



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
Universidade Técnica de Lisboa

# **Metodologia de análise e controlo de Risco dos prazos em projecto de construção**

**Miguel Paulo Medeiros Vieira da Estrela**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Civil**

## **Júri**

Presidente: Prof. Joaquim Jorge da Costa Paulino Pereira

Orientadores: Prof. José Álvaro Pereira Antunes Ferreira

Vogal: Prof. Pedro Manuel Gameiro Henriques

**Setembro 2008**

## Agradecimentos

Após longos meses de trabalho e muito esforço dispendido, dividindo o tempo disponível entre a vida profissional e a elaboração desta dissertação, tenho que agradecer às pessoas a quem não dediquei a devida atenção, e que contudo não deixaram de lá estar sempre presentes.

- Ao Professor Antunes Ferreira a quem devo a orientação desta dissertação.
- A todos os meus amigos e colegas de trabalho, que acreditaram em mim e que me apoiaram. A todos com quem passei inúmeras horas no “Aquário”, as maravilhosas tardes de sol perdidas, as noites a estudar, e o Verão de 2008 perdido. Espero poder retribuir com a minha amizade sempre que necessitarem, eu estarei lá.
- À Mónica, todo o amor e carinho que sempre me disponibilizou, a boa disposição que me prestou, sem os quais teria sido impossível atingir a meta. Obrigado pela preciosa compreensão e apoio constante.
- Aos meus pais pelo enorme esforço que fizeram para me que tivesse a possibilidade de estar aqui hoje a escrever essas palavras.
- À Patrícia, a minha “co-orientadora”.

A todos o meu muito obrigado.

## **Resumo**

Grande parte dos projectos de construção é mal sucedida. O que resulta da crescente competitividade no mundo da Construção, conduzindo a margens cada vez menores, e onde a análise de risco apresenta-se como ferramenta fundamental, como garantia de um bom desempenho e garantia de cumprimento das datas propostas. Também tem sido frequentemente uma exigência em concursos internacionais, pelo que torna-se fundamental a consciencialização, por parte dos Gestores, da necessidade e mais valias que daí advêm.

Procuraremos desenvolver uma metodologia de Identificação e Análise do Risco, específica para a indústria da Construção, que permita aferir o risco associado aos prazos, bem como a identificação das actividades críticas, durante todo o desenvolvimento de um projecto da construção, propondo soluções de minimização do risco. Validando o modelo através da sua aplicação num caso de estudo.

Existem um vasto leque de estudos e publicações envolvendo o risco e também a gestão de projecto que dado a influência no risco de um projecto, de todas as áreas que a integram representam, é vital abordar todos estes conceitos, fazendo a integração e alteração dos aspectos que, devem ser considerados com vista à minimização do risco e seus impactos num empreendimento de Construção.

## **Palavras-Chave**

Construção, Análise de Risco, Gestão de Risco, CCPM, Pulmão de Projecto, Actividade Crítica.

## ***Abstract***

Most of construction project go completely wrong, and aren't delivered in time. This comes from the great competitiveness on the construction world, where profit margins are smaller by the day, where risk management turns to be one fundamental tool to achieve a good performance and guarantee of the final date commitment. It's also been common practice on international projects, been asked for a risk analysis of the Schedule, so it's vital to make construction managers realize the benefits that can come from this kind of exercise.

We will try to develop a methodology to identify and analyze risk, specific to the construction industry, that allows measuring the Schedule risk, as well the critical activities throughout the project, proposing risk mitigation strategies. Validating the Method on a case study.

There is a wide spread of studies and publications about risk, and project management, which knowing the influence that of all the knowledge areas of this discipline have on a project risk, it's real important to address and analyze all those concepts, integrating and managing them, with the risk mitigation always in mind, especially when it comes to construction projects.

## ***Key-works***

Construction, Risk Analysis, Risk Management, Project Buffer, CCPM, Critical Activity.

## Lista de Abreviaturas e Siglas

APM	Association for Project Management
AOA	Activity on Arrow
AON	Activity on Node
BOK	Body of Knowledge
CC	Corrente Crítica
CMAA	Construction Management Association of America
C&PM	Cut and Paste Method
CPM	Critical Path Method
CCPM	Critical Chain Project Management
EAP	Estrutura Analítica do Pojecto
EAR	Estrutura Analítica de Riscos
EMVS	Earned Value Management Sistem
ERM	Enterprise Risk Management
INCOSE	International Council on Systems Engineering
IPMA	International Project Management Association
ISO	International Standard Organization
MSF	Miscrosoft Corporation
PERT	Program (or Project) Evaluation and Review Technique
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Institute Management
PRAM	Project Risk Analysis Management
RBS	Risk Breakdown Structure
RISKSIG	Risk Management Interest Group
RMWG	Risk Management Working Group
RSQ	Raiz da Soma dos Quadrados
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunities Threats.
TLC	Teorema do Limite Central
TOC	Teoria das Constrições
TI	Tecnologia da Informação
VME	Valor Monetário Esperado
WBS	Work Breakdown Structure

## ÍNDICE REMESSIVO

I - Introdução.....	1
1. Introdução .....	1
1.1. Problemática .....	1
1.2. Objectivo .....	2
II - Estado de Arte .....	4
1. Gestão de Projecto .....	4
1.1. Origem .....	4
1.2. Áreas de conhecimento da Gestão de Projecto .....	4
2. Risco .....	9
2.1. O Risco .....	9
2.2. Conceito de Risco e Incerteza.....	10
2.3. Risco de Projecto .....	12
2.3.1. Conceito de risco de projecto .....	12
2.3.2. Evento Futuro.....	12
2.3.3. Probabilidade .....	13
2.3.4. Impacto.....	13
2.3.5. Magnitude.....	14
3. Sistemas de Gestão do Risco .....	15
3.1. Gestão do risco .....	15
3.2. Metodologias de Gestão do Risco.....	17
3.3. Aspectos em Comum .....	18
3.4. Aspectos Específicos .....	19
4. Estimação de Durações .....	19
4.1. Métodos de estimação .....	19
4.2. Consulta a especialista .....	20
4.3. Estimação análoga.....	21
4.4. Estimativa de Três Pontos .....	21

5.	Calendarização .....	24
5.1.	Modelos de calendarização.....	24
5.2.	Métodos de PERT e CPM .....	25
5.2.1.	Principais diferenças entre os métodos.....	26
5.2.2.	Duração do projecto segundo o método de PERT .....	27
5.2.3.	Teorema do Limite Central .....	27
5.2.4.	PERT na análise de risco .....	27
5.2.5.	Limitações do PERT.....	29
5.3.	Teoria das Restrições (TOC).....	29
5.4.	Os Recursos como Restrição.....	30
5.5.	Critical Chain Project Management – CCPM.....	30
5.5.1.	O método da corrente crítica .....	30
5.5.2.	Efeito da Multi-Tarefa .....	32
5.5.3.	A Lei de Parkinson .....	33
5.5.4.	O Síndrome de Estudante .....	33
5.5.5.	Contingência nas Durações .....	34
5.6.	Project Buffer (Pulmão de Projecto) .....	36
5.6.1.	Dimensionamento dos Pulmões.....	36
5.6.2.	Gestão dos Consumos .....	38
5.6.3.	Instrumento de Controlo do Risco .....	39
5.7.	Risco associado à Estrutura da rede.....	40
5.7.1.	Actividades em Série.....	40
5.7.2.	Actividades em paralelo .....	41
5.7.3.	União de Caminhos em paralelo .....	41
5.7.4.	Estrutura Plana vs Vertical .....	42
5.7.5.	Correlação Entre Tarefas .....	42
5.7.6.	Desvantagens do início mais cedo possível.....	43
5.8.	Actividades Críticas.....	43
5.8.1.	Definições.....	43

5.8.2.	Índice de Criticidade .....	44
5.8.3.	Definição Global .....	44
6.	Identificação do Risco .....	45
6.1.	Áreas de risco Universais.....	45
6.1.1.	Grupo de Gestão .....	45
6.1.2.	Grupo de Factores Externos .....	46
6.1.3.	Grupo de Factores Tecnológicos.....	47
6.2.	Risco desconhecido .....	48
6.3.	Alterações ao âmbito: Um risco negligenciado.....	49
6.4.	RBS – Risk Breakdown Structure.....	49
6.5.	O efeito <i>Bias</i> .....	50
7.	Análise Qualitativa do Risco.....	50
8.	Análise Quantitativa do Risco .....	51
8.1.	Métodos de análise .....	51
8.2.	Análise de sensibilidade .....	51
8.3.	Análise do valor monetário esperado .....	52
8.4.	Análise da Árvore de Decisão .....	52
8.5.	Simulações de Monte Carlo .....	52
III -	Metodologia .....	54
1.	Metodologia.....	54
1.1.	Base de Riscos da Empresa .....	55
1.2.	Identificação dos riscos associado à Obra .....	56
1.3.	Estimativa das durações .....	56
1.4.	Identificação das Actividades Críticas .....	57
1.5.	Análise Qualitativa.....	57
1.5.1.	Probabilidade do Risco.....	57
1.5.2.	Impacto do Risco.....	58
1.5.3.	Significância do Risco .....	59
1.6.	Bolsas de Risco.....	60



1.7.	Durações do Para o Projecto .....	61
1.8.	Análise Quantitativa do Risco do Projecto .....	62
1.9.	Controlo do Risco.....	63
IV –	Caso de Estudo .....	66
1.	Caso de Estudo.....	66
2.	Aplicação no Caso de Estudo .....	67
2.1.	Base de Riscos da Empresa .....	67
2.2.	Identificação dos riscos associados à Obra .....	67
2.3.	Estimativa das durações .....	67
2.4.	Identificação das Actividades Críticas .....	69
2.5.	Análise Qualitativa das Actividades.....	70
2.6.	Bolsas de Risco.....	70
2.7.	Durações do Para o Projecto .....	71
2.8.	Análise Quantitativa do Risco do Projecto .....	71
2.9.	Controlo do Risco.....	74
3.	Análise de Resultados .....	75
V -	Conclusão .....	76
1.	Conclusão .....	76
2.	Investigações Futuras .....	77
	Bibliografia.....	78
ANEXOS	.....	1
	Anexos 01 – Metodologia da Gestão do Risco do PMBOK .....	2
	Anexos 02 – Modelo “mod_GR01 - Base de Risco” .....	5
	Anexos 03 – Modelo “mod_GR02 – Lista de Risco da Obra” .....	6
	Anexos 04 – Planeamento Inicial.....	7
	Anexos 05 – Base de Riscos da Empresa.....	8
	Anexos 06 – Lista de Riscos da Obra.....	11

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Áreas de conhecimento da Gestão de Projecto segundo o PMBOK.....	5
Figura 2 - Exemplo de uma Estrutura Analítica (WBS).....	6
Figura 3 - Identificação quantitativa da magnitude dos diversos riscos, por representação num sistema de eixos. ....	14
Figura 4 - Custos do risco ao longo do Projecto .....	16
Figura 5 - Processo de gestão de riscos.....	16
Figura 6 - Função densidade de probabilidade para a função distribuição Beta, em função dos parâmetros $\alpha$ e $\beta$ .....	22
Figura 7 – Exemplo da estimativa de 3 pontos, com a estimativa pessimista a corresponder ao percentil 90%.....	23
Figura 8 - Função distribuição Beta, com os percentis 5% e 95%.....	23
Figura 9 - Probabilidade de uma duração cair dentro do intervalo $[-\sigma ; \sigma ]$ .....	28
Figura 10 - Dependência de Recurso. ....	30
Figura 11 - Efeito da multi-tarefa.....	32
Figura 12 - Desempenho do Síndrome de Estudante ao longo da duração estimada.....	33
Figura 13 - Contingência na estimativa das durações. ....	34
Figura 14 - Pulmão do Projecto. ....	36
Figura 15 - Evolução cronológica dos mecanismos de monitorização.....	38
Figura 16 - Modelos de controlo dos pulmões, mais recentes. ....	39
Figura 17 - Probabilidade de conclusão no prazo das tarefas 1, 2 e 3, em série.....	40
Figura 18 - Probabilidade de conclusão no prazo das tarefas 1, 2 e 3 em paralelo.....	41
Figura 19 - Dependência de tarefas.....	42
Figura 20 - Exemplo de uma RBS genérica.....	49
Figura 21 - Diagrama de uma árvore de decisão.....	52
Figura 22 - Função distribuição Normal. ....	63
Figura 23 - Gráfico de controlo de desempenho do Projecto.....	64
Figura 24 - Distribuição da criticidade das actividades do projecto.....	69
Figura 25 - Cálculo das durações segundo PERT.....	72
Figura 26 - Curva das probabilidades acumuladas, segundo a metodologia proposta.....	73
Figura 27 - Curva S e distribuição das durações do projecto, segundo as Simulações de Monte Carlo. .	73
Figura 28 - Ferramenta de monitorização do risco. ....	75

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de Incerteza .....	11
Tabela 2 - Tabela de Impactos por objectivos de Projecto. ....	13
Tabela 3 - Exemplo de uma tabela qualitativa de Magnitude.....	15
Tabela 4 - Tabela de quantificação da Probabilidades do Risco, pela frequência. ....	58
Tabela 5 - Tabela de Impactos dos Riscos.....	59
Tabela 6 - Matriz de Magnitude para Construção.....	59
Tabela 7 - Probabilidades para valores da função distribuição Normal. ....	62
Tabela 8 - Estimativas das durações das actividades de projecto.....	68
Tabela 9 - Actividades Críticas e Índice de Criticidade.....	69
Tabela 10 - Probabilidades de diferentes durações, segundo a metodologia.....	72
Tabela 11 - Probabilidades de diferentes durações, segundo Simulações Monte Carlo. ....	73
Tabela 12 - Probabilidades das durações, obtidas pelos métodos, segundo as Simulações Monte Carlo.74	
Tabela 13 - Probabilidades das durações obtidas pelos 3 métodos, segundo a metodologia proposta. ...	74

# I - Introdução

---

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. PROBLEMÁTICA

Tendo em conta a evolução que se tem verificado nos mercados económicos a nível mundial nos últimos anos, o já tão debatido fenómeno da globalização, também este, com grande influência na indústria da construção, as empresas têm vindo a deparar-se com a necessidade de aplicarem margens de lucro cada vez mais reduzidas, para fazer face à crescente competitividade que advém da abertura do sector a um mercado global.

Um outro fenómeno, que se verificou em Portugal, que resultou do facto das empresas, que para suportar os seus encargos institucionais, mas também de forma a aumentarem o seu volume de negócios, viram-se obrigadas a ganhar um cada vez maior número de obras, conduziu a um esmagamento do mercado da construção e à falência de algumas empresas de menor dimensão, que não tinham capacidade financeira para fazer face às margens reduzidas, até mesmo negativas, com que realizavam alguns empreendimentos.

De modo a sobreviver nesse ambiente agressivo, exige-se ao gestor da obra, um compromisso com o rigor, quer na planificação, quer na execução e monitorização dos processos que compõem o projecto. Exige-se um compromisso com a excelência. Eficácia, rapidez e qualidade.

Constata-se no entanto, que na realidade empresarial portuguesa este princípio não é aplicado numa larga parte das organizações, apesar da já crescente preocupação, que surge por parte dos administradores, com a implementação de sistemas de gestão de qualidade e da certificação das empresas segundo a norma ISO 9001.

Resultado, algumas tentativas de implementação de medidas ou metodologias que permitam maior controlo, e no recurso às tecnologias de informação, de modo a permitir uma eficaz monitorização e maior facilidade na obtenção de dados, em tempo útil (ressalve-se!), para análise e futuras acções correctivas. Contudo é necessário entender que não existe qualquer vantagem em ter informação sobre o desempenho de uma actividade, ou projecto, após a conclusão deste.

No entanto esta política de pouco rigor na gestão, encontra-se muito enraizada no sector da construção civil, fruto das maiores margens brutas que eram aplicadas no passado, que não exigiam um controlo apertado, conduzindo a uma gestão quase *Ad-Hoc*, ou seja o gestor resolvia os problemas à medida que surgiam, sem qualquer planeamento, ou medidas preventivas. Urge passarmos da figura do “gestor bombeiro”, para um gestor que planeie e previna!

É necessário compreender que, para alterar mentalidades e processos já implementados há alguns anos, estaremos sempre sujeito à forte inércia à mudança por parte dos gestores e administradores com mais anos de experiência e, por conseguinte, menos abertos às novas tecnologias e conceitos. “Se sempre fiz assim e funcionava, porquê mudar?”

Portanto, os grandes desvios verificados tanto nos custos, como nos prazos de execução, que estavam previstos inicialmente, não surpreendem ninguém, e é já quase como que um dado adquirido, que levam à redução de potenciais lucros, e muitas vezes as obras apresentam resultados negativos, conduzindo o empreendimento ao fracasso.

Paralelamente a esses factores, a realidade é que, cada vez mais em concursos internacionais, são exigidas análises de risco aos projectos, sendo que a generalidade das empresas não está preparada, nem institucionalmente, nem mentalmente, com instrumentos e conhecimentos, para dar resposta de modo concreto e eficaz.

## **1.2. OBJECTIVO**

Para fazer face aos problemas levantados anteriormente, torna-se fundamental conseguir estimar, o mais aproximadamente possível, os custos e os prazos no processo de planeamento, bem como efectuar uma monitorização apertada durante o processo de execução, para evitar que os desvios tenham crescimento contínuo.

Visto estarmos a lidar com actividades onde o grau de incerteza é elevado, e com projectos que englobam inúmeras actividades inter-relacionadas, há que procurar reduzir o erro na estimação e planificação dos trabalhos e, essencialmente, do risco global do empreendimento. Pelo que iremos procurar abordar neste trabalho esta temática da análise de risco, associado aos prazos, apesar da evidente relação entre prazos e custos, num projecto.

