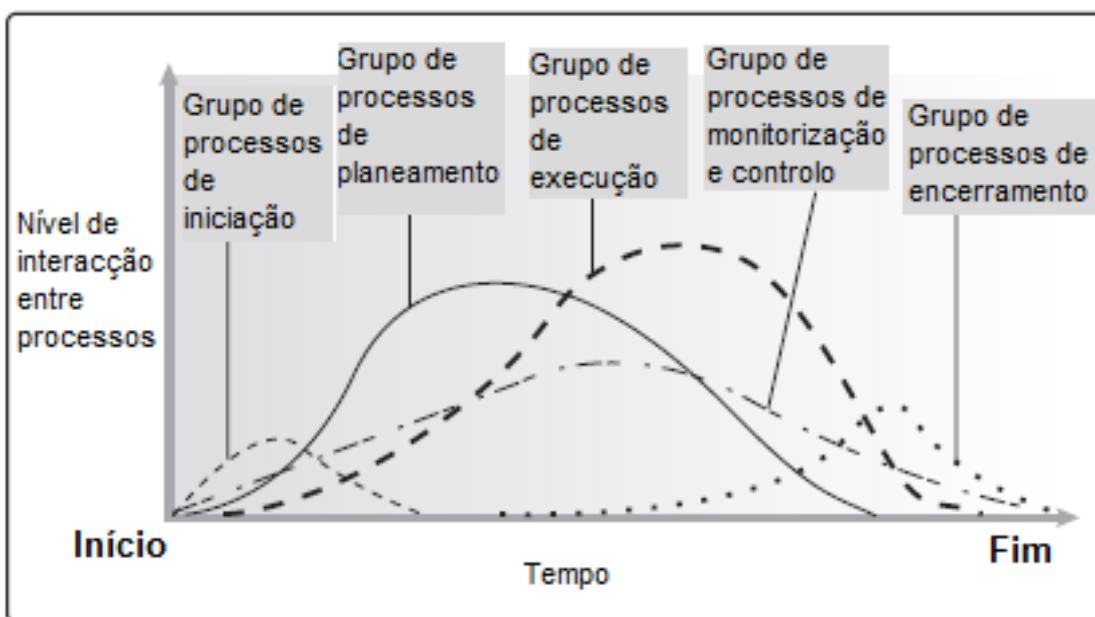


Figura 2.7 – Interação dos grupos de processos numa fase e no Projeto (Fonte: Adaptado de PMBOK).

A evolução da gestão de projetos desde a década de 60 tem vindo a alterar a definição de sucesso do Projeto. Anteriormente a visão de sucesso era exclusivamente baseada em termos técnicos, atualmente baseia-se prazos, custos, tecnologia e aceitação pelo cliente, e numa visão futura o sucesso será baseado em prazos, custos, tecnologia, aceitação do cliente, mudanças mínimas nos objetivos e não perturbar o desenvolvimento da atividade empresarial.

Segundo Aboobakar (2013), referindo-se a projetos de tecnologia de informação, apenas 32% dos projetos podem ser considerados um sucesso. Perto de metade, em concreto 44%, apresenta problemas de prazos e custo, sendo que os projetos que apresentam problemas com o orçamento, ultrapassam-no, em média, em 44%, e os que apresentam problemas com o prazo, ampliam, em média, o cronograma original em 63%.

As derrapagens podem estar associadas a diversos fatores como mau planeamento, má gestão, atraso de fornecedores, má estimativa de mão-de-obra necessária, etc.

Uma forma de evitar o insucesso ou minimizar as consequências do insucesso do projeto, será através de uma eficiente monitorização e controlo da sua evolução durante a sua realização, visto que os problemas não desaparecem nem são minorizados com o passar do tempo e portanto uma eficiente monitorização e controlo aumenta a probabilidade de serem identificados e resolvidos o quanto possível.

## **2.8. Identificação dos Indicadores-Chave de Desempenho (KPI's)**

Os Indicadores-Chave de Desempenho (*Key Performance Indicators – KPIs*) são um conjunto de medições de dados usados, por exemplo, para avaliar o desempenho de uma operação de construção. Estes métodos são utilizados pela gestão para avaliar o desempenho dos funcionários numa determinada tarefa. Essas avaliações geralmente compararam o desempenho real com o desempenho estimado, em termos de eficácia, eficiência e qualidade, relacionando-os com mão-de-obra e com produto em fabrico. (Cox R., *et al.*, 2003), Todorovic M., *et al.* (2013), afirma que para uma correta compreensão da definição do acrónimo KPI é necessária uma explicação para cada palavra, que pode ser utilizada como referência na otimização sobre quantos e quais o KPI's a utilizar:

- *Key* (chave) – Maior contribuidor para o sucesso ou insucesso do projeto.
- *Performance* (Desempenho) – Uma métrica que pode ser medida, quantificada, ajustada e controlada.
- *Indicator* (Indicador) – Uma coerente representação do desempenho presente e futuro.

Os modelos destinados a implementar e monitorizar as atividades de construção podem não conseguir identificar quais indicadores que representam com maior precisão as mudanças no desempenho. Em oposição a reportar e divulgar cada pedaço de informação recolhida no trabalho deve ser considerado um método mais simplificado que permita recolher os dados que preveem estar diretamente relacionados com o desempenho da tarefa a ser medida e avaliada. A fim de medir o desempenho ou prever os efeitos de qualquer mudança no processo de construção é necessário numa primeira análise determinar os indicadores de desempenho

adequados para se concentrar em medir o seu impacto. Os indicadores de desempenho podem ser definidos quer pelos resultados quantitativos de um processo de construção, ou seja, dinheiro por unidade, ou por medidas qualitativas, tais como o comportamento dos trabalhadores no trabalho. A correcta avaliação do desempenho de construção só pode ser alcançada quando estão definidos os indicadores-chave e se inicia a monitorização dos mesmos.

Cox R. R. A., *et al.* (2003), apresentam no seu estudo uma descrição dos indicadores de desempenho quantitativos e qualitativos mais importantes em projetos de construção do ponto de vista da gestão de projetos. Esses indicadores serão descritos nos subcapítulos seguintes.

### **2.8.1. Indicadores de desempenho quantitativos**

Os indicadores de desempenho mais aceites são aqueles que podem ser fisicamente medidos, seja por dinheiro, unidades ou Horas-Homem, permitindo ao gestor focar-se nas áreas que mostram uma variação no valor da receita gerada.

Neste tipo de abordagem, uma ação que seja tomada e que não se reflita numa melhoria mensurável em termos de redução de custos ou num aumento quantificável na produtividade, poderá ser considerada um fracasso pela gestão.

As unidades quantitativas de medição devem ser simples, fáceis de recolher, fáceis de aplicar e não devem colocar uma sobrecarga na produção.

Na maioria dos casos, as mesmas unidades utilizadas na orçamentação da obra podem ser usados no sistema de medição da produtividade, como:

- **Units/ Horas Homem (H.H.):** é um dos dois métodos quantitativos mais comuns de serem encontrados na indústria da construção. Este método pode medir o número de unidades concluída por um homem durante uma hora individual de trabalho. É considerado um método simples, de rápida implementação e recolha de informações, podendo ser aplicado em qualquer tarefa ou atividade básica.
- **Custo (€)/ Unidade:** este indicador de desempenho é o segundo dos dois métodos mais utilizados em análises quantitativas de desempenho. A definição é simplesmente, trata-se do valor agregado ao produto desde que é encomendado até à sua colocação no local definido, incluindo os custos de materiais, custos de trabalho (mão de obra), resíduos e custos de equipamento. A implementação deste método é bastante fácil e geralmente suficiente para monitorar as tarefas básicas. Quando o volume de trabalho ultrapassa componentes facilmente quantificáveis, devem ser utilizados novos indicadores de desempenho. Deve-se partir para uma avaliação de desempenho que apresente referências ou estimativas detalhadas e cronogramas para monitorar adequadamente operações.
- **Custo:** Utiliza relatórios de custos de trabalho para prever o sucesso ou insucesso do esforço envolvido na construção. O custo do trabalho envolve a monitorização do desempenho, comparando os custos atuais acumulados com os custos orçamentados em dinheiro (Euros/ Dollars, etc) para o trabalho concluído até esse momento. Esta

abordagem geralmente não destaca individualmente as operações mas fornece um resumo geral de cumprimento do orçamento.

- **Conclusão no tempo previsto (*On-Time Completion*):** Paralela à abordagem de custo do trabalho utiliza a medição de desempenho de acordo com a duração do cronograma, e é muitas vezes incorporada com a medição do custo compreensão do desempenho atual da construção. Utiliza marcos de tempo (*Milestones*) de conclusão/início com o objetivo de verificar se construção está dentro do cronograma. A produtividade é apenas medida com base de tempo gasto face á duração total prevista.
- **Gestão de Recursos:** Cálculo de mudanças de produtividade com base na quantidade de materiais, ferramentas e equipamentos gastos ao longo da construção. A Gestão de Recursos permite monitorizar o desperdício de material antes de uma mudança e, em seguida, comparar esse valor com o desperdício monitorizado após aplicação de uma mudança.
- **Controlo do retrabalho por motivo de Qualidade:** O retrabalho, tradicionalmente, é responsável por 6-12% do custo global de um projeto de construção. O cálculo da variação do número de horas de trabalho e dos custos de material para a reparar o trabalho já efetuado mas sem a qualidade requerida pode ser uma ferramenta eficaz para medir o desempenho global do projeto. Ao reduzir a quantidade de retrabalho, os lucros associados a uma atividade específica podem aumentar drasticamente.
- **Percentagem concluída:** A percentagem de conclusão pode ser estimada pelo encarregado ou supervisor no local de trabalho. Este método é útil para tarefas relativamente menores, normalmente de curta duração, onde não se justificam outros métodos mais caros e que consumam tempo. Este método é apenas tão bom quanto a pessoa responsável pela avaliação. Á medida que o gestor de projeto ganha mais experiência, o método ganha mais precisão. Uma alternativa na utilização deste método será considerar o número de atividades concluídas até ao momento e dividi-las pela quantidade total a realizar para determinar a percentagem de progresso completa.
- **Valor agregado em Horas-Homem:** A abordagem em termos de Horas-Homem agregadas ao projeto é um dos métodos mais populares para medir o desempenho. As Horas-homem são agregadas como um ganho na conclusão do projeto através da multiplicação das Horas-Homem estimadas para uma atividade pela quantidade de trabalho concluído, chegando-se ao número de Horas-Homem ganhas para essa atividade específica até à data. Ao se subtrair no número real de Horas-Homem despendidas nessa atividade o número de Horas-Homem ganhas obtém-se um indicador de produtividade do trabalho.
- **Contabilização de Tempo Perdido:** Assim como o retrabalho, a perda de tempo é considerado um desperdício de horas de trabalho sem retorno. Este método mede a produtividade de acordo com o número de horas-homem perdidas por inatividade, motivada pela espera de materiais, instruções ou ordens de trabalho diárias, em outras. Ao reduzir o tempo médio de inatividade de um trabalhador a produtividade irá

aumentar, sendo que a única despesa para a empresa seria a de planejar com maior detalhe todas as atividades de construção, afim de para aumentar a eficiência.

- **Lista de Tarefas a realizar/reparar (*Punch List*):** Trata-se de um documento, realizado normalmente na parte final do projeto, que lista o trabalho que não está de acordo com as especificações do contracto e que requer atenção imediata, devendo ser corrigido antes do pagamento final. O trabalho pode incluir instalações incompletas ou incorretas, danos acidentais em acabamentos, materiais e estruturas existentes, entre outros. Existem várias maneiras de reportar as atividades a realizar, seja por exemplo, através do valor total das actividades a realizar face ao valor total do contrato, ou pelo total de Horas-Homem a realizar em percentagem do total de Horas-Homem do projeto.

### 2.8.2. Indicadores de desempenho Qualitativos

Os indicadores de desempenho qualitativos não são de forma comum aceites como ferramentas de desempenho e de avaliação da produtividade devido à sua dificuldade e/ou impossibilidade de serem medidos. Ao contrário de indicadores quantitativos de desempenho, os indicadores qualitativos não aparecem no sistema de estimativa de custos utilizada pela maioria das empresas de construção.

Os dados qualitativos consistem em descrições detalhadas de situações, eventos, pessoas, interações e observações de comportamento. Podem resultar de citações diretas de pessoas sobre suas experiências, atitudes, crenças e pensamentos, assim como de partes ou da totalidade de documentos, registros e histórico de ocorrências.

Podem também ser definidos como indicadores que têm o potencial para medir os comportamentos dos trabalhadores no local de trabalho, tais como os seguintes parâmetros:

- **Segurança:** A segurança é uma grande preocupação para todas as empresas de construção, independentemente do tipo de trabalho realizado. Segurança é medida quantitativamente pela de taxas de incidência e pelo seu histórico (*EMR – Experience Modification Ratings*). O objetivo de um programa de segurança é eliminar as perdas motivadas por práticas de trabalho deficientes que podem impactar o bem-estar dos trabalhadores, e por isso é classificado como um KPI. O indicador de Segurança pode ser utilizado em relatórios de desempenho, através da medição da variação do número de acidentes ou dos problemas relacionados com a segurança no local de trabalho. A falta de segurança pode ter um impacto negativo sobre o trabalho. Nos casos em que ocorrem acidentes, o trabalho pode parar numa determinada área, a moral do trabalhador pode cair e a produtividade diminuir. Acompanhando o desempenho do trabalho utilizando segurança como critério pode permitir á empresa verificar os benefícios devidos à formação dos trabalhadores ou motivados pela modificação de um processo de fabrico. Contudo, essas alterações podem nem sempre resultar em reduções de custo imediatas.

- **Taxa de Substituição:** A taxa de substituição é um problema que aflige a indústria de construção e que indiretamente aumenta os custos globais. Medindo os custos associados aos trabalhadores que abandonam a empresa para procurar trabalho em outras empresas e o custo de treino de novos funcionários para preencher essas posições é uma ferramenta valiosa para determinar o desempenho geral do fabrico. Percentagens elevadas de substituição de colaboradores resulta numa diminuição de habilidades quando considerando um trabalhador médio, que podem afetar a qualidade do trabalho a ser executado. Adicionalmente, os gastos efetuados no treino de novos funcionários aumentam os custos globais na empresa. Ao se monitorizar a substituição de colaboradores na empresa podem ser medidos os impactos no desempenho das atividades.
- **Absentismo:** A avaliação de desempenho com base no absentismo fornece unidades mais concretas de medição. O absentismo pode ser medido pela variação do número de Horas-Homem perdidas motivadas por ausências que ocorreram ao longo do projeto de construção. Uma diminuição do número de Horas-Homem perdidas resultada diretamente num aumento da produção ou das saídas resultantes do trabalho. Com a diminuição do número de ausências é possível manter a mão-de-obra orçamentada, e necessária, para completar o trabalho de acordo com o cronograma de atividades.
- **Motivação:** O indicador mais difícil de medir será a motivação dos trabalhadores. A motivação pode ser definida como a atitude do trabalhador para o trabalho e para o ambiente criado no local de trabalho. Numa outra perspectiva pode significar a disposição dos funcionários para realizar as tarefas á sua responsabilidade de forma a satisfazer a gestão.

Apesar dos indicadores de desempenho qualitativos não possam ser caracterizados de acordo com uma estimativa de custo, o seu impacto sobre os custos do projeto são muito reais. Os indicadores qualitativos desempenham um papel importante em praticamente todas as áreas do processo de construção. Os gestores que não incorporam indicadores qualitativos nas suas avaliações podem falhar no reconhecimento de uma área importante que pode ter um impacto sobre a avaliação de desempenho.

## 2.9. O triângulo de Ferro

Como já foi dado a entender anteriormente, os desvios, erros e problemas terão maior probabilidade de ocorrência quanto mais complexo for o projeto e menor for o tempo e a capacidade de previsão de contrariedades.

Apesar de serem sempre diferentes os problemas que possam ocorrer, eles por norma significam mais trabalho a ser realizado no mesmo tempo disponível e com trabalho que tenha o mínimo impacto no orçamento, assim, resumindo a três os critérios pelos quais um projeto pode ser medido tem-se a qualidade, o custo e o tempo como os principais indicadores.

A figura 2.8 apresentada em seguida apresenta o triângulo de ferro (*the Iron Triangle*) desenvolvido por Olsen.

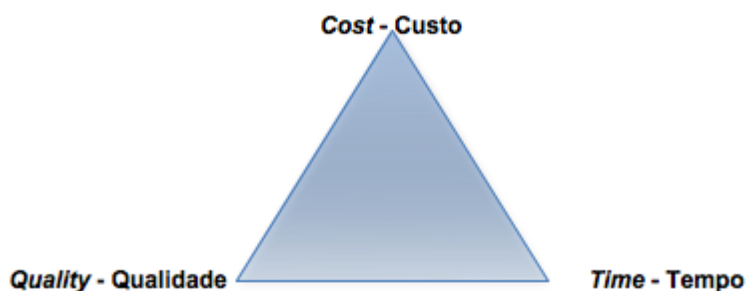


Figura 2.8 - Triângulo de Ferro de Olsen. (Fonte: Adaptado de Toor S., *et al* – 2010)

Segundo Atkinson R. (1999), os critérios para a medição de sucesso definidos por Olsen e apresentados na figura anterior continuam a ser utilizados para descrever a gestão de projetos nos dias de hoje.

Passados 11 anos, Toor S. *et al.* (2010), indicam que as medidas tradicionais do triângulo de ferro (pontualidade, sub-orçamento e especificações) não são mais aplicáveis à medição do desempenho em grandes projetos de desenvolvimento do setor público. Outros indicadores de desempenho, como a segurança, o uso eficiente dos recursos, a eficácia, a satisfação das partes interessadas (*stakeholders*) e a redução de conflitos e disputas estão a tornar-se cada vez mais importantes. Apesar de uma afirmação tão perentória sobre a desatualização do triângulo de ferro, esclarecem que existem algumas ambiguidades relacionadas com a escala de sucesso do projeto, argumentando que existem dois pontos de vista possíveis: sucesso a nível macro e o sucesso em nível de micro. Ao ponto de vista macro interessa a questão "o conceito original funciona?" Geralmente, os utilizadores finais do projeto são aqueles que procuram o sucesso do projeto do ponto de vista macro. O ponto de vista micro diz respeito às partes relacionadas com a construção, tais como consultores e contratados. Além disso, o micro sucesso pertence ao conceito tradicional do triângulo o projeto deve estar no prazo, dentro do orçamento e de acordo com as especificações.

Nessa perspetiva, devem ser considerados novos indicadores de desempenho nos projeto de construção de grandes dimensões que complementam os existentes no triângulo de ferro e são apresentados na figura 2.9.

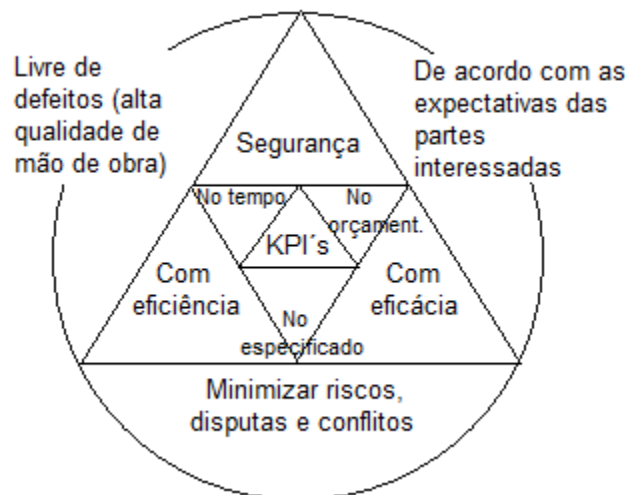


Figura 2.9 - Critérios para medição de desempenho em grandes projetos. (Adaptado de Toor S., *et al* – 2010)

Na figura anterior são apresentados três níveis, nos quais devem ser visualizados os KPIs, questões relacionadas com tempo, orçamento e qualidade são o cerne da avaliação de desempenho do projeto – continuando a prevalecer o convencionalmente conhecido triângulo de ferro na avaliação de desempenho.

Questões relacionadas com a segurança, eficiência e precisão (ou 'fazer a coisa certa') são igualmente importantes para que um projeto seja executado no prazo, dentro do orçamento e de acordo com as especificações.

No último nível (e não menos importante), estão as questões relacionadas com a satisfação dos *Stakeholders*, os conflitos e as disputas durante a construção e o baixo número de defeitos (alta qualidade da mão-de-obra) que devem ser considerados no âmbito da avaliação de desempenho. É muito comum que os projetos de construção sofram atrasos e derrapagens no orçamento motivados por disputas entre as diferentes partes. Incluindo muitas outras questões, as disputas são muitas vezes motivadas pela insatisfação dos *Stackholders* em alguns aspetos do projeto.

Assim, e em verdade, pode-se concluir que o triângulo de ferro continua a ser aplicável na gestão de projetos, contudo, para se adaptarem á realidade atual os gestores de projeto necessitam de ter em consideração outros indicadores desempenho (na sua maioria indicadores qualitativos) que se foram tornando relevantes na perspetiva dos *Stackholders*. O sucesso de projetos futuros será cada vez mais medido com base nos critérios de estratégia, sustentabilidade e segurança. No caso de edifícios e infraestruturas e de acordo o autor anterior, estes projetos serão avaliados com base na sua flexibilidade operacional, manutenção, eficiência energética, sustentabilidade e a contribuição para o bem-estar geral dos seus utilizadores finais.

De acordo com Dimitriou H. *et al.* (2013), os projetos de transporte de grandes dimensões (Sigla inglesa *MTP's* – *Mega Transportation Projects*) "bem-sucedidos" dependem do quanto os riscos, as incertezas e as complexidades na tomada de decisões são bem abordados e como todos os envolvidos são sensíveis às decisões tomadas ao longo do ciclo de vida do projeto. Para delinear

o desenvolvimento de um mega projeto bem-sucedido, é também afirmada a necessidade de mudança séria de mentalidade sobre a forma como esses mega projetos são posicionados, enquadrados, planeados e encarados.

Sendo este trabalho final de mestrado baseado no acompanhamento do fabrico em oficina de um equipamento o modelo de avaliação de desempenho do projeto teve por base dois indicadores de desempenho do triângulo de ferro – o prazo e o custo – aplicados de acordo com a ferramenta *Earned Value*.

De acordo com Chen (2008), comparando a gestão de tradicional com a gestão de valor agregado, a gestão tradicional utiliza uma abordagem de duas variáveis onde são relacionados o "custo e prazo reais" com o "custo e prazo planeados."

Como a eficiência desempenho na execução do projeto muito provavelmente será diferente da inicialmente prevista a quando da elaboração do planeamento do projeto, assim, o custo real, num momento de monitorização, não será um verdadeiro reflexo da percentagem de trabalho realizado. Isto é, depois de despender 50 por cento do orçamento do projeto, não existe a certeza que 50 por cento do projeto esteja efetuado.

Assim, é necessária uma terceira variável chamada valor agregado para medir a percentagem de progresso efetiva do projeto. A Figura 2.10 ilustra a comparação dessa variação. O sistema de valor agregado tenta reduzir a subjetividade e fornecer uma medida de desempenho mais objetiva. O conceito básico de estabelecer e manter um plano atualizado que permita medir a percentagem de trabalho realizado é um dos princípios mais importantes da gestão e o conceito de valor agregado é uma ferramenta prática para aplicar esse princípio.

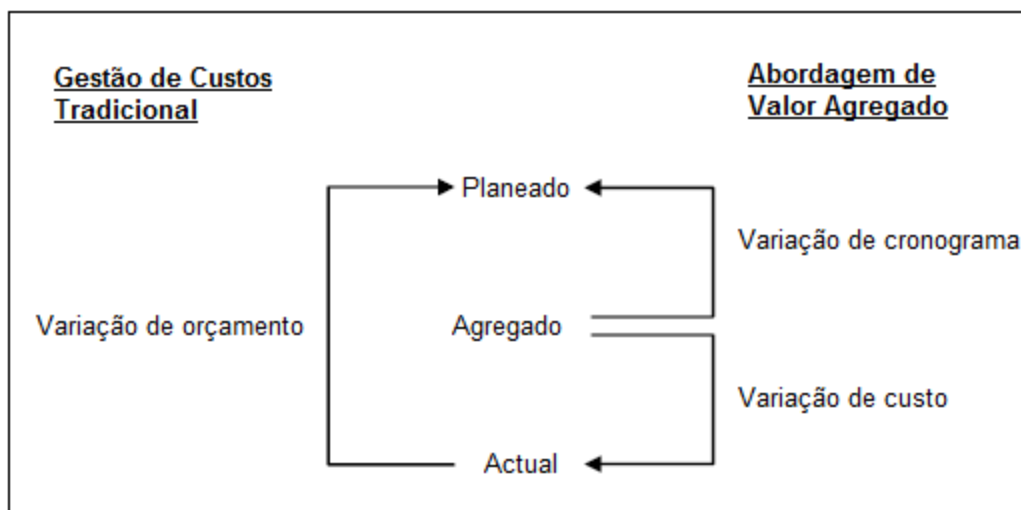


Figura 2.10. – Gestão de custo tradicional versus abordagem de valor agregado.

(Fonte: Adaptado de Chen M., 2008)



### 3. Análise de Valor Agregado (EVA – *Earned Value Analysis*)

#### 3.1. Introdução

A análise de valor agregado (Earned Value Analysis) é uma ferramenta muito importante e de elevada capacidade de controlo, no que diz respeito á gestão de projetos em termos de tempo e custo. É uma técnica que faz comparações entre o está agregado, o que era previsto estar agregado e o que foi efetivamente gasto até esse momento no projeto. Assim, fornece projeções baseadas no que está agregado até ao momento. A partir destes indicadores, é possível fazer uma previsão sobre o desempenho do nosso projeto ao longo da sua execução.

De acordo com Vargas R. V. (2004) a utilização desta ferramenta no controlo do projeto assenta em três princípios básicos, a definição do trabalho a realizar e após essa definição o desenvolvimento de cronogramas e orçamentos, com os quais será comparado progresso do projeto nas monitorizações que sejam efetuadas durante o seu desenvolvimento.



Figura 3.1 – Variáveis intrínsecas á Análise de Valor Agregado  
(Fonte: Farinha A, 2013)

Segundo Chen (2008), na sua forma mais básica, o earned value deve responder á questão: “O que recebemos pelo que foi gasto (custo)?”. Num sentido mais amplo, o custo pode incluir qualquer investimento de recursos em ativos estratégicos, incluindo tempo, monetários, humanos e recursos físicos. Contudo, os dois mais correntemente utilizados no sistema AVA são os recursos monetários (Euros/ dollars) e humanos (horas de trabalho – sigla H.H.; ou Working Hours – Sigla Inglesa WH). Outras quantidades podem ser usadas para medir o desempenho, contudo estas serão por norma convertidas em dinheiro ou em trabalho a fim de facilitar a análise de valor agregado.

De acordo com Kwak Y., *et al.* (2012), a AVA é uma metodologia de gestão de projetos para medir o desempenho financeiro e o progresso do projeto. A forma mais básica de aplicação da AVA é associada aos engenheiros industriais, nos finais do século XIX, no seu trabalho de oficina. Em 1967, a AVA foi introduzida pelo governo federal dos Estados Unidos como parte

integrante dos sistemas *Cost/Schedule Control Systems Criteria (C/SCSC)*, que eram formados por 35 regras e passaram a incluir o conceito de Valor Agregado (EV) afim de entender os aspetos financeiros dos programas e utilizar esta metodologia em grandes programas de aquisição, na tentativa de estabelecer uma metodologia consistente baseada nas melhores práticas. Quando foi introduzido o EVM, este era designado por *Budget Cost of Work Performed (BCWP)*. A tabela 3.1 apresenta expõe as evoluções mais relevantes do EVM ao longo do tempo.

Tabela 3.1 – Evolução do AVA ao longo do tempo (Fonte: Adaptado de Kwak Y., et al., 2012).

Ano	Acontecimento
1967	Sistema de controlo de Custo/prazo (C/SCSC) introduzido pelo departamento de defesa norte americano (DoD)
1972	Emissão do primeiro guia de implementação do sistema de controlo de custos (C/SCSC) para assegurar consistência nos diversos departamentos militares nos E.U.A.
1991	Instrução do Departamento da Defesa (DoD) norte americano 5000.2 - Gestão das Políticas e Procedimentos de Aquisição, reafirmando o uso da AVA
1996	Instrução 5000.2R - Procedimentos mandatórios para os principais programas de aquisição da defesa e para os principais programas automatizados de aquisição de sistemas de informação emitidos. Guias de orientação para a indústria aceites pelo subsecretário da defesa e revisão do Sistema de controlo de Custo/prazo (C/SCSC) de 35 para 32 critérios.
1998	Instituto Nacional de Normas Americano (ANSI)/ Aliança das Industrias de Eletrónica (EIA) publicam orientações para sistemas AVA na indústria (EVMS; ANSI/EIA-748-98).
1999	Subsecretário da defesa adota a norma ANSI/EIA-748-98 para as aquisições do Departamento da Defesa norte americano (DoD)
2000	Simplificação da terminologia AVA publicada pelo Instituto de Gestão de Projetos (PMI)
2005	Publicação de uma prática padrão para a gestão de valor agregado (EVM) pelo Instituto de Gestão de Projetos (PMI)

Uma visão geral do AVA foi incluída no primeiro Guia PMBOK em 1987 e expandida nas edições seguintes.

Para incentivar o uso mais amplo do AVA, o governo federal dos EUA decidiu eliminar o C/SCSC no final de 1996 e direcionou-se para um sistema AVA mais flexível. O Instituto Americano de Padrões Nacionais (ANSI) e a *Electronic Industries Alliance (EIA)* publicaram diretrizes para a utilização do sistema AVA em 1998. O *Project Management Institute's (PMI's)* através do livro *Guide to the Project Management Body of Knowledge (Guia PMBOK)* fornece a terminologia básica e as fórmulas da AVA. A terminologia foi simplificada e foram fornecidos mais detalhes sobre o EVM a partir de 2000 e nas edições seguintes do Guia *PMBOK* (PMI, 2008), assim como

no livro emitido em separado do *PMBOK*, o *Practice Standard* (PMI, 2011). A orientação para o sistema AVA (EVMS) desenvolvido pela ANSI/EIA (norma 748) identifica 32 critérios que os sistemas AVA confiáveis devem ter.

Nos últimos anos a aplicação da AVA está cada vez mais generalizada, muito graças às inúmeras publicações que promovem os princípios da AVA e pelos pacotes de software avançados de gestão de projetos que incorporam os métodos e as análises AVA.

Segundo Mortaji S., *et al.* (2013), a AVA é de aplicação obrigatória em projetos no governo dos EUA. No sector privado, a indústria de construção foi um dos primeiros a adotar a AVA na monitorização dos seus projetos, sendo que esta metodologia também passou a ser utilizada no sector privado numa variedade de indústrias, como consultoras e estabelecimentos de ensino.

Apesar de amplamente assumido que a implementação de técnicas de valor agregado (EV) tem muitas vantagens e melhoraram o desempenho dos projetos em termos de custo e cronograma, as investigações nesta área são limitadas. O autor anterior apresenta algumas abordagens que foram dadas ao tema por outros autores:

- Desenvolvimento de um rácio entre custo e cronograma com o objetivo de gerir as folgas ou derrapagens dos projetos. Introdução do conceito de *Earned Schedule* (ES) para superar as limitações dos indicadores tradicionais associados ao tempo e ao cronograma.
- Melhorar a eficácia na implementação da AVA pelo desenvolvimento dos cálculos associados ao mesmo.
- Estudo da implementação da AVA em diferentes organizações e discussão da melhor forma de implementar esta metodologia na prática.
- Desenvolvimento da matemática mais flexível associada à AVA.
- Aplicação de métodos estatísticos à AVA, com o objetivo de prever o resultado de um projeto.
- Desenvolvimento de um método formal para adicionar a dependência do tempo à AVA.

Contudo, o autor considera que os métodos anteriores não foram eficientemente implementados para lidar com ambientes de incerteza e imprecisão. A percentagem completa na AVA muitas vezes tem ambiguidades e a estimativa precisa deste valor é difícil, e no momento de monitorização e controlo existe alguma dificuldade em obter informações precisas sobre a percentagem completa, assim sendo é importante ter ferramentas para lidar com este problema, caso a incerteza associada a essa monitorização não satisfaça o nível de controlo necessário para gerir o projeto através do AVA.

De forma a refletir a incerteza dos dados recolhidos começam a ser introduzidas ferramentas para melhorar a qualidade dos dados recolhidos ou dos indicadores emitidos. Uma abordagem foi a introdução de dados *Fuzzy* na análise da gestão de valor agregado (EVM). A teoria de dados *Fuzzy* têm-se aplicado em várias áreas e tem como objetivo modelar, em computador, a informação recolhida e resultante do pensamento Humano e assim estabelecer uma base de confiança maior para a tomada decisões.

A este respeito, Mortaji *et al.* (2013) faz referência a um mecanismo de controlo para a análise de valor agregado obtido no ambiente de produção por utilização de números *Alfa - Cut*. Mais tarde foi desenvolvida uma abordagem *Fuzzy* para a gestão de valor agregado (EVM) com uma abordagem trapezoidal de números *Fuzzy*. Esta abordagem *Fuzzy* aplicada ao AVA foi posteriormente melhorada pela incorporação de números *Fuzzy alfa-cut* e triangulares.

Outra abordagem de previsão estatística é referida por Vargas R. V. (2004), que utilizou a simulação de Monte Carlo (apelido de um projeto secreto de desenho e fabrico de armas nucleares) na previsão através de probabilidades na evolução do valor agregado num projeto. Esta simulação assume que um modelo simples de amostras aleatórias pode resolver certos problemas matemáticos que não podiam ser resolvidos até o momento.

O princípio da simulação de Monte Carlo é o aumento do número de dados recolhidos e a interpretação da distribuição dos mesmos, e posteriormente através das equações que moldam o processo, baseadas nos valores de entrada, simular as saídas do mesmo. A variação das entradas altera-se pela simples colocação de cenários: “E se isto acontecer?”.

Na aplicação desta simulação no controlo do progresso de um projeto através da AVA, o aumento dos dados recolhidos será conseguido pelo controlo do valor agregado e custo real de pacotes de trabalho de forma a avaliar a tendência das diferentes atividades e o seu impacto nos resultados finais do projeto, isto é, em oposição a efetuar um único gráfico para o controlo do valor agregado no projeto, efetuar tantos quantos necessários, de acordo com os pacotes de atividades existentes, e assim efetuar previsões de evolução com base nas evoluções que se verificam nos diferentes pacotes de trabalho.

### **3.2. Conceitos e parâmetros da análise de valor agregado**

Por uma questão de coerência de escrita, que permita associar este trabalho a outros estudos na área e ao mesmo tempo evitar o uso incorreto da terminologia associada ao tema, pretende-se em seguida definir os diferentes termos utilizados, assim como as fórmulas associadas aos mesmos.

Serão utilizadas algumas nomenclaturas em inglês com o objetivo de facilitar a associação com outros estudos e com a literatura existente.

***Earned Value Management System (EVMS)*** – sistema que engloba os processos, procedimentos, ferramentas e modelos utilizados na obtenção do *Earned Value Management*.

***Earned Value Management (EVM)*** – metodologia que pretende controlar e avaliar a evolução de um projeto, através da quantificação da quantidade de trabalho efetivamente realizado até ao momento em que se efetua a sua avaliação, comparando o seu desempenho com o que foi planeado e orçamentado, permitindo também realizar previsões para o futuro do projeto.

Permite fornecer á gestão de projetos uma visão presente e futura da evolução do projeto em termos de valor agregado.

**Análise de Valor Agregado (AVA) ou *Earned Value Analysis (EVA)*** - técnica de medição de desempenho que pretende gerir os custos e prazos do cronograma de trabalhos, avaliando o que foi obtido em relação ao que foi efectivamente gasto, e comparando com o que foi orçamentado para esses trabalhos. Esta técnica baseia-se na medição do desempenho do trabalho utilizando cronograma de atividades do projeto, e fornece indicadores de estado e desempenho, em termos de prazos, custos e quantidade de trabalho realizado.

**Valor Planeado (PV)** – inicialmente definido como o custo orçamentado do trabalho programado (BCWS – Budgeted Cost of Work Scheduled), reflete o orçamentado estimado no início do projeto para realizar as tarefas do projeto, e deve ter por base os custos dos recursos atribuídos a essas tarefas, sejam eles mão-de-obra, matéria-prima etc. O PV é dado pelo somatório do orçamento de todas as tarefas/atividades necessárias para que o projeto seja elaborado com sucesso. O trabalho inerente a cada uma das tarefas, quer seja feito internamente ou adjudicado a uma terceira parte, deve ser estimado. Quando atribuída a quantidade de orçamento disponível para a tarefa ou atividade, bem como a sua duração, o PV para a tarefa ou atividade fica definido. Podendo ser alterado caso exista uma mudança no projeto, por exemplo, motivada por alteração do âmbito da tarefa.

**Custo Real (AC – *Actual Cost*)** – inicialmente definido como custo real do trabalho realizado (ACWP – *Actual Cost of Work Performed*), é provavelmente o parâmetro mais importante da análise EV, visto que representa a quantidade efetiva de dinheiro que a empresa teve de gastar no projeto, ou que foi gasto até um determinado momento do projeto em que se está a efetuar uma monitorização. O AC indica o custo real dos trabalhos realizados e é dado pelo somatório dos custos reais associados a todas as atividades realizadas até à data da monitorização deste parâmetro, seja no início, meio ou no final do projeto.

**Valor Agregado (EV – *Earned Value*)** – inicialmente definido como custo orçamentado do trabalho realizado (BCWP – *Budgeted Cost of Work Performed*), reflete a quantidade de orçamento agregado ao projeto até ao momento da monitorização e resulta da multiplicação da percentagem de conclusão das atividades iniciadas ou concluídas até esse momento, pelo orçamento destinado a cada uma dessas atividades ou conjunto de atividades. Por outras palavras, é o valor acumulado dos custos orçamentados ponderados pela percentagem de conclusão de todas as atividades realizadas e iniciadas até à data da monitorização deste parâmetro.

Muitas vezes o EV é difícil de medir com precisão e é baseado num julgamento feito por pessoas experientes que fazem parte da equipa do projeto. As atividades que são concluídas terão um valor de  $EV=PV$ , enquanto as tarefas que não foram sendo iniciadas terão um valor de  $EV=0$ .

A dificuldade surge quando é necessário estimar o EV para uma tarefa que está em progresso. Nesse caso devem existir regras específicas que permitam garantir que o EV não é subestimado,

nem sobrestimado, e que o erro associado a essa estimativa dê segurança ao gestor de projeto para tomar decisões.

**Varição nos Custos (CV – Cost Variation)** – reflete o desempenho dos custos do projeto. Trata-se da diferença algébrica entre o valor que foi fisicamente agregado (EV) e o custo real despendido no projeto (AC) até um determinado momento de monitorização. Se o CV for positivo, a atividade ou conjunto de atividades estarão com custo abaixo do valor orçamentado, se for zero as atividades ou conjunto de atividades foram realizadas com um custo igual ao orçamento, se for negativo, a atividade ou conjunto de atividades terão ultrapassado o orçamento, sempre tendo como referência o momento de monitorização.

$$CV=EV-AC \quad (1)$$

**Varição de Prazos (SV – Scheduling Variation)** – indica a diferença entre o Valor Agregado (EV) e o valor planeado (PV) em termos de custo. Para um valor de SV positivo o projeto está em avanço fase ao planeado, caso este seja negativo o projeto está atrasado.

$$SV =EV-PV \quad (2)$$

**Varição no tempo (TV – Time Variation)** – indica a diferença entre o Valor Agregado (EV) e o valor planeado (PV) em termos de tempo. É obtido graficamente pela projeção da curva EV (ou BCWP), e encontra a data em que o PV (ou BCWS) agrega o mesmo valor de EV, de acordo com o exposto na figura 3.2. A diferença entre a data de referência e a data em que o valor planeado (PV) agrega o mesmo valor que o Valor Agregado (EV) representa o atraso ou o avanço do projeto em relação ao planeado.

**Índice de Desempenho de Prazos (SPI – Scheduling Performance Index)** – indica a relação entre o Valor Agregado (EV) e o valor planeado (PV) num determinado momento de monitorização. Este indicador mostra a taxa de conversão do valor previsto em valor agregado até esse momento.

$$SPI=EV/PV \quad (3)$$

**Índice de Desempenho de Custo (CPI – Cost Performance Index)** – Indica a relação entre o valor agregado (EV) e o custo real do projeto (AC). Este índice apresenta a taxa entre os valores reais consumidos e os valores agregados para um mesmo momento de monitorização.

$$CPI=EV/AC \quad (4)$$

**Orçamento ao Término (BAC – Budget At Completion)** – Indica o valor de orçamento na conclusão do projeto com base no plano inicial, isto é, trata-se da previsão inicial do custo total do projeto.

**Estimativa de Custo ao Término (EAC – Estimated at Completion)** – Projeta o custo final do projeto ao longo do seu desenvolvimento e por isso é considerado um dos indicadores mais importantes da Análise de Valor Agregado (AVA). Este indicador é resultante do Orçamento ao término (BAC), ajustado com base no desenvolvimento do projeto. O EAC pode ser calculado considerando três posições: otimista, mais provável e pessimista, contudo a expressão mais comum e mais utilizada no cálculo deste indicador é dada por:

$$EAC=BAC/CPI \quad (5)$$

Caso considere-se que não irão ocorrer variações não expectáveis no desenvolvimento do projeto, após o momento de análise, e assim considerado as variações de custos até à data como desprezáveis e sendo expectável **no futuro não voltarem a ocorrer desvios semelhantes (Otimista)**, pode-se utilizar a seguinte expressão no cálculo deste indicador:

$$EAC=AC+BAC-EV \quad (6)$$

No caso de considerar-se que irão ocorrer variações não expectáveis no futuro e que as **variações de custos ocorridas até à data da monitorização vão continuar no futuro com o mesmo padrão de variação (mais provável)**, e com o pressuposto de que nada será alterado no projeto, pode-se utilizar a seguinte expressão no cálculo deste indicador:

$$EAC=AC+ (BAC-EV)/CPI \quad (7)$$

Este indicador pode também ser calculado utilizando na sua expressão de cálculo o indicador SPI, considerando assim uma tentativa de recuperar o atraso e colocar o projeto com a data de término inicialmente prevista, terão de ser incluídos novos recursos ou realizadas horas extraordinárias. Assim sendo, trata-se de uma **perspetiva pessimista**, apesar de na maioria das vezes ser a previsão que melhor projeta o desenvolvimento futuro do projeto. Neste cálculo podem ainda ser considerados pesos para o SPI e para o CPI sendo que o somatório dos dois pesos terá de ser igual à unidade

$$EAC=AC+(BAC-EV)/(CPI*SPI) \quad (8)$$

Cada gestor de projetos pode optar pela opção que mais se enquadre no projeto.

**Estimativa para Terminar (ETC – *Estimation to Completion*)** - Indica o valor financeiro necessário para completar o projeto, isto é, trata-se do valor necessário despendido para concluir o projeto, excluindo o que foi gasto até a data de monitorização. Este indicador é obtido pela subtração do Custo Actual (AC) pelo Estimativa ao Término (EAC), sendo que o indicador EAC será calculado com base numa das três perspetivas apresentadas no ponto anterior.

$$ETC=EAC-AC \quad (9)$$

**Varição Final dos Custos (VAC – *Variation at Completion*)** – Indica a diferença entre o custo orçamentado para a conclusão do projeto (BAC) e o custo estimado para a conclusão do projeto (EAC). Com o indicador EAC calculado, torna-se simples determinar se o projeto irá estar acima ou abaixo do orçamento na data de conclusão. Um valor negativo significa que o projeto irá terminar acima do orçamento, por outro lado, para um valor positivo considera-se que o projeto foi concluído abaixo do orçamento e para um valor igual a zero que o orçamento foi perfeitamente cumprido.

$$VAC=BAC-EAC \quad (10)$$

**Duração prevista para o projeto (TAC – *Time At Completion*)** – Indica uma previsão de duração total do projeto baseada no tempo de duração prevista originalmente (PAC – *Plan At Completion*) e o Índice de Desempenho de Prazos (SPI).

$$TAC=PAC/SPI \quad (11)$$

**Varição Final dos Prazos (DAC – *Diference At Completion*)** – Indica a diferença em termos de tempo, entre a Duração Prevista para o Projeto e o Término Previsto Originalmente.

$$DAC=PAC-TAC \quad (12)$$

**Índice de Desempenho de Recuperação de Custos (TCPI)** – Indica a taxa de eficiência necessária para realizar o trabalho remanescente para que o projeto seja concluído dentro do orçamento previsto. Definido o valor de desempenho necessário para recuperar o CPI. Este indicador permite definir qual o desempenho que deverá ser obtida para o êxito das diversas metas do projeto.

$$TCPI=(BAC-EV)/(BAC-AC) \quad (13)$$

Os parâmetros a cima apresentados e os cálculos associados permitem obter informação sobre a situação, o histórico e também previsões sobre a evolução de custos e prazos do projeto. Para uma melhor interpretação das informações disponibilizadas por esta ferramenta de análise de

valor agregado utiliza-se a representação gráfica de acordo com a figura 3.2 apresenta a baixo, onde é representada uma visão geral num gráfico da curva S.