Considerando que muitas delas ocorrem em simultâneos, não será eficiente nem comportável ao gestor, controlar e monitorizar todas as actividades que estão definidas no seu planeamento. Torna-se então necessário conseguir discriminar quais as actividades que têm maior grau de risco associado, reduzindo os recursos necessários de afectar à gestão do risco.

Assim, propomos com esta dissertação, o desenvolvimento de uma metodologia de Análise de Risco, que permita a identificação das actividades críticas, dos riscos a que estará exposto um empreendimento da construção, ou seja procurando identificar o risco, quantificá-lo e minimizá-lo.

Procuraremos abordar todos os aspectos, e factores específicos, existentes na indústria da construção que condicionem o risco no cumprimento dos prazos estipulados, criando um modelo cuja aplicabilidade nas organizações não seja utópico! Dada a complexidade dos projectos em questão, e da necessidade veemente de se desenvolver esta prática. Validando o modelo através da sua aplicação num caso de estudo.

# II - Estado de Arte

---

## 1. GESTÃO DE PROJECTO

### 1.1. ORIGEM

Segundo o Construction Management Association of America (CMAA), as mais comuns responsabilidades de um gestor na construção, enquadram-se essencialmente nas sete seguintes categorias: 1. Planeamento; 2. Gestão de Custos; 3. Gestão de Prazos; 4. Gestão da Qualidade; 5. Administração de Contratos; 6. Gestão da segurança e 7. Gestão da prática profissional. Que incluem actividades específicas como, a definição de responsabilidades e a estrutura hierárquica da equipa de gestão do projecto e da sua execução, a organização e orientação através da implementação de pontos de controlo, e o desenvolvimento de protocolos de comunicação. Bem como, a identificação de elementos ou actividades do projecto sujeitas a originar problemas processuais e ou disputas legais.

A Gestão de Projecto surge sistematizada através do PMBOK, como uma ferramenta optimizadora e sofisticada, com uma abordagem que exige um planeamento estruturado horizontalmente, e não verticalmente como nas estruturas hierárquicas funcionais tradicionais. Onde os trabalhadores em vez de serem organizados através de cadeias de comando de cima para baixo, com pouca oportunidade de interacção com outras áreas, são organizados através de equipas multifuncionais que operam em interacção permanente, possibilitando a melhoria do clima organizacional, comunicação, motivação e produtividade, segundo Kerzner (2002).

O Project Management Institute, PMI, identifica no *PMBOK Guide*<sup>1</sup>, os cinco processos que compõem o ciclo de vida de um projecto, como o de Iniciação, o de Planeamento, o de Execução, o de Controlo e o de Encerramento. Sendo que a análise do risco incide na fase de planeamento, enquanto a gestão do risco incide, por seu turno, na fase de execução e controlo, mas também deverá incidir na fase de planeamento de forma preventiva.

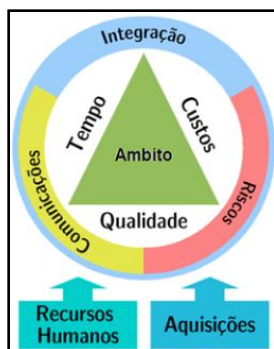
### 1.2. ÁREAS DE CONHECIMENTO DA GESTÃO DE PROJECTO

São então definidas por este guia do PMI, nove novas áreas de conhecimento da Gestão de Projecto, onde cada área específica é desdobrada em subitens de aplicação: entrada, ferramentas e saída; necessários ao desenvolvimento dos seus objectivos individuais e de contribuição para o Projecto

---

<sup>1</sup> PMBOK Guide - A guide to the Project Management Body of Knowledge, Third Edition

como um todo. Esta é uma noção essencial, e o modo com as áreas se interligam, pode ser facilmente compreendida na Figura 1.



**Figura 1- Áreas de conhecimento da Gestão de Projecto segundo o PMBOK.**

**Fonte: Márcio d'Ávila (2004)**

### **A - Gestão de Integração**

Esta área específica visa focar todas as áreas do projecto, tendo o âmbito como ponto central, promovendo a interacção entre as diferentes áreas, e assim, evitando os desvios de atenção, ou rumo, para um determinado aspecto. Em suma, evita possíveis desvios futuros ao âmbito do projecto.

### **B - Gestão do Âmbito**

A Gestão do Âmbito, tem por objectivo definir claramente qual a abrangência do projecto, traçando os objectivos e metas, de modo a garantir que se cumpra todos os trabalhos contratuais e apenas esses. Evitando trabalhos desnecessários que só representariam um acréscimo de custos e de recursos. Também, nesta área englobam-se o controlo das mudanças, que na construção são frequentes, pelo que torna este aspecto vital para um bom desempenho na realização do projecto. Através deste controlo, evita-se desvios das metas e das proposições básicas do projecto, implicando um conhecimento preciso do âmbito inicial, e uma gestão das subsequentes mudanças de modo equilibrado.

É neste ponto que inserimos o conceito de WBS, ou Work Breakdown Structure, que não é mais do que uma estruturação analítica hierárquica, em árvore, de decomposição do trabalho em níveis de importância. Onde a soma de todos os itens em cada nível terá de ser sempre igual, de modo a cumprir a premissa expressa no parágrafo anterior, a denominada "regra dos 100%". Em suma, é um processo "top-down" onde partindo do todo, chegamos aos resultados (derivables) ou trabalhos contratuais, não sendo uma listagem das actividades.



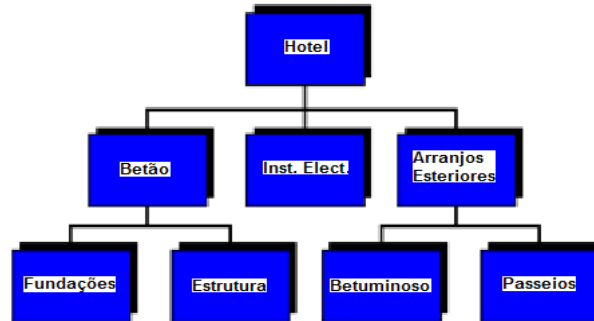


Figura 2 - Exemplo de uma Estrutura Analítica (WBS).

### C - Gestão do Tempo

Pode-se dizer, que uma das mais importantes áreas de conhecimento num projecto é a da Gestão do Tempo, tanto em gestão de projecto, como em gestão do risco associado aos prazos, objecto desta dissertação.

Aqui, estimam-se durações de actividades, bem como efectua-se a calendarização de todo o projecto. Sendo que existe vasta literatura sobre diversos métodos e teorias desenvolvidas tanto para a estimativa das durações, como para a obtenção de uma calendarização válida, os quais obviamente tendo as suas vantagens e desvantagens, com os seus pressupostos assumidos, não passam de uma estimativa de um futuro cenário possível, irão como facilmente se percebe, ter enorme influência no risco de conclusão do projecto no prazo estimado.

Devido à relevância desta área de conhecimento para o estudo em causa, iremos abordar e desenvolver num capítulo posterior, estas temáticas da estimativa de duração e de calendarização mais profundamente.

### D - Gestão de Custos

Dada a relação intrínseca entre prazos e custos em qualquer projecto, especialmente na construção, onde os custos com Mão-de-Obra e Equipamentos, com grande representatividade nos custos orçamentados, são em função do tempo. Assim, a Gestão de Custos, surge ligada à área da gestão de tempo para a estimativa dos custos das actividades e engloba o planeamento dos recursos necessários para a correcta execução do projecto, que servirão, juntamente com a duração, de suporte para estimar custos.

O Earned Value Management System, ou EVMS, embora não tendo muita aplicação na indústria da construção, pelas empresas portuguesas, é uma das metodologias usadas para a gestão de custos, permitindo uma integração de prazos e custos, e o respectivo controlo e monitorização ao longo da sua execução, através de índices de desempenho e desvio.

Este processo torna-se fundamental para a tomada de acções correctivas ou preventivas, para restabelecer o plano de base e calendarização em qualquer data, na qual tenhamos efectuado uma análise de desempenho, permitindo assim o cumprir das metas inicialmente estabelecidas.

## **E - Gestão da Qualidade**

Outro factor importante no risco, associado aos prazos, será a Gestão da Qualidade, a utilização eficiente dos recursos, o estipular de processos de execução e o garantir do seu cumprimento, de modo a evitar defeitos nos trabalhos contratuais, com o intuito de não serem necessárias demolições e consequentemente nova execução, o que implicaria desvios nos prazos. É imprescindível, se procuramos otimizar o desempenho do projecto, Kerzner (2002).

Não se pode admitir “*trade-offs*” entre orçamento e qualidade, deve-se seguir a lógica de se fazer menos com mais qualidade, entregando um melhor produto ao cliente com menores custos.

Nesse campo, muitas empresas estão a implementar Sistemas de Gestão de Qualidade, tendo por base a norma ISO 9001:2004, não apenas procurando a certificação, mas sim, procurando uma lógica de melhoria contínua do seu funcionamento interno, bem como da execução do produto final, que se traduzem numa diminuição dos riscos do projecto, e consequente redução de custos e prazos.

Os custos inerentes à realização de um produto não conforme com os requisitos do cliente são elevadíssimos em projectos de construção civil.

## **F - Gestão dos Recursos Humanos do Projecto**

Tal como já foi abordado, a mão-de-obra possui um elevado peso no orçamento de um projecto na construção. Assim, ao garantir uma boa Gestão dos Recursos Humanos do Projecto, facilmente se percebe que irá ter consequências positivas no desempenho de um empreendimento na construção.

A competência técnica das pessoas, a sua formação contínua, o uso de técnicas motivacionais, uma boa liderança empreendedora do Gestor de Obra, o envolvimento e comprometimento com os objectivos e metas do projecto por parte de todos os trabalhadores, o estabelecimento de equipas integradas, onde a comunicação não seja uma barreira, constituem factores críticos para a obtenção de uma boa produtividade, por parte das equipas de trabalho. E assim, conduz a uma diminuição do risco associado aos prazos, uma vez que poder-se-á evitar desempenhos inferiores aos previstos, a quando da estimação das durações das actividades.

Segundo Kerzner (2002), o delinear clara e objectivamente de uma matriz de responsabilidades, que permita determinar eficazmente o papel, os limites de autoridade e de responsabilidade de cada participante, é um dos imperativos da Gestão de Recursos Humanos do Projecto.

Um aspecto muito característico dos projectos da construção, e que devemos procurar evitar que aconteça, o que nem sempre é fácil e representa um grande desafio, é o conseguir a transição de uma equipa já estabelecida num determinado projecto, para um projecto futuro, quando o anterior terminar. Assim, com a dispersão dos membros e recursos da equipa implicará a perda de aprendizagem organizacional adquirida, o que representa uma perda para a organização, porque perdem-se automatismos e o mútuo conhecimento entre estes, que se traduz na necessidade de novo tempo de aprendizagem e adaptação, por parte da nova equipa formada, no próximo projecto.

Faz parte do papel do gestor de projectos, procurar manter a estabilidade dentro de um ambiente transitório por definição, e gerir a contratação de recursos humanos com experiência, fomentando o seu treino e formação, e sempre que possível formando equipas de trabalho onde haja uma língua comum, o que nem sempre se verifica na realidade da industria da construção, facilitando a comunicação.

### **G - Gestão das Comunicações**

Comunicação esta que também constitui uma das nove áreas de conhecimento, que surge como uma ferramenta aglutinadora da equipa do projecto em torno dos objectivos e metas comuns, através da integração de todas as áreas de comunicação do projecto, tornando-se essencial para a conclusão do âmbito do projecto, Verzuh (2000).

É muito importante informar todos os intervenientes acerca do âmbito, do planeamento, do desempenho obtido e qual o necessário para que se cumpram os objectivos propostos, definindo uma matriz de comunicações, com quando e o quê deverá saber cada um, e onde deverá incidir o seu esforço, e que contribuição terá para o âmbito do projecto.

Segundo Verzuh (2000), o documentar das lições aprendidas, de modo a preservar a história do projecto, e aumentar a sua eficiência e eficácia, no presente e no futuro, é também um dos grandes desafios da Gestão das Comunicações.

### **H - Gestão de Contratações/Aquisições**

A Gestão das Contratações/Aquisições, tradução livre do termo inglês *procurement*, também desempenha importante papel na gestão de projecto e mais especificamente na gestão de risco. Aqui inserem-se o planeamento dos recursos, materiais ou serviços, efectua-se o controlo das requisições, a selecção e avaliação dos fornecedores. Um grande cuidado nas quantidades a encomendar, quando e como chegarão à obra, e garantindo uma correcta selecção de fornecedores, irá impedir a ocorrência de paragem de trabalhos por atrasos ou falhas na entrega de materiais, bem como evitam-se não conformidades nos produtos entregues, e temos uma garantia de qualidade nestes.

Prática corrente, é a subcontratação e o recurso a empresas de trabalho temporário, que podem ser enquadrados nesta área de conhecimento, uma vez que se tratam de contratações. Também estas requerem um extremo cuidado na sua selecção, de modo a reduzir o risco de não cumprimento de prazos, ou de falta de mão-de-obra.

Contratar de forma errada poderá provocar grandes perdas, onde a modalidade de contratação apresenta-se como factor crítico face ao incremento da curva de riscos potenciais do projecto.

### **I - Gestão dos Riscos do Projecto**

Para último, deixamos a área pela qual rumará o nosso trabalho, que é a Gestão dos Riscos do Projecto. Esta área, apesar de ser das que menos atenção obtém por parte dos gestores, acaba por ser um dos desafios mais estimulantes da gestão de projectos, dada a sua complexidade, abrangência, pela

dificuldade dos conceitos teóricos envolvidos, ferramentas técnicas disponíveis, e bibliografia existente, especialmente relativamente à construção, isto apesar de recentemente terem surgido alguns estudos sobre o tema.

O processo de Gestão do Risco envolve a determinação de uma lista de todos os riscos que poderão afectar o projecto, a sua probabilidade de ocorrência e o impacto que poderão ter na Obra ou Projecto. Identificar as principais causas destes, com o objectivo de prevenir ou se não for possível, procurar atenuar o seu impacto, e estimar a intensidade deste sobre o projecto, bem como calcular reservas e desenvolver as estratégias necessárias, para fazer face à ocorrência do risco, são as principais razões de ser deste processo, Goldberg e Weber (1998).

E claro está, tendo início na fase de planeamento, esta irá estender-se até à conclusão do projecto, onde a monitorização e controlo constante durante a execução, será um dos pontos-chave e determinantes para a eficácia das acções anti-risco.

Gestão de Risco em Projecto é planear para evitar que as coisas não dêem certo, é antecipar-se ao que pode dar errado, procurando eliminar as suas causas. Não é apenas o acto de corrigir e remediar como é regra na generalidade das empresas.

## **2. RISCO**

### **2.1. O RISCO**

Procuraremos neste capítulo “2. Risco” abordar as teorias existentes sobre o risco, através de uma abordagem à literatura relevante. Faremos a distinção nem sempre perceptível entre risco, incertezas, e risco em projecto. Iremos aprofundar essencialmente os aspectos relevantes para indústria da construção, quais os factores de risco, quais as características específicas da gestão de projecto em si que representam especial importância para o risco associado aos prazos, em projectos da construção, dadas as suas particularidades.

O autor Bernstein, na obra “Desafio aos Deuses – A fascinante história do risco” de 1997, aborda a história do risco desde os primórdios da humanidade, num mundo onde os recursos eram escassos e habitado por grandes predadores, onde é feita a distinção entre os homens e os animais, através da aversão calculada ao risco de uns, e não instintiva.

Contudo o mesmo Bernstein defende que até ao Renascimento o risco era encarado de forma passiva, e só com os Descobrimentos, onde Portugal teve um papel preponderante, é que o risco passou a ser encarado como um facto concreto, ou seja, como um desafio permanente face ao desconhecido.

Então percebe-se o porquê do surgimento de organizações como a Companhia das Índias, ou das primeiras seguradoras nesta época. Que procurariam de certo modo, dar algum tipo de suporte às

extremamente arriscadas aventuras e expedições colonialistas e comerciais. Época onde também foi fortemente fomentado o desenvolvimento da matemática, tanto aplicada a questões militares, como a rotas de expedições e, até no entretenimento, com os jogos de azar, sendo que nomes como Fibonacci, Della Francesca, Da Vinci ou Pacciolo, realizaram esforços infindáveis para a resolução de problemas algébricos numa tentativa inicial de quantificação do risco.

Por outro lado, segundo o mesmo autor, para o processo de quantificação do risco, foi fundamental o surgimento da Teoria das Probabilidades e da poderosa ferramenta da lei das probabilidades, onde figuras como Galileu, Copérnico, Leibniz, John Graunt, Mersenne, Cardano, Pascal, De Mère, Fermat e Blaise, surgem como os principais instigadores.

O conceito de risco teve forte impulso à medida que o capitalismo mercantil avançava, com um grande ascendente devido ao advento do capitalismo industrial financeiro, que permitiu o surgimento das Bolsas de Valores. Assim foi criada a Escola de Análise Gráfica, que procurava medir o risco através de movimentos gráficos, entre os quais destaca-se a Teoria das Ondas de Down.

Na vida quotidiana um risco é uma exposição à perda. É um factor, evento, elemento ou um caminho, que envolve algum perigo incerto.

Existem várias definições de risco, consoante a área na qual é abordado. E a vastidão destas é considerável, mas destacamos essencialmente a financeira, a das ciências operacionais, matemáticas, estatísticas, económicas, e com particular relevância para a construção, também a segurança e o ambiente recorrem a este conceito.