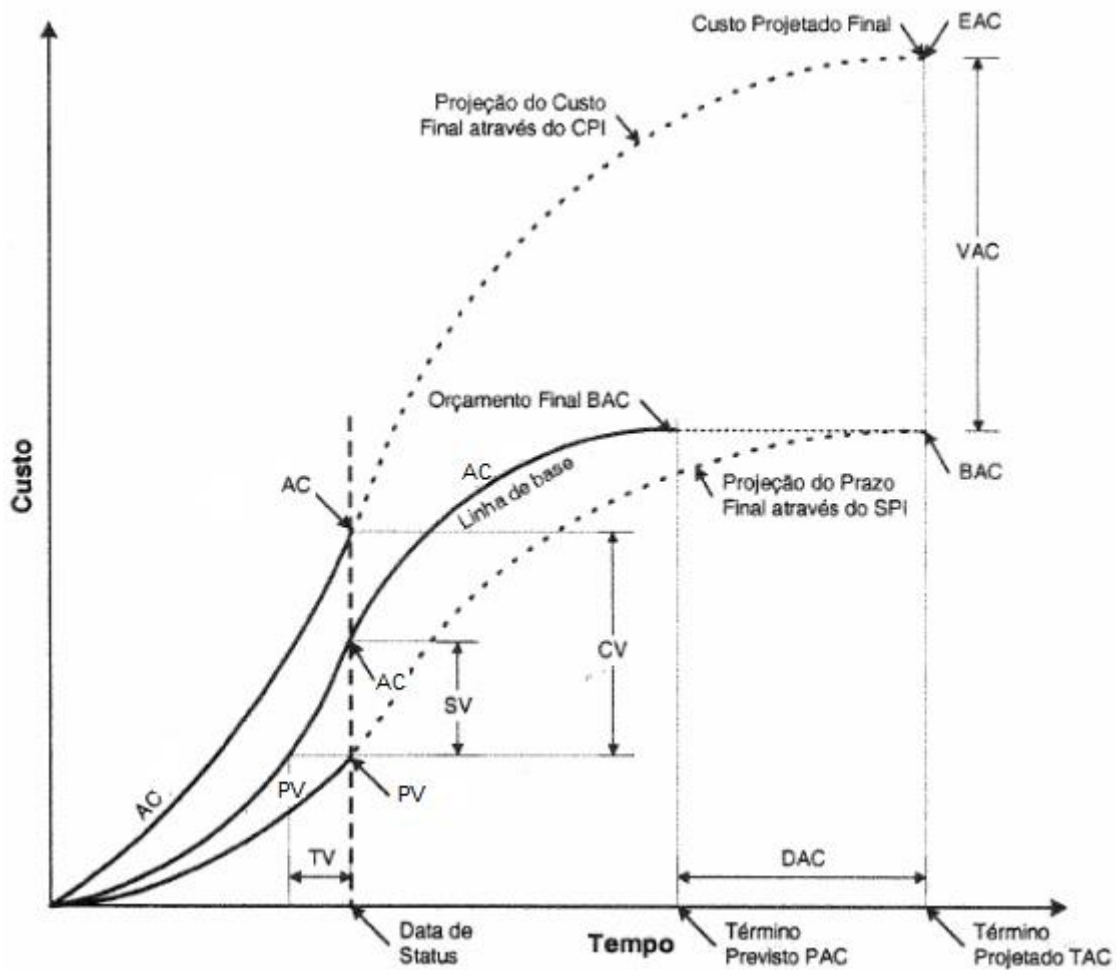


Figura 3.2 - Gráfico com indicadores da Análise de valor agregado. (Fonte: Adaptado de Farinha A, 2013)

O gráfico de representação da evolução dos custos ao longo do tempo de desenvolvimento do projeto tem a designação de curva s (s-curve) visto que a representação do valor planejado, do valor agregado e do custo real ao longo do tempo tem, por norma, a forma de “S” (mais ou menos perfeito, de acordo com a evolução do projeto).

Assim, avaliando o comportamento expectável será de esperar que numa fase inicial existam poucos custos e pouco progresso na execução do projeto, após essa fase é expectável que exista um aumento do progresso do projeto ao longo do tempo e conseqüentemente um aumento dos custos com a realização de atividades em paralelo, e por fim na fase final é expectável que as atividades de finalização consumam menos recursos e tenham um progresso ao longo do tempo mais lento visto que deixam de existir atividades em paralelo.

De acordo Evensmo J., *et al.* (2006), a curva do orçamento de um projeto não é geralmente simétrica mas sim distorcida à esquerda com custos reais máximos a ocorrerem no momento  $t = t_m < t_p/2$ . A figura 3.3 é considerada a melhor representação da realidade, contudo levaria ao desenvolvimento de uma função de orçamento polinomial de grau superior a 3.

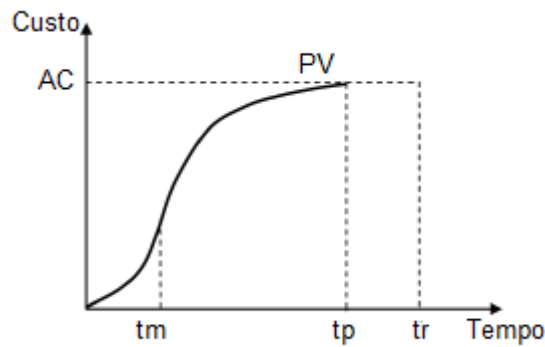


Figura 3.3 – Curva S distorcida á esquerda. (Fonte: Adaptado de Evensmo J., *et al.* – 2006).

### 3.2.1. Agrupamento dos Indicadores EV

Os indicadores descritos anteriormente tem como objetivo avaliar e monitorizar o estado do projeto, bem como projetar resultados sobre o desenvolvimento futuro do projeto. Os valores obtidos para os indicadores não devem ser considerados como verdades absolutas, devendo ser sempre avaliada a informação fornecida e verificar o seu enquadramento com a realidade.

Os indicadores podem ser enquadrados de acordo com os três tipos de informação que fornecem:

- Indicadores de estado.
  - Variação de prazos (PV)
  - Variação de Custos (CV)
- Indicadores de desempenho.
  - Índice de desempenho de Prazos (SPI)
  - Índice de desempenho de Custos (CPI)
- Indicadores de estimativa futura
  - Estimativa do custo no término do projeto (EAC)
  - Estimativa do custo em falta para completar o projeto (ETC)
  - Estimativa da duração prevista para o projeto (TAC)
  - Estimativa da variação final de custos (VAC)
  - Estimativa de desempenho necessário para recuperar os custos (TCPI)

Os indicadores de estado dão informação sobre desvios de custos e prazos, possibilitando uma rápida compreensão se o projeto, face ao inicialmente previsto, segue o caminho correto.

Uma variação positiva ( $>0$ ) destes indicadores representa uma indicação positiva, significando que o projeto está abaixo do limite do orçamento ( $CV > 0$ ) e no caso do tempo significa que o projeto se encontra adiantado ( $SV > 0$ ).

Uma variação nula ( $=0$ ) significa que o projeto se encontra no caminho certo em termos de custos e prazos.

Uma variação negativa ( $<0$ ) destes indicadores representa uma indicação negativa, significando que o projeto está acima do limite do orçamento ( $CV < 0$ ) e no caso do tempo que o projeto se

encontra atrasado ( $SV < 0$ ), sendo neste caso necessário tomar medidas para reverter essa situação.

Nunca é de mais referir que estes indicadores são independentes e portanto o facto de um deles ser positivo não influencia que o outro indicador seja ou não positivo. No caso do gráfico apresentado a baixo na figura 3.4, o custo despendido está a ser superior ao previsto (PV) e muito superior ao valor efetivamente agregado ao projeto, visto que o valor agregado, no mesmo momento de monitorização é inferior ao planeamento.

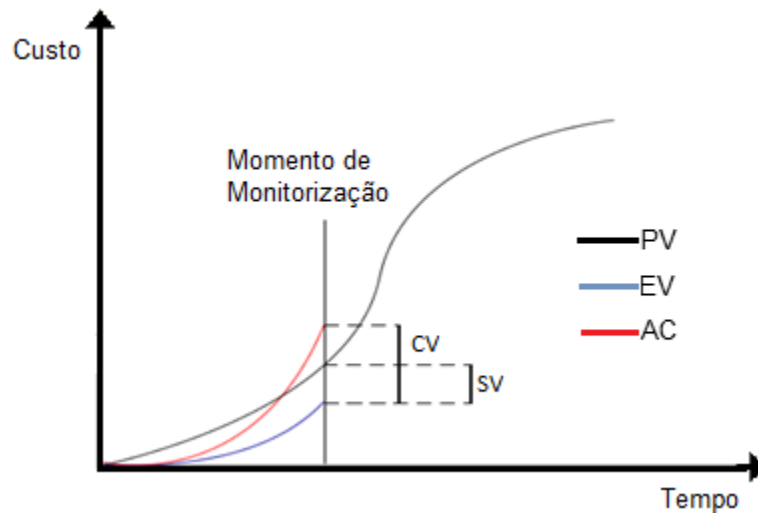


Figura 3.4 – Exemplo de monitorização de uma evolução EV com os diferentes parâmetros.  
(Fonte: Farinha A. 2013)

Os índices de desempenho de custo e de prazo possibilitam analisar o estado atual do projeto, com vista a interpretar tendências e emitir previsões que permitam dar orientações para as seguintes perguntas:

- O desempenho do cronograma apresenta tendência e conseqüentemente dá resposta sobre quando irá terminar o projeto?
- O desempenho de custo apresenta tendência?

Sendos estes indicadores são índices, os seus valores serão sempre iguais ou superiores a zero, sendo que quando o valor é igual a 1 (100%), significa que o avanço no cronograma de acordo com o planeado ( $SPI=1$ ) e os custos estão de acordo com o que foi orçamentado ( $CPI=1$ ).

Quando o valor desses índices no momento de monitorização é inferior á unidade significa o avanço no cronograma está em atraso face ao que foi planeado ( $SPI < 1$ ) e que o custo está a ser maior que o previsto no orçamento ( $CPI < 1$ ).

Quando o valor desses índices é superior á unidade significa que o avanço no cronograma está em avanço face ao que foi planeado ( $SPI > 1$ ) e que o custo está a ser menor que o previsto no orçamento ( $CPI > 1$ ).

A título de exemplo, no caso de um  $SPI=0,87$  tem-se a informação que 87% do tempo previsto no orçamento foi transformado em trabalho e por sua vez conclui-se que existiu uma perda de 13% do tempo disponível até ao momento de monitorização. No caso de um  $CPI=0,87$  tem-se a

informação que por cada 1€ consumido no projeto apenas 87 cêntimos foram convertidos em trabalho, concluindo-se que por cada 1€ gasto no projeto existe uma perda de 13 cêntimos.

Os indicadores de estimativa futura permitem efetuar previsões para a conclusão do projeto utilizando os indicadores de desempenho passado e o tempo disponível para a conclusão do projeto.

### 3.3. Estimativa futura através da análise de valor agregado

Além dos dados de monitorização do estado e do desempenho uma das principais vantagens de utilizar a análise de valor agregado no decorrer de um projeto é, em cada momento, poder projetar estimativas sobre prazo e custo que o projeto terá quando todas as atividades estiverem concluídas.

Quanto mais fiáveis forem as previsões maior será a capacidade do gestor de projeto tomar medidas a fim de corrigir eventuais desvios no custo e no tempo de entrega do projeto e ao mesmo tempo aumentar a confiança das partes interessadas nas projeções efetuadas através desta ferramenta.

De acordo com Oliveira R. C. F. (2003) além dos índices de desempenho (CPI e SPI) apresentados anteriormente são também efetuadas previsões baseadas em regressões (lineares e não lineares) e heurísticas (tomada de decisão fácil e rápida em que não se considera toda a informação disponível, apenas empregam tempo, conhecimento e cálculo mínimo para efetuar escolhas). Contudo as previsões baseadas em índices de desempenho são as mais simples e práticas de ser utilizadas pelo gestor de projetos e estas podem ser bastantes precisas, dependendo do tipo de projeto, do seu estado de progresso e da experiência do gestor de projeto na sua aplicação.

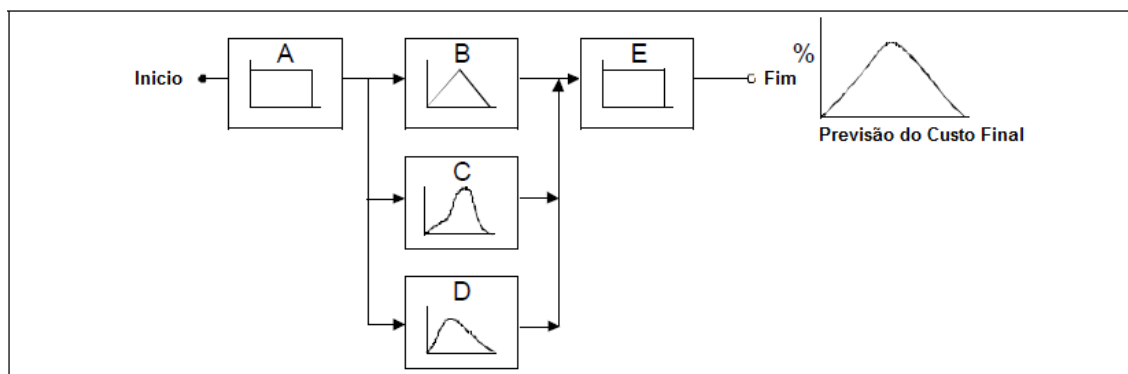


Figura 3.5 – Exemplo de construção de um modelo de distribuição final de custos e atividades (pacote de trabalho) a partir de dados aleatórios do projeto. (Fonte: Vargas R. V. – 2004)

Vargas R. V. (2004), como já anteriormente referido, utilizou a simulação de Monte Carlo na previsão através de probabilidades na evolução do agregado num projeto. A simulação refere-se a um método no qual a distribuição dos possíveis resultados é produzida a partir de cálculos sucessivos dos dados do projeto, permitindo a construção de vários cenários. Em cada um dos cálculos são utilizados novos dados aleatórios para representar um processo repetitivo e interativo cuja combinação de todos os resultados cria uma distribuição probabilística de

resultados. A fiabilidade da distribuição produzida baseia-se no facto de para um elevado número de repetições o modelo produzido reflete as características da distribuição original, transformando a distribuição num resultado plausível para análise. A simulação pode ser aplicada em tempo, custos e outros índices de projetos.

A figura anterior representa a forma como a simulação é efetuada, partindo de dados menos complexos para efetuar a previsão final. Assume-se que todos os dados relativos a SPI, CPI e EAC foram calculados para cada atividade ou pacotes de trabalho e efetua-se a previsão com base nos valores obtidos.

### **3.4. Valor Planeado do Projeto (*Baseline*)**

A definição da linha base do orçamento (*baseline*) é desenvolvida através da distribuição, ao longo do tempo, de todas as atividades do projeto, assim como dos seus respetivos custos e durações.

Esta linha representa o valor planeado agregar ao projeto, ao longo do tempo e em valor acumulado, servindo de parâmetro para monitorizar e analisar os desvios de custo e de cronograma durante o tempo de execução do projeto. Trata-se portanto, de uma tarefa prévia ao início das atividades do projeto e cujo seu resultado servirá de métrica para comparativa. O valor planeado, o custo e o valor agregado têm necessariamente de utilizar a mesma unidade métrica, de forma a permitir uma rápida comparação dos valores, no caso de estudo neste trabalho final de mestrado foi utilizada a métrica horas.homem (H.H).

A definição do desenvolvimento expectável do projeto é uma das tarefas mais importantes e difíceis a serem implementadas e executadas pelo gestor de projetos, visto que uma boa previsão sobre a evolução do projeto ao longo tempo confere uma maior fiabilidade às análises de valor agregado efetuadas.

De acordo com Farinha A. (2013), os principais benefícios da linha de base do projeto são:

- Capacidade de avaliar o desempenho do projeto;
- Cálculo do Valor Agregado;
- Estimar o futuro do projeto.

Como subjacente no anteriormente referido é imperativo que a estrutura analítica do projeto contemple todas as atividades do projeto e a sua programação (cronograma). Posteriormente devem ser atribuídos recursos a cada atividade de forma a quantificar as mesmas em termos de custo de execução. Essa quantificação poderá ter por base dados históricos, a experiência do gestor de projeto ou ser simplesmente baseado no orçamento pelo qual foi vendida a atividade, o que pode não ser a forma mais correta, visto que muitas vezes os orçamentos para concorrer a projetos são baseados em fatores que não permitem avaliar em detalhe algumas atividades. No exemplo deste caso de estudo, o orçamento é efetuado a partir de um fator principal: as toneladas de aço que constituem o equipamento e as respetivas percentagens de aços de liga e aço-carbono, visto que no momento de orçamentação não existem desenhos de detalhe dos

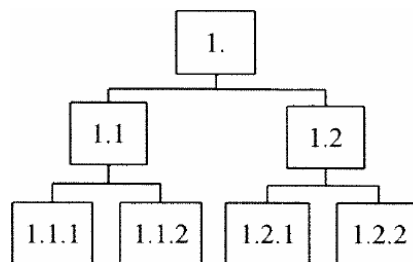
equipamentos. Assim, uma definição do valor planejado com base em dados históricos ou na experiência do gestor de projeto, numa fase em que existe maior informação sobre o trabalho a executar, permite igualmente validar ou não o orçamento pelo qual o projeto foi vendido.

No caso de projetos com muitas atividades é usual utilizarem-se células de controlo (*CAP – Control Account Plans*) que agregam atividades que têm algo em comum e as permite juntar numa célula e posteriormente correlacionar as diferentes células entre si de acordo com as interdependências de atividades definidas no cronograma do projeto. As células de controlo devem igualmente conter o objetivo do trabalho e prazo de execução.

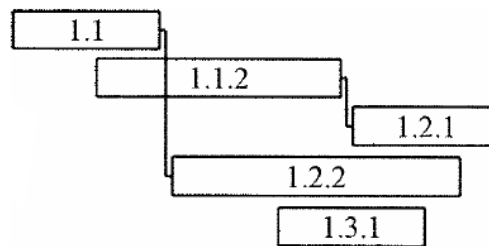
Quanto maior o número de células e atividades definidas, maior será o esforço despendido no controlo e análise dos dados gerados, que resulta numa maior precisão dos resultados obtidos, e vice-versa. O gestor de projeto deve efetuar um correto balanceamento entre esforço e precisão de resultados.

Na figura 3.6, apresentada abaixo, é exposto de forma resumida os passos a seguir para elaborar a representação gráfica da curva “S” de um projeto com recurso a células de controlo.

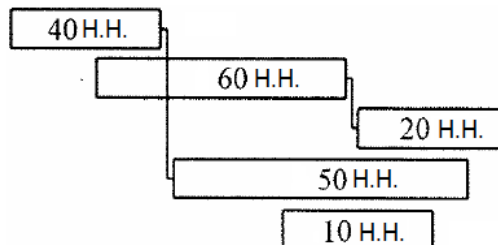
1. Definição do objetivo do projeto – WBS ou EAP;



2. Planeamento e programação das atividades. (cronograma/ GANTT/ Diagrama PERT);



3. Alocação de recursos e definição das células de controlo;



#### 4. Elaboração do Valor Planeado do projeto – Curva “S”.

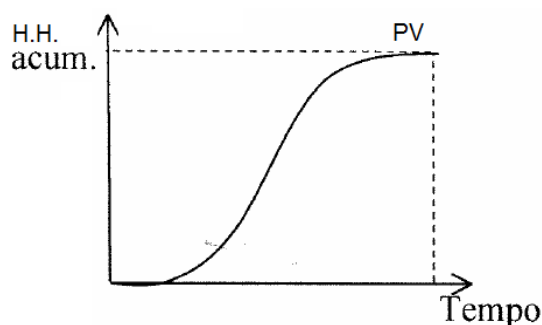


Figura 3.6 – Passos para construção da baseline de orçamento de um projeto (PV).

(Adaptado de Farinha A. - 2013)

### 3.5. Exemplo de Aplicação da análise de valor agregado

Para melhor interpretação dos cálculos efetuados na análise de valor agregado apresenta-se em seguida um exemplo simples de aplicação da técnica, com análises e ações possíveis de efetuar.

O exemplo apresentado é a construção de uma casa com algumas atividades a realizar uma empresa de construção civil.

Na tabela 3.2 apresentada abaixo define-se de forma simplificada a estrutura analítica do projeto, onde são apresentadas a sequência de atividades, em que uma atividade só inicia no fim da outra terminar, o tempo de execução previsto para atividade e o custo associado (apenas á mão de obra).

Tabela 3.2 – Sequência das atividades de construção com tempos e custos. (Fonte: elaboração própria)

Atividade	Tempo de execução (dias)	Custo (€)
Fundação	15	6000
Estrutura de ferro	10	8000
Pilares	21	8400
Paredes exteriores	10	4000
Teto	15	6000
Paredes interiores	12	4800
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>37200</b>

De seguida para uma melhor visualização dos prazos de conclusão de cada atividade e da conclusão do projeto, efetua-se o gráfico de Gantt do projeto através do *software Project*.

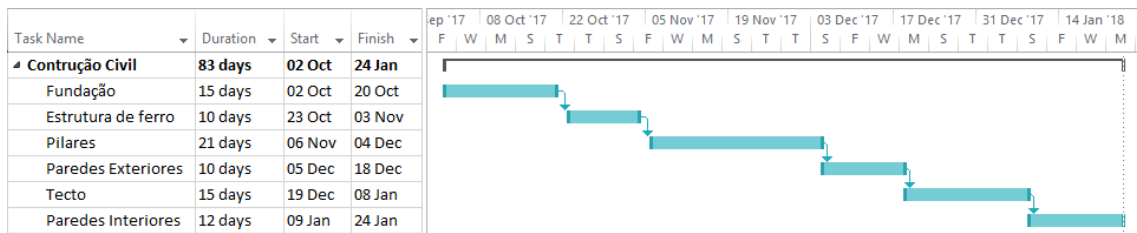


Figura 3.7 – Diagrama de *Gantt* das atividades a desenvolver. (Fonte: elaboração própria)

Neste exemplo, como não existem atividades em paralelo, todas as atividades são críticas e qualquer atraso na execução de uma delas atrasa o projeto.

Para determinar a linha base do orçamento é necessário repartir os custos associados a cada atividade pelo seu tempo de duração. Para se obter um gráfico em Horas.homem vs. tempo considerou-se um custo de 25€ por hora de cada trabalhador que esteja no projeto, assim serão necessários 2 homens por dia em cada atividade, realizando diariamente 16 horas.homem (2 pessoas x 8 horas diárias, que terão um custo de 400€), exceto na atividade da construção da estrutura de ferro em que são necessários 4 homens durante a sua execução, realizando diariamente 32 horas.homem (4 pessoas x 8 horas diárias, que terão um custo de 800€).

Assim, considerando 5 dias de trabalho ao longo das 18 semanas de trabalho teremos uma distribuição das horas.homem por semana de acordo com a tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Sequência das atividades de construção com tempos e custos.

(Fonte: elaboração própria)

Actividade	Outubro				Novembro				Dezembro				Janeiro				
	Wk 40	Wk 41	Wk 42	Wk 43	Wk 44	Wk 45	Wk 46	Wk 47	Wk 48	Wk 49	Wk 50	Wk 51	Wk 52	Wk 1	Wk 2	Wk 3	Wk 4
Fundação	80	80	80														
Estrutura de ferro				160	160												
Pilares						80	80	80	80	16							
Paredes exteriores										64	80	16					
Tecto												64	80	80	16		
Paredes interiores														80	64	80	48
<b>Total</b>	80	80	80	160	160	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Acumulado</b>	80	160	240	400	560	640	720	800	880	960	1040	1120	1200	1280	1360	1440	1488

Da tabela anterior resulta o gráfico com a linha base do projeto apresentado na figura 3.8.



Figura 3.8 – Gráfico do Valor Planeado do Projeto (*baseline*). (Fonte: elaboração própria)

Por análise do gráfico anterior verifica-se que será expectável uma evolução, mais ou menos, linear na evolução do projeto ao longo das semanas de execução do mesmo, em termos de horas.homem realizadas por semana e valor agregado em cada semana de trabalho. Normalmente a representação gráfica da linha de valor planeado dos projetos apresenta a forma de “S”, contudo neste exemplo não se verifica esse tipo de evolução, visto que não se consideraram atividades em paralelo e considerou-se uma alocação de recurso mais ou menos constante ao longo da execução do projeto.

Com a linha base do projeto definida apenas é necessário fazer o acompanhamento do progresso de forma a identificar eventuais desvios.

#### **Exemplo de Monitorização:**

Análise de progresso na semana 50, sabendo que na semana 48 apenas trabalhou um operário têm-se um custo real (AC) de 1000 horas.homem neste momento de monitorização.

O valor agregado (EV) pelo total de progresso na atividade que se está a realizar (% concluída) multiplicado pelo valor planeado para concluir a atividade.

Neste momento de monitorização o projeto já está na construção das paredes exteriores com um progresso de 42,25% e considera-se que todas as atividades precedentes já se encontram concluídas, sendo efetuado o seguinte cálculo para se obter o valor agregado:

$$EV = \text{Valor Planeado (PV)} \times \% \text{ Concluído}$$

$$PV = 4000 \text{ H.H.}$$

$$EV = 4000 \text{ H.H.} \times (42,25/100) = 74 \text{ H.H.}$$

(Caso existissem atividades em paralelo o raciocínio seria o mesmo e no final soma-se os valores agregados em cada atividade)

Este valor adicionado às atividades precedentes têm-se:

240 H.H. (Fundação) + 320 H.H. (Estrutura de ferro) + 336 H.H. (Pilares) + 74 H.H. (Paredes exteriores) = 970 H.H.

Estes indicadores de estado encontram-se no gráfico 3.9 apresentado a baixo.

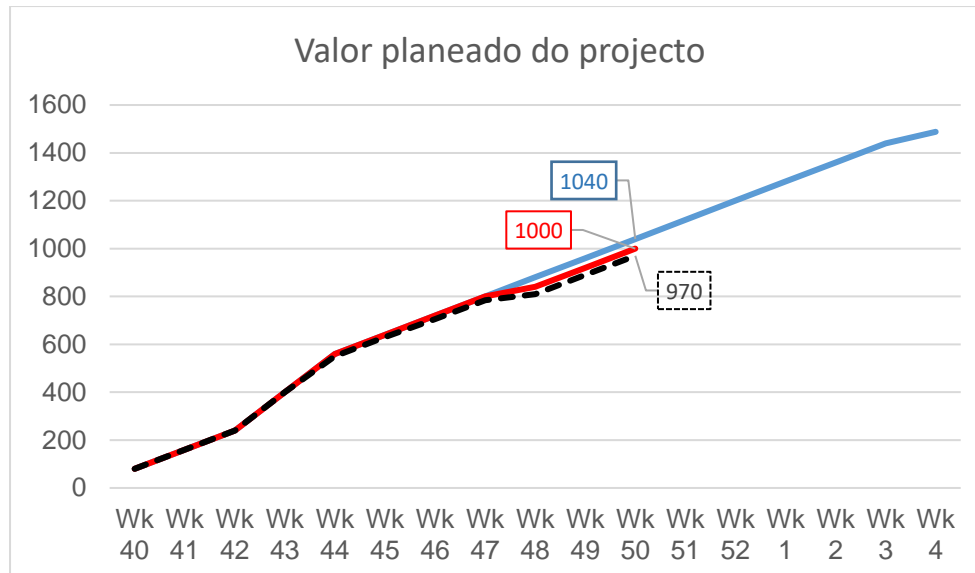


Figura 3.9 – Gráfico de monitorização do estado do projeto na semana 50. (Fonte: elaboração própria)

Por análise da evolução do progresso verifica-se que evoluiu até á semana 47 de acordo com o planeado e partir daí o custo real diminuiu face ao planeado pela falta de um colaborador na semana 48 mas além disso o valor agregado também começou a ser inferior ao custo real, o que pode indicar um problema de desempenho e que o orçamento no final do projeto será ultrapassado.

Para melhor caracterizar a evolução do projeto calculam-se em seguida os indicadores de desempenho.

### Varição de Prazo (SV)

$$\begin{aligned}SV &= EV - PV \\SV &= 970 - 1040 \\SV &= - 70 \text{ H.H.}\end{aligned}$$

Verifica-se que o projeto tem uma variação de prazo  $SV = - 70$  H.H., isto significa que o projeto está em atraso. O valor 70 H.H. é a quantidade de horas de trabalho que deveriam estar agregadas ao projeto, adicionalmente às 970H.H., para que o projeto esteja de acordo com o valor planeado.

### **Índice de Desempenho de Prazo (SPI)**

$$SPI = EV/PV$$
$$SPI = 970/1040$$
$$SPI = 93,3\%$$

Este resultado que neste momento de monitorização 93,3% do total das tarefas inicialmente planeadas até esse momento. Este valor indica que o projeto que pode ocorrer atraso na entrega da casa.

### **Variação de Custos (CV)**

$$CV = EV - AC$$
$$CV = 970 - 1000$$
$$CV = - 30 \text{ H.H.}$$

Verificou-se que o projeto teve uma variação de custo  $CV = - 30 \text{ H.H.}$ , isto significa que está com problemas de produtividade e é necessário tomar medidas corretivas.

### **Índice de Desempenho de Custos (CPI)**

$$CPI = EV/AC$$
$$CPI = 970/1000$$
$$CPI = 97,0\%$$

A nível de custos apresenta um pequeno desvio face às atividades realizadas até ao momento da monitorização, existindo 3% de custo não produtivo.

### **Duração prevista para o projeto (TAC)**

$$TAC = PAC/SPI$$
$$TAC = 83 \text{ dias} / 0,933$$
$$TAC = 89 \text{ dias}$$

Se o desempenho prazo mantiver o índice igual ao desta monitorização é previsível terminar o projeto com 6 dias de atraso face ao planeado, num total de 89 dias face aos 83 dias inicialmente previsto.

### **Estimativa de Custo ao Término (EAC)**

$$EAC = BAC/CPI$$
$$EAC = 1488 \text{ H.H.} / 0,97$$
$$EAC = 1534 \text{ H.H.}$$

Se o desempenho custo mantiver o índice igual ao desta monitorização é previsível terminar o projeto com mais 46 H.H. face ao planeado (1534 H.H. – 1488 H.H.), que representam uma derrapagem de 1150€ (46 H.H. x 25€/Hora).

Após a monitorização da evolução de progresso e interpretação dos índices obtidos o gestor de projetos deve tomar ações corretivas caso se verifiquem desvios comparativamente á linha base de orçamento. Caso se verifique uma baixa produtividade uma possível ação a tomar seria a contratação de profissionais mais experientes com o objetivo de melhorar a produtividade, contudo esta ação pode introduzir mais custos na obra pelo aumento do custo com mão-de-obra associada a profissionais mais qualificados. Caso se verifique um atraso em termos de prazo uma possível ação seria a colocação de mais pessoas para realizar mais atividades em paralelo, contudo esta solução tem de ser bem gerida para que o aumento de pessoas não resulte numa diminuição de produtividade.

Qualquer medida tomada pelo gestor de projeto deve ter sempre como finalidade o cumprimento dos objetivos estabelecidos no plano inicial do projeto.

### **3.6. Implementação por aplicação da Norma ANSI/EIA -748**

A Norma ANSI/EIA -748 foi criada pela Associação Nacional de Defesa Industrial (NDIA – Sigla Americana) dos Estados Unidos com intuito de documentar o sistema de gestão por earned value, fornecendo e apresentando 32 critérios destinados a orientar uma organização na implementação desse mesmo sistema. A versão mais recente data de 2014 e apresenta os seguintes critérios que servem de orientação para implementar a gestão earned value com sucesso:

- **Definição do âmbito de trabalho (WBS – Work Breakdown Structure)**, através de uma divisão das atividades do projeto em pacotes de trabalho que permitam a monitorização, rastreabilidade e relatório do progresso do trabalho servindo a informação tanto para gestão interna como canal de comunicação com os clientes.
- **Definição da Organização do Projeto (OBS – Organization Breakdown Structure)**, incluir as empresas responsáveis pelos subcontactos mais importantes, atribuição de responsabilidades, representação da hierarquia e estabelecer a organização dos recursos para planear e executar os trabalhos.
- **Integração de Processos**, pela interligação do planeamento, das atividades de fabrico, do orçamento, das autorizações para a avançar com o fabrico e se necessário da estrutura organizacional com o WBS.
- **Identificar as despesas a serem geridas**, pela documentação do processo e estabelecendo uma organização específica para gerir e controlar os custos indiretos.
- **Integração do WBS com OBS**, formando contas de controlo de forma a garantir que a gestão é efetuada de acordo com a complexidade do trabalho e a capacidade de

organização. Deve ser possível a medição de custos e desempenho de acordo com o necessário para a gestão do programa.

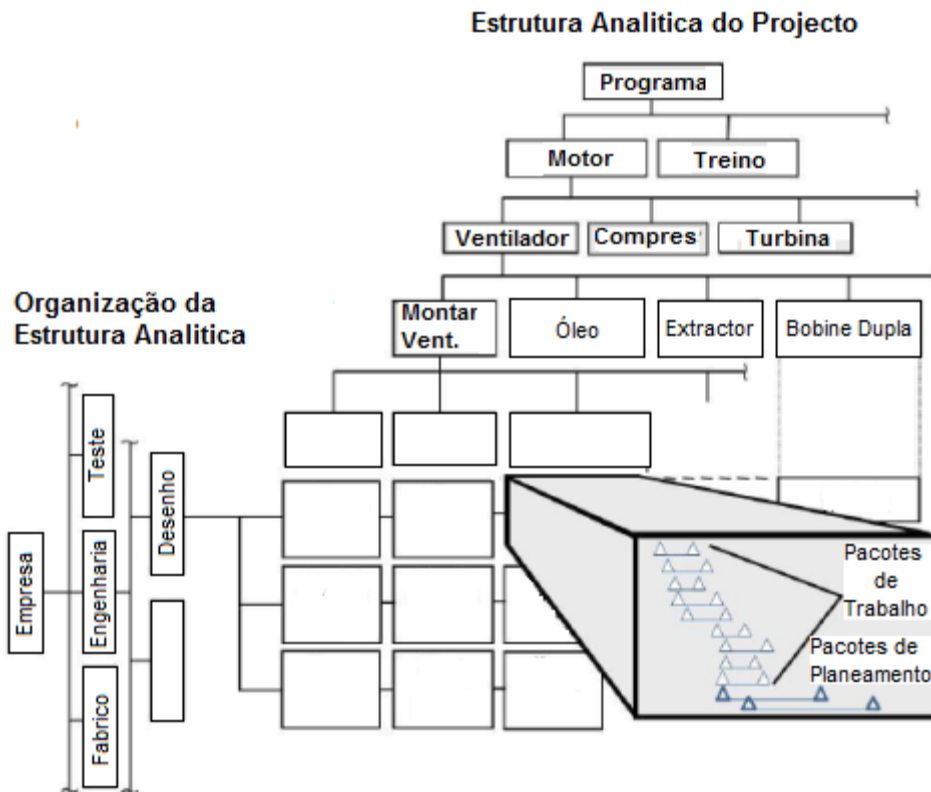


Figura 3.10 - Exemplo de várias contas de controlo introduzidas numa Estrutura Analítica do Projeto (Fonte: Adaptado de NDIA – 2014)

- **Programação das atividades com ligação lógica entre as mesmas**, devendo ser descritas e identificadas as interdependências de tarefas de forma a cumprir os requisitos do projeto. Através da integração de aspetos técnico, programa e custos deve resultar em:
  - Sequência de trabalho previsível de realizar;
  - Estabelecimento de interdependências entre atividades ou pacotes de trabalho determinando o tempo de trabalho total e o caminho crítico do projeto.
  - Faseamento do trabalho ao longo do tempo de forma a ter marcos para a medição de desempenho.
  
- **Definição de indicadores de medição**, através da identificação das diversas fases de construção do produto, através de *milestones*, ou outros objetivos técnicos que possam ser utilizados como indicadores da medição do progresso.
- **Estabelecer e manter uma linha base**, para os orçamentos das diversas atividades planeadas desenvolver de acordo com o âmbito do trabalho ao longo do tempo. Estes devem ser baseados em objetivos de gestão interna ou de acordo com o negociado com o cliente externo, incluindo estimativas sobre trabalho previsto mas não

devidamente definido. O estabelecimento de uma baseline para medição de desempenho é a componente chave para aplicar o *earned value management*.

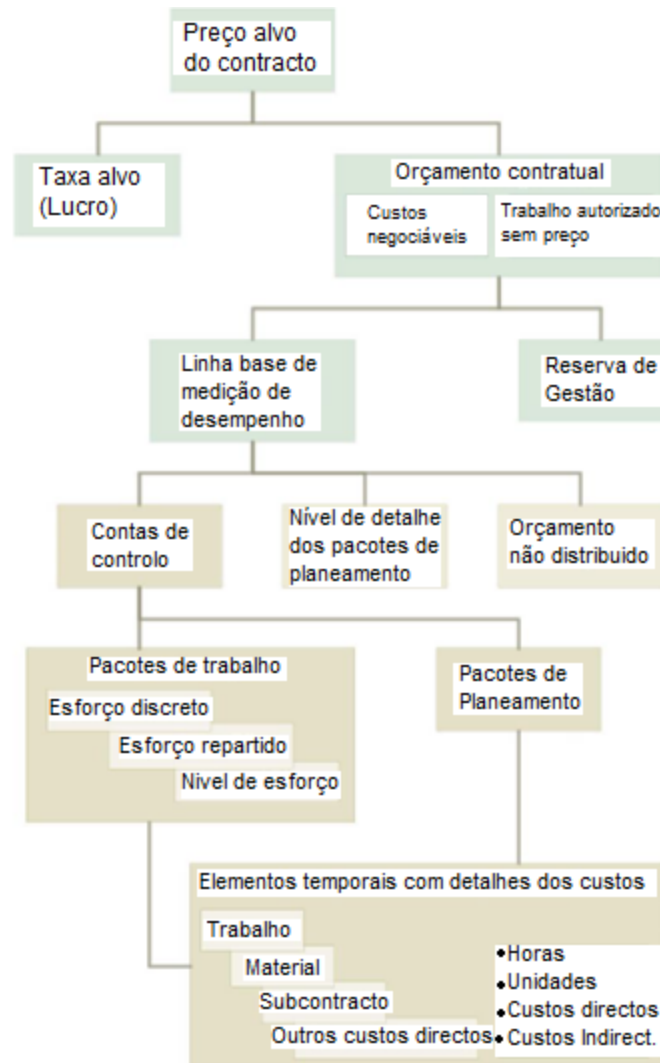


Figura 3.11 – Exemplo de hierarquia dos elementos que compõem o orçamento. (Fonte: Adaptado de NDIA – 2014)

- **Estabelecer uma divisão do orçamento**, pelos diversos elementos que apresentem um peso significativo na execução do projeto, sejam eles matéria-prima, mão-de-obra, etc., de forma a facilitar a gestão interna bem como a gestão dos subcontactos.
- **Estabelecer pacotes de trabalho e de planeamento**, isto é, definir pacotes de trabalho e orçamentos para essas atividades em termos de dinheiro, horas de execução ou outra unidade de medida. A alocação de recursos do projeto deve ser definida de acordo com as atividades a serem desenvolvidas ao longo do tempo, permitindo uma gestão direcionada para os diferentes eventos de avaliação de desempenho.
- **Soma dos orçamentos de detalhe para controlar o seu total**, isto é, garantir que a soma de todos os orçamentos relativos a pacotes de trabalho e controlo dos mesmos tem respeito o orçamento global do projeto.

- **Nível de esforço de planeamento e controlo**, identificando e controlando o nível de esforço das diferentes actividades através de orçamentos faseados ao longo do tempo e estabelecidos com essa finalidade. Este conceito de esforço deve ser limitado às actividades que não podem ser medidas discretamente, a fim de evitar distorcer os dados de desempenho do projeto. Apenas esse esforço que não é mensurável ou para o qual a medição é impraticável pode ser classificado como nível de esforço.
- **Estabelecer orçamentos gerais** para cada componente organizacional da empresa que representem significativas despesas e que se tornarão custos indiretos. Os orçamentos do programa de actividades deve refletir, no nível apropriado, os montantes que estão planeados serem alocados ao programa como custos indiretos.
- **Identificar a gestão de reservas e orçamento não distribuído**, isto é, perceber que o processo de planeamento base para a medição de desempenho contém riscos e oportunidades e deve estar identificada uma conta de contingência para actividades não planeadas mas dentro do âmbito do projeto. O orçamento não distribuído será aplicável a um esforço específico do projeto.
- **Conciliar os objetivos de custo pretendidos**, isto é, garantir que os objetivos de custo a atingir estão conciliados com a soma de todos os orçamentos internos do programa e reservas de gestão.
- **Registrar os custos diretos**, de acordo com os orçamentos e através de um sistema formal controlado pela contabilidade geral.
- **Resumir os custos diretos através de elementos WBS**, isto é, utilizando a estrutura de divisão do trabalho, deve-se sintetizar os custos diretos das contas de controlo na estrutura de divisão do trabalho, evitando alocar a uma única conta de controlo dois ou mais elementos da estrutura de divisão do trabalho. Mapeamento dos custos de acordo com o WBS.
- **Resumir os custos diretos através de elementos OBS**, isto é, resumir os custos diretos através das contas de controlo e de acordo com os elementos organizacionais da empresa, não devendo estar alocada uma única conta de controlo para dois ou mais elementos organizacionais.
- **Registrar/Alocar custos indiretos**, através do registo de todos os custos indiretos que serão alocados ao programa de acordo com o orçamento geral.
- **Identificar custos de unidade e lote**, devem ser identificados custos unitários, custos unitários equivalentes ou custos de lote quando necessário.
- **Acompanhar e reportar os custos e quantidades de materiais**, para o EVMS, o sistema de contabilidade de materiais deve prever:
  - Acumulação precisa de custos e atribuição de custos para controlar as contas de uma forma consistente com os orçamentos, utilizando técnicas reconhecidas e aceitáveis no cálculo de custos.

- O custo previsto para a execução do trabalho realizado no mesmo período em que o EV é medido e no momento mais apropriado para a categoria de material envolvido, mas nunca antes do momento da efetiva recepção do material.
  - Responsabilidade total de todo o material comprado para o projeto, incluindo o inventário residual.
- **Cálculo das variações de cronograma e de custo**, pelo menos uma vez por mês, devem ser geradas informações na conta de controle e em outros níveis, conforme necessário, para uma gestão de controle utilizando dados de custo real do sistema de contabilidade ou conciliáveis, que permitam:
  - Comparar o montante de orçamento planejado e o montante de orçamento obtido pelo trabalho realizado. Esta comparação fornece a variância do cronograma.
  - Comparar entre o montante do orçamento obtido e os custos reais (aplicados quando apropriado) para o mesmo trabalho. Esta comparação fornece a variação de custo.
- **Identificar variações significativas a analisar**, pelo menos mensalmente, devem ser identificadas as diferenças significativas entre o desempenho planejado e real, e entre o desempenho de custo planejado e real, fornecendo as razões para essas variações nos detalhes necessários para a gestão do programa.
- **Análise da variação dos custos indiretos**, devendo ser identificados os custos indiretos orçamentados e os efetivamente aplicados (ou reais) ao nível e com a frequência necessária para permitir um controle efetivo, juntamente com as razões para quaisquer variações significativas.
- **Resumir as informações para a gestão**, isto é, devem ser resumidos dados e variações através da organização do programa e/ou estrutura de divisão do trabalho com o objetivo de suportar as necessidades da gestão. Deve estar bem presente a relação entre âmbito, custo, cronograma e risco para uma execução bem-sucedida do projeto.
- **Implementação de ações corretivas**, devendo ser tomadas ações de gestão como resultado das informações obtidas pela monitorização no progresso e desempenho.
- **Rever a estimativa para completar (EAC)**, desenvolvendo estimativas revistas de custo para a conclusão, tendo por base o desempenho até à data, valores relativos a materiais e estimativas de condições futuras. Devem ser comparadas essas informações com a linha de base da medição de desempenho a fim de identificar variações na conclusão importantes para a administração da empresa e quaisquer requisitos aplicáveis de relatórios de clientes, incluindo declarações de necessidades de financiamento.
- **Incorporar as mudanças de maneira oportuna**, isto é, devem ser incorporadas as alterações autorizadas em tempo útil, registando os efeitos dessas mudanças nos orçamentos e cronogramas. A incorporação oportuna e precisa de mudanças contratuais garante que as informações geradas a partir da execução do plano base fornece uma imagem precisa do progresso e facilita as ações e decisões de gestão corretas.

- **Conciliar os orçamentos atuais com os anteriores**, em termos de mudanças no trabalho autorizado e replaneamento interno no detalhe necessário para gestão conseguir um controlo efetivo. As alterações de orçamento devem ser controladas e claras em termos de âmbito, recursos e cronograma.
- **Controlo dos reactivos das mudanças**, através do controlo das mudanças retroativas relativamente ao trabalho executado que alterem os valores anteriormente assumidos para os custos reais, para o valor acumulado ou para o orçamento. Os ajustes devem ser feitos apenas para correção de erros, ajustes contáveis de rotina, efeitos de mudanças definidas pelo cliente ou pela administração, ou com o intuito de melhorar a fiabilidade da linha de base e a precisão dos dados de medição de desempenho.
- **Prevenir revisões não autorizadas**, exceto para as mudanças autorizadas. Qualquer mudança no projeto deve ser aprovada e implementada seguindo a linha base da gestão de controlo dos processos existentes.
- **Documentar as alterações ao desempenho base**, isto é, deve ser garantido que as revisões de orçamento e de cronograma são documentadas e rastreáveis, a integridade da linha base de medição de desempenho é mantida e pode ser verificada.

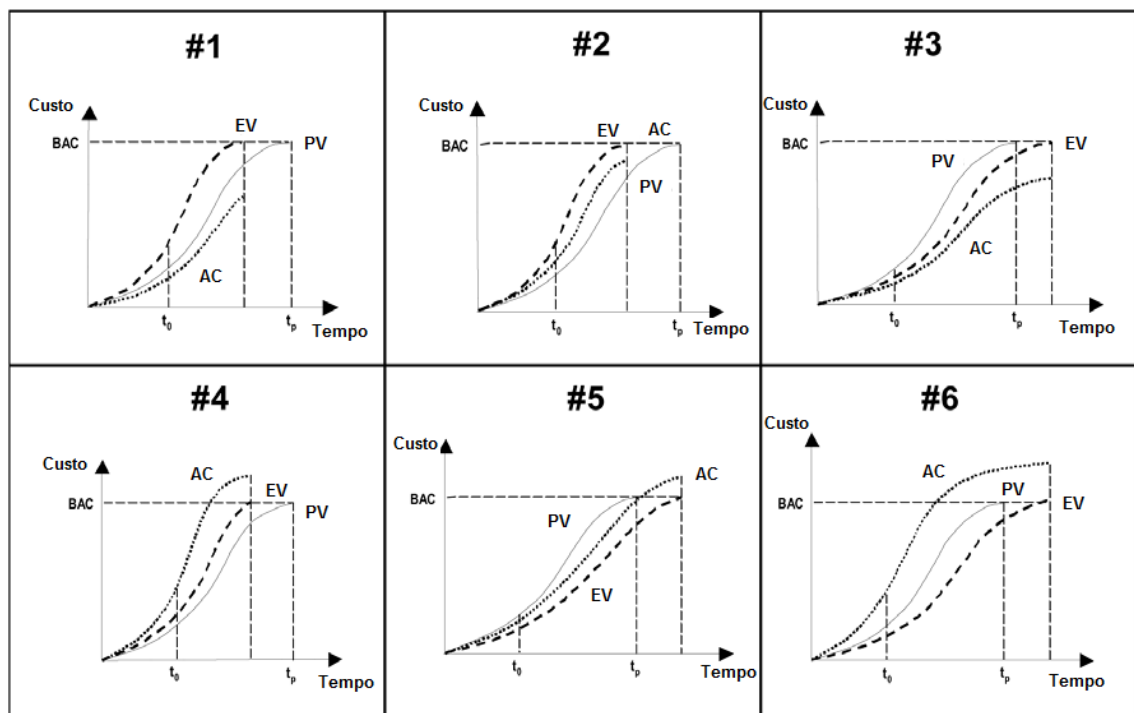
Como em qualquer norma, os critérios anteriores mencionados não são garantia do sucesso do sistema de AVA, mas fornece a estruturação de como aplicar esta ferramenta e através do mapeamento e documentação dos diferentes critérios, permite ter processos definidos de acordo com as boas práticas utilizadas nesta matéria.