Segundo Solomon e Pringle (1981), o risco não é mais que o grau de incerteza que se tem em relação a um evento, e onde haverá incerteza, haverá sempre um risco associado. Ou pode ser simplesmente, entrando na área probabilística, o desvio padrão da variável aleatória, segundo Securato e Maluf (1993).

Os coeficientes de atraso geralmente associados às estimativas de durações de actividades, não são mais do que o risco associado a estas, segundo Goldratt (1997).

## **2.2. CONCEITO DE RISCO E INCERTEZA**

Nesta fase torna-se essencial distinguirmos o conceito de risco do da incerteza. Os riscos são eventos sobre os quais podemos reflectir em termos de probabilidade de ocorrência e grau de impacto e quantificar de algum modo, enquanto a incerteza entra no domínio do imprevisível, daquilo sobre o qual não se pode elaborar previsões.

No entanto, segundo Morgan e Henrion (1990), não há risco se não houve incerteza, porém poderá haver incerteza sem haver risco. Os acontecimentos relativos ao maremoto asiático no final de 2004 são um exemplo do que estes autores defendem, uma vez que havia incerteza, quer na sua probabilidade de

ocorrência, ou seja, quando iria ocorrer, quer no seu grau de impacto, logo não podia ser considerado um risco, não era quantificável.

Para tornar a questão mais explícita, Olsson (2002) criou uma matriz de incerteza, que de algum modo visa esquematizar esta ideia:

**Tabela 1 - Matriz de Incerteza**

Faixa de Possíveis Resultados	Probabilidade de Ocorrência de Resultados
Conhecidos	Conhecidos
Conhecidos	Desconhecidos
Desconhecidos	Desconhecidos

As duas dimensões mais críticas dos riscos são, no fundo, a sua probabilidade de ocorrência, associada ao seu grau de impacto se este acontecer, ou seja, se tal probabilidade realmente se concretizar. Não faz sentido considerar como risco, um evento que tenha probabilidade de ocorrer, mas que tenha impacto nulo, ou o inverso.

Estando a nossa percepção do risco essencialmente dependente de dois factores, o factor Medo, ou seja o quanto se teme o possível impacto de um evento, e o factor Controle, que será até que ponto poderemos ou não controlar como irá decorrer de um determinado evento, podemos afirmar, tal como disse Olsson (2002), que o risco está nos olhos de quem vê.

Isto porque indivíduos diferentes fazem escolhas diferentes em condições diferentes! A título de exemplo, certas pessoas quando estão a ganhar expõem-se mais ao risco, enquanto por outro lado, outras expõem-se mais apenas quando estão a perder de modo a conseguir recuperar a desvantagem que possuem.

Importa referir que, apesar de a generalidade dos autores caracterizar o risco como uma ameaça, este também pode, e deve, ser encarado como uma oportunidade. Quando se aposta na lotaria, estamos a apostar no risco de ganharmos. Mas efectivamente, quando os riscos se materializam, na generalidade são ameaças, Hillson (2002).

E na construção, o gestor poderá tirar partido desta visão, porque será apenas em actividades com risco associado, que poderá reduzir a respectiva duração estimada, procurando atingir uma previsão optimista. Note-se que como já referimos anteriormente, onde não há risco significativo associado aos prazos, o desvio padrão será pequeno, e por conseguinte, o desvio positivo possível também será.

## **2.3. RISCO DE PROJECTO**

### **2.3.1. CONCEITO DE RISCO DE PROJECTO**

O Risco de Projecto, segundo Fransman (2000), é um evento ou condição incerta que, se acontecer, tem um efeito positivo ou negativo nos objectivos de um Projecto. Poderemos dizer que, o risco em projecto resulta do somatório de todos os riscos individuais associados às suas actividades, sendo portanto um conceito mais amplo e muito mais complexo.

Note-se que o risco de um projecto irá estar dependente da natureza, tamanho, grau de incerteza, duração, calendarização, complexidade, perfil das partes envolvidas, grau de aversão ao risco dos *stakeholders*, entre muitas outras variáveis do projecto em causa.

Podemos dizer que num projecto existem essencialmente dois tipos de risco, o risco directo, um risco sobre o qual o projecto tem um elevado grau de controlo, e o risco indirecto, um risco sobre o qual, não existe nenhum controle pelo projecto.

Em projectos bem controlados, muitas das decisões estão essencialmente direccionadas para o atenuar do risco, pelo que será necessário efectuarmos a identificação, o mais cedo possível, de todos os riscos que sejam críticos ao bom desempenho do projecto. Não irá trazer qualquer vantagem obter informação sobre os riscos, quando os eventos a que se encontram associados, já estejam a decorrer. Os impactos não devem ser reparados, mas sim evitados.

Para consegui-lo precisamos de ter um bom controlo e conhecimento sobre os riscos que o projecto irá enfrentar, e ter estratégias claras de como atenuá-los ou tratá-los.

### **2.3.2. EVENTO FUTURO**

Como já foi por nós definido, o risco é um evento que pode ou não acontecer no futuro. Portanto há que tornar bastante claro que, um evento que tenha originado um problema, não pode ser considerado um risco, dado ter ocorrido no passado, segundo Hulett (2002).

Além da obrigação de ocorrer no futuro, tem que ser um evento, pelo que um custo, um cronograma ou a qualidade, não o sendo, não podem ser considerados como risco, de acordo com a definição adoptada. No entanto, um evento futuro no cronograma, ou um evento associado à qualidade de um sistema, já o poderão ser!

No mesmo raciocínio, uma pessoa ou um lugar nunca serão um risco, apenas um evento realizado por esta, ou neste local, é que estão sujeitos a ser classificados com risco.

### 2.3.3. PROBABILIDADE

A probabilidade desse evento futuro terá que ser não nula ou diferente de 100%. Isto porque, caso um evento tenha probabilidade de ocorrência de 0% ou de 100%, não é um evento incerto, logo sabemos o que irá acontecer e será um problema ou um acontecimento, não um risco! Onde não há incerteza não há risco, tal como já havíamos concluído anteriormente.

Prever a probabilidade de um problema ocorrer é tão difícil como qualquer outra estimativa. Muitas regras iguais aplicam-se em ambos os casos. Os dados históricos regra geral darão a melhor indicação de possíveis problemas. Mas mesmo quando gestores experientes usam todos os instrumentos ao seu alcance, a designação de uma probabilidade dos riscos continua a ser tanto uma arte e uma ciência, Verzuh (2000). No entanto tendo como base estudos realizados, podemos dizer que alguns riscos em projectos são recorrentes, fazendo com que um risco seja mais facilmente identificado.

### 2.3.4. IMPACTO

Há muitos eventos que poderiam ocorrer com probabilidade entre os 0 e os 100%, alguns destes com consequências positivas, que serão então considerados como oportunidades, ou risco positivo, e outros, por sua vez, poderão ter consequências desfavoráveis sendo então categorizados como riscos negativos.

Após identificados, será essencial aferir a sua consequência potencial, sendo que esta deve ser inesperada, ou não planeada. Os impactos poderão ser de diferentes naturezas, dependendo dos objectivos do projecto, mas segundo o PMBOK (2004), existem quatro tipos de alterações que podem ocorrer resultante da ocorrência de um evento, sendo estas relativas aos custos parciais ou globais, ou com implicações a nível do âmbito do projecto, bem como alterando a qualidade, sendo que por último, com especial relevo para o nosso trabalho em particular, os modificações nos prazos.

**Tabela 2 - Tabela de Impactos por objectivos de Projecto.**

<b>Defined Conditions for Impact Scales of a Risk on Major Project Objectives</b> (Examples are shown for negative impacts only)					
<b>Project Objective</b>	Relative or numerical scales are shown				
	Very low /.05	Low /.10	Moderate /.20	High /.40	Very high /.80
<b>Cost</b>	Insignificant cost increase	<10% cost increase	10-20% cost increase	20-40% cost increase	>40% cost increase
<b>Time</b>	Insignificant time increase	<5% time increase	5-10% time increase	10-20% time increase	>20% time increase
<b>Scope</b>	Scope decrease barely noticeable	Minor areas of scope affected	Major areas of scope affected	Scope reduction unacceptable to sponsor	Project end item is effectively useless
<b>Quality</b>	Quality degradation barely noticeable	Only very demanding applications are affected	Quality reduction requires sponsor approval	Quality reduction unacceptable to sponsor	Project end item is effectively useless

This table presents examples of risk impact definitions for four different project objectives. They should be tailored in the Risk Management Planning process to the individual project and to the organization's risk thresholds. Impact definitions can be developed for opportunities in a similar way.

Fonte: PMBOK (2004)



### 2.3.5. MAGNITUDE

A relação entre a probabilidade e o seu impacto, dar-nos-á o grau de risco, ou seja, qual a magnitude do risco. Este aspecto torna-se vital em projectos de grandes dimensões e com dezenas de actividades a ocorrerem em simultâneo, como é apanágio de grande parte dos projectos em construção. Pois é inconcebível a um gestor, controlar e monitorizar o desempenho de todas as actividades que ocorrem simultaneamente, num dado momento, num projecto ou obra, quer pelo enorme esforço exigido, quer por não ser eficiente.

Conjugando ambos os atributos, e por intermédio da sua representação num sistema de eixos, por exemplo, podemos aferir a magnitude do de cada risco, agir de acordo com o seguinte raciocínio:

- 1º Quadrante – Improvável e Imperceptível, não requer qualquer tipo de acção;
- 2º Quadrante – Iminente, são considerados aceitáveis se forem implementadas medidas de prevenção ou mitigação;
- 3º Quadrante – Iminente e Crítico, são considerados inaceitáveis, e terão que ser tomadas medidas para a sua mitigação, prevenção ou alocação;
- 4º Quadrante – Crítico, são considerados aceitáveis se forem implementadas medidas de prevenção ou mitigação;

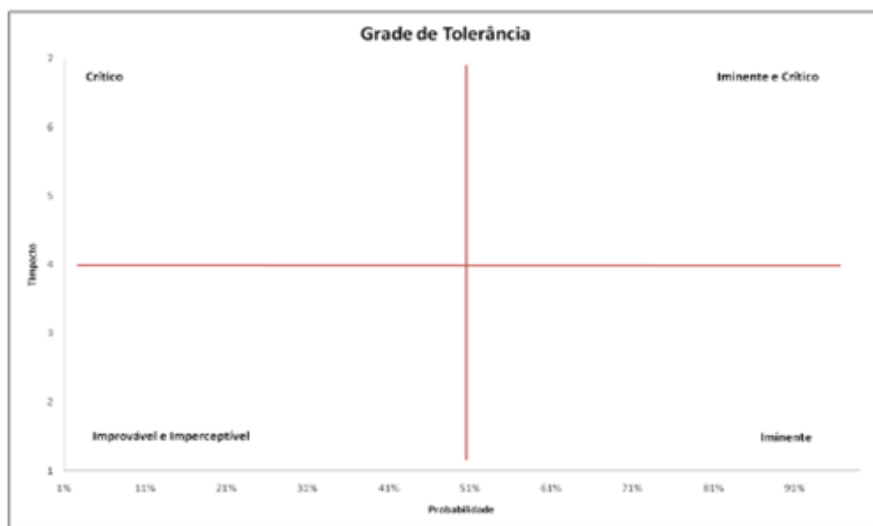


Figura 3 - Identificação quantitativa da magnitude dos diversos riscos, por representação num sistema de eixos.

Existem várias hipóteses para representação da magnitude dos riscos, algumas mais usuais que outras, sendo que a Figura 3 e a Tabela 3, demonstram dois exemplos representativos dos métodos quantitativos e dos métodos qualitativos, respectivamente.

**Tabela 3 - Exemplo de uma tabela qualitativa de Magnitude.**

Probabilidade	Consequência				
	Insignificante	Reduzido	Moderado	Grande	Catastrófico
Raro	B	B	M	M	M
Pouco Provável	B	B	M	M	E
Possível	B	M	M	A	E
Provável	B	M	A	E	E
Quase Certo	B	M	A	E	E

<b>E</b>	Risco Extremo – Plano de acções, mitigar o risco e monitorizar frequentemente;
<b>A</b>	Risco Alto – Plano de acções, procurar mitigar o risco e monitorizar;
<b>M</b>	Risco Moderado – Procurar mitigar e monitorizar;
<b>B</b>	Risco Baixo – Poderá ou não ser incluído na gestão de risco;

Portanto, ao analisar o grau de risco das actividades e eventos futuros numa fase inicial do projecto, será possível a este, identificar e discriminar quais os eventos que poderão ter maior influência e qual o respectivo peso no desempenho do projecto.

Assim, o esforço será direccionado para onde será mais eficaz, nas actividades onde o controlo e monitorização se irão traduzir em resultados significativos para a globalidade do projecto. Porquê depender esforço e recursos a controlar num evento que, na pior das hipóteses, poderá ter um atraso de horas, com um peso financeiro pouco significativo, se há outro que poderá resultar num atraso global de 10 dias, representando um deslize no orçamento total da obra, e levando ao incumprimento dos prazos contratuais, com as respectivas multas?

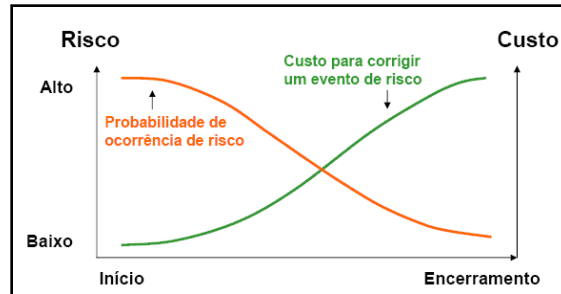
## 3. SISTEMAS DE GESTÃO DO RISCO

### 3.1. GESTÃO DO RISCO

Todo o projecto contém um pouco de incerteza. O papel da Gestão do Risco é tratar desta incerteza, para saber como lidar com esta, e tentar compreender a sua influência no projecto. Convém não esquecer que os riscos do projecto podem ser vistos como ameaças ou como oportunidades, pelo que, face à primeira situação, o risco deverá ser atenuado, enquanto face às oportunidades teremos um risco calculado que poderá trazer, por exemplo, vantagens competitivas para um produto ou empreendimento, com consequentes benefícios nos custos e durações das actividades.

Como é óbvio, efectuar a identificação dos riscos por si só, não é condição suficiente para se conseguir evitar, ou diminuir, efectivamente os riscos e consequentemente reduzir as perdas provenientes dos impactos negativos, nem aumenta as hipóteses de conduzir um projecto rumo ao sucesso. Contudo, como facilmente se percebe, o gerir dos riscos também representa custos, a Figura 4 demonstrada a diferença de analisar e corrigir um risco no início de um projecto, e os custos afectos a este no final do projecto. São consideravelmente maiores uma vez que quanto mais tarde se agir, mais

drásticas terão de ser as medidas adoptadas, sendo mais pró-activas do que preventivas. É obrigatório que se identifique os riscos assim que o projecto se iniciar, e que se continue a identificar e a controlar, os riscos, durante toda a vida deste. Só assim será possível anteciparmos a sua ocorrência, dotando o gestor com tempo suficiente para agir em tempo útil.



**Figura 4 - Custos do risco ao longo do Projecto**

**Fonte: Ribeiro (2007)**

Um erro comum é identificar riscos somente no começo do projecto e apenas monitorizar o seu “*status*” e conseqüente desenvolvimento destes. Está visto que todos os projectos sofrem mutações das suas condicionantes iniciais, sejam estas externas ou internas, bem como podem ocorrer alterações no seu âmbito. Assim, a lista de riscos deve ser revista com periodicidade, nunca menos que uma vez por mês, para adicionar qualquer risco recém identificado, ou alterar os prescritos.

Portanto, a análise qualitativa do risco deverá ser um processo iterativo, com períodos definidos consoante o tipo de projecto, duração total, e recursos disponíveis, pelo que na construção, um mês poderá ser um intervalo aceitável.

Para a *Microsoft* (2002), os riscos após a sua análise, devem ser aprendidos pela empresa, para que esse conhecimento possa ser utilizado em novos projectos.



**Figura 5 - Processo de gestão de riscos.**

**Fonte: Microsoft (2002)**

Muitos dos projectos de uma empresa frequentemente têm características parecidas, até mesmo iguais, portanto seria interessante que ela dispusesse de um mecanismo para mapear esses riscos reincidentes, evitando a perda de tempo com a identificação de riscos recorrentes em projectos futuros.

Pelo que a criação de uma base de dados com os riscos de cada projecto, é vital para um sistema de gestão do risco

Para sobreviver e prosperar, e tendo como objectivo a melhoria continua, as empresas que queiram aplicar um modelo de Gestão do Risco Empresarial, ou ERM - *Enterprise Risk Management*, de modo a controlar o risco nos projectos que empreendem, necessitam de criar e implementar uma metodologia estruturada que possa dar resposta de modo eficiente ao risco, através da aplicação da informação obtida na fase de identificação do mesmo.

### **3.2. METODOLOGIAS DE GESTÃO DO RISCO**

O surgimento de metodologias estruturadas para a gestão de projecto, nomeadamente as sugeridas pelo PMI através do PMBOK pelo Body of Knowledge (BOK) da APM (Association for Project Management) e, por último, pelo IPMA (International Project Management Association) através do seu Competence Database, originou um avanço muito significativo para a gestão do risco de forma sistemática e estruturada. Isto porque todas estas sociedades, nas suas publicações mais recentes, possuem capítulos exclusivamente dedicados à gestão do risco.