### **3.7. Possíveis estratégias para diferentes evoluções *Earned Value***

Sendo uma ferramenta de controlo e monitorização do comportamento do projeto em termos de custo e tempo, a sua mais-valia, como outra qualquer ferramenta de medição de desempenho, será a possibilidade de se formularem e discutirem estratégias para corrigir ou minimizar os diferentes desvios encontrados na curva earned value, como as apresentadas em seguida na tabela 3.4 (Evensmo J., 2005). Ao serem detetados desvios e aplicadas ações corretivas torna-se necessário um controlo mais sistemático e uma atualização mais frequente sobre a evolução da curva a fim de avaliar os resultados das ações implementadas.

Tabela 3.4 – Combinações de desenvolvimentos e estratégias. (Fonte: Adaptado de Evensmo J., - 2005).

Desenvolvimentos	#1	#2	#3	#4	#5	#6
<b>Estratégia A</b> Continuar como antes	Terminar em avanço e a baixo do orçamento		Atraso mas dentro do orçamento	Atraso e acima do orçamento		Atrasado e acima do orçamento
<b>Estratégia B</b> Alterar eficiência	Não relevante		Eficiência para manter orçamento	Eficiência para manter o prazo		Trabalhar de forma mais eficiente para manter prazo e orçamento
<b>Estratégia C</b> Alterar âmbito ou qualidade	Não relevante		Reduzir âmbito manter prazo	Reduzir âmbito manter orçamento		Reduzir âmbito para manter prazo e orçamento
<b>Estratégia D</b> Manter prazo inicial	Não relevante		Mais recursos manter orçamento	Menos recursos manter orçam		Utilizar mais recursos (falhanço). Ultrapassar o orçamento
<b>Estratégia E</b> Manter orçamento inicial	Não relevante		Não relevante	Menos recursos com atraso		Utilizar menos recursos mas aumentar o atraso na entrega



Assim, quando o gestor de projeto é confrontado com um mau desenvolvimento do projeto, por variação negativa do custo e do cronograma, pode adotar uma das seguintes estratégias de acordo com Evensmo J. (2005).

- **Estratégia A** – Continuar com desenvolvimento do projeto como antes vai certamente acabar com os custos e orçamento do projeto a serem excedidos. Trata-se de uma

atitude de deixar as coisas seguir o seu curso sem interferências, em que a gestão age como se nada tivesse acontecido. Pode ser chamada como a estratégia de "buscar a morte". O gestor de projeto vai, provavelmente, ser forçado a considerar diversas estratégias alternativas para a continuação do projeto.

- **Estratégia B** - Tentar manter tanto o orçamento original e data de conclusão planeada por ser mais eficiente, se possível, na realização das futuras tarefas. Esta estratégia é extremamente otimista, pode ser chamada como a estratégia "Pai Natal". O projeto até à última avaliação tem tido um desempenho inferior ao que era planeado, mas a partir de agora esse desempenho deve ser superior. Considerando todos os meios necessários, o gestor de projeto pode desenvolver uma diferente compreensão de como o trabalho do projeto realmente deve ser implementado, podendo esta ser a estratégia certa.
- **Estratégia C** - Manter tanto o orçamento original e como a data de conclusão planeadas, através da redução do âmbito do projeto. Esta estratégia não está entre as mais corajosas, e pode ser chamada como a estratégia "rabo entre as pernas". Possivelmente pode ser a única opção do gestor de projecto.
- **Estratégia D** - Manter data de conclusão inicialmente prevista pela adição de recursos, trazendo assim custos adicionais (aumento do orçamento). Muitas vezes, esta é a estratégia mais realista quando a data de conclusão é fixa. Pode ser chamada como a estratégia "idade antes da beleza", no sentido de encorajar de forma fria a ir frente.
- **Estratégia E** - Manter os custos planeados (orçamento), estendendo data de conclusão prevista. No entanto, é importante discutir esse adiamento com o cliente antes de ser implementada essa opção. Podemos chamar estratégia de "tardio pôr-do-sol".

### 3.8. Execução, vantagens e falhas da metodologia

A AVA, como qualquer outra técnica, terá uma implementação e utilização mais eficiente se os seus utilizadores estiverem despertos para as falhas, estrangulamentos e limitações da técnica. Mas porque torna-se quase obrigatória a utilização desta ferramenta? Porque se for implementada corretamente realmente resulta (Kuehn U., 2007)

No passado a AVA era apenas usada por razões de controlo financeiro, o que apesar de não estar totalmente errado, não permite usufruir das potencialidades da metodologia.

Depois do início das atividades do projeto, já com o valor planeado (PV) definido, a técnica é desenvolvida com base em dois valores chave: o custo real (AC) e o valor agregado (EV) – que através de pequenos cálculos permitem conhecer o progresso do projeto até esse momento de monitorização, devendo os dados resultantes da metodologia serem criteriosamente analisados pelo gestor de projetos.

Estes indicadores permitem antecipar a perceção para eventuais desvios e fornecem ao gestor de projeto, indicadores quantitativos para basear as suas decisões e as apresentar aos restantes partes interessadas do projeto.

De acordo com Vargas (2003), em projetos com o âmbito claramente definido, ou em contratos com o preço e trabalho devidamente estabelecidos, a análise EV mostra uma relação custo-benefício favorável. Outro elemento que pode favorecer a aplicação da ferramenta é a competência da equipa de projeto na utilização da ferramenta e no suporte organizacional, o que permite simplificar a sua utilização indo ao encontro das necessidades específicas do projeto e da organização.

Segundo Jarnagan H. W (2009), uma parte absolutamente vital na implementação de um sistema AVA é a existência de suporte da gestão de topo na comunicação desta necessidade, mantendo-se ao lado dos implementadores do sistema AVA ao fazer realçar os seguintes pontos a toda a equipa do projeto:

- A AVA é uma ferramenta poderosa que pode ajudar a gestão do projeto, oferecendo uma melhor visibilidade sobre o que está acontecendo.
- A AVA indica aos gestores de projeto o valor que está a ser recebido por cada euro gasto.
- A AVA é um sistema que garante responsabilização nas decisões tomadas e aumenta a credibilidade dos envolvidos na tomada de ações de correção a eventuais problemas que os dados revelem.
- A AVA certamente irá revelar problemas de desempenho de custos e cronograma, mas o "pecado" real da gestão de projetos não é a ocorrência de problemas num projeto mas sim quando os problemas de desempenho não são reconhecidos, ou pior, quando são reconhecidos, mas as ações intempestivas, inadequadas ou inapropriadas são tomadas sem uma correta identificação dos problemas e da sua fonte.
- A compreensão dos conceitos da AVA e o conhecimento de trabalho com um sistema desse tipo representa um aumento das competências pessoais de gestão e uma mais-valia de currículo.

Além da importância da comunicação na implementação da metodologia deve ter-se presente que a geração de dados da AVA pode ser tão complexa quanto a recolha e emissão de relatórios de progresso, devem estar presentes as seguintes condições:

- Uma equipa com experiência no controlo de projetos;
- Engenheiros e gestores de projetos devidamente treinados na metodologia AVA;
- Um sistema de relatório financeiro que possa fornecer dados com um nível de detalhe adequado ao projeto;
- Uma clara definição do caminho crítico (CPM);
- Uma estrutura de gestão bem definida com linhas de responsabilidade e autoridade equilibrada, de forma a identificar e implementar as ações corretivas indicadas como apropriadas pelos dados da AVA.

Em relação aos problemas de desempenho de custo e cronograma que possam ocorrer, Kuehn U., (2007) compara o valor planeado do projeto com o plano de voo que um piloto de avião tem antes de iniciar o voo, onde mostra o curso que indica o destino do voo. Caso se pergunte ao piloto com que frequência ele está exatamente no plano de voo ele provavelmente dirá que está

na descolagem e na aterragem. No entanto, todos os pilotos parecem conseguir voar para o seu destino com muito poucos problemas. Se o avião não estiver exatamente no plano de voo o piloto geralmente pode redirecionar o avião, caso não seja possível, os gráficos são redesenhados para um novo plano de voo. Deslocar-se perto do plano de voo é o que permite ao avião alcançar o seu destino.

Das vantagens introduzidas pela AVA, por comparação com outras técnicas de gestão de projeto, podem-se destacar:

- Melhor perceção sobre o progresso do projeto;
- Boa capacidade de previsão;
- Possibilidade de reduzir o tempo de entrega do produto ou serviço;
- Permite direcionar atenção para áreas mais críticas;
- Fornecer informações claras para o gestor de projetos;
- Permite a comparação com projetos já concluídos. Apesar de um projeto ser caracterizado pelo facto de ser único, existe sempre algo que pode ser comparado.

Contudo, para uma correta aplicação desta técnica é necessário que o gestor de projeto forneça dados suficientemente credíveis para que possam servir de base à tomada de decisões. São necessários rigorosos e sistemáticos processos de recolha de informação, planeamento e controlo. É nesta fase que podem ocorrer muitos erros e omissões por parte do gestor e da equipa de projeto.

Kim Y. W., *et al.* (2002) alerta que a AVA é uma ferramenta efetiva apenas se for assumido que todas as atividades (ou contas de controlo de custo) são independentes.

Evensmo J., *et al.* (2006) identifica o problema na atualização dos custos reais do projeto. Embora os custos reais sejam assumidos para acompanhar o progresso do trabalho do projeto, valor agregado, muitas vezes há um atraso nos custos ocorridos e nos custos observados. Como esse atraso influencia os cálculos da EAC (estimativa na conclusão)?

O autor anterior também refere que o uso de modelos lineares nas curvas “S” irá sobrevalorizar a previsão de duração do projeto devido ao desenvolvimento lento do valor agregado, particularmente quando monitorização é efetuada numa fase inicial em que existe pouco trabalho realizado. Assim, numa fase inicial do projeto existe uma desinformação substancial sobre o desenvolvimento futuro do projeto.

Farinha A. (2013), destaca os seguintes problemas no uso da AVA:

- Falta de compreensão do funcionamento da técnica;
- Sobrestimação – “Síndrome dos 90%”;
- Requer tempo, rigor, disciplina e o envolvimento de todos, mantendo a equipa de projeto sempre ocupada;
- A implementação é cara;
- Os relatórios são o produto-chave da AVA;
- Não leva em consideração a satisfação do cliente em relação ao produto entregue.

O “síndrome dos 90%” ocorre quando o progresso é sobrestimado pelos seus responsáveis, não por incompetência ou má intenção, mas sim por uma natureza humana otimista. Isto é,

considera-se que o tempo necessário para alcançar 90% de progresso é relativamente curto, contudo é seguido de um período longo (de convergência quase assintótica) até completar 100% da atividade.

Jarnagan H. W (2009), afirma que a AVA deve apenas ser utilizado quando apropriado, pois AVA não é uma metodologia de "tamanho único e serve para tudo". As organizações que desenvolvem a sua atividade por projetos devem entender que certos projetos não são tão favoráveis á AVA e devem desenvolver e aplicar uma política de triagem que exclua o uso desta metodologia. São exemplo disso os projetos com âmbito não totalmente definido ou facilmente alterável, projetos com metas de custos mal definidas e projetos de pequena dimensão, seja pelo pouco tempo de execução ou pela quantidade de mão-de-obra associada.

O autor anterior identifica as seguintes armadilhas na utilização e para as quais os utilizadores devem estar desportos:

- Os dados de desempenho do cronograma AVA medem o progresso do projeto apenas como um volume total de trabalho. Isto é, um projeto pode estar atrasado no caminho crítico, mas ter um progresso altamente favorável em atividades não críticas que pode ocultar esse facto. A AVA deve ser suportada por um cronograma baseado no método de caminho crítico (CPM) de forma a obter o estado completo do desempenho do programa do projeto.
- Os dados globais de desempenho da AVA devem ter o cuidado de segregar o trabalho que envolve entregas específicas (trabalho "discreto") do trabalho realizado pelo pessoal de apoio no controlo do projeto.
- Medição incorreta do trabalho realizado: um sistema AVA devidamente implementado terá que utilizar métodos apropriados para medir o valor do trabalho realizado no projeto. A aquisição de material não poder ser mensurada do mesmo modo que a engenharia, que, por sua vez, não é mensurada da mesma maneira que a construção/produção, existindo ainda outros tipos de esforço do projeto que poderão não ser medidos de forma semelhante a qualquer um dos anteriores.
- Elevadas expectativas no sistema: a gestão de projetos que não tenha experiência no sistema normalmente sobrestima as suas verdadeiras capacidades. Uma percepção comum é que a AVA irá evitar o excesso de custos, o que não é verdade. O sistema AVA fornece apenas um mecanismo de controlo e previsão dos indicadores do projeto, mas por si só não impedirá a falha do projeto.
- Inflexibilidade da gestão na revisão dos valores planeados do projeto (*baselines*): mesmo quando o sistema AVA está devidamente implementado para suportar a gestão num determinado projeto, o sistema pode tornar-se inútil caso a gestão não reconheça situações que obriguem ao estabelecimento de uma nova baseline de custo e cronograma (novos marcos – milestones – e uma revisão das estimativas). Exemplo disso são as grandes mudanças de âmbito (de custo ou cronograma) ou uma revisão na abordagem de implementação do projeto. A falha da gestão para reconhecer essas

alterações e autorizar uma nova baseline para medir o desempenho do projeto resultará em dados enganosos emergentes do sistema AVA.

- Os sistemas AVA não medem a obtenção do nível de qualidade previsto. A AVA foi concebida apenas para medir o desempenho de custos e cronogramas. Se um determinado projeto cumpre as metas de qualidade, ou se o utilizador final do projeto ficará satisfeito com o resultado final, ou a capacidade de melhorar as entregas do projeto está fora da competência e capacidade do sistema AVA.

### 3.9. Qualidade como terceira dimensão do Earned Value

Na biblioteca de conhecimento on-line (B-on) existe referência a conferências sobre a introdução do elemento qualidade na análise de valor agregado, contudo apenas foi verificado a disponibilidade de um artigo sobre o tema. De acordo com Dodson M. *et al.* (2015), a qualidade pode ser incluída na análise de valor agregado utilizando uma variável adicional a ser calculada, o Valor Agregado de Qualidade (QEV), assim como indicadores Variação de Qualidade (QV), Número do índice de Qualidade (QIN) e Índice de desempenho da Qualidade (QPI). O objetivo do indicador QEV é medir a capacidade de fornecer os requisitos de qualidade, definidos pelos Stakeholders, ao longo da execução do projeto e assim como a análise de valor agregado, este elemento também utiliza os parâmetros tempo e custo no controlo e monitorização.

Tabela 3.5 – Descrição dos parâmetros de Qualidade na AVA e as suas Fórmulas. (Fonte: Adaptado de Dodson M. *et al.* - 2015).

Nome	Descrição	Fórmula
Requisitos de qualidade (QR)	São os requisitos de qualidade para uma determinada tarefa. A unidade pode variar de acordo com o QR	
Índice de desempenho da qualidade (QPI)	Indica a eficiência com que o projeto está a ser conduzido para atender ao QR da tarefa. É utilizado quando uma tarefa tem um requisito de qualidade ou é parte do QIN (Índice de Índice de Qualidade) quando uma tarefa tem mais de um QR	QPI=1 (quando os requisitos de qualidade são atingidos) QPI=0 (quando os requisitos de qualidade não são atingidos)
Número do Índice de Qualidade (QIN)	É utilizado quando uma tarefa tem mais de um requisito de qualidade e é obtido pela relação entre a Soma do Índice de Desempenho de Qualidade (QPI) para uma determinada tarefa, dividida pelo somatório do número de Requisitos de Qualidade (NQR) para uma determinada tarefa.	$QIN = \frac{\sum QPI}{\sum NQR}$ 1 QR = 1NQR
Valor Agregado de Qualidade (QEV)	É o valor agregado pelo trabalho realizado para ir ao encontro do QR. É estimado multiplicando o QPI (ou QIN) pelos Custos Reais (AC) expressos em unidades monetárias.	QEV= QPI*AC (apenas um QR por atividade) QEV= QIN*AC (Mais do que um QR por atividade)
Variação de qualidade (QV)	Indica a eficiência da qualidade do projeto em valor acumulado	$QV = QEV - AC$

No sentido da elaboração do Valor Agregado de Qualidade (QEV), os autores fornecem 5 passos a serem seguidos:

- O primeiro passo será a identificação dos indicadores de qualidade para cada atividade listada no WBS.
- O segundo passo será conceber uma tabela com os limites de especificação para cada requisito de qualidade listado anteriormente. Para facilitar os passos seguintes, deve-se adicionar o Índice de Desempenho de Qualidade (QPI) à tabela.
- O terceiro passo consiste na monitorização e controlo, por parte da equipe de gestão de qualidade, do parâmetro qualidade em paralelo com a equipe de gestão de cronograma e custo. Os dados de qualidade devem ser recolhidos durante a execução de cada tarefa ou no seu final, seguindo o plano de gestão da qualidade.
- O quarto passo final consiste em calcular o *Quality Earned Value* (QEV) para as várias tarefas. Através da recolha diária, ou com a frequência considerada necessária, dos dados de requisitos de qualidade juntamente com os dados de cronograma e de custo.
- O quinto e último passo deve facilitar a interpretação das medidas de desempenho do EVM e do QEV, ilustrando todas as combinações possíveis entre cronograma, custo e qualidade. Devendo então estar caracterizados os requisitos de qualidade (QR), o Índice de Desempenho da Qualidade (QPI), o Índice de Qualidade (QIN), o custo real do dia de trabalho, o Valor Agregado de Qualidade (QEV) e a Variação de Qualidade (QV).

## 4. Caso de estudo

### 4.1. Descrição do Projeto

O caso de estudo analisado nesta dissertação remete para o projeto de construção de dois permutadores de calor para uma central nuclear de produção de energia elétrica.

Trata-se de um projeto adjudicado á empresa Alstom por parte da Kernkraftwerk Leibstadt AG (KKL) para a substituição (retrofit) de dois reaquecedores horizontais de separação de humidade (*MSR - Moisture Separator Reheaters*) para a central nuclear de produção de energia elétrica de Leibstadt. Em março de 2014 começou a pré-engenharia para o retrofit dos componentes e a inspeção final dos equipamentos, já montados na central elétrica, em setembro de 2017.

No retrofit de Leibstadt foram envolvidos técnicos devidamente treinados para aderir aos mais rigorosos padrões de segurança. Os dois reaquecedores MSR's estão localizados entre as turbinas a vapor de alta pressão e de baixa pressão, e têm como função remover a humidade do vapor que sai da turbina de alta pressão e reaquecer o vapor a fim de melhorar a eficiência na turbina de baixa pressão a jusante. Ao mesmo tempo, a redução da humidade e o reaquecimento do vapor reduzem a erosão e prolongando assim a longevidade da turbina de baixa pressão.

Os dois reaquecedores foram contruídos, cada um, em duas partes. Para dar uma imagem sobre a dimensão destes equipamentos cada uma das quatro metades tem cerca de quinze metros de comprimento, cerca de três metros e meio de diâmetro. Cada MSR (duas metades) tem o aspeto igual ao da figura 4.1, apresentada a baixo.

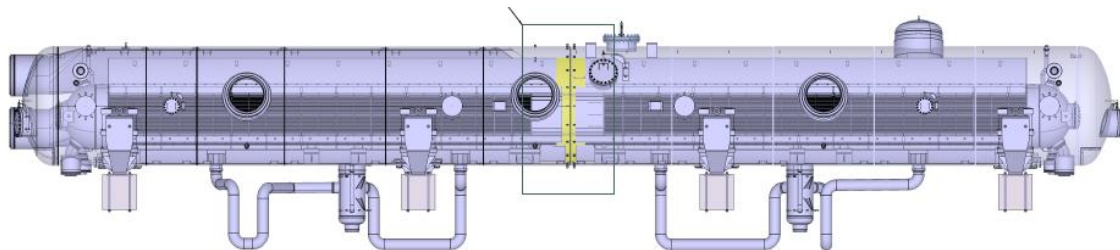


Figura 4.1 – MSR para retrofit na Central de Leibstadt. (Fonte: retirado de um desenho técnico da empresa)

A construção do equipamento decorreu na fábrica da Alstom em Setúbal (atualmente pertencente á empresa GE – General Electric), que contém pavilhões amplos, pontes rolantes com capacidade de movimentar peças de elevadas dimensões e peso, e possui no seu terreno um caís marítimo que permite colocar estes tipos de equipamentos, de grandes dimensões, diretamente num navio para prosseguir até ao local onde serão instalados. A figura 4.2 mostra uma imagem aérea da empresa com módulos de caldeiras, para centrais termoelétricas de ciclo combinado, no seu caís.



Figura 4.2 – Foto aérea da fábrica da Alstom (Atualmente G.E.) em Setúbal.  
(Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=534300&langid=5>)

#### **4.2. Aplicação do Modelo de avaliação de desempenho**

Com a revisão bibliográfica anteriormente referida e relativa á Gestão de Projetos, aplicou-se a metodologia AVA na fase de fabrico dos dois reaquecedores e pretende-se de seguida demonstrar como a utilização desta metodologia contribuiu de uma forma positiva para a melhoria do controlo do progresso do projeto através da avaliação dos indicadores de estado, desempenho e previsão de custos e prazos fornecidos por esta metodologia.

Nos próximos subcapítulos são descritos como foi definido a estrutura analítica do projeto (WBS), como são criados os pacotes de trabalho (Ordens de Produção), definido o valor planeado do projeto (baseline), como foi calculado o valor agregado (EV) ao longo do projeto e como foram controlados os custos reais de execução. De referir que á exceção da definição do valor planeado e do cálculo do valor agregado, todas as restantes atividades já eram efetuadas em projetos anteriores a este acaso de estudo, contudo os dados existentes não eram analisados de acordo com a AVA.

##### **4.2.1. Definição do WBS**

Como anteriormente referido, a criação do WBS é um processo bastante importante no planeamento de uma obra. É necessária uma análise cuidada do cronograma das atividades do projeto e definir o número de atividades que se pretende agrupar, de forma a elaborar o nível de WBS adequado ao projeto.

O cronograma de atividades foi elaborado com recurso ao software *MS Project*, que após a correta definição das atividades (definição de data de início, precedências, tempo de execução e recursos), permite visualizar o diagrama de *Gantt* da obra e identificar o caminho crítico para terminar a obra.

Na tabela 4.1, apresentada em seguida, figuram as atividades principais do projeto, bem com o orçamento disponível para a execução das mesmas, em Horas.Homem (H.H).

Tabela 4.1 – Divisão do orçamento de acordo com as atividades a realizar. (Fonte: elaboração própria)

<b>Activity Name</b>	<b>Budget em H.H.</b>
<i>RTDTSCL Test Tubesheet (drilling+expanding qualif) Overlaying</i>	<i>87 hrs</i>
<i>R1TSCI Tubesheet Overlaying (previous R3)</i>	<i>552 hrs</i>
<i>R2TSCI Tubesheet Overlaying</i>	<i>552 hrs</i>
<i>R3TSCI Tubesheet Overlaying (previous R1)</i>	<i>552 hrs</i>
<i>R4TSCI Tubesheet Overlaying</i>	<i>552 hrs</i>
<i>R1SH Shell</i>	<i>4.474 hrs</i>
<i>R1SH Reheater supports and internals pre-fabrication</i>	<i>246 hrs</i>
<i>R1SH Fitting and welding Reheater supports and internals to Shell</i>	<i>98 hrs</i>
<i>R1SP Fixed and Sliding supports</i>	<i>789 hrs</i>
<i>R1RHBD Reheater Bundleskeleton</i>	<i>1.389 hrs</i>
<i>R1RHSB Reheater Steambox</i>	<i>1.755 hrs</i>
<i>R1RH Reheater Assembly</i>	<i>2.509 hrs</i>
<i>R1WC Wet Steam Channel and erosion shield</i>	<i>362 hrs</i>
<i>R1FN Final assembly</i>	<i>3.159 hrs</i>
<i>R2SH Shell</i>	<i>4.474 hrs</i>
<i>R2SH Reheater supports and internals pre-fabrication</i>	<i>246 hrs</i>
<i>R2SH Fitting and welding Reheater supports and internals to Shell</i>	<i>98 hrs</i>
<i>R2SP Fixed and Sliding supports</i>	<i>789 hrs</i>
<i>R2RHBD Reheater Bundleskeleton Assembly</i>	<i>1.389 hrs</i>
<i>R2RHSB Reheater Steambox</i>	<i>1.755 hrs</i>
<i>R2RH Reheater Assembly</i>	<i>2.509 hrs</i>
<i>R2WC Wet Steam Channel and erosion shield</i>	<i>362 hrs</i>
<i>R2FN Final assembly</i>	<i>3.159 hrs</i>
<i>R3SH Shell</i>	<i>4.474 hrs</i>
<i>R3SH Reheater supports and internals pre-fabrication</i>	<i>246 hrs</i>

<i>R3SH Fitting and welding Reheater supports and internals to Shell</i>	98 hrs
<i>R3SP Fixed and Sliding supports</i>	789 hrs
<i>R3RHBD Reheater Bundleskeleton Assembly</i>	1.389 hrs
<i>R3RHSB Reheater Steambox</i>	1.755 hrs
<i>R3RH Reheater Assembly</i>	2.509 hrs
<i>R3WC Wet Steam Channel and erosion shield</i>	362 hrs
<i>R3FN Final assembly</i>	3.159 hrs
<i>R4SH Shell</i>	4.474 hrs
<i>R4SH Reheater supports and internals pre-fabrication</i>	246 hrs
<i>R4SH Fitting and welding Reheater supports and internals to Shell</i>	98 hrs
<i>R4SP Fixed and Sliding supports</i>	789 hrs
<i>R4RHBD Reheater Bundleskeleton Assembly</i>	1.389 hrs
<i>R4RHSB Reheater Steambox</i>	1.755 hrs
<i>R4RH Reheater Assembly</i>	2.509 hrs
<i>R4WC Wet Steam Channel and erosion shield</i>	362 hrs
<i>R4FN Final assembly</i>	3.159 hrs
<i>DT Drain tanks</i>	1.212 hrs
<b>Total</b>	<b>62631hrs</b>

As atividades são descritas com um detalhe um pouco superior no cronograma apresentado no Anexo A. As atividades estão escritas em inglês, como seria de esperar, para facilitar a comunicação entre os *Stackholders* do projeto. As quatro frações dos dois MSR's passam a designar-se por R1, R2, R3 e R4, sendo que o conjunto R1 e R2 formam o primeiro MSR e o conjunto R3 e R4 formam o segundo MSR. Verifica-se que cada fração possui um conjunto de 9 atividades comuns e que estão orçamentadas com igual valor de H.H.

O total de horas disponíveis para realizar este projeto são de 62.631H.H. O custo de cada H.H. resulta de uma análise financeira que leva em conta os custos de atividade da empresa, o lucro espectável com o projeto, gastos com consumíveis de soldadura, matéria-prima, etc. Por motivos de sigilo não foi considerado o valor real mas sim um valor de 50€ por cada H.H., e nesta perspectiva este projeto tem um orçamento inicial de 3.131.500€.

#### **4.2.2. Processo criação de Ordem de Produção (PO)**

Após a definição das atividades a desenvolver são criados os pacotes de trabalho através de Ordens de Produção (OP). As ordens de produção são um conjunto de instruções de fabrico, procedimentos de execução, de controlo de qualidade e especificações de soldadura, que chegam á oficina com o objetivo de definir um pacote de tarefas a realizar e cujas Horas.Homem despendidas na execução são coletadas no programa PowerMax (uma adaptação do software

de gestão SAP). Cada ordem de produção é identificada através de um número único e irrepetível gerado pelo *software*. Na empresa, o processo de abertura de uma divisão de WBS no sistema PowerMax até à alocação de Horas.Homem de acordo com as ordens de produção, obedece á sequência descrita na figura 4.3 apresentada em seguida.

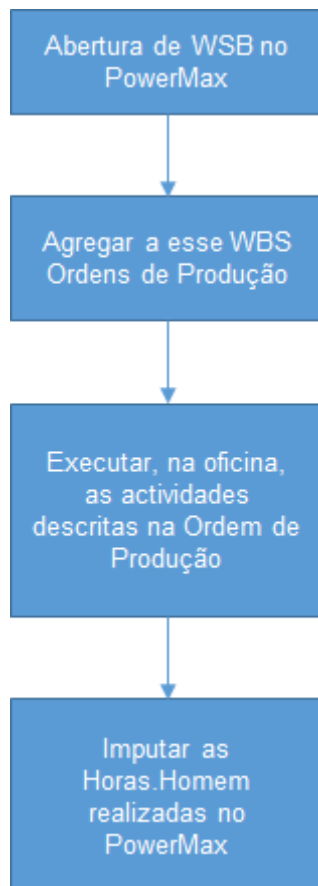


Figura 4.3 – Fluxograma do processo para a alocação de H.H. por pacote de trabalho. (Fonte: elaboração própria)

O WBS é criado no *software* PowerMax pelo gestor de projetos. Posteriormente a engenharia de métodos procede á abertura de Ordens de Produção dentro do WBS criado, fazendo também a alocação do material necessário para realizar o trabalho previsto neste pacote de trabalho

A ordem de produção chega á oficina em formato papel, onde é executada pelos supervisores de oficina, que ao longo do desenvolvimento das atividades descritas na ordem de produção também alocam as H.H. despendidas, sendo igualmente discriminadas de acordo com a atividade a realizada, por exemplo, montagem, soldadura, inspeção de qualidade, etc., sendo estas horas introduzidas no PowerMax e ficando ligadas ao WBS criado.

De referir que, para cada atividade discriminada na tabela 4.1 pode existir mais que uma ordem de produção.

Numa primeira análise á forma como WBS foi criado no sistema PowerMax, verifica-se que apenas foram criados dois WBS's para as atividades de fabrico, um para o primeiro MSR e outro para coletar as H.H. do segundo MSR. Como não foram criadas tantas divisões de WBS quantas

as atividades descritas na tabela 4.1 houve uma maior dificuldade na recolha de dados quando se efetuou uma análise de H.H. por atividade.

#### 4.2.3. Definição do Valor Planeado (PV)

Com base nas horas.homem disponíveis para realizar cada atividade, o tempo necessário previsto para que estas sejam executadas e a sua data de início, obteve-se o gráfico apresentado na figura 4.4. A distribuição de H.H. é apresentada em percentagem do orçamento e em valor acumulado, repartidas ao longo do tempo previsto para execução do projeto – *Baseline*. Ou seja, encontra-se representada a evolução expectável ocorrer, em termos de custo e prazo, de forma a terminar o projeto dentro do prazo e custo orçamentados.

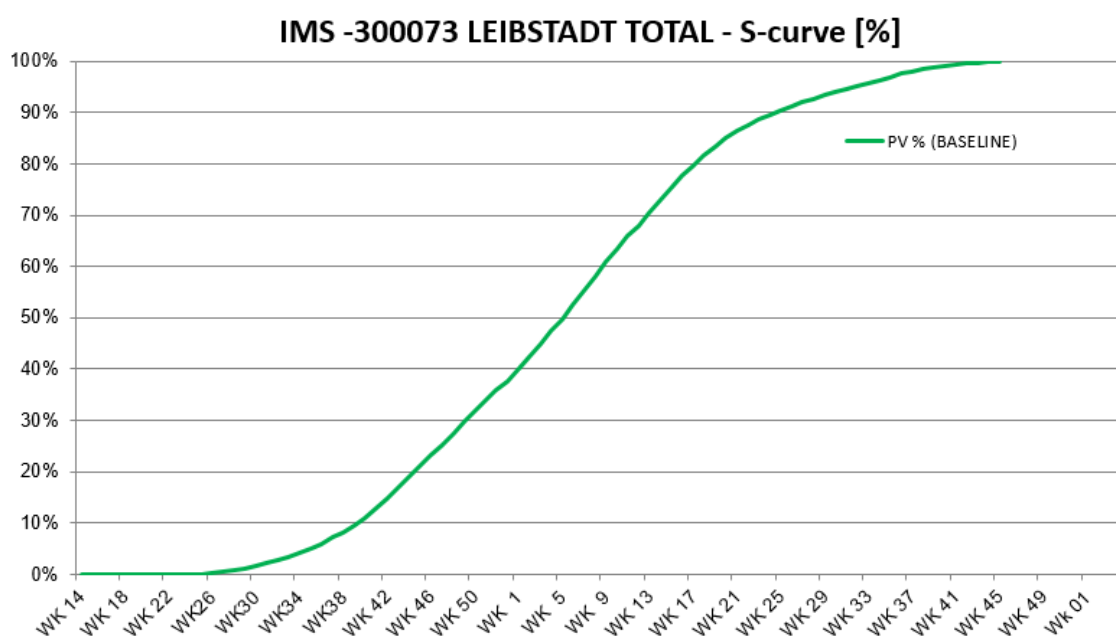


Figura 4.4 – Gráfico do Valor Planeado (PV) do Projeto – *Baseline* inicial. (Fonte: elaboração própria)

Assim, o valor planeado será a baseline inicial de execução do projeto com a qual a análise de valor agregado será comparada, nos vários momentos de monitorização, para verificar o progresso do projeto, em termos do custo real e do valor agregado.

A baseline do projeto foi calculada de uma forma simples utilizando uma folha de Excel onde as H.H. das atividades descritas na tabela 4.1 foram distribuídas uniformemente ao longo do período previsto para a execução da tarefa. As horas foram distribuídas entre a semana 14 de 2015 e a semana 45 de 2016, de acordo com o programa inicial do projeto, e em cada semana foi efetuado o somatório das H.H. a realizar, resultando no gráfico a cima exposto.

#### **4.2.4. Cálculo do Valor agregado (EV)**

Depois de definida a baseline, o próximo passo é o acompanhamento do projeto e a recolha de dados relativos á evolução do valor agregado do mesmo. O valor agregado é calculado através de um valor ponderado, isto é, obtido pela multiplicação do progresso das atividades (em %) pelo valor orçamentado, em H.H., sendo esse produto resultante somado com todas as atividades que já se encontram iniciadas. O valor final obtido é transformado em percentagem, função do orçamento do projeto.

#### **4.2.5. Controlo dos custos reais de execução (AC)**

Como exposto no subcapítulo 4.2.1, as H.H. alocadas ao projeto foram coletadas através do *software* PowerMax, onde encontram-se discriminadas de acordo com as 9 atividades principais realizadas na construção dos componentes.

Para realizar as 9 atividades principais foram emitidas 184 ordens de produção, estas permitem identificar onde foram alocadas as H.H. despendidas e assim verificar onde se cumpriu o orçamento, onde existiram as maiores derrapagens e onde existiram poupanças face ao orçamento. As H.H. totais realizadas até ao momento de monitorização são transformadas em percentagem, função do orçamento do projeto.

### **4.3. Tratamento de Dados e atualização de Progresso**

O PV apresentado no subcapítulo 4.2.3, foi baseado no primeiro planeamento do projeto emitido, revisão 00, no entanto, devido a sucessivos atrasos, motivados por chegada tardia de materiais, atraso na aprovação de procedimentos, entre outros, motivaram a emissão de um plano de recuperação (*recovery plan*) baseado na revisão 08 do planeamento, que visava atingir a data de entrega inicialmente prevista com a alocação de mais recursos, regime de 3 turnos diários e trabalho suplementar aos sábados e alguns domingos, mantendo os 307 dias de calendário previsto para a execução das atividades. A primeira monitorização do projeto através do AVA foi efetuada na semana 41 de 2015, com base na revisão 08 do planeamento.

O plano de recuperação foi utilizado até á semana 48 de 2015, sendo que a partir na semana 49 foi emitido e utilizado um segundo plano de recuperação (*recovery plan 2*) baseado na revisão 09 do planeamento, no qual se assumia um atraso irrecuperável de 14 dias, passando para 321 dias de calendário o tempo previsto para a execução das atividades.

Apesar da intenção de cumprir a data de entrega final com alocação de mais recursos e recorrendo a trabalho extra, na tentativa de evitar penalizações contratuais, a chegada de materiais não permitiu desenvolver o trabalho necessário para cumprir a data final, sendo emitido um terceiro plano de recuperação (*recovery plan 3*) baseado na revisão 10 do planeamento, onde se assumia um atraso irrecuperável e se definia uma nova data final de entrega – 28 de Janeiro de 2017, que aumentava o tempo de execução do projeto de 321 dias para 360 dias.

Em seguida serão apresentados os resultados obtidos na monitorização de desempenho do projeto, através dos indicadores de estado, de desempenho e de previsão da AVA, anteriormente descritos:

- Variação nos Custos (CV);
- Variação de Prazos (SV);
- Índice de desempenho de Custo (CPI);
- Índice de desempenho de Prazos (SPI);
- Estimativa do custo ao término (EAC)
- Duração Prevista para o Projeto (TAC)

A monitorização de desempenho foi feita numa base semanal, que significa que durante o desenvolvimento do projeto foram efetuadas 75 monitorizações AVA, contudo apenas serão apresentados controlos de desempenho com intervalo de cerca de quatro semanas para não saturar a leitura com muitos valores de controlo.

De ressaltar que o trabalho realizado e as H.H despendidas anteriores á semana 41 de 2015 foram captadas. Os valores apresentados em seguida são valores acumulados desde o início do projeto e não valores intermédios obtidos entre monitorizações.

Na tabela 4.2 estão definidos intervalos de valores, resultantes da análise AVA, que indicam se o projeto decorre com um desempenho de acordo com o previsto pelo gestor de projeto, se apresenta maus resultados ou se apresenta um bom desempenho.

Tabela 4.2 – Parâmetros de referência para interpretação dos resultados AVA. (Fonte: elaboração própria)

Indicador	Desempenho do Projeto	Cor
$0 \geq CV \geq -30\%$	Dentro do expectável	
$CV < -30\%$	Mau desempenho	Red
$CV > 0\%$	Bom desempenho	Green
$10 \geq SV \geq -10\%$	Dentro do expectável	
$SV < -10\%$	Mau desempenho	Red
$SV > 10\%$	Bom desempenho	Green

#### 4.3.1. Atualização de Progresso a 8 de Outubro de 2015 (Week 41)

Á data da primeira monitorização já estava emitido o primeiro plano de recuperação, baseado na revisão 08 do planeamento, que visava entregar o equipamento na data inicialmente definida através do recurso ao trabalho suplementar, e é com base nesta revisão do planeamento que foi construída a nova curva de base do projeto (*PV% Recov. Plan01*), apresentada no anexo B.

Tabela 4.3 – Avaliação de desempenho a 5 de Novembro de 2015. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
3926	2511	6683	-1415	-36%	-4172	-62%	0,64	0,38	164818	480

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização o projeto encontra-se atrasado relativamente ao plano inicialmente previsto e adicionalmente apresenta um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 163% do que inicialmente previsto, num total de 102.187 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 5.109.350€). O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 173 dias (considerando PAC = 304 dias).

Com apenas 4% de valor agregado ao projeto (EV=2.511 H.H.) a projeção de custos e prazo apresenta uma grande incerteza associada. Continuam a existir muitas atividades por iniciar, que poderão alterar o desempenho do projeto.

Os indicadores de desempenho SPI e o CPI tem igualmente uma elevada incerteza associada nesta fase. Mas caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo e prazo seriam bastante negativos.

#### 4.3.2. Atualização de Progresso a 5 de Novembro de 2015 (Week 45)

Tabela 4.4 – Avaliação de desempenho a 5 de Novembro de 2015. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
8587	4449	8737	-4138	-48%	-4288	-49%	0,52	0,51	122806	590

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização o projeto encontra-se atrasado relativamente ao plano inicialmente previsto e adicionalmente apresenta um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 96% do que inicialmente previsto, num total de 60.175 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 3.008.750€). Entre monitorizações houve uma diminuição do valor da derrapagem de 163% para 96%.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 283 dias (considerando PAC = 304 dias). Um aumento de 110 dias face á última monitorização.

Com 7% de valor agregado ao projeto (EV = 4.449 H.H.) a projeção de custos e prazo continua com uma grande incerteza associada, assim como os indicadores de desempenho SPI e o CPI. Mas caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo e prazo seriam bastante negativos. Estes alertas sobre a derrapagem do projeto e o aumento desse valor de derrapagem, monitorização após monitorização, motivou uma nova revisão do planeamento, que passou a assumir um atraso de duas semanas impossível de recuperar. A próxima análise apresentada é baseada nessa revisão 09 do planeamento.

#### 4.3.3. Atualização de Progresso a 3 de Dezembro de 2015 (Week 49)

A partir desta data é emitido o segundo *recovery plan* baseado na revisão 09 do planeamento e é recalculado o valor de progresso (PV) a efetuar ao longo das semanas do projeto, de acordo com o apresentado no anexo B. É assumido um atraso de duas semanas na entrega do produto, aumentado o tempo de execução do projeto para 321 dias (PAC).

Tabela 4.5 – Avaliação de desempenho a 3 de Dezembro de 2015. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
8857	7929	11847	-928	-10%	-3918	-33%	0,90	0,67	93479	357

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização o projeto encontra-se atrasado relativamente á revisão 09 do planeamento, apesar de este atraso ter diminuído face aos resultados apresentados nas anteriores monitorizações. Continua igualmente com um mau desempenho em termos de custos O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 49% do que inicialmente previsto, num total de 30.848 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.542.400€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, apesar de diminuir essa derrapagem de 96% para 49% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 36 dias.

Com 13% de valor agregado ao projeto (EV=7.929 H.H.), o indicador de desempenho CPI continua muito longe da unidade (CPI = 0,67) mas com esta revisão do planeamento houve um claro melhoramento do indicador SPI (SPI=0,90). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo seriam bastante negativos e em termos de prazo iria apresentar um ligeiro atraso.

#### 4.3.4. Atualização de Progresso a 17 de Dezembro de 2015 (Week 51)

Tabela 4.6 – Avaliação de desempenho a 17 de Dezembro de 2015. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
10954	10088	14050	-866	-8%	-3962	-28%	0,92	0,72	86988	349

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização o projeto encontrava-se ligeiramente atrasado, e continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 39% do que inicialmente previsto, num total de 24.357 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.217.850€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, apesar de diminuir essa derrapagem de 49% para 39% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 28 dias, diminuindo em 8 dias face à última monitorização.

Com 16% de valor agregado ao projeto (EV = 10.088 H.H.), o indicador de desempenho CPI continua muito longe da unidade (CPI = 0,72) e o indicador SPI melhorou face à última monitorização (SPI = 0,92). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo continua a apresentar um ligeiro atraso.

#### 4.3.5. Atualização de Progresso a 28 de Janeiro de 2016 (Week 04)

Tabela 4.7 – Avaliação de desempenho a 28 de Janeiro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
19177	13420	21113	-5757	-30%	-7693	-36%	0,70	0,64	97861	459

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização o projeto atrasou-se bastante face à última monitorização e continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 56% do que inicialmente previsto, num total de 35.230 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma

derrapagem no valor de 1.761.500€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentado de 39% para 56% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 138 dias, aumentou em 110 dias face à última monitorização.

Com 21% de valor agregado ao projeto (EV=13.420 H.H.), o indicador de desempenho CPI afastou-se ainda mais da unidade (CPI = 0,64) e o indicador SPI piorou bastante face à última monitorização (SPI=0,70). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo e prazo seriam bastante negativos.

#### 4.3.6. Atualização de Progresso a 25 de Fevereiro de 2016 (Week 08)

Tabela 4.8 – Avaliação de desempenho a 25 de Fevereiro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
25682	19790	29597	-5892	-23%	-9807	-33%	0,77	0,67	93479	416

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização o projeto encontrava-se atrasado e continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 49% do que inicialmente previsto, num total de 30.848 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.542.400€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem diminuído de 56% para 49% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 95 dias, diminuindo em 43 dias face à última monitorização.

Com 32% de valor agregado ao projeto (EV=19.790 H.H.), o indicador de desempenho CPI continua longe da unidade (CPI = 0,67) e o indicador SPI continua, igualmente, a indicar um muito mau desempenho (SPI=0,77). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo e prazo seriam bastante negativos.

Com uma previsão de atraso na entrega do projeto a rondar os 100 dias, com algumas chegada de alguns materiais e matéria-prima ainda em atraso e com uma não conformidade colocada no caminho crítico do projeto que obrigou ao fabrico de novas partes do componente, as próximas monitorizações são baseadas na revisão 10 do planeamento, em que se assume um atraso de adicional de 39 dias face à data da última revisão do planeamento, para a entrega do produto.

#### 4.3.7. Atualização de Progresso a 24 de Março de 2016 (Week 12)

A partir desta data é emitido o terceiro e último *recovery plan* baseado na revisão 10 do planeamento e é recalculado o valor de progresso (PV) a efetuar ao longo das semanas do projeto. É assumido um atraso em cerca de 6 semanas na entrega do produto, aumentado o tempo de execução do projeto para 360 dias (PAC).

Tabela 4.9 – Avaliação de desempenho a 24 de Março de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
25359	23589	37351	-1770	-7%	-13762	37%	0,93	0,63	99414	387

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, a nova revisão permitiu melhorar bastante o indicador de desempenho de prazo mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 59% do que inicialmente previsto, num total de 36.783 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.839.150€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentado ligeiramente de 56% para 59% superior ao orçamento inicial.

Apesar ter sido revisto o planeamento o indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 17 dias, mas não é considerado nada de alarmante.

Com 38% de valor agregado ao projeto (EV=23.589 H.H.), o indicador de desempenho CPI continua afastado da unidade (CPI = 0,63) e o indicador SPI apresenta um ligeiro desvio mas aceitável (SPI=0,93). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo seriam bastante negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.8. Atualização de Progresso a 21 de Abril de 2016 (Week 16)

Tabela 4.10 – Avaliação de desempenho a 21 de Abril de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
29889	28133	39839	-1756	-6%	-11706	-29%	0,94	0,71	88213	382

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 41% do que inicialmente previsto, num total de 25.582 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.279.100€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem diminuído significativamente de 59% para 41% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 12 dias.

Com 45% de valor agregado ao projeto (EV=28.133 H.H.), o indicador de desempenho CPI melhorou face á última monitorização, enquadrando-se no desempenho previsto (CPI = 0,71) e o indicador SPI apresenta um ligeiro desvio (SPI=0,93). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.9. Atualização de Progresso a 19 de Maio de 2016 (Week 20)

Tabela 4.11 – Avaliação de desempenho a 19 de Maio de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
33758	32942	45580	-816	-2%	-12638	-28%	0,98	0,72	86988	367

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 39% do que inicialmente previsto, num total de 24.357 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.217.850€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem diminuído significativamente de 41% para 39% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto irá ter uma derrapagem de 6 dias.