Até então apenas surgiam esforços conjugados de forma isolada para fazer frente ao risco. Utilizavam-se técnicas como a Delphi para a identificação dos riscos, por intermédio de *brainstorming*, ou a Simulação de Monte Carlo para a avaliação quantitativa, mas não de forma integrada e estruturada, sem a conjugação das diferentes técnicas, Hillson (2000). Após a edição do PMBOK, o tema passou de uma abordagem mais simplista, para uma metodologia robusta, com processos e sequenciamento rigoroso, segundo Hall e Hulett (2002).

Muitas abordagens para a gestão de risco tiveram a sua origem nas disciplinas de engenharia ou surgiram de normas e procedimentos, como é o caso da Análise Preliminar de Riscos, Análise de Modos de Falha e Efeitos, Técnica de Incidente Críticos, Análise de Árvores de Falhas, e algumas tendo se tornado independentes como é o caso da norma AS/NZS 4360, desenvolvida por um grupo de especialistas Australianos e Neo Zelandeses denominado por Joint Technical Committee OB/7 – Risk Management, que pode ser usada para qualquer sector económico ou industria.

Realce-se que recentemente o APM, publicou um documento, o Project Risk Analysis and Management, ou PRAM, que aborda de modo mais detalhado, do que o BOK (onde a gestão de risco era explicada em apenas uma página), esta temática.

A concepção e implementação do Sistema de Gestão do Risco serão influenciadas pelas diferentes necessidades da organização, pelos seus objectivos, produtos e serviços, bem como pelos processos e práticas empregadas.

A gestão dos riscos é um processo iterativo constituído por etapas bem definidas, que tomadas em sequência darão o apoio a uma melhor tomada de decisão contribuindo para um melhor conhecimento dos riscos e dos seus impactos. O processo de gestão pode ser aplicado a qualquer situação em que um

resultado indesejado, ou inesperado, poderia ter impacto significativo, ou onde as oportunidades estão identificadas. Os decisores têm de conhecer os resultados possíveis, para assim tomar medidas de forma consciente que permitam controlar ou minimizar o seu impacto.

Dada a dimensão de algumas metodologias, mais precisamente a do PMBOK, tornar-se-ia muito fastidioso colocar por extenso os seus processos, assim iremos fazer um apanhado sobre estas, comparando os aspectos comuns, as vantagens e desvantagens que possuem.

No entanto, dada a importância para o nosso estudo, das metodologias de gestão de risco, optámos por colocar em anexo de modo resumido, duas das metodologias mais aceites, a do AMP através da publicação PRAM (Project Risk Analysis and Management), e a do PMBOK, esta última acaba por ser a mais completa e detalhada, o que a torna num documento vital para quem nutrir algum interesse sobre o tema e quiser aprofundar conhecimentos.

### **3.3. ASPECTOS EM COMUM**

Apesar de existirem diferenças entre as metodologias, quer a nível de conceitos, ou de processos, existe uma base comum, e muitos conceitos partilhados entre elas. Procuraremos fazer um breve apanhado, demonstrando que existe algum consenso entre as principais sociedades, em alguns aspectos, segundo Faria dos Reis (2004)

- O termo risco tem significado semelhante, e pode ser definido como um evento ou circunstância que tem potencial de afectar negativamente um projecto;

- A gestão de risco é um processo contínuo que deve ser implementado durante todo o ciclo de vida do projecto;

- A gestão do risco é definida como o sequenciamento de processos, integrado na gestão do projecto, que inclui a Identificação, a análise do risco, medidas de prevenção do risco e controlo do risco;

- A gestão do risco é visto como um trabalho de equipa, mas no entanto que deverá haver um responsável por ela;

- É uma ferramenta necessária para todo o tipo e tamanho de projecto, devendo sempre ser aplicada;

- Ao conceito de risco, pode ser associado o de oportunidade, devendo estas ser geridas de modo a maximizar, no sentido contrário do risco negativo. Sendo o foco dos documentos, essencialmente no risco negativo;

- Nenhum dos documentos pretende assumir-se como um guia completo, mas apenas como uma metodologia de âmbito geral, onde são explanados conceitos e ferramentas que podem ser aplicadas;

- Medidas a tomar face ao risco:

- Evitar: efectuando alterações no projecto de modo a eliminar o risco;

- Reduzir: planear de modo a minimizar a probabilidade do risco ou impacte deste;

- Transferir: através de seguro, ou de contracto, alocando o risco a terceiros;

Aceitar: em casos que a relação custo-benefícios for reduzida e os danos causados pelo risco, não forem muito significantes para o projecto.

### **3.4. ASPECTOS ESPECÍFICOS**

Cada sociedade de gestão de projecto tem uma cultura e sistemática de trabalho própria, bem como visões diferentes sobre o que deve ser incluído num BOK, e qual a sua extensão no documento, segundo Morris (2001).

Assim os aspectos essenciais, onde se diferenciam, são os seguintes, segundo Faria dos Reis (2004):

- Os processos de gestão de risco estão definidos em 6 processos no PMI, enquanto nos restantes, estão definidos em apenas 4 processos. Destacando-se o processo de planeamento do risco existente no PMI. Contudo, o resultado final, se aplicado o método, não irá sofrer grandes alterações.

- Com excepção do IPMA, os outros dois métodos, dividem o processo de análise de risco, em análise qualitativa e análise quantitativa. A primeira etapa, visa identificar, e aferir o grau de impacto e probabilidade de ocorrência, para assim podermos de algum modo dar alguma prioridade aos riscos mais significativos para o projecto, e quais deverão ser alvo da atenção do gestor. Estamos de certa forma, a categorizar os riscos em escalas de impacto nos objectivos do projecto. Por outro lado, a quantificação, é um passo posterior, que necessita da aplicação de uma quantidade de esforço maior, para a recolha de dados históricos sobre probabilidades de ocorrência e os impactos nas diferentes actividades de modo mais detalhado, perdas prováveis, permitindo assim, quantificar probabilisticamente os valores de prazos e custos possíveis para o projecto

- O IPMA tem uma abordagem mais holística do conceito, onde considera também os efeitos negativos decorrentes dos produtos dos processos, e as pessoas envolvidas, bem como o contexto externo, devem ser avaliadas na identificação do risco.

## **4. ESTIMAÇÃO DE DURAÇÕES**

### **4.1. MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO**

Antes de se dar início ao estimar das durações das actividades, é aconselhável efectuar-se um esboço prévio do diagrama do projecto, definindo as precedências e relações entre as actividades, uma vez que assegura a total compreensão e assimilação da lógica do projecto e do inter-relacionamento das actividades.

Só então poderemos prosseguir para a atribuição de durações, sendo que ao longo deste processo, regra geral, são efectuadas alterações à rede inicialmente prevista sempre com a optimização do projecto em vista. Finalizada a estimativa, efectuar o cálculo, do tempo mais cedo e tempo mais tarde

permite-nos a detecção de eventuais erros no esboço, por nós efectuado, da rede e a necessidade de refinamentos, para assim obtermos o diagrama de rede do projecto.

O acto de estimar não é estabelecer um desafio, ou o nosso melhor palpite, tão pouco o que estimamos da última vez acrescido do que se derrapou. Não é um número com grande margem de segurança, é uma técnica de previsão, que nos permite determinar a quantidade de esforço e tempo exigidos para completar uma tarefa de um projecto.

Levine (2002) defende que quando estimamos uma duração, inicialmente apresentamos uma estimativa mais provável de duração, que irá acontecer pelo menos cinquenta por cento das vezes que determinada actividade for executada. Tempo este que por norma resulta num valor muito próximo do optimista, o qual é posteriormente inflacionado, ao se considerar todas as implicações a que estará sujeito o processo, e o que será necessário para o seu início.

O mesmo autor descreve um fenómeno denominado por Collection Factor<sup>2</sup>, o qual se expressa em actividades executadas em série, onde há a tendência por parte de quem estima durações, de considerar que duas actividades com duração de 5 dias cada, irão ter um prazo de conclusão de 13 dias, uma vez que é contabilizada a perda de 3 dias entre a conclusão e o início das actividades, é também conhecida pela regra do  $5+5=13$ .

Tendo em mente que por parte dos responsáveis as durações estimadas não serão prontamente aceites, e que geralmente há a pressão para reduzir os prazos, trabalhando no limite, o planeador irá afectar as suas estimativas com um factor de segurança adicional para maior conforto. O que resulta em durações geralmente inflacionadas, por parte de quem estima, e conseqüentemente em durações muito optimistas por parte de quem decide.

Actualmente existem diversas abordagens para o processo de estimar durações das actividades, resultantes de estudos efectuados por vários autores, desde Levine, a Maximiliano, e ao que é preconizado pelo PMI no seu PMBOK (2004). Dado que o acto de estimar, se for abordado de modo incorrecto e leviano, irá tornar vã qualquer esforço produzido na análise de risco, iremos então explanar, de modo superficial, alguns destes métodos, com maior relevo para a estimativa de três pontos, de particular importância para o tema do nosso trabalho.

## **4.2. CONSULTA A ESPECIALISTA**

Dada a grande variedade de especialidades e especificidades de cada actividade na área da construção civil, o recurso à consulta de especialistas, que possuem o “*know-how*”, de rendimentos usuais e de como certas condicionantes externas, ou do projecto, poderão influenciar determinada

---

<sup>2</sup> Factor de Colecção, tradução livre para português;

actividade, traduz-se num método simples e aproximado para estimar durações, quer seja através de dados históricos ou através da experiência acumulada ao longo da sua vida profissional.

### **4.3. ESTIMAÇÃO ANÁLOGA**

A estimação análoga, é muito utilizada em fases muito iniciais do ciclo de vida do projecto, quando existe pouca informação sobre este, pelo que estimar um duração recorrendo a projectos similares, não será uma estratégia muito errada, dada a sua simplicidade e propósito, ou seja a obtenção de um planeamento preliminar. Este é um método que usado em conjunto com a consulta a especialistas, por técnicos experientes e em projectos muito idênticos, trará um erro muito reduzido ao valor estimado.

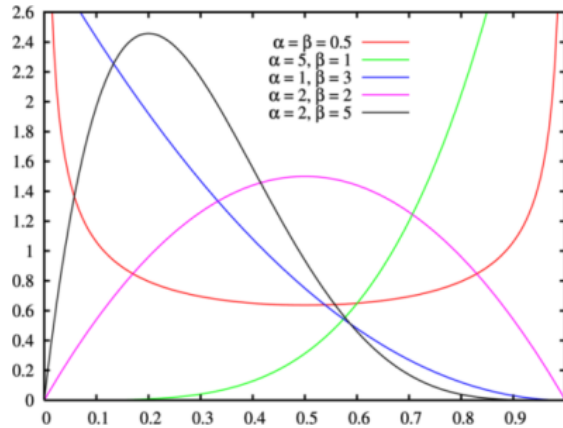
### **4.4. ESTIMATIVA DE TRÊS PONTOS**

Atendendo à dificuldade do processo, e considerando a incerteza que acarreta o estimar correctamente a duração de uma actividade, especialmente na construção civil dada a quantidade de recursos e entidades distintas envolvidas, bem como todas as condicionantes do projecto, seria um erro assumir a duração como algo determinístico, daí que a definição de um intervalo de valores possíveis de ocorrer para cada actividade assumindo uma função distribuição aproximada, se irá traduzir num cenário muito mais realista.

Para as variáveis de comportamento estocástico é necessário estabelecermos os intervalos de variação admitidos como limites, superior e inferior, de ocorrência dos seus valores aleatórios e qual a sua função de distribuição. Esta poderá ser feita empiricamente ou com recurso a dados históricos, mas quando tal não for possível, deverá escolher uma distribuição contínua apropriada, uniforme, normal, triangular, beta, exponencial, log normal, etc.

Com uma distribuição uniforme, iríamos assumir que todos os valores do intervalo definido possuem a mesma probabilidade, o que não é verdade na generalidade dos casos, enquanto na triangular serão conhecidos três valores probabilísticos, o mínimo, o máximo e o mais provável. Mas, a distribuição que por norma é a mais aplicada em modelos de simulação, para gestão de projecto, e a que mais se aproxima com cenário empírico, é a distribuição tipo beta, onde em semelhança com a triangular, são também conhecidos três valores por cada actividade.





**Figura 6 - Função densidade de probabilidade para a função distribuição Beta, em função dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ .**

A média e o desvio padrão de uma função distribuição Beta podem ser obtidos pelas expressões da equação 2.

$$\mu(X) = \frac{a + 4b + c}{6}$$

$$\sigma(X) = \frac{c - a}{6}$$

**Equação 4.1 - Média e Desvio Padrão da distribuição Beta.**

Onde,

- $\sigma$  – Desvio padrão;
- $\mu$  – Média;
- a – Mínimo do intervalo;
- b – Valor mais provável do intervalo;
- c – Máximo do intervalo;

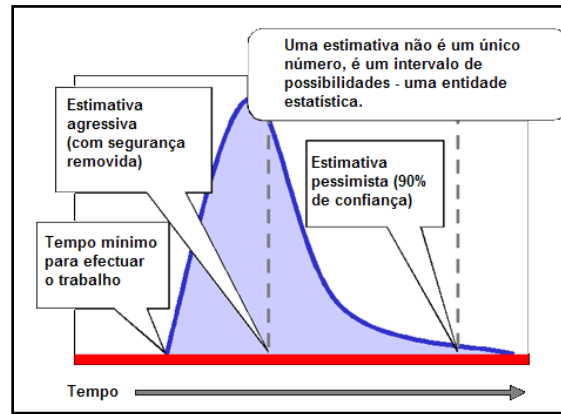
Assim, tendo o gestor definido as três estimativas de duração para cada uma das actividades do projecto, é-nos possível obter o valor médio, por intermédio da Equação 4.1, e o valor do desvio padrão, que não é mais que o risco associado à actividade a que diz respeito.

O PMI, por intermédio do seu PMBOK, denomina estas três estimativas como Duração Optimista (a), Duração Mais Provável (b) e Duração Pessimista (c), definidas do seguinte modo:

- **Duração Mais Provável** – quando são fornecidos a uma actividade os recursos prováveis de serem designados, a sua produtividade normal, as expectativas realistas para esta em relação à dependência dos participantes e interrupções. Corresponde à moda da distribuição;

- **Duração Optimista** – quando as condições a que se irá realizar a actividade são quase perfeitas, e tudo irá funcionar correctamente, sem situações anómalas. Corresponde ao percentil 0% da distribuição;

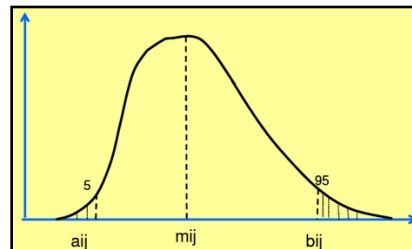
• **Duração Pessimista** – como o nome indica, é uma estimativa que se baseia num cenário de pior caso do que está considerado na situação mais provável. Que corresponde ao percentil 100% da distribuição.



**Figura 7 – Exemplo da estimativa de 3 pontos, com a estimativa pessimista a corresponder ao percentil 90%.**

É recorrente a duração otimista e a mais provável estarem mais aproximadas do que a pessimista, o que pode ser traduzido pela distribuição do tipo beta com a alteração dos parâmetros  $\beta$  e  $\alpha$  da função. Tal facto verifica-se pela probabilidade de ocorrência de situações adversas ao normal desenvolvimento de uma actividade ser superior à probabilidade de algo correr melhor do que o usual.

O determinar dos limites absolutos do intervalo de duração de uma actividade, ou seja, a estimativa otimista e a pessimista, pode ser bastante difícil, uma vez que implica a identificação dos casos mais extremos que podem acontecer. Assim, detrimento dos percentis 0 e 100, para a duração otimista e pessimista, adoptam-se os percentis 5 e 95 em alternativa. Ou seja, passamos a ter uma probabilidade de 5% para a duração ser excedida, e de 95% para ser inferior Hendrickson e Au, (1989).



**Figura 8 - Função distribuição Beta, com os percentis 5% e 95%.**

A média, ou valor esperado, da actividade não irá sofrer qualquer influência pela alteração introduzida, mas passamos a ter como expressão para o cálculo do desvio padrão, a seguinte equação:

$$\sigma = \frac{c - a}{3,2}$$

**Equação 4.2 - Desvio padrão para os extremos do intervalo dado pelos percentis 5% e 95%.**

Este novo método facilita a estimativa das durações, não sendo necessária tanta, precisão como para os percentis iniciais, facto que pode resultar num aumento do valor do desvio padrão e consequentemente do risco, da actividade.

## **5. CALENDARIZAÇÃO**

### **5.1. MODELOS DE CALENDARIZAÇÃO**

Os modelos de calendarização actualmente ainda levam a pressupostos não muito correctos, são vistos como previsões exactas do futuro, com durações correctamente calculadas, e que não podem falhar, muitas vezes sendo usados para a elaboração de contratos, ou em disputas legais. Estes conceitos têm efectivamente que ser alterados. Um planeamento não é mais do que um possível caminho a ser percorrido para atingir um objectivo, é um instrumento de gestão dinâmico.

Uma calendarização é de extrema utilidade para sequenciar actividades, coordenar o decorrer dos trabalhos e contratação de recursos, permitindo também avaliar os impactos que poderão resultar de uma eventual alteração, bem como o testar de ideias.

Surgiram ao longo dos anos alguns modelos para cálculo de redes, sejam estes derivados de diagramas com Actividades em Setas (AOA – Activity on Arrow), ou Actividades nos Nós (AON – Activity on Node), ou na metodologia das Precedências de John Fondahl, destacam-se o Método do Caminho Crítico (CPM – Critical Path Method) e o PERT – Program Evaluation and Review Technique, que ainda são muito utilizados actualmente, e algumas novas correntes que têm surgido, como a CCPM – Critical Chain Project Management, ou também a Event Chain Methodology e a Extreme Project Management. Sendo que estas duas últimas não se inserem no âmbito do nosso estudo, pelo que se remete a autores como Howard Raiffa e Ken Schwaber, respectivamente, para uma primeira abordagem a estes novos conceitos sobre planeamento.

Não estando inserido, nos objectivos do presente trabalho, um estudo aprofundado sobre teorias de sistemas e de cálculos de redes, consideramos no entanto de grande importância abordar alguns destes métodos, dada a grande influência que apresentam no risco de um projecto.

Procuraremos analisar quais as suas vantagens e, ou, desvantagens, de modo a compreendermos efectivamente quais os efeitos que poderão advir, relativamente ao risco nos prazos, da sua aplicação num projecto.

## 5.2. MÉTODOS DE PERT E CPM

Desenvolvido pela Marinha norte-americana a partir dos gráficos de Gantt, o PERT, pode ser representado por um gráfico composto por uma rede de eventos interligados e que compõem determinado programa, permitindo visualizar a sequência temporal de eventos, bem como o tempo de execução planeado de cada um deles. Surgiu com um desfaseamento de alguns meses relativamente ao CPM, havendo no entanto muitas semelhanças entre ambos.

Ambos os métodos necessitam de uma lista de actividades do projecto, onde cada qual possuiu a sua lista de precedências, sendo estas representadas por um sistema de actividades nas setas (AOA) ou actividades nos nós (AON), o que define a rede do projecto.

Mostram explicitamente as relações entre as actividades, e utilizam uma representação gráfica para o efeito, expressando a ordem pela qual as actividades devem ser executadas. E o modo como se calculam os tempos e folgas das actividades é em tudo semelhante. Assim temos que para o CPM:

-  $ET(i)$ , O tempo mais cedo de uma actividade,  $i$ , que é definido, após determinados todos os predecessores imediatos,  $j$ , para a actividade,  $i$ , e onde  $t_{ij}$  representa a duração da actividade  $i$ . Assim:

$$ET(i) = \max_{all\ j} (ET(j) + t_{ij})$$

**Equação 5.1 - Tempo mais cedo.**

-  $LT(i)$ , é o tempo mais tarde da actividade,  $i$ , que é definido, após determinados todos os predecessores imediatos,  $j$ , para a actividade,  $i$ , e onde  $t_{ij}$  representa a duração da actividade  $i$ . Assim:

$$LT(i) = \min_{all\ j} (LT(j) - t_{ij})$$

**Equação 5.2 - Tempo mais tarde.**

-  $TF(i,j)$ , a folga total é o tempo que a actividade,  $i$ , pode ter a mais na sua duração,  $t_i$ , sem atrasar o projecto. Pode ser definido por:

$$TF(i, j) = LT(j) - ET(i) - t_{ij}$$

**Equação 5.3 - Folga Total.**

-  $FF(i,j)$ , é a folga livre que a actividade,  $i$ , possui, ou seja, o acréscimo à sua duração,  $t_i$ , possível, sem atrasar a actividade que lhe sucede. É calculado pela equação:

$$FF(i, j) = ET(j) - ET(i) - t_{ij}$$

**Equação 5.4 - Folga livre.**

O caminho crítico é definido como sendo o caminho do início até ao final do projecto, que percorre apenas actividades com folga total zero,  $TF(i,j)=0$ , cuja duração é o somatório de todas as durações das actividades críticas. E dá-nos a duração mínima para executar o projecto, que vai ser igual à soma de todas as durações das actividades que nele constam.

Então conceitos como folga livre ou total, bem como actividade crítica e caminho crítico, tempo mais cedo e tempo mais tarde, e precedências, são todos comuns a ambos os métodos. Um outro aspecto partilhado por eles, é o modo como são considerados os recursos, assim a calendarização é criada apenas tendo como restrições as precedências, ou seja, as relações lógicas entre as actividades, e estes são tidos como ilimitados, facto que geralmente é apontado como um dos principais defeitos destas metodologias de cálculo de redes.

### 5.2.1. PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS MÉTODOS

Por seu turno, o Program Evaluation and Review (PERT) difere do método do, Critical Path Method (CPM), ao assumir as durações das actividades,  $T_{ij}$ , como variáveis aleatórias com distribuição de probabilidades do tipo Beta, e calcula os valores esperados e variâncias, pelas expressões:

$$E(T_{ij}) = (a + 4m + b)/6$$

**Equação 5.5 - Valor esperado ou média.**

$$Var(T_{ij}) = (b - a)^2/36$$

**Equação 5.6 - Valor esperado e variância para função distribuição Beta.**

Onde,

$E(T_{ij})$  – Valor esperado da actividade  $i$ ;

$a$  – Duração mínima da actividade  $i$ ;

$b$  – Duração máxima da actividade  $i$ ;

$m$  – Duração esperada da actividade  $i$ ;

$Var(T_{ij})$  – Variância da actividade  $i$ ;

No entanto a principal diferença entre ambos, como já foi referido, reside precisamente nas durações. Onde o PERT, admite as actividades como tendo durações variáveis, o que se coaduna muito mais com a realidade do mundo da construção civil, ao contrário do CPM, em que as actividades têm durações determinísticas. O que aliado à dificuldade, que por vezes existe, em calcular o tempo de execução de determinadas actividades em projectos de construção, torna este método muito mais eficaz.

A análise PERT baseia-se na avaliação da probabilidade da duração total do projecto, ou a duração de uma actividade cair dentro de um intervalo de variação.

### 5.2.2. DURAÇÃO DO PROJECTO SEGUNDO O MÉTODO DE PERT

Por intermédio do método PERT é possível efectuar o cálculo de três durações para o projecto em questão, uma para a optimista (quando tudo corre excepcionalmente bem), outra para uma pessimista (quando se verificam acontecimento imprevistos e que atrasam a realização dos diversos eventos) e uma realista (quando o tempo é aquele em que os técnicos realmente acreditam), obtidos em sequência da estimativa de três pontos para as durações das actividades, assunto já abordado no capítulo anterior.

Cada uma destas durações pode ser obtida pelo somatório dos respectivos tempos, das actividades críticas do projecto. Por exemplo, a duração optimista é o soma de todos os tempos optimistas das actividades do caminho crítico.

### 5.2.3. TEOREMA DO LIMITE CENTRAL

Este teorema é um dos mais conhecidos e com vasto campo de aplicação, dentro da disciplina de probabilidades. Resumidamente, contempla que:

*Sejam as variáveis aleatórias independentes  $X_i$  com valores médios  $\mu_i$  e as variâncias  $\sigma^2$  ( $i=1,2,\dots,n$ ). Então para um  $n$  suficientemente grande, e sob certas condições gerais, verifica-se que:*

$$Z = \sum_{i=1}^n X_i$$

*é uma variável aleatória que tem aproximadamente a distribuição*

$$Z \rightarrow N(\mu, \sigma^2)$$

*Onde,*

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad e \quad \sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

*Quaisquer que sejam as suas distribuições, desde que  $n$  seja suficientemente grande.*

*Por  $n$  grande entende-se,  $n \geq 30$  amostra de grande dimensão.*

Por outras palavras, o que o Teorema do Limite Central afirma é que a soma de um número o suficientemente grande, de variáveis aleatórias, com médias finitas e variância, será aproximadamente uma distribuição Normal, segundo Rice (1995). Pelo que facilmente se percebe a sua utilidade prática, especialmente em situações de risco em projecto, onde a incerteza está presente em todas as actividades.

### 5.2.4. PERT NA ANÁLISE DE RISCO

À semelhança dos tempos atrás mencionados, a duração total média do projecto, será a soma de todas as médias das actividades individualmente e a variância total espectável, analogamente, será a soma das variâncias das actividades críticas do projecto.

$$\tilde{T} = \sum_{i=1}^n T_i$$

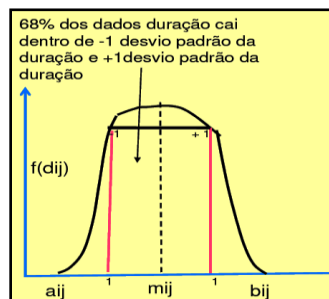
**Equação 5.7 - Duração média do projecto.**

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

**Equação 5.8 - Variância expectável do projecto.**

Baseando-se o PERT no Teorema do Limite Central, TLC, e sabendo que pode ser demonstrado que, este teorema é válido, mesmo quando se somam variáveis aleatórias que seguem distribuições do tipo Beta, e não apenas para distribuições normais. E também, que posteriormente foi provado que continua a ser válido mesmo que a duração das actividades não siga uma distribuição tipo Beta, ou seja, mesmo que se utilize como durações optimistas e pessimistas, as correspondentes aos percentis 5% e 95% respectivamente.

Então, a variável aleatória, Duração Total do Projecto, sendo o somatório de variáveis aleatórias do tipo Beta, é aproximada por uma função de distribuição do tipo normal. Este raciocínio é verdadeiro qualquer que seja a duração total do projecto calculada, a optimista, a pessimista, a média ou a mais provável.



**Figura 9 - Probabilidade de uma duração cair dentro do intervalo  $[-\sigma ; \sigma]$**

Assim, é perfeitamente possível estimar a probabilidade de o projecto estar pronto a uma determinada data, uma vez calculados o desvio padrão total e a duração total do projecto. Para tal basta considerar a função de distribuição normal, com média igual à soma das médias das actividades, e como desvio padrão, a raiz da soma de todas as variâncias, equação 5.9.

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma^2}$$

**Equação 5.9 - Desvio padrão do projecto.**

### 5.2.5. LIMITAÇÕES DO PERT

Dado assumir que para a duração para o projecto, apenas as actividades que integram o caminho crítico da rede devem ser contabilizadas, pode originar um dimensionamento incorrecto das 3 durações do Projecto.

Isto porque um caminho, que eventualmente possua folga total de 1, por exemplo, seja completamente ignorado pelo PERT na contabilização da duração do total.

Esse aspecto assume enorme importância num contexto de análise de risco, porque actividades que possuam desvio padrão superior a 1, e se ocorrer esta duração pessimista, a folga do caminho será ultrapassada. Resultando na alteração do caminho crítico, e conseqüentemente, graves alterações no desenrolar do projecto.

Pelo que a grande vantagem dada pela simplicidade de aplicação do método, é facilmente ultrapassada por esta lacuna, face a modelos de simulação que consideram o projecto como um todo e que actualmente, com as evoluções tecnológicas são de maior aplicabilidade prática.

## 5.3. TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)

Foi no ano de 1984 que o físico Eliyahu Goldratt, publicou o livro “*A Meta*”, onde sob a forma de um romance, aborda conceitos e ideias inovadores para a gestão de projecto, e onde surge a Teoria das Restrições, ou Theory of Constraints – TOC. As organizações não são mais vistas como a soma de partes isoladas, mas sim como um sistema integrado, onde existe uma ligação entre os seus elementos.

Partindo da máxima popular, em que uma corrente é tão forte como o seu elo mais fraco, passando o conceito para as organizações, então estabeleceu que para melhorar o desempenho de um processo ou sistema torna-se vital a identificação da sua principal restrição, para assim, podermos actuar sobre ela de modo a optimizar e melhorar processos.

Mas observe-se que não existe um potencial de melhoria infinito para uma dada variável, dado que estamos sempre limitados pela restrição seguinte, e assim sucessivamente, numa perspectiva de melhoria contínua.

Goldratt (1990), afirmou que a restrição de um sistema não é mais do que algo que o impede de atingir a sua meta. O que extrapolado para o mundo da construção, poder-se-á dizer que os recursos apresentam-se como a sua principal restrição. Então, um gestor irá procurar maximizar o objectivo final da organização, respondendo a três perguntas triviais: O que mudar? Mudar para o quê? Como causar essa mudança?

A TOC procura sistematizar este processo, com base no seu processo de pensamento (Thinking Process), por intermédio das relações de causa efeito tentar atingir o conflito principal da organização, e assim poder delinear estratégias de melhoria de desempenho. Para o efeito são identificados os **Cinco**



**Passos da TOC**, que promovem a base às mais distintas soluções, dos mais distintos problemas, desde áreas como os aprovisionamentos, até à contabilidade. Os cinco passos descritos a seguir, são válidos para os dois cenários de Gestão de Projecto em projectos simples ou é multi-projectos, são eles:

- 1) Identificar a restrição;
- 2) Decidir como explorar a restrição tirando o máximo que dela se conseguir;
- 3) Subordinar tudo de modo a não interferir na exploração da restrição;
- 4) Elevar o desempenho da restrição;
- 5) Se for detectada uma nova restrição ao efectuar o ponto 4), reiniciar o ciclo pelo ponto 2).

## 5.4. OS RECURSOS COMO RESTRIÇÃO

Uma dependência que não é considerada nas metodologias que adoptam o conceito de caminho crítico, CPM e PERT, tal como já havíamos mencionado anteriormente, é a dependência de recursos. Na Figura 10, temos um projecto que inclui as dependências das tarefas e quais os recursos utilizados, com as seguintes durações para A, B, C e D respectivamente, 5, 3, 3 e 5 dias.

Note-se que as tarefas A e D, requerem o uso do recurso "Programador", então para completar as tarefas C e D temos que completar, respectivamente, as tarefas A e B. No entanto, para se iniciar efectivamente a tarefa D, também irá ser necessário terminar A, mas isto deve-se à dependência do recurso comum a ambas, o Programador.

O que implica que a duração do projecto, em vez dos 8 dias ( 5 (A) + 3 (C) = 8 dias ), calculados quando se consideram apenas as precedências lógicas entre actividades, teríamos como duração total, 10 dias ( 5 (A) + 5 (D) = 10 dias ), ao considerarmos os recursos como restrição!

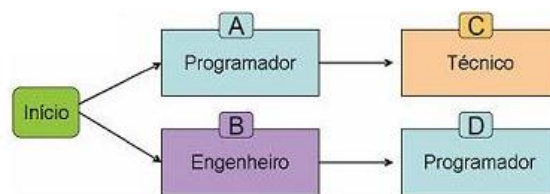


Figura 10 - Dependência de Recurso.

## 5.5. CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT – CCPM

### 5.5.1. O MÉTODO DA CORRENTE CRÍTICA

O CCPM é a combinação da Cadeia Crítica e da Teoria das Restrições, com o PMBOK do PMI, que foi descrito pela primeira vez por Lawrence Leach (2000), sendo finalmente reconhecido na 3ª edição do "The Guide to the PMBOK". A Corrente Crítica ou Cadeia Crítica, na versão em português do guia, é

referida como "uma técnica de análise de rede do cronograma, que modifica o cronograma do projecto para que tenha em conta os recursos como limitados.", pelo mesmo.

Este método partilha a visão da Corrente Crítica da variabilidade das durações das actividades e da interdependência destas. Apesar da representação, pelo gráfico de Gantt, dar a entender que estarmos perante um modelo determinístico, é na verdade probabilístico. Elimina as datas de arranque e paragem de cada actividade, consolidando as previsões de variação destas nos denominados *buffers*, ou seja, aloca todo o risco existente do projecto em actividades fictícias. Este conceito muito interessante irá ser melhor desenvolvido num capítulo subsequente.

Mas o guia também reconhece outra utilidade da Corrente Crítica, não somente na fase de planeamento, mas também durante a execução do projecto. O método da cadeia crítica adiciona *buffers* de duração, em vez de gerir a folga total dos caminhos de rede, o método da cadeia crítica concentra-se em gerir as durações das "actividades buffer" e os recursos aplicados às actividades planeadas.

## **A - A Cadeia Crítica**

A cadeia crítica de um projecto é um conjunto de actividades interdependentes que definem o limite mínimo de tempo que um projecto pode ser realizado. Essas dependências poderão ser tanto lógicas como relativamente aos recursos, admitindo que uma actividade só se poderá iniciar quando o recurso necessário acabar o trabalho noutra actividade. Essa será então uma das ideias novas que esse método introduz relativamente ao CPM e ao PERT, que admitiam os recursos como ilimitados, o que não corresponde inteiramente à realidade.

Em linguagem de gestão de projecto, podemos dizer que a estrutura da corrente crítica é em tudo semelhante à de um caminho crítico mas restringido aos recursos, utilizando uma sequência de actividades com durações agressivas mas alcançáveis, e um nivelamento de recursos.

## **B - Principal Restrição do Projecto**

Num projecto de construção, o principal objectivo da organização e do gestor do projecto, é efectivamente o completar a obra na menor duração possível, com a melhor qualidade e dentro dos custos orçamentados. Sendo assim, o que nos impede de fazer a entregar final mais cedo? São as limitações temporais e de recursos disponíveis!

Elementos que, como já vimos, formam e conduzem à definição da cadeia crítica de um qualquer projecto. Então, pelo princípio defendido pela TOC, tal como tínhamos visto, a principal restrição de um projecto de construção eram os seus recursos. Mas agora, introduzido este conceito de corrente crítica, que condiciona a entrega do produto final, pode-se afirmar então que a corrente crítica é a principal restrição de um projecto. Visto ser o que nos impede de atingir um melhor desempenho, e o que deverá ser o nosso alvo de melhoria, orientando todos os nossos esforços em função desta, seguindo o princípio dos 5 Passos.

### C - Atitude face ao Risco: a Estimativa dos Dois Pontos

A calendarização pelo CCPM, preconiza em semelhança com o PERT recorrer à estimação de durações por intermédio de dois valores, que correspondem à duração mais provável e à pessimista deste método. Explicar-se-á o porquê ao longo do trabalho, já que esta metodologia irá aplicar estas durações para estimar a contingência a aplicar ao projecto. Goldratt (1997), designa este processo de estimativa como o método de 50/90, que não são mais que as probabilidades da duração ser inferior ao estimado, respectivamente.