Com 53% de valor agregado ao projeto (EV=32.942 H.H.), o indicador de desempenho CPI continua com um valor semelhante á última monitorização (CPI = 0,72) e o indicador SPI está bastante próximo da unidade (SPI=0,98). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.10. Atualização de Progresso a 16 de Junho de 2016 (Week 24)

Tabela 4.12 – Avaliação de desempenho a 16 de Junho de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
37883	38926	49866	1043	3%	-10940	-22%	1,03	0,78	80296	350

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor bastante favorável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 28% do que inicialmente previsto, num total de 17.665 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 883.250€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem diminuído de 39% para 28% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto será concluído 10 dias em avanço.

Com 62% de valor agregado ao projeto (EV=38.926 H.H.), o indicador de desempenho CPI subiu face à última monitorização (CPI = 0,78) e o indicador SPI apresenta um valor superior á unidade (SPI=1,03). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro avanço.

#### 4.3.11. Atualização de Progresso a 14 de Julho de 2016 (Week 28)

Tabela 4.13 – Avaliação de desempenho a 14 de Julho de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
42266	43030	56178	764	2%	-13148	-23%	1,02	0,77	81339	353

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor bastante favorável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 30% do que inicialmente previsto, num total de 18.708 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 935.400€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente

previsto, tendo essa derrapagem aumentando ligeiramente de 28% para 30% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto será concluído 7 dias em avanço.

Com 69% de valor agregado ao projeto (EV=43.030 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face á última monitorização (CPI = 0,77) e o indicador SPI continua a apresentar um valor superior á unidade (SPI=1,02). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro avanço.

#### 4.3.12. Atualização de Progresso a 18 de Agosto de 2016 (Week 33)

Tabela 4.14 – Avaliação de desempenho a 18 de Agosto de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
48981	47345	61990	-1636	-3%	-14645	-24%	0,97	0,76	82409	371

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo diminuiu contudo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 32% do que inicialmente previsto, num total de 19.778 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 988.900€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentando ligeiramente de 30% para 32% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo indica que o projeto s irá ter uma derrapagem de 11 dias.

Com 76% de valor agregado ao projeto (EV=47.345 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face á última monitorização (CPI = 0,76) e o indicador SPI voltou a apresentar um valor inferior á unidade mas dentro do aceitável (SPI=0,97). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro avanço.

#### 4.3.13. Atualização de Progresso a 08 de Setembro de 2016 (Week 36)

Tabela 4.15 – Avaliação de desempenho a 08 de Setembro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	SPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
52570	51011	64783	-1559	-3%	-13772	-21%	0,97	0,79	79280	371

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 27% do que inicialmente previsto, num total de 16.649 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 832.450€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem diminuído ligeiramente de 32% para 27% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo mantém a derrapagem de 11 dias na conclusão do projeto.

Com 81% de valor agregado ao projeto (EV=51.011 H.H.), o indicador de desempenho CPI aumentou face á última monitorização (CPI = 0,79) e o indicador SPI voltou a apresentar um valor igual á última monitorização (SPI=0,97). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.14. Atualização de Progresso a 06 de Outubro de 2016 (Week 40)

Tabela 4.16 – Avaliação de desempenho a 6 de Outubro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
56911	53225	70230	-3686	-6%	-17005	-24%	0,94	0,76	82409	383

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo diminuiu contudo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 32% do que inicialmente previsto, num total de 19.778 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 988.900€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentando ligeiramente de 27% para 32% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo mantém a derrapagem de 23 dias na conclusão do projeto. Com 85% de valor agregado ao projeto (EV=53.225 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face à última monitorização (CPI = 0,76) e o indicador SPI apresenta um valor inferior à última monitorização (SPI=0,94). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.15. Atualização de Progresso a 03 de Novembro de 2016 (Week 44)

Tabela 4.17 – Avaliação de desempenho a 3 de Novembro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
58638	56153	76367	-2485	-4%	-20214	-26%	0,96	0,74	84636	375

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 35% do que inicialmente previsto, num total de 22.005 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.100.250€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentando ligeiramente de 32% para 35% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo apresenta uma derrapagem de 15 dias na conclusão do projeto, menos 8 dias que a monitorização anterior.

Com 90% de valor agregado ao projeto (EV=56.153 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face à última monitorização (CPI = 0,74) e o indicador SPI apresenta um valor superior à última monitorização (SPI=0,96). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.16. Atualização de Progresso a 29 de Novembro de 2016 (Week 48)

Tabela 4.18 – Avaliação de desempenho a 29 de Novembro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
60097	58537	81298	-1560	-3%	-22761	-28%	0,97	0,72	86988	371

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 39% do que inicialmente previsto, num total de 24.357 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.217.850€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentando ligeiramente de 35% para 39% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo apresenta uma derrapagem de 11 dias na conclusão do projeto, menos 4 dias que a monitorização anterior.

Com 93% de valor agregado ao projeto (EV=58.537 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face à última monitorização (CPI = 0,72) e o indicador SPI apresenta um valor superior à última monitorização (SPI=0,97). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo continuam a ser negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.17. Atualização de Progresso a 27 de Dezembro de 2016 (Week 52)

Tabela 4.19 – Avaliação de desempenho a 27 de Dezembro de 2016. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
61409	59684	85998	-1725	-3%	-26314	-31%	0,97	0,69	90770	371

Por análise dos índices de custos e prazos apresentados no quadro anterior verifica-se que neste momento de monitorização, o indicador de desempenho de prazo apresenta um valor aceitável mas o projeto continua a apresentar um mau desempenho em termos de custos.

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 45% do que inicialmente previsto, num total de 28.139 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.406.950€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentando ligeiramente de 39% para 45% superior ao orçamento inicial.

O indicador de previsão de prazo mantém uma derrapagem de 11 dias na conclusão do projeto. Com 95,3% de valor agregado ao projeto (EV=59.684 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face à última monitorização para valores abaixo do aceitável (CPI = 0,69) e o indicador SPI mantém um valor igual à última monitorização (SPI=0,97). Caso o projeto evolui-se com um desempenho igual ao verificado nesta monitorização, os resultados em termos de custo seriam bastante negativos e em termos de prazo ter-se-ia um ligeiro atraso.

#### 4.3.18. Atualização de Progresso a 24 de Janeiro de 2017 (Week 04)

Tabela 4.20 – Avaliação de desempenho a 24 de Janeiro de 2017. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
62631	61132	90098	-1498	-3%	-28966	32%	0,98	0,68	92104	367

Na semana em que era expectável terminar o projeto apenas existe 97,6% de valor agregado ao projeto (EV=61.132 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face à última monitorização mantendo-se em valores abaixo do aceitável (CPI = 0,68) e o indicador SPI apresenta-se ainda inferior à unidade (SPI=0,98).

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 47% do que inicialmente previsto, num total de 29.473 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.473.650€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, tendo essa derrapagem aumentando de 38% para 47% superior ao orçamento inicial. É previsível que o projeto dure mais 7 dias até à sua conclusão.

#### 4.3.19. Atualização de Progresso a 07 de Fevereiro de 2017 (Week 06)

Tabela 4.21 – Avaliação de desempenho a 07 de Fevereiro de 2017. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
62631	61543	91884	-1087	-2%	-30341	-33%	0,98	0,67	93479	382

Passadas duas semanas em que era expectável terminar o projeto apenas existe 98,2% de valor agregado ao projeto (EV=62.543 H.H.), o indicador de desempenho CPI diminuiu face á última monitorização mantendo-se em valores abaixo do aceitável (CPI = 0,67) e o indicador SPI apresenta-se ainda inferior á unidade (SPI=0,98).

O indicador de previsão de custo indica que o projeto irá custar mais 49% do que inicialmente previsto, num total de 30.848 H.H. a mais (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.542.400€). O projeto continuará a custar mais do que inicialmente previsto, te tendo essa derrapagem aumentando de 47% para 49% superior ao orçamento inicial. É previsível que o projeto dure mais 11 dias até á sua conclusão, considerando um PAC atual de 371 dias de execução do projeto.

#### 4.3.20. Atualização de Progresso a 01 de Março de 2017 (Week 10)

Tabela 4.22 – Avaliação de desempenho a 01 de Março de 2017. (Fonte: elaboração própria)

PV H.H.	EV H.H.	AC H.H.	SV		CV		SPI	CPI	EAC H.H.	TAC Dias
			H.H.	%	H.H.	%				
62631	62631	93030	0	0	-30400	-33%	1	0,67	-	-

Com 100% de valor agregado ao projeto (EV=62630 H.H.), constata-se uma derrapagem no custo em 49% num total de 30399 H.H. a mais do previsto (para um custo H.H. de 50€, representa uma derrapagem no valor de 1.519.950€). Ficando o índice de desempenho ficado abaixo do expectável pelo gestor de projeto (CPI=0,67 ≤ 0,7).

A conclusão do projeto derrapou em cerca de 2 semanas face á última previsão e teve uma derrapagem de 6 semanas face ao planeamento do projeto, revisão 10.

#### 4.4. Análise da evolução do projeto de acordo com os indicadores de desempenho

Após a avaliação de desempenho mensal apresentada no subcapítulo anterior consolidou-se a informação relativa aos indicadores de desempenho na tabela 4.23.

Tabela 4.23 – Avaliação de estado e desempenho consolidada, da primeira à última monitorização. (Fonte: elaboração própria)

Semana	EV (%)	CPI	SPI	CV		SV		Rev. Planeamento
				H.H.	%	H.H.	%	
41 de 2015	4,0%	0,38	0,64	-4172	-62%	-1415	-36%	8
45 de 2015	7,0%	0,51	0,52	-4288	-49%	-4138	-48%	
49 de 2015	13,0%	0,67	0,90	-3918	-33%	-928	-10%	9
51 de 2015	16,0%	0,72	0,92	-3962	-28%	-866	-8%	
04 de 2016	21,0%	0,64	0,70	-7693	-36%	-5757	-30%	
08 de 2016	32,0%	0,67	0,77	-9807	-33%	-5892	-23%	10
12 de 2016	38,0%	0,63	0,93	-13762	-37%	-1770	-7%	
16 de 2016	45,0%	0,71	0,94	-11706	-29%	-1756	-6%	
20 de 2016	53,0%	0,72	0,98	-12638	-28%	-816	-2%	
24 de 2016	62,0%	0,78	1,03	-10940	-22%	1043	3%	
28 de 2016	69,0%	0,77	1,02	-13148	-23%	764	2%	
33 de 2016	76,0%	0,76	0,97	-14645	-24%	-1636	-3%	
36 de 2016	81,0%	0,79	0,97	-13772	-21%	-1559	-3%	
40 de 2016	85,0%	0,76	0,94	-17005	-24%	-3686	-6%	
44 de 2016	90,0%	0,74	0,96	-20214	-26%	-2485	-4%	
48 de 2016	93,0%	0,72	0,97	-22761	-28%	-1560	-3%	
52 de 2016	95,3%	0,69	0,97	-26314	-31%	-1725	-3%	
04 de 2017	97,6%	0,68	0,98	-28966	-32%	-1498	-3%	
06 de 2017	98,2%	0,67	0,98	-30341	-33%	-1087	-2%	
10 de 2017	100,0%	0,67	1,00	-30400	-33%	0	0%	

Analisando o quadro anterior em relação à evolução do valor agregado (EV%), verifica-se que até à semana 04 de 2016 o desenvolvimento ainda estava na sua fase inicial não existindo uma evolução superior a 6% entre monitorizações. Entre a semana 04 de 2016 e a semana 36 de 2016 o desenvolvimento do projeto evoluiu com uma percentagem superior a 6% entre monitorizações, sendo esse período onde se efetuaram a maioria das atividades que podiam realizar em paralelo. A partir da semana 36 de 2016 e até ao final do projeto a evolução mensal voltou a diminuir dos 6% e as atividades desenvolvidas focaram-se em torno do caminho crítico visto que as atividades a desenvolver em paralelo deixam de existir.

Analisando a evolução da variação do cronograma (SV), em termos percentuais, verifica-se que na semana 45 de 2015 essa variação era já muito superior aos 10% considerados como expectáveis para um bom desempenho do projeto, o que motivou uma revisão de planeamento

(revisão 09). Essa revisão permitiu diminuir essa variação de cronograma, contudo, a evolução de valor agregado não acelerou como esperado, tendo o valor SV subido novamente acima dos 10% em duas monitorizações consecutivas, assim na semana 12 de 2016 emitiu-se uma nova revisão do planejamento (revisão 10), que foi seguida até ao final do projeto.

Analisando o SV em relação a essa última revisão, verifica-se que este indicador nunca voltou a subir dos 7% e, adicionalmente, a variação entre medições monitorizações não ultrapassou os 5%, sendo este valor máximo de variação verificado na análise da semana 28 de 2016 para a semana 33 de 2016. Assim chegou-se á semana 04 de 2017 (semana prevista de termino – 28 de Janeiro) com um SV de -2,4% que se refletiu num atraso de 6 semanas face ao planejamento revisão 10.

Analisando a evolução da variação do custo (CV), em termos percentuais, verifica-se que indicador esteve sempre acima do orçamento desde do início ao fim do projeto, isto é, existiu sempre um défice de valor agregado face ao custo despendido. Na semana 12 de 2016 com 38% de valor agregado, existiam menos -13762 H.H. agregadas ao projeto face ao custo despendido. Esta diferença, entre o custo real e o valor agregado resultante desse custo, teve, em geral, uma tendência de subida até ao final do projeto.

Assim, pode-se concluir que a revisão 10 do planejamento definiu uma boa tendência para o desenvolvimento do projeto em termos de prazo, contudo a tendência de custos também poderia ter sido revista e definida uma curva de custo que projeta-se a variação de custo expectável.

#### 4.5. Análise dos indicadores de previsão

À semelhança da análise feita no subcapítulo anterior consolidou-se a informação relativa a indicadores de previsão no quadro 4.24.

Tabela 4.24 – Indicadores de previsão, da primeira á ultima monitorização. (Fonte: elaboração própria)

Semana	EV (%)	EAC previsão otimista		EAC previsão mais provável (H.H.)		EAC previsão pessimista (H.H.)		TAC (Dias)	Rev. Planeamento
41 de 2015	4,0%	66803	7%	164818	163%	253887	305%	173	8
45 de 2015	7,0%	66919	7%	122806	96%	228126	264%	283	
49 de 2015	13,0%	66549	6%	93479	49%	102563	64%	36	9
51 de 2015	16,0%	66593	6%	86988	39%	93372	49%	28	
04 de 2016	21,0%	70324	12%	97861	56%	130959	109%	138	
08 de 2016	32,0%	72438	16%	93479	49%	112638	80%	95	
12 de 2016	38,0%	76393	22%	99414	59%	103987	66%	17	10
16 de 2016	45,0%	74337	19%	88213	41%	91529	46%	12	
20 de 2016	53,0%	75269	20%	86988	39%	87656	40%	6	
24 de 2016	62,0%	73571	17%	80296	28%	79372	27%	-10	
28 de 2016	69,0%	75779	21%	81339	30%	81135	30%	-7	
33 de 2016	76,0%	77276	23%	82409	32%	82725	32%	11	
36 de 2016	81,0%	76403	22%	79280	27%	79947	28%	11	
40 de 2016	85,0%	79636	27%	82409	32%	83396	33%	23	
44 de 2016	90,0%	82845	32%	84636	35%	85486	36%	15	
48 de 2016	93,0%	85392	36%	86988	39%	87160	39%	11	
52 de 2016	95,3%	88945	42%	90770	45%	90401	44%	11	
04 de 2017	97,6%	91597	46%	92104	47%	92347	47%	7	
06 de 2017	98,2%	92972	48%	93479	49%	93541	49%	22	
10 de 2017	100,0%	94030	49%	93030	49%	94523	49%	32	

Apenas foi avaliado o parâmetro de estimativa do custo ao término do projeto (EAC) visto que a variação final dos custos (VAC) e a estimativa do valor necessário para terminar o projeto (ETC), são função deste parâmetro. Também não foi considerado o indicador de desempenho para terminar o projeto dentro do orçamento (TCPI) porque a apesar de fornecer informação sobre o quanto o desempenho teria de melhorar nas atividades a desenvolver após o momento de monitorização, não existia forma prática de responder e ir ao encontro dessa necessidade de melhoria de desempenho.

Assim sendo, calculou-se o parâmetro de estimativa do custo ao término do projeto (EAC) de acordo com as três perspetivas de evolução dos custos: mais provável, otimista e pessimista, em cada momento de monitorização do projeto.

Tendo a informação consolidada desde a primeira até à última semana de monitorização do projeto verifica-se que previsão otimista não alerta antecipadamente para a percentagem de derrapagem de custo que existiu no projeto, na semana 20 de 2016 já com 53% de valor agregado ao projeto era projetada uma derrapagem de apenas 20%

Comparando a previsão mais provável com a mais pessimista verifica-se uma diferença grande entre previsões de derrapagem até à semana 20 de 2016 onde se atinge um valor agregado de 53% e após essa semana a derrapagem em cada um dos cenários não difere entre si mais de 1%, para o mesmo momento de monitorização, tornando pouco relevante a utilização de uma ou outra perspetiva a partir de então. Em ambos os casos verifica-se que a partir da semana 20 de 2016 a previsão da derrapagem de custos desce abaixo dos 40% e só volta a subir a cima desse valor na semana 52 de 2016 já com um valor agregado de 95,3%. Concluiu-se que a capacidade de previsão mais provável e pessimista é a mais adequada a aplicar a este projeto, contudo a previsão de derrapagem de custo numa fase mais inicial do desenvolvimento do projeto não é satisfatória e deve-se partir para uma outra abordagem que permita melhorar essa previsão.

#### **4.6. Trabalho não previsto no orçamento do projeto**

Além do trabalho inicialmente previsto no cronograma de atividades ocorreram alterações e retrabalho que não foram antecipados, em concreto, foram necessárias fabricar ferramentas para auxílio á montagem (WBS: IMS-300073-FERFAB), foram necessárias realizar qualificações adicionais que não estavam inicialmente prevista (WBS: IMS-300073-WELDQUAL) e foram despendidas H.H. em retrabalho, motivado por duas situações:

- Não-conformidades (NCR – *Non Conformity Report*) – discriminadas de acordo com a sua origem, interna (não conformidades de montagem, defeitos de soldadura, etc., com o WBS: IMS-300073-NCI) ou externa (matéria prima sem os requisitos de qualidade necessários, atrasos motivados por subcontactos, etc., com WBS: IMS-300073-NCE)
- Alterações de design do equipamento (DCR – *Design changes report*) requeridas pela engenharia de design quando as partes a sofrerem alterações já estavam fabricadas (WBS: IMS-300073-ADDCLIENT).

Estas H.H. despendidas em trabalhos adicionais foram discriminadas das H.H. efetivamente utilizadas no fabrico do componente de forma a não contaminar a análise de desempenho das atividades do cronograma de projeto. As horas adicionais encontram-se na tabela 4.25 apresentado em seguida.

Tabela 4.25 – Horas.Homem despendidas em trabalhos adicionais. (Fonte: elaboração própria)

Descrição	WBS	Total
Ferramentas	IMS-300073-FERFAB	5329,25
Qualificações não prevista no cronograma da obra	IMS-300073-WELDQUAL	1323,25
NCR´s	IMS-300073-NCE	818,5
	IMS-300073-NCI	2438,08
DCR´s	IMS-300073-ADDCLIENT	2453,72
<b>Total</b>		<b>12362,8</b>

Apesar da segregação das H.H. despendidas em trabalhos adicionais é difícil quantificar a diminuição de desempenho que pode ter ocorrido nas atividades previstas no cronograma do projeto.

#### 4.7. Análise do progresso das atividades de forma individual

Tendo em conta que houve uma derrapagem de 49% no orçamento decidiu-se efetuar uma análise por atividade a fim de identificar qual ou quais as atividades que mais contribuíram para essa derrapagem. Assim efetuou-se a tabela 4.26 apresentada em seguida.

Tabela 4.26 - Horas.Homem orçamentadas vs. Despendidas, por atividade. (Fonte: elaboração própria)

Atividade	H.H. Orçamento	H.H.	Δ H.H.	Δ %
<i>RTSCI Tubesheet Overlaying + QLF Tube-Tubesheet Welding/Expanding Qualif</i>	2295	3246,75	951,75	45%
<i>RSH Shell</i>	17 896	23194,10	5298,10	44%
<i>RSH Reheater supports and internals pre-fabrication</i>	984	2305,50	1321,50	134%
<i>R1H Fitting and welding Reheater supports and internals to Shell</i>	392	717,75	325,75	83%
<i>RSP Fixed and Sliding supports</i>	3156	3863,00	707,00	22%
<i>RRHBD Reheater Bundleskeleton</i>	5 556	17874,40	12318,40	221%
<i>RRHSB Reheater Steambox</i>	7 020	4059,75	-2960,25	-42%
<i>RRH Reheater Assembly</i>	10 036	8110,00	-1926,00	-19%
<i>RWC Wet Steam Channel and erosion shield</i>	1448	748,00	-700,00	-48%
<i>RFN Final assembly</i>	12 636	26381,25	13745,25	108%
<i>DT Drain tanks</i>	1 212	2559,00	1347,00	111%
<b>Total</b>	<b>62631</b>	<b>93059,50</b>	<b>30428,50</b>	<b>48,6%</b>

Por análise da tabela anterior identificam-se 3 atividades que apresentam maior derrapagem. Que por comparação com o cronograma do projeto (anexo A), as atividades de fabrico do *Shell*, fabrico do *Reaheater Bundleskeleton* e *Final assembly* representam o caminho crítico do projeto.

Possivelmente foi a razão pela qual os indicadores de previsão não anteciparam uma derrapagem de 49% numa fase mais inicial do desenvolvimento do projeto.

Apesar de não ter sido dada a devida atenção às atividades do caminho crítico em termos de custos, a partir da semana 40 de 2016, onde a previsão de derrapagem de prazo subiu para 23 dias, passou a ser emitido, adicionalmente á AVA, um relatório sobre o desenvolvimento das atividades do caminho e uma previsão de derrapagem de prazo baseada na percepção do gestor de projeto, do gestor de produção e do gestor de planeamento



## 5. Conclusões

A utilização da AVA permitiu adicionar uma ferramenta de medição e previsão de desempenho de custo e prazo, a uma construção por projetos com um bom nível de planeamento e de detalhe utilizado de cronograma de atividades. Assim, os dados que anteriormente já eram recolhidos ao longo do desenvolvimento do projeto, passarão a ser utilizados de uma forma mais eficiente na monitorização de desempenho e na previsão de evolução do projeto.

Apesar da utilização da análise de valor ser uma obrigação contratual para comunicar com o cliente, ao longo da evolução do projeto verificaram-se claros benefícios na sua utilização. Antes da utilização desta ferramenta a monitorização de desempenho e a previsão de evolução do projeto era baseada na experiência e interpretação da pessoa que controlava o desenvolvimento dos trabalhos na oficina. Com a utilização desta ferramenta é possível transmitir a todas as partes interessadas do projeto, uma interpretação visual e quantificável da evolução do projeto em termos de custos e prazo, e adicionalmente permite antever futuras evoluções que podem ser complementadas com a experiência da pessoa responsável pelo controlo do progresso do projeto, seja o gestor de projeto ou o responsável pelo planeamento.

Apesar de nos capítulos introdutórios deste trabalho terem sido mencionados três indicadores principais de desempenho dos projetos: tempo, custo e qualidade; verificou-se que o tempo e o custo são os mais importantes, tendo em conta a organização existente na empresa e o tipo de produto resultante deste projeto. A qualidade, como é de esperar, é efetuada em diversas fases ao longo do desenvolvimento e a medição da qualidade apenas baseada nas H.H. despendidas ao longo do projeto não iria introduzir um indicador de fácil interpretação. O custo da não qualidade seria sim um fator interessante em termos do desempenho do projeto mas trata-se de um indicador difícil de quantificar, visto que apesar de existir a segregação de H.H. para as não conformidades detetadas estas apenas foram efetuadas em reparações que implicassem a utilização de mais matéria-prima ou, por exemplo, em reparações de soldadura em que se verificou a necessidade de existirem registos de reparação para efeitos futuros de rastreabilidade, contudo não existem registos relativos ao custo de não fazer bem á primeira (retrabalho), este sim um indicador difícil de quantificar.