Esta forma de estimativa, para além permitir calcular a rede, é também a forma que o CCPM encontra para considerar o risco no projecto, segundo Leach (2000) Porque permite-lhe a criação e dimensionamento dos *buffers* do projecto, que não são mais do que a contingência mencionada no parágrafo anterior.

### 5.5.2. EFEITO DA MULTI-TAREFA

Algo muito comum é a afectação de um único recurso a mais que uma tarefa, repartindo este o seu tempo entre estas. O problema reside no facto de esta repartição não ser efectuada da melhor forma na generalidade das situações.

É possível a uma pessoa ou recurso, estar envolvido em mais que um projecto ou actividades distintas, minimizando o impacto negativo nas durações, desde que se complete as tarefas que iniciou antes de passar à seguinte. Porque ao saltar entre tarefas, estamos na realidade a atrasar o término de todas, se não vejamos:

Temos 3 actividades A, B e C, com durações de 10 dias cada e, de modo a mantermos o exemplo simples, admiráramos que o efeito de multi-tarefa resulta apenas no alternar entre actividades, sem contabilizarmos as perdas de tempo associadas ao reiniciar uma dada actividade, e que se realiza metade do trabalho, em cada actividade, antes de passar à seguinte, isto em vez do alternativo, onde existe o foco numa actividade de cada vez:

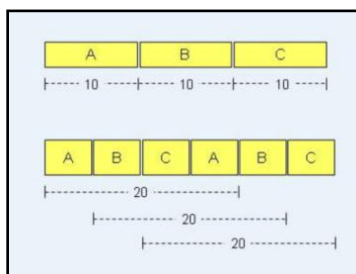


Figura 11 - Efeito da multi-tarefa

A duração total irá ser a mesma, 30 dias, nas condições indicadas, mas havendo precedências, e actividades sucessoras a A, B e C, iríamos ter um atraso no início das sucessoras de A e B, de 10 e 5 dias respectivamente, relativamente ao que seria possível com o cenário alternativo.

Assim, estando as actividades A e B inseridas na cadeia crítica, traria problemas ao nosso objectivo final, então, aplicando o 3º passo da TOC à nossa restrição, orientaremos exclusivamente todos os recursos necessários às actividades presentes na cadeia crítica, e completaremos estas, sem provocarmos atrasos desnecessários devido à multi-tarefa.

Na verdade, há multitarefa que não são nocivas, que apenas implicam uma maior duração das actividades envolvidas, mas se não atrasar o projecto como um todo não pode ser considerado como algo negativo, ou seja, se ninguém estiver esperando pelo resultado final das tarefas, então não é multitarefa nociva.

### 5.5.3. A LEI DE PARKINSON

Esta simples lei, declara que todo o trabalho a realizar, irá expandir-se ao tempo disponível para o efeito. Embora seja um conceito muito básico, traduz-se em implicações para o risco do projecto. Ou seja, se uma actividade consegue ser executada em três dias, mas tendo uma folga livre de mais três dias, o mais provável é que a realização desta actividade se estenda pelos três dias adicionais, o que implica aumentos de custos e duração da actividade, bem como o risco de ao esgotarmos a folga livre, esta actividade interfira no caminho crítico, e conseqüentemente no prazo final do projecto.

### 5.5.4. O SÍNDROME DE ESTUDANTE

Leach (2000), afirma que a maioria das pessoas tem tendência até que as tarefas se tornem efectivamente urgentes para iniciar a sua execução, e para dedicarem-se realmente a estas. Normalmente efectuam um terço do trabalho nos dois primeiros terços do prazo, e os dois últimos terços do trabalho no último terço do prazo, conforma a Figura 12 demonstra. O que aumenta o impacto de qualquer imprevisto que aconteça no último terço, razão pela qual as pessoas colocam margens adicionais de segurança numa próxima estimativa. Mas dada a nova duração, irá acontecer o mesmo fenómeno, o que resulta num desperdiçar da segurança indexada à actividade. Ao repetir-se algumas vezes essa situação, alcançamos um cenário de estimativas de conclusão maiores, havendo o risco da perda de competitividade por parte da organização.

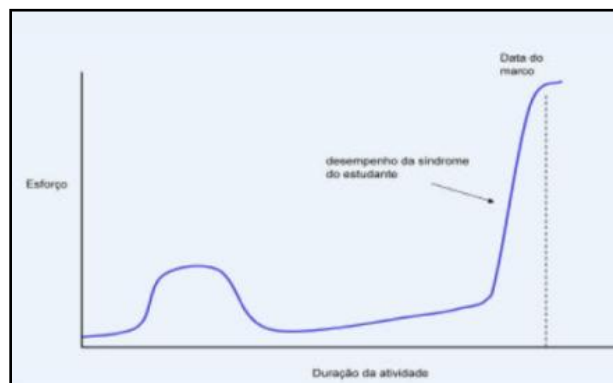


Figura 12 - Desempenho do Síndrome de Estudante ao longo da duração estimada.

Fonte: Leach (2000)

Goldratt (1992) conclui que essa contingência adicionada às actividades, em vez de dar maior conforto, e de diminuir o risco de não conclusão no prazo estimado, como seria lógico, acaba por ter o efeito precisamente inverso. Ou seja, o facto de haver maior margem de segurança, leva as pessoas responsáveis por não dedicar 100% da sua atenção à actividade, iniciando-as mais tarde do que o previsto, o que leva a um aumento do risco na etapa final do prazo.

### 5.5.5. CONTINGÊNCIA NAS DURAÇÕES

A grande revolução implementada pela Corrente Crítica, CC, reside na mudança de mentalidade há muito estabelecida, onde o principal foco de atenção pelo gestor de projecto era a conclusão das actividades entre *milestones* no tempo previsto, passando a considerar que o centro de todas as atenções de um gestor de projecto deverá ser a data de conclusão e entrega do projecto! Isto inclui, claro, outras datas contratuais importantes, que não são mais do que datas de entrega também.

Na verdade, o mecanismo de cálculo introduzido pela CC, requer a eliminação das datas impostas de conclusão de actividades, deste modo elimina-se a ocorrência da Lei de Parkinson, e retira-se a ideia do tempo permitido para execução. Passando o foco a ser na conclusão da tarefa o mais cedo possível.

#### A - Incerteza conduz à contingência

Os projectos estão sujeitos a um elevado grau de incerteza, em especial os projectos de construção, desde o desconhecimento exacto de quem serão os intervenientes, até aos processos que serão utilizados, na generalidade dos casos, passando por muitos outros condicionalismos, tanto externos como internos, que serão abordados no Capítulo 6, de identificação do risco, bem como a inevitável Lei de Murphy.

Em consequência, a estimação poderá ter uma margem de segurança considerável embutida nas durações, a chamada contingência, que com o decorrer do projecto poderá vir a ser desperdiçada, devido a fenómenos como o Síndrome de Estudante, a Lei de Parkinson, e à dependência das actividades e estrutura da rede, anteriormente mencionados.

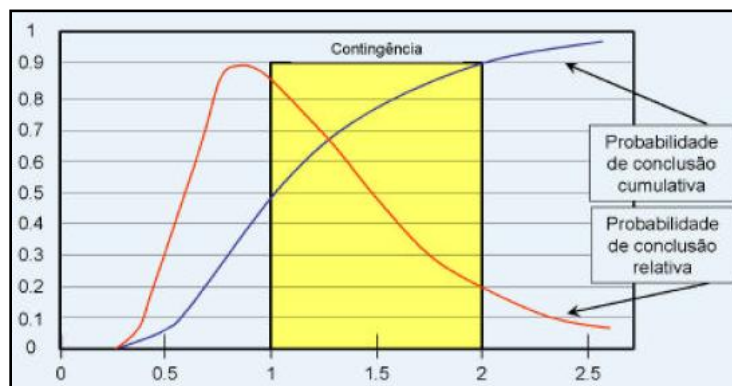


Figura 13 - Contingência na estimativa das durações.

Fonte: Leach (2000).

A multi-tarefa, poderá também influenciar as estimativas, visto que os recursos, ao terem consciência de estarem inseridos numa situação que acarreta algum risco, aplicam margens de segurança elevadas, muitas vezes com coeficientes de majoração de 2, segundo Leech (2000).

Todos esses factores, e presença de elevada incerteza, conduzem a durações “realistas” que na verdade contêm elevada segurança acima do que seria realmente necessário para a execução da tarefa proposta.

### **B - Efeito de cancelamento**

Caso seja incentivada a conclusão de actividades no melhor tempo possível, para eliminar o desperdício da segurança, as organizações poderão contar com um efeito de cancelamento ao longo do projecto, entre as actividades que se concluem antes da duração média, com as que terminam após o tempo médio. Na prática, se as actividades se iniciarem após a conclusão da anterior, independentemente da duração desta, verifica-se que a duração total do projecto será a soma dos tempos médios das actividades críticas. E não necessitávamos de qualquer margem de segurança, quer no projecto quer nas actividades.

Contudo, este cenário é algo irrealista, porque nem sempre as actividades conseguem iniciar-se mal a precedente termina, dando origem a algum desperdício de tempo. Pelo que é necessária sempre alguma protecção, mas esta será sempre menor do que se fosse aplicada individualmente às actividades.

### **C - Perda contínua da contingência**

Temos uma tarefa que foi estimada para execução em 5 dias, que inclui uma margem de segurança confortável, para fazer face aos riscos. Esta inicia-se na data prevista e completa-se mais cedo. A actividade que recebe sua saída estará pronta para executá-la imediatamente? Na generalidade dos casos o que se verifica é que a resposta é negativa, de acordo com o que defende Leach (2000).

Portanto, ao concluirmos esta tarefa, por exemplo, 1 dia antes do previsto, é bastante provável que não se inicie, a que lhe sucede antes da data prevista. Pode haver várias explicações para este fenómeno. Desde factores psicológicos, dado que só tínhamos que iniciar o trabalho daqui a 2 dias, porquê começar já? Ou até mesmo, por questões logísticas, e não estarmos preparados para iniciar os trabalhos por ausência de recursos.

Assim, facilmente se percebe que a segurança embutida nas actividades, na fase de estimação das durações, regra geral é perdida, à medida que se avança no calendário e conclui as actividades, e não se obtém qualquer vantagem relativamente ao prazo final, mesmo com a tarefa terminando antes. Isso é especialmente significativo em as tarefas do caminho crítico.

## D - Remover contingência das actividades

A abordagem do CCPM preconiza a retirada de segurança existente nas actividades, e o incorporar numa bolsa de segurança, também denominada por pulmão do projecto, que será introduzido no final da rede do projecto, de modo a proteger a sua data de conclusão, segundo Goldratt (1997).

Mas também o faz, ao longo da rede, na união entre os caminhos não críticos e o caminho crítico, como forma de protecção deste, da variabilidade existente nas actividades não críticas. São os denominados pulmões de contingência.

## 5.6. PROJECT BUFFER (PULMÃO DE PROJECTO)

Ao retirarmos a segurança embutida nas actividades, não podemos simplesmente esquecê-la, sob o risco de obtermos projectos impossíveis de executar, então o CCPM possui uma ferramenta de extrema utilidade, o *Project Buffer*. Nela é concentrada toda a segurança retirada das actividades, sendo na prática uma actividade fictícia, colocada no final do caminho crítico e dos não críticos, onde estes se unem ao primeiro, Goldratt (1997).

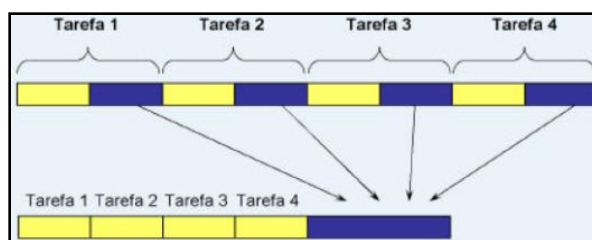


Figura 14 - Pulmão do Projecto.

Fonte: Leach (2000)

Outra das vantagens deste mecanismo, segundo Leach (2000), reside no facto de, matematicamente, o desvio padrão, ou seja, a incerteza de uma série de distribuições independentes ser igual à raiz quadrada da soma das variâncias, como ficou demonstrado no Capítulo 5.2.4, e este ser menor do que o somatório dos desvios padrões, para um número grande de actividades consideradas.

Os *buffers* de contingência são os pulmões que se inserem no final dos caminhos não críticos, quando esses se fundem ao caminho crítico, servem de protecção do projecto de todo o tipo de riscos, incluindo os riscos que derivam de termos actividades em paralelo, os riscos de integração. Ou seja, a característica probabilística de caminhos que se unem, é a principal causa da alteração do caminho crítico. Então, estes pulmões de contingência, servem para evitar que o caminho crítico seja alterado, durante a vida útil do projecto, face à exposição das actividades não críticas ao risco.

### 5.6.1. DIMENSIONAMENTO DOS PULMÕES

Na bibliografia sobre o tema existem diversas formas e métodos para cálculo da dimensão do pulmão, sendo que umas mais complexas consideram a estrutura da rede e conceitos probabilísticos,

enquanto outras mais expeditas, optam por conceitos mais básicos. Contudo, todas elas partilham um aspecto comum, foram confirmadas a sua validade empiricamente. Pelo que iremos apenas abordar os conceitos que, regra geral, reúnem maior consenso dentro do meio.

### **A - Regra dos 50% ou “Cut and Paste Method” (C&PM)**

O primeiro método para dimensionar o pulmão de um projecto, foi proposto por Goldratt (1997), em que preconizava a redução da duração de cada actividade em 50%, e que a dimensão do *buffer* seria metade da duração retirada ao caminho que lhe precede. O que na prática conduz a uma diminuição da duração total efectiva do projecto em 25%.

Para o efeito as actividades terão que ter uma duração determinística, podendo esta ser a média da estimativa dos 2 pontos, ou um valor atribuído como dimensão única. Por seu turno, McClelland (2003), entende que, pela Regra dos 50%, a dimensão do pulmão pode ser obtida de um modo simplificado, através da redução em 50% da segurança total do projecto.

### **B - Raiz da Soma dos Quadrados**

Considerando que todas as premissas necessárias para a verificação do TLC são válidas, para um projecto cuja duração é o somatório das médias das actividades, Leach (2000) propõe então que a dimensão do pulmão, necessária para proteger a corrente crítica, seria obtida pela raiz da soma dos quadrados da diferença entre a duração média e a duração de menor risco, ou seja:

$$\sigma = \sqrt{\sum(P_i - M_i)^2}$$

#### **Equação 5.10 - Dimensão máxima para o *buffer* de projecto.**

Onde  $P_i$  é a duração de menor risco e  $M_i$  é a duração média. Leach não explicita qual será a duração de menor risco, pelo que assumimos que esta será a duração pessimista obtida pela estimativa de 2 pontos, preconizada pela CCPM. A grande vantagem deste método é que permite ter em consideração a variação nas durações das actividades individualmente.

### **C - Regra do 50% Vs Raiz da Soma dos Quadrados**

Para redes longas, esta regra, conduz a pulmões de maiores dimensões do que a Raiz da Soma dos Quadrados (RSQ). Pelo que se considera perfeitamente adequada para um cálculo agilizado.

No entanto para redes mais pequenas, ou quando há diferenças extremas na variabilidade das actividades, as durações aproximam-se, atingindo o ponto de sobreposição quando existem 14 actividades, dependendo da co-variância das actividades, segundo McClelland (2003).

Mas nestas condições, estamos perante situações onde o efeito de cancelamento pode não se verificar, dada a reduzida dimensão do caminho crítico, pelo que quando a duração da Regra dos 50% for menor do que a da RSQ, o dimensionamento do pulmão do projecto deverá ser efectuado ponderadamente por parte do gestor.



Em projectos de construção, tratando-se de obras com grande quantidade de actividades, não se suscitam quaisquer dúvidas, e a Regra dos 50% é perfeitamente válida, fornecendo uma dimensão do *buffer* mais conservativa. E por seu turno a obtida por intermédio da RSQ será a dimensão mínima a considerar.

### D - Viés ou *Bias*<sup>3</sup>

Geekie e Steyn num artigo<sup>4</sup> publicado em 2008, demonstram que o melhor método para considerar os *bias* em projecto, ou seja, um risco com comportamento não estocástico, é possuímos um pulmão dimensionado através de uma média ponderada com as dimensões obtidas por ambos os métodos. Em que a parcela correspondente à média das durações seja fixa, consoante o risco inerente ao *bias*, uma vez que o consumo do pulmão não depende da média das actividades, apenas irá depender do desvio padrão destas.

Assim, segundo os mesmos autores, a parcela obtida pela Regra dos 50%, ou C&PM, servirá para proteger o projecto da *bias*, enquanto a outra parcela irá proteger o projecto da variabilidade puramente estocástica das actividades. Contudo, havendo sempre uma parte significativa da dimensão, que surge da sensibilidade do gestor aos riscos globais.

## 5.6.2. GESTÃO DOS CONSUMOS

Existem diversas formas para controlar os consumos dos pulmões, desde gráfico do *buffer*, em função do tempo, à relação entre o tempo consumido em função da percentagem de execução da cadeia crítica, até a análise do *buffer* necessário para o trabalho remanescente.

O primeiro método para controlar o consumo do *buffer* Figura 15 a), ao longo do projecto, era muito simples, onde apenas se dividia em três partes iguais, uma verde (zona OK), outra amarela (zona de planear) e uma vermelha (zona de agir), e quando o consumo atingisse uma destas zonas, agíamos de acordo com o descrito.