Verifica-se que desde o primeiro momento de monitorização houve um alerta para as derrapagens que estavam a ocorrer e para a previsão sobre a continuidade dessas derrapagens, o que motivou duas revisões no planeamento a fim de cumprir o prazo contratual, quer o prazo inicialmente previsto no início do projeto, quer o prazo renegociado com o cliente. Relativamente ao custo do projeto verificou-se que desde o primeiro momento de monitorização este valor foi sempre superior ao valor agregado e também superior ao valor planeado, em cada revisão. Tendo em conta as ações tomadas constata-se que estas não foram suficientes para evitar a derrapagem do custo, o que pode ser resultado de uma produtividade inferior á prevista no orçamento e que deve motivar uma correção na produtividade prevista em orçamentos futuros. Uma razão para a previsão de derrapagem não ter apresentado mais cedo um valor de derrapagem de custo mais próximo do valor que se verificou no final do projeto (49% do valor do

orçamento inicial) pode estar relacionado com o facto de as maiores derrapagens encontradas terem ocorrido nas atividades do caminho crítico do projeto. No sentido de colmatar essa lacuna que os indicadores de previsão não têm em consideração, a partir da revisão 10 do planeamento os relatórios de progresso além da curva “S” da AVA passaram a ser complementados com uma análise de progresso do caminho crítico baseada na perceção do gestor de projeto, do gestor de produção e do responsável pelo planeamento.

Relativamente aos objetivos propostos, no início deste trabalho, conclui-se que foram atingidos uma vez que a Análise de Valor Agregado foi efetivamente implementado na empresa. Para isso, muito contribuiu a organização da empresa e a existência de um *software* de gestão que facilitou a recolha de dados quantitativos do projeto.

Comprovou-se a importância da Análise de Valor Agregado, no contexto da gestão de projetos, pelos indicadores quantitativos que suportam a tomada de decisões na correção de eventuais desvios durante a execução de um projeto.

A nível de comunicação com o cliente, permitiu evidenciar de forma mais perceptível o progresso do projeto em termos de prazo e custo face ao inicialmente previsto.

Com a análise das atividades principais do projeto de forma individual verificou-se alguma dificuldade na recolha de H.H. muito pela forma como os WBS são criados no software de gestão, o que não é de todo justificável tendo em conta as potencialidades desta ferramenta de gestão. Assim sendo, recomenda-se que sejam criadas tantas divisões de WBS quantas as atividades orçamentadas de forma individualizada e que o cronograma do projeto esteja igualmente alinhado dessa forma, de modo a facilitar a recolha de dados quando se necessite efetuar uma análise de H.H. por atividade orçamentada.

Para trabalhos futuros, poder-se-ia investigar o grau de aplicação da AVA nos projetos em Portugal, visto que durante a pesquisa bibliográfica deste trabalho apenas foi encontrado um trabalho final de mestrado sobre o tema e mais nenhuma outra publicação.

Durante a pesquisa bibliográfica verifica-se que a partir do início do século houve a tentativa de aumentar o potencial da AVA com a incorporação de indicadores complementares na análise e novos raciocínios para melhorar a capacidade de previsão de desempenho dos projetos. Nesse sentido, poder-se-ia explorar a implementação do valor agregado de qualidade (*QEV – Quality Earned Value*), uma vez que existe um orçamento definido para a qualidade e as inspeções de qualidade obrigatórias que estão definidas nos procedimentos de construção podem ser incorporadas, com maior rigor, no cronograma do projeto e assim construir a linha base do valor planeado de qualidade, permitindo comparar a sua evolução ao longo da execução do projeto. Neste tipo de construção soldada seria interessante não só controlar as H.H. despendidas pelo departamento de qualidade mas também obter um maior rigor na alocação das H.H. despendidas pelo fabrico nas reparações motivadas pela não qualidade de não fazer bem á primeira, que

atualmente não são corretamente segregadas, também pela dificuldade que essa segregação apresenta atualmente.

Seria interessante explorar uma abordagem que permita melhorar os valores dos indicadores de previsão da AVA. A aplicação da lógica *Fuzzy* na AVA seria uma possibilidade para melhor avaliar o progresso do trabalho e do custo real do projeto tendo em conta as atividades do caminho crítico do projeto, permitindo atribuir maior atenção no progresso destas atividades quando se efetua a AVA. A simulação de Monte Carlo poderia ser também uma possibilidade a ser implementada.



## 6. Bibliografia

- [1]. Aboobakar R. M., Mestrado em gestão financeira: *A gestão de Projectos e o papel da comunicação na gestão de projectos*, ISG, Lisboa 2013.
- [2]. Atkinson R., *Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other criteria*, International Journal of Project Management, Vol. 17, pág. 337-342, 1999.
- [3]. Bianco L., Caramia M., *Resource levelling in project scheduling with generalized precedence relationship and variable execution intensities*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016.
- [4]. Chen M., *The ABCs of Earned Value Application*, AACE International Transactions, 2008.
- [5]. Chua D., ASCE M., Godinot M., *Use of a WBS Matrix to improve interface Management in Projects*, Journal of construction engineering and Management, páginas 67-79, March 2002.
- [6]. Clark J.J., Littrell P., *“Breaking down” the Work Breakdown Structure: The WBS is the Beginning of Everything Else in the Acquisition Process*, Program Manager, Vol. 31 Capitulo 2, p104-107, 4 p.; Defense Acquisition University Press, March 2002.
- [7]. Cleland, D. I., & Ireland, L. R., *Project management strategic design and implementation (4th ed.)*. The McGraw-Hill Companies, 2002.
- [8]. Cox R. F., Issa R. R. A, M.ASCE e Ahrens A., *Management’s Perception of Key Performance Indicators for construction*, Journal of construction engineering and management, 2003.
- [9]. Deming, W. E., *Quality, productivity and competitive position*, Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1982.
- [10]. Dimitriou H., Ward E., Wright P., *Mega Transport projects – Beyond the “iron triangle”: Findings from the OMEGA research programme*, Elsevier, Progress in Planning 2013.
- [11]. Dodson M. Defavari G. Carvalho V. (2015), *Quality: the third element of earned value management*, ScienceDirect, Procedia Computer Science 64 páginas 932-939.
- [12]. Drucker P., Chatfield M., *Management: Tasks, Responsibilities, Practices*, Vol. 53 capitulo 4, pág. 160. 1/6p, Harvard Business Review, Jul/Aug. 1975.
- [13]. Evensmo J., Karslen J., *Earned Value: The Hammer Without Nails?*, AACE International Transactions, 2005.
- [14]. Evensmo J., Karlen J. T., *Earned Value Based Forecasts – Some Pitfalls*, AACE International Transactions, 2006.
- [15]. Farinha A., Mestrado em engenharia civil, *Metodologia de gestão integrada de prazos e custos – Aplicação do Earned Value Management numa obra*, FEUP, Porto, 2013.
- [16]. Jahr M., *A Hybrid approach to quantitative Software Project Scheduling within agile Frameworks*, Project Management Journal, Vol. 45, pág. 35-45, 2014.
- [17]. Jarnagan H. W., *Lessons Learned in Using Earned Value Systems, (a case Study)*, AACE International Transactions, 2009.

- [18]. Kenley R., Harfield T., *Reviewing the IJPM for WBS: the search for planning and control*, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 119, pág. 887-893, 2014.
- [19]. Kim Y. W., Ballard G., *Earned Value Method and Costumer Earned Value*, *Journal of Construction Research*, Vol. 3, Número 1, 55-56, 2002.
- [20]. Kuehn U., *Earned Value Management – Why Am I Being Forced to Do It?*, *AACE International Transactions*, 2007.
- [21]. Kwak Y., Anbari F., *History, Pratices and Future of Earned Value Management in Government: Prespectives from NASA*, *Project Management Journal*, February 2012, páginas 77- 90.
- [22]. Mortaji S., Bagherpour M., Noori S., *Fuzzy earned value management using L-R fuzzy numbers*, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* 24, 2013, páginas 323-332.
- [23]. National Defense Industrial Association (NDIA), *Earned Value Management Systems ANSI/EIA-748-C Intent Guide*, 29 de Abril de 2014.
- [24]. Oliveira, R. C. F., *Gerenciamento de projetos e a aplicação da Análise de Valor Agregado em grandes projetos*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.
- [25]. Parida, A., *Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement: concepts, issues and challenges*, PhD thesis, Luleå University of Technology, 2006.
- [26]. Pillai, A.S.; Joshi A.; Rao K. S. *Performance Measurement of R&D Projects in a Multi-Project, concurrent Engeneering Enviroment. IJPM – International Journal of Project Management*, n. 20, p.165-177, New Delhi, Feb. 2002.
- [27]. Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Fifth Edition*, 2013.
- [28]. Teece D., *A tribute to Oliver Williamson: Williamson’s Impact on the Theoty and Practice of Management*, Vol. 52 Capítulo 2, pág. 167-176, *California Management Review*, Winter2010.
- [29]. Todorovic M., Mitrovic Z. Bjelica D., *Mesuring Project Sucess in Project-Oriented Organizations*, *Journal for Theory and Practice Management*, 2013.
- [30]. Toor S., Ogunlana S., *Beyond the “iron tringule”: Stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-sclae public sector development projects*, *International Journal of Project Management* 28, pág. 228-236, 2010.
- [31]. Vargas R., *Earned Value Analysis in the Control of Projects: Success or Failure?*, *AACE International Transactions*, 2003.
- [32]. Vargas R. V., *Earned Value Probabilistic forecasting using Monte Carlo Simulation*, *AACE International Transactions*, 2004.

## Pesquisa

1. Acedido em: 10 de Novembro de 2016, em:  
<http://www.ci.esapl.pt/jcms/materiais/Econ%20Gest/Gestao.PDF>

2. ISO 21500:2012, *Project Committee ISO/PC 236, Project management*. Acedido em: 12 de Novembro de 2016, em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21500:ed-1:v1:en>
3. Norma NP ISO 21500:2012 – Linhas de orientação sobre a gestão de projetos. Acedido em 12 de Novembro de 2016, em: <http://blogcatim.blogspot.pt/2013/01/norma-np-iso-21500-2012-linhas-de.html>
4. *APM Body of Knowledge*. Acedido a 13 de Novembro de 2016, em: <https://www.apm.org.uk/knowledge>
5. *APM Body of Knowledge Definitions*. Acedido a 13 de Novembro de 2016, em: <https://www.apm.org.uk/sites/default/files/definitions2012.pdf>
6. Project Management Professionals Certification Center (PMCC), *P2M*. Acedido a 13 de Dezembro de 2016, em: <http://www.pmpofy.ru/files/756/p2m.pdf>
7. Guia essencial para obter certificação prince2 em Portugal. Acedido a 13 de Dezembro de 2016, em: <http://www.prince2portugal.pt/>
8. International Project Management. Acedido a 13 de Dezembro de 2016, em: <http://www.ipma.world/>
9. Skyscrapercity. Acedido a 13 de Maio de 2017, em: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=534300&langid=5>
10. Trentim M., Guia PMBOK 5ª edição: Grupos de processos e áreas de conhecimento. Acedido em 24 de Junho de 2017, em: <http://trentim.com.br/2015/10/guia-pmbok-5/>
11. Sistema de pintura de salas WBS. Acedido a 25 de Junho de 2017, em: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/WBS\\_portuguese.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/45/WBS_portuguese.JPG)



# **Anexo A – Cronograma do Projecto**



















## **Anexo B – Gráficos da curva S em alguns momentos de monitorização**



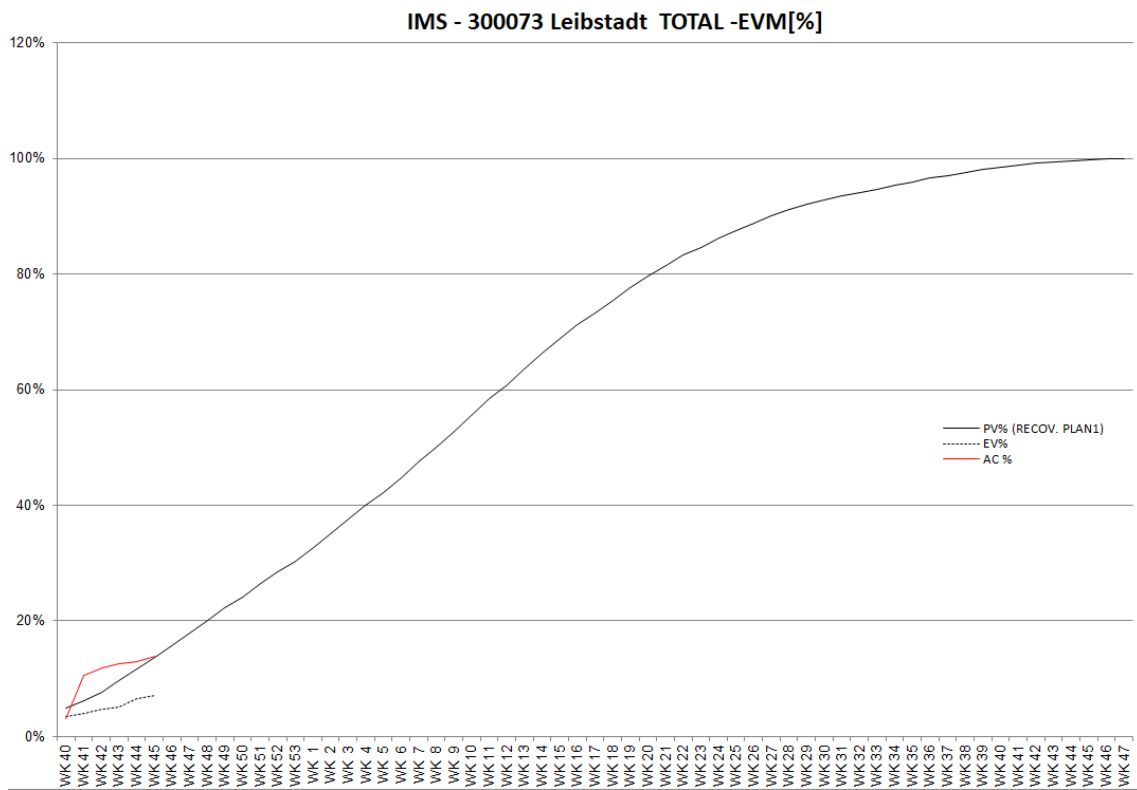


Figura B.1 – S-curve Semana 45 de 2015.

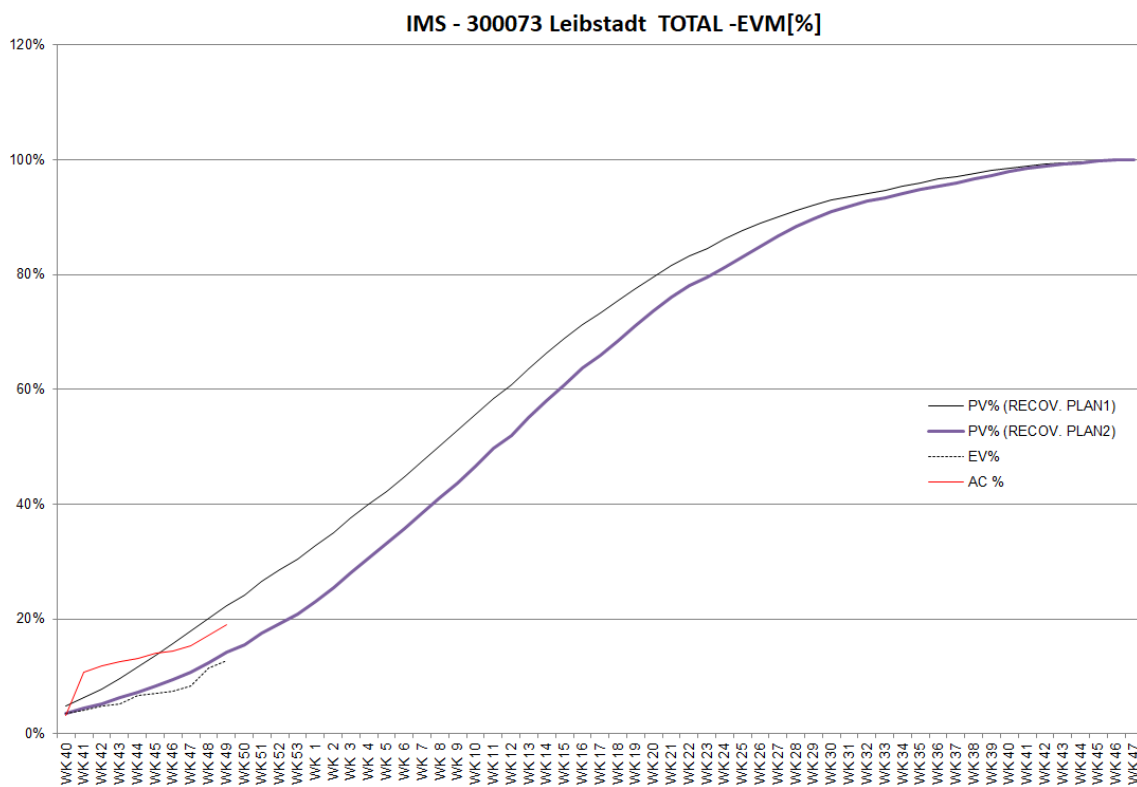


Figura B.2 – S-curve Semana 49 de 2015.

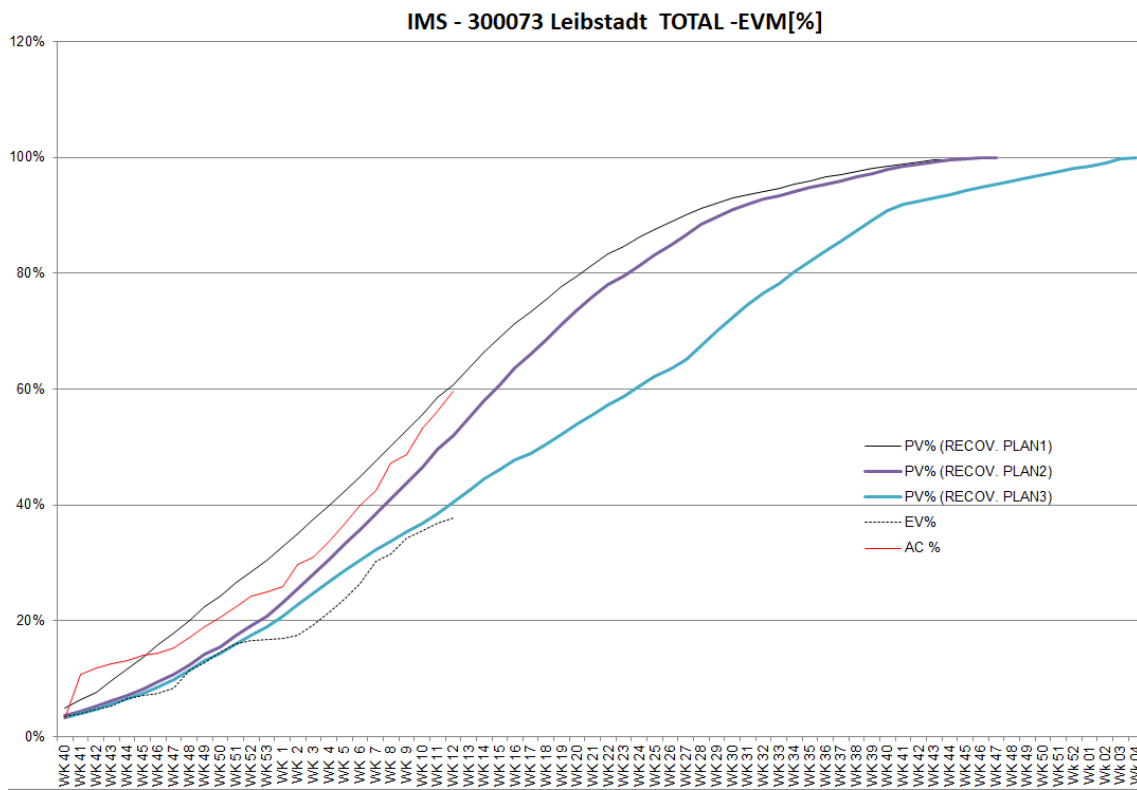


Figura B.3 – S-curve Semana 12 de 2016.

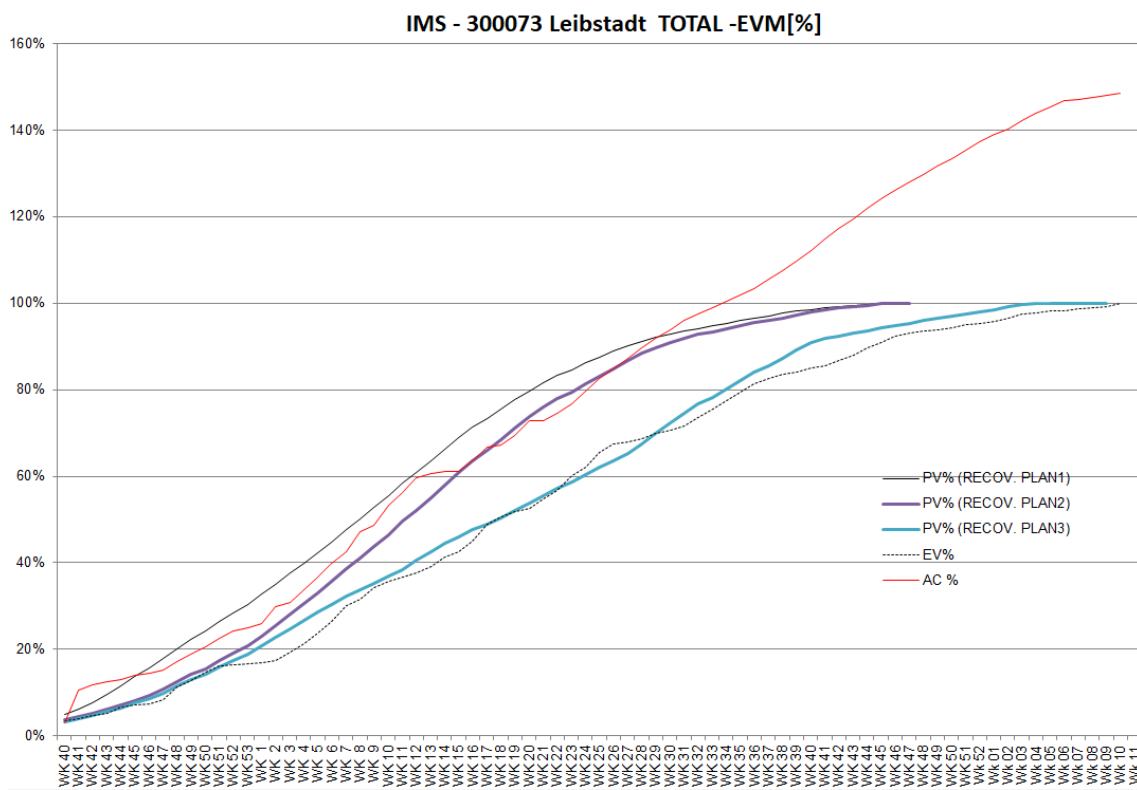


Figura B.4 – S-curve Semana 10 de 2017.