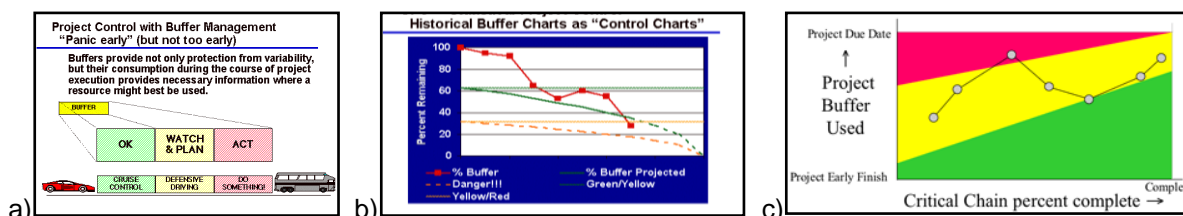


Figura 15 - Evolução cronológica dos mecanismos de monitorização.

Fonte: Patrick (2001).

<sup>3</sup> *Bias* ou *Viés*, é um termo estatístico que expressa erro sistemático ou tendencioso, que Leach considera haver nos projectos, que só provoca atraso e nunca adiantamentos de prazo.

<sup>4</sup> *Buffer Sizing for the Critical Chain Project Management Method*, Geekie, A.; Steyn, H; May 2008.

Entretanto, este não fornecia qualquer indicação relativamente à evolução do consumo, no tempo, pelo que não permitia ter uma sensibilidade apurada do desempenho do projecto, nem aferir tendências positivas ou negativas do consumo.

Assim, surgiram as evoluções seguintes, Figura 15 b) e c). Ambas consideram que à medida que o projecto avança, a quantidade de pulmão necessária para o proteger diminui, além de permitir aferir a já referida tendência de desempenho. Pelo que, a zona verde deverá aumentar com o tempo, e as amarelas e vermelhas diminuir. Então é feita uma comparação entre o consumo do *buffer* e a percentagem de conclusão do caminho precedente, e se apresentarem desfasamento nas suas evoluções, acabaríamos por entrar na zona amarela.

Mais recentemente, surgiram outras alterações ao gráfico da Figura 15 c). Onde é possível controlar múltiplos projectos, ou mais que um *buffer* do mesmo projecto, Figura 16 b), e como podemos ver na adaptação expressa no gráfico na Figura 16 a), onde as fronteiras entre as 3 zonas já não são lineares, contemplando assim as variações da quantidade de *buffer* necessária em cada período de controlo.

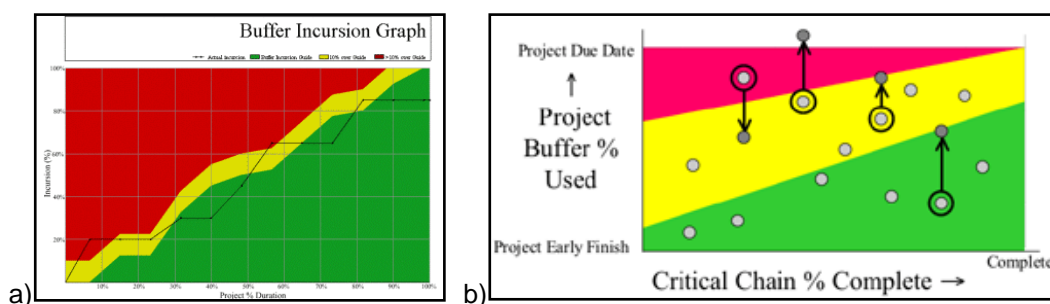


Figura 16 - Modelos de controlo dos pulmões, mais recentes.

Fonte: Patrick (2001).

Estes indicadores tornam claro o estado do projecto, e permitem aferir o seu desempenho num intervalo de tempo recente, sem grande dificuldade, ou necessidade de quantidades massivas de informação. Bastando para tal, apenas uma estimativa para a conclusão das actividades em curso e, para as actividades já concluídas, qual foi o consumo, ou provimento, de tempo para o *buffer* em análise.

Uma gestão pouco atenta e rigorosa, pode conduzir o projecto ao fracasso, porque é fundamental ter informação fidedigna e actual, para então podermos intervir e prevenir.

A qualquer momento do projecto, a disponibilidade de tempo no *buffer*, tem de ser superior à maior variação de tempo que uma actividade, do caminho a considerar, pode ter. Caso contrário, o projecto está em risco de sofrer uma alteração ao prazo final.

### 5.6.3. INSTRUMENTO DE CONTROLO DO RISCO

Uma vez desenvolvida a calendarização, e a contribuição dos *buffers* para a duração total do projecto, é possível aferir o potencial de risco do projecto, que sem esses mecanismos do CCPM, estaria disperso e escondido pelo projecto. No entanto, não estamos apenas a falar de uma bolsa de tempo estática, inserida numa rede. Uma monitorização atenta destes *buffers*, permite obter indícios de

eventuais problemas muito antes de eles realmente acontecerem, dispondo o gestor da oportunidade de intervir e planejar medidas de actuação sem estar inserido num ambiente de crise. Funciona como um sinal de alerta, que serão necessárias medidas de mitigação e controlo de riscos que possam afectar as actividades futuras, para que não ocorram desvios muito significativos no futuro.

O processo de estimação periódica das durações das actividades a decorrer, possibilitam a focalização nos riscos imediatos, bem como existe uma maior preocupação em otimizar o desempenho das actividades, dadas as durações agressivas que possuem. E para tal, a gestão dos riscos é a chave.

Assim, temos uma gestão eficaz de recursos, não sendo necessário despender muito esforço numa fase inicial do projecto, para controlar e reduzir os riscos, apenas serão alocados recursos com a antecedência suficiente e necessária.

## 5.7. RISCO ASSOCIADO À ESTRUTURA DA REDE

### 5.7.1. ACTIVIDADES EM SÉRIE

Tratando-se a estruturação de uma rede de um sequenciamento de actividades, dispostas em série, formando caminhos, e estes caminham em paralelo, unindo-se pontualmente, é fácil de entender que, o modo como iremos arranjar e dispor destes no tempo, irá influenciar tanto o prazo total do projecto calculado, como a própria probabilidade de este prazo ser atingido.

Dadas as relações de precedência existente entre tarefas, teremos que considerar a bem conhecida teoria da área das probabilidades, a denominada Probabilidade de Eventos Dependentes, que indica que a probabilidade de actividades dispostas em série, expressa-se matematicamente por  $P(A|B) = P(A \cap B)/P(B)$ . Na prática, indica que a probabilidade total para um caminho de eventos dependentes, é o produto da probabilidade de todos os eventos dependentes.

No caso da Figura 17, em que temos três tarefas em série, com relações Fim-Início, e onde cada uma tem uma probabilidade de 90% de ser terminada dentro do prazo. Então, qual é a probabilidade de cumprirmos o projecto antes do prazo final?

Devemos calcular a probabilidade de terminar a Tarefa-1  $P(1)=0,9$  e depois calcular a probabilidade de terminar a Tarefa-2,  $P(2)=0,9$ , bem como a da Tarefa-3  $P(3)=0,9$  isoladamente. Então, dada a sua dependência da Tarefa-1 e da Tarefa-2, teremos que  $P(1|2|3) = P(1) \times P(2) \times P(3) = 0,9 \times 0,9 \times 0,9 = 0,72$ . Com apenas três tarefas, cada uma com 90% de probabilidade de terminar, teremos apenas uma probabilidade de 72% de terminarmos o projecto dentro do prazo.

Onde o atraso do projecto,  $\Delta T$ , irá ser o somatório dos atrasos,  $T_i$ , das actividade  $i=1,2,3$ . E a duração total do projecto irá ser a duração prevista, adicionada deste  $\Delta T$ .



Figura 17 - Probabilidade de conclusão no prazo das tarefas 1, 2 e 3, em série.

## 5.7.2. ACTIVIDADES EM PARALELO

Considerando um cenário alternativo, Figura 18, onde as mesmas actividades se iriam realizar todas em paralelo, com as mesmas probabilidades de conclusão dentro do prazo do exemplo anterior, qual seria a probabilidade de conclusão do projecto dentro do prazo?

Sendo as tarefas 1, 2 e 3 independentes entre si, já não teremos probabilidades condicionadas, mas a conclusão do projecto, está dependente das três actividades terminarem. Assim, a probabilidade de conclusão será a mesma do exemplo com as actividades em série.

Só que o prazo de conclusão será distinto, nesse caso, irá ser igual ao da actividade cuja soma da duração,  $T_i$ , com a variação,  $\Delta T_i$ , for maior.

O que comparando os dois exemplos, temos que as probabilidades de conclusão dentro do prazo serão iguais, mas o impacto de um atraso que afecte todas as durações das 3 actividades, irá ser menor, se considerarmos as actividades em paralelo.

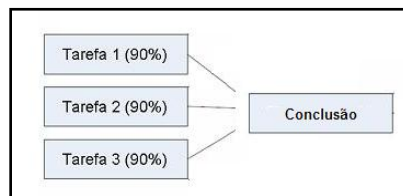


Figura 18 - Probabilidade de conclusão no prazo das tarefas 1, 2 e 3 em paralelo.

## 5.7.3. UNIÃO DE CAMINHOS EM PARALELO

Assim, dada a propagação probabilística do risco que se verifica, quando temos caminhos em paralelo, podemos afirmar que estes constituem um dos principais riscos de um projecto. Se não vejamos, um conjunto de actividades que possuam aproximadamente uma probabilidade de 85% de conclusão num tempo, bastariam 4 (quatro) destes caminhos unirem-se num curto período de tempo, para a probabilidade de início, dentro do prazo, da actividade sucessora atingir os 52,2%.

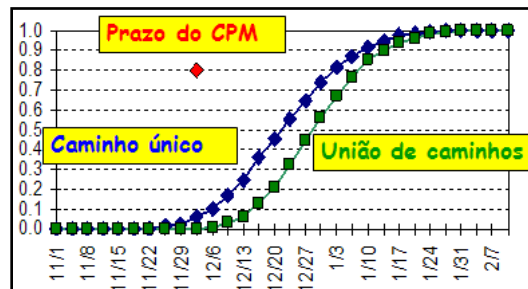


Gráfico 5.1 - Efeito na probabilidade da junção de caminhos.

Num projecto que contenha uma rede de grandes dimensões, com um número considerável de caminhos paralelos, que eventualmente irão unir-se ao crítico, pode ter consequências desastrosas, para a probabilidade de conclusão, tal como a curva S, representada no gráfico nos demonstra. No gráfico, está também indicado o prazo determinístico obtido pelo CPM com as durações mais prováveis.

#### 5.7.4. ESTRUTURA PLANA VS VERTICAL

Com estes pequenos exemplos, e extrapolando as considerações tecidas para caminhos em vez de tarefas, conseguimos demonstrar a influência que a estrutura da rede tem no risco de um projecto.

Portanto, conclui-se que ao alongar-se a rede, com actividades em série, estaremos a aumentar não só o prazo, como a incerteza do projecto, ou risco do projecto, dado que o desvio padrão irá ser a raiz soma do quadrado dos desvios padrões, das actividades que compõem o caminho em análise.

Em sentido inverso, ao tornarmos a rede mais plana, ou seja, com mais caminhos, mas em paralelo, estaremos a reduzir o prazo de conclusão, bem como a incerteza, ou risco associado ao projecto, dado o número de actividades presentes em cada caminho diminuir.

Contudo teremos sempre limitações para essa redução, impostas por questões físicas e burocráticas, e essencialmente pela disponibilidade de recursos. Correndo sempre o risco de entrarmos em cenários de multi-tarefa que poderão ser prejudiciais ao bom desempenho do projecto.

#### 5.7.5. CORRELAÇÃO ENTRE TAREFAS

Para uma melhor compreensão dos efeitos da dependência das tarefas nos atrasos, e como estes afectam o prazo final, podemos observar o seguinte exemplo. Um projecto foi calculado para durar 20 dias, mas ao concluímos a tarefa A cinco dias antes do previsto, a data de conclusão permaneceria intacta, ao passo que um atraso de cinco dias iria afectar o prazo final em 3 dias, alterando o caminho crítico.

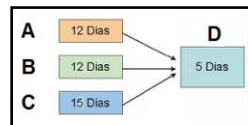


Figura 19 - Dependência de tarefas

Também existe alterações na probabilidade de conclusão de um projecto, quando existe uma correlação entre as durações das actividades. Ou seja, resulta que a primeira só se irá concluir quando a segunda acabar. Este efeito pode ser traduzido por uma relação fim-fim, ou *finish-to-finish*. O gráfico seguinte demonstra a influência que poderá ter no risco do projecto, em azul estão as actividades com correlação e a vermelho, quando estas são independentes entre si.

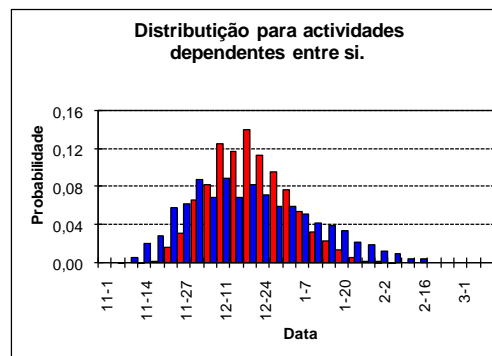


Gráfico 5.2 - Distribuição de probabilidades para actividades correlacionadas.

### **5.7.6. DESVANTAGENS DO INÍCIO MAIS CEDO POSSÍVEL**

Contrariamente ao senso comum, onde existe a ideia que, o quanto mais cedo iniciarmos uma tarefa, mais cedo acabamos o projecto, existem desvantagens ao iniciar uma actividade no seu tempo mais cedo, Leach (2000) defende esta ideia. Alguns dos efeitos negativos que podem daí advir são:

- A nível financeiro, termos custos elevados quando seria desnecessário, dado poderem ser executados tardiamente;
- Problemas a nível de logística e de armazenamento de stocks dada a concentração de actividades que poderá surgir;
- A perda de foco no que realmente é fulcral para o projecto e que se traduz em progresso efectivo. Dado que a maioria dos projectos consiste em caminhos executados em paralelo, qualquer trabalho iniciado mais cedo, terá que esperar até ao ponto de junção de caminhos, havendo o risco de ocorrência do efeito de Parkinson ou do Síndrome de Estudante.
- A possibilidade de efectuar trabalho que poderia ganhar com a aprendizagem noutros trabalhos em caminhos paralelos que serão executados posteriormente;
- Quando há a partilha de recursos, o início mais cedo conduzirá a um ambiente desnecessário de multi-tarefa;

Com isto, este não sugere que as actividades não críticas comecem o mais tarde possível, apenas que se iniciem o cedo o suficiente, para não afectar as actividades da cadeia crítica. Esse tempo de início, pela metodologia da CCPM, é garantido pelos pulmões de contingência colocados na união dos caminhos não críticos, com o caminho crítico.

Assim, com a redução da contingência nas actividades não críticas, e a colocação dos já referidos pulmões de contingência, Leach (2000) indica que deverá ser feito o planeamento, com estas actividades a começar o mais tarde possível.

Note-se que isso não implica uma data de início, das actividades não críticas, posterior à que teríamos com o CPM. Em alguns casos acontecerá precisamente o oposto nalgumas actividades.

## **5.8. ACTIVIDADES CRÍTICAS**

### **5.8.1. DEFINIÇÕES**

A actividade crítica, se atendermos a sua definição mais redutora, é geralmente considerada, como vimos inicialmente no Capítulo 5.2 do Grupo II, como uma actividade com folga livre e total igual a zero. No entanto, após todas as considerações, métodos e teorias explanadas ao longo desta dissertação, levou-nos a aprofundar esse conceito, e torná-lo mais abrangente.

Uma actividade terá de ser considerada crítica, mesmo não tendo folga total nula, num contexto de risco em projecto, cujas actividades não sejam determinísticas, qualquer actividade cuja variação (considerando a duração pessimista) seja superior à sua folga total, tem obrigatoriamente que ser identificada como actividade crítica. Uma vez que há a probabilidade de esta afectar o prazo final do projecto.

Já no método CCPM, consideram-se as actividades da corrente crítica (incluindo os recursos também como restrição) como as actividades críticas do projecto. Porque são essas que vão condicionar o alcançar do objectivo do projecto, ou seja, a entrega final.

### **5.8.2. ÍNDICE DE CRITICIDADE**

Com softwares informáticos de simulação de projecto, hoje em dia é possível efectuar processos iterativos, onde são atribuídas durações aleatórias, segundo uma distribuição probabilística num intervalo definido, e calculada a duração total, sem grande dificuldade. Pelo que conseguimos aferir o número de vezes que uma dada actividade, é inserida no caminho crítico.

Hullet (2000) definiu como índice de criticidade de uma actividade, a percentagem relativa ao número de vezes que esta fica inserida no caminho crítico em “n” iterações. Traduz-se então pela seguinte equação:

$$\text{Índice de Criticidade} = \frac{N^{\circ} \text{ de vezes que compõe o caminho crítica.}}{N^{\circ} \text{ de Interações}} \times 100$$

**Equação 5.11 - Índice de Criticidade.**

Assim, dependendo dos desvios padrões das diferentes actividades, não é difícil acontecer que uma actividade que constitua o caminho crítico, por métodos determinísticos, tenha um índice de criticidade menor que uma actividade “não crítica”, segundo o CPM, dado este não considerar a variação das durações.

### **5.8.3. DEFINIÇÃO GLOBAL**

Analisando as premissas anteriores, note-se que partilham um aspecto comum, as actividades críticas são aquelas que têm maior probabilidade de influenciar o objectivo final do projecto, ou seja, todas as que ao sofrerem uma alteração limite, irão alterar a duração total do projecto. Este, no nosso entender, será a melhor definição, num sentido lato, de actividade crítica de projecto.

Conclui-se então, que estas estão dependentes dos riscos, estrutura do projecto, das folgas e do processo de estimativa aplicado.

## **6. IDENTIFICAÇÃO DO RISCO**

### **6.1. ÁREAS DE RISCO UNIVERSAIS**

A primeira etapa a ser cumprida no processo de gestão do risco será a de identificação. Esta é a parte da gestão de projectos que tem o intuito de determinar os riscos que o podem afectar, para que se documentem as suas características visando a identificação do mesmo em outros processos, de acordo com o PMBOK (2004). Isso deve ocorrer antes do início de um projecto, pois um risco não pode ser gerido a menos que seja identificado primeiro. O propósito da identificação de riscos é demonstrar todos os riscos conhecidos e, através destes, criar bases para identificar novos, Hillson (2006).

A análise de risco é um tema relativamente recente e é, certamente, novidade para muitos gestores de projectos, onde se enquadra a área da construção. Sendo patente algum cepticismo no que concerne à sua verdadeira aplicabilidade prática, dada a especificidade do tema e carácter aleatório de muitas das suas variáveis.

Pelo que, reconhecendo esta realidade, o International Council on Systems Engineering, ou INCOSE, através de seu Risk Management Working Group, ou RMWG, e o Project Management Institute, ou PMI, através de seu Risk Management Interest Group, ou RiskSIG, desenvolveram o Universal Risk Project, cujo relatório final apresenta uma lista de “Áreas de Risco Universais”, as quais, segundo este relatório estariam presentes em todos os projectos independentemente de sua natureza e objectivo (Hall, 2002).

Esta lista de áreas de risco pretende unicamente servir de guia ao processo de identificação de riscos, em suporte ao trabalho da equipa de gestão de riscos, e não ser uma mera listagem de riscos. São então definidas 3 (três) grandes áreas de risco, as quais iremos identificar e analisar no subcapítulo seguinte. Neste mesmo relatório são apresentados dois casos práticos da aplicação da lista de áreas de risco, pelo que torna-se uma referência indispensável sobre o tema.

#### **6.1.1. GRUPO DE GESTÃO**

Este é um grupo de riscos que visa caracterizar a organização que controla, ou gere, o projecto, e como estes aspectos poderão influenciar o seu desempenho. Em suma, procuram identificar quais os riscos que poderão advir de determinada característica ou processo intrínsecos à empresa, como por exemplo burocracia existente nos processos internos, entre outros.

##### **A. Área da gestão dos riscos corporativos**

Esta área visa aferir o funcionamento interno da gestão de topo e da organização, dada a sua história, experiência e cultura, por exemplo se exigem rigor na gestão de projectos, se disponibilizam recursos para a gestão do risco, se são adversos a más notícias.



Também a estabilidade organizacional, é essencial saber se há mudanças constantes, o que implica alterações de objectivos e prioridades, e dificuldade na continuidade dos projectos.

Os processos e metodologias da organização são um dos itens abordados. Se há compromisso com a gestão da qualidade nos processos, e se os projectos escolhidos são realistas nos objectivos definidos, ou seja, na relação âmbito/preço/tempo.

Por último, os aspectos financeiros, ou seja, a liquidez da organização, é essencial para um bom desempenho, a facilidade de obtenção de crédito, relação com os fornecedores a nível de pagamentos e de prazos estipulados, bem como a força financeira da empresa podem acelerar ou atrasar as actividades.

### **B. Área da gestão dos riscos de Clientes e stakeholders**

A história é importante, na medida que a realização de projectos semelhantes, irá facilitar o processo de identificação de possíveis riscos, bem como a experiência das partes envolvidas será fundamental para evitar desvios em relação ao planeado, visto aumentar o desempenho.

A cultura, aqui define como a organização reage a aspectos negativos do projecto, e se há uma abertura na distribuição de informação detalhada entre as partes interessadas, subempreiteiros, fornecedores, trabalhadores e gestão, de todos os progressos e problemas que surjam ao longo do projecto.

A relação com o cliente, ou seja, se é este que dita as condições e a proposta do empreiteiro em relação ao empreendimento, sem este aferir a realidade da proposta, pode originar problemas gravíssimos e por em causa todo o projecto. Bem como o tipo de contrato, que deverá ser o mais indicado perante o risco inerente ao projecto e às suas particularidades.

A correcta e clara definição dos requisitos e objectivos e a sua estabilidade, é outro dos itens que este relatório define. É essencial uma boa comunicação destes, ter uma boa rastreabilidade que possibilite uma constante actualização e evite ter informação obsoleta e incorrecta.

## **6.1.2. GRUPO DE FACTORES EXTERNOS**

Neste grupo o relatório procura identificar alguns dos riscos externos ao projecto que poderão desencadear um gatilho, ou “trigger”, originando a ocorrência de um evento futuro, ou seja, risco.

Como facilmente se percebe, seria inconcebível, de tão extensa que se tornaria, efectuar uma listagem detalhada, assim apontam-se algumas áreas principais, e alguns dos seus subitens.

### **A. Áreas de Riscos Naturais:**

- Ambiente físico – condições sísmicas, condições meteorológicas, mudanças climáticas, tipo de solo, níveis freáticos, topografia, entre outros;
- Serviços locais – electricidade, água, gás, alimentação, segurança pública, etc.;

- População – números, etnias, disposição, estabilidade, hábitos, cultura;
- Instalações – quantidade, os tipos existentes, calendários de funcionamento, requisitos;
- Complexidade de Transporte – abrangência, segurança, acessos e tipos de transportes;

**B. Áreas de Riscos Culturais:**

- Política – estabilidade política, disposição, orientação ideológica, incentivos e apoios;
- Legal/Regulamentar – requisitos legais, burocracia, leis em vigor, impostos;
- Grupos de Interesses – dependem da empresa, do projecto e área específica que está inserido, os denominados “*lobbies*”;

**C. Áreas de Riscos Económicos:**

- Mercado de trabalho – tensão do mercado de trabalho, desemprego, formação da população, se há certa mão-de-obra especializada disponível;
- Mercado financeiro – custo do dinheiro, taxas de câmbio actuais e estabilidade, taxas de juros;
- Condições de trabalho – tipo de mão-de-obra requerida, experiência no tipo de trabalho e a relação entre trabalhadores;

### **6.1.3. GRUPO DE FACTORES TECNOLÓGICOS**

Aqui inserem-se um grupo de riscos que são inerentes à tecnologia de construção adoptada para a execução do projecto, processo ou actividade específica. Assim, englobamos nesse campo, a aplicação e adequabilidade da tecnologia, ou seja, se é ou não a mais indicada para a tarefa em causa, se os rendimentos que possibilitam são compatíveis com os rendimentos previstos, ou se é de operacionalidade mais complexa do que o esperado. O que pode tornar um correcto planeamento sem desvios significativos, numa tarefa complicada.

Levantam-se ao gestor três questões essenciais, relativamente à tecnologia a usar. Que visam ser respondidas por uma análise efectuada com base nas três áreas de risco tecnológicos.

**A. Áreas de Riscos nos requisitos tecnológicos:**

*“Tenho conhecimento suficientemente aprofundado das especificidades do projecto que me permitam escolher as tecnologias de construção mais adequadas? A empresa possui técnicos especialistas?”*

- Incerteza no âmbito – conhecimento detalhado do âmbito, a probabilidade de alteração do âmbito totalmente ou parcialmente, se o processo de controlo destas alterações é o mais adequado;
- Condições de utilização – se estão fora do campo de aplicabilidade da tecnologia, se esta terá de ser adaptada ao uso previsto, se os custos e durações estimadas estão dentro das capacidades desta ou não, ou se os constrangimentos do projecto consideravam o seu uso;

- Complexidade – se a operação ou actividade é muito complexa, se há experiência em actividades semelhantes, se a tecnologia é de simples utilização e adaptação, e se a análise dos requisitos específicos do processo é de simples execução;

#### **B. Áreas de Riscos da adequabilidade da tecnologia:**

*“Sei qual a tecnologia de construção mais adequada para executar essa tarefa?”*

- Maturidade – se é ou não uma tecnologia recente, se está bem testada e o seu campo de aplicação bem explorado, se a empresa possui técnicos com formação específica;
- Limites – se os limites da tecnologia são conhecidos, se neste projecto estamos próximos dos limites máximos de aplicação, e se estes estão considerados;

#### **C. Áreas de Riscos da aplicação da tecnologia:**

*“Conseguimos aplicar esta tecnologia correctamente na actividade em questão?”*

- Experiência organizacional – a empresa já executou projectos semelhantes antes, ou não, e com sucesso;
- Experiência e formação pessoal – se possuímos na empresa técnicos especializados, com formação adequada e experiência neste tipo de tecnologia de construção, se têm capacidade analítica e crítica;
- Recursos físicos – os equipamentos e instalações da empresa são ou não suficientes para realizar a actividade dentro dos custos, prazo e rendimentos estimados;

## **6.2. RISCO DESCONHECIDO**

O risco de projecto tem a sua origem na incerteza que pautam todos os projectos, portanto apenas os riscos que são conhecidos por parte do gestor, que já foram identificados ou analisados em situações anteriores, são os que poderão ser alvos de um planeamento adequado para mitigação e controlo dos seus possíveis impactos, ou redução da sua probabilidade de ocorrência.

Contudo existe um outro grupo de riscos que não poderemos negligenciar, os riscos desconhecidos. Não sendo possível identificá-los, analisá-los e planear, estes não podem ser geridos proactivamente, com uma resposta específica, mas terão que ser considerados de algum modo. O mais indicado será criar um procedimento de resposta ao risco genérico, por intermédio de um plano de contingência na eventualidade de um acontecimento imprevisível.

Este mesmo raciocínio poderá ser aplicado em situações onde não será possível proceder proactivamente, ou até mesmo não ser justificável economicamente, face a riscos conhecidos.

### 6.3. ALTERAÇÕES AO ÂMBITO: UM RISCO NEGLIGENCIADO

Não são pouco frequentes as vezes que se dão alterações aos desenhos, por parte ou do arquitecto, ou do projectista, ou até mesmo por exigência do Dono de Obra. Certamente que este será um argumento para prorrogação do prazo contratual (alocação do risco!), mas nem sempre isto se verifica plausível. Portanto quando não podemos alocar o risco, há que aceitá-lo, mas se não tínhamos previsto trabalhos a mais no planeamento, muito dificilmente conseguiremos cumprir o prazo. Assim, caso tenhamos um pulmão de projecto, será possível fazer uma permuta, retirando tempo a este, para compensar a alteração à rede efectuada.

Este risco enquadra-se perfeitamente no conceito de *bias*, já referido, e que será melhor definido no Capítulo 6.5, sendo que poderá ser considerado no dimensionamento do pulmão, já que é um risco efectivo num projecto de construção.

### 6.4. RBS – RISK BREAKDOWN STRUCTURE

Segundo Hillson (2002), conseguir um método que pudesse ajudar, não apenas a identificar, mas também a organizar a grande quantidade de dados sobre os riscos do projecto, de modo a facilitar a compreensão das suas origens e relações com outros riscos, tal como possíveis focos de concentração ao longo do projecto, seria uma grande mais-valia, inclusive em apoio aos outros processos de gestão de riscos.

Com este objectivo em mente, foi desenvolvido o método denominado por *Risk Breakdown Structure*, ou RBS. Este método complementa-se com os pontos anteriores, pois a partir das áreas universais de risco, permite-nos criar uma estrutura de riscos específica de um só projecto ou, a estrutura de riscos comum a uma série de projectos semelhantes que estejam sendo realizados por uma organização. Desta forma, a reutilização da RBS em outros projectos semelhantes é facilitada e incentivada, Hillson (2002). O princípio de funcionamento desta ferramenta é em tudo semelhante ao do WBS, já referido no Capítulo 1.2

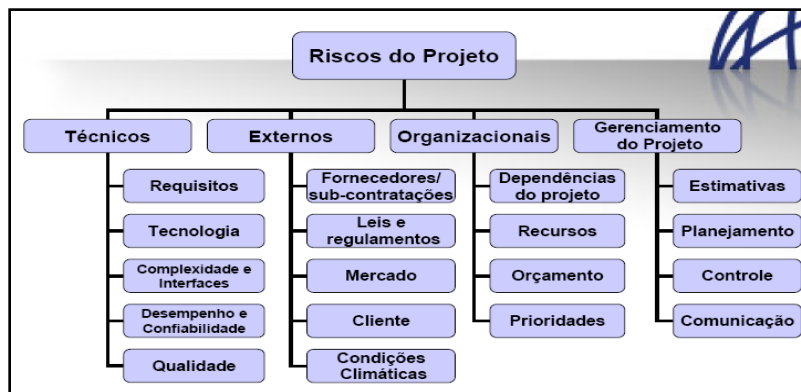


Figura 20 - Exemplo de uma RBS genérica.

Fonte: PMI (2006)

## 6.5. O EFEITO *BIAS*

Leach (2000) define *Bias* como sendo todos os riscos que existentes num projecto que podem afectar o prazo negativamente e nunca se irão traduzir em reduções de prazo. Ou seja, estes não podem ser traduzidos directamente pela variação probabilística das actividades.

Podemos considerar então que todos os riscos que afectam o projecto, como um todo, são *bias*. Assim, riscos relacionados com a estrutura da rede do projecto, como caminhos em paralelo, a correlação entre actividades, entre outros, referidos no Capítulo 5.7, bem como os trabalhos a mais, ou os erros de projecto, são recorrentes em projectos de construção.

No fundo, inclui-se neste tipo de riscos, os que não influenciam directamente a duração das actividades, mas sim o seu início, e assim, a duração total do projecto.

Como comparação grosseira com a área orçamental da construção, os *bias* são os custos indirectos, e os riscos ditos normais, são os custos directos, de um projecto. E tal como os custos indirectos, estes devem ser introduzidos em projecto, ou por intermédio de um coeficiente de majoração aplicado às durações das actividades, ou no caso de ser utilizado um pulmão, aplicar o coeficiente a este.

## 7. ANÁLISE QUALITATIVA DO RISCO

Um conceito muito interessante para um gestor ter em mente aquando o exercício da sua função, é o Princípio de Pareto, também conhecido como princípio do 80/20, o qual afirma que existe um forte desequilíbrio entre causas e efeitos, esforços e resultados e acções e objectivos. Implicando que um pequeno número de causas, próxima dos 20%, é responsável pela larga maioria dos problemas que ocorrem, cerca de 80% do total do projecto, segundo Battisti (2002). É precisamente aí, que reside, a principal função da análise de risco qualitativa.

Daí a importância do estabelecer de uma prioridade entre os riscos já identificados. A análise do risco envolve a conversão dos dados num formulário que facilite a tomada de decisões ao gestor, onde se assegura que os membros da equipe de gestão se concentrem primeiramente nos riscos mais importantes do projecto, resultando numa optimização dos recursos.

Um método eficaz para estabelecermos uma prioridade de acção, entre os riscos já identificados, será através do recurso a um atributo chamado Magnitude do Risco, conceito este já abordado neste trabalho no capítulo 2.3.5 do Grupo II, o que não é mais que uma combinação da probabilidade de ocorrência e do impacto do risco, caso aconteça.

Sendo o processo de análise de risco, um processo iterativo, e contínuo ao longo do projecto, cada iteração efectuada irá nos fornecer, a possibilidade para uma melhor compreensão de todas as áreas de risco, desde as necessidades dos “*stakeholders*”, às capacidades da equipa, bem como as tecnologias que temos em mãos, e todos os condicionalismos externos.

É essencial captarmos, quantificarmos e estabelecermos os riscos à medida que forem sendo identificados. Os riscos de alta magnitude são tratados primeiramente, melhorando assim as possibilidades de sucesso do projecto e minimizando a incerteza. E os de baixa magnitude poderão ser desconsiderados num contexto de gestão, de modo a reduzir os recursos necessários e despendidos efectivamente.

## **8. ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO**

### **8.1. MÉTODOS DE ANÁLISE**

Para a tomada consciente de decisões os gestores devem concentrar-se na avaliação global do projecto, mas deparam-se também com a necessidade de avaliar os riscos aos quais o empreendimento está exposto, e como podem afectar os retornos e o planeamento inicial. Neste contexto, e após termos identificado e qualificado os riscos existentes, torna fundamental poder quantificar o comportamento do empreendimento, face às diversas condicionantes e alternativas existentes, bem como o efeito das medidas de mitigação do risco.

Têm então surgido e sido desenvolvidos diversos métodos para quantificar o risco, com especial destaque para as Simulações de Monte Carlo e o Método PERT, para projectos de maior dimensão, que é o caso da construção. Seguindo o preconizado pelo PMBOK (2004), a análise quantitativa de riscos e as técnicas de modelação, podem ser divididas em quatro tipos, sendo eles, a Análise de Sensibilidade, a Análise do Valor Monetário Esperado, a Análise de Árvore de Decisão e as Simulações. Iremos abordar ao de leve os três primeiros, detalhando as simulações.

### **8.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE**

A análise de sensibilidade avalia o impacto da alteração de uma variável nos resultados do projecto, sendo a forma mais simples de análise de risco, segundo Wideman (1992). Na prática, esta análise deve ser feita para as variáveis que representam maior impacto nos custos, prazos ou outros resultados do projecto, ou seja, aquelas às quais o projecto é mais sensível.

Esta ferramenta permite uma análise mais realista do projecto, evidenciando os intervalos de valores que as variáveis podem assumir e mostrando a importância relativa de cada uma. Mas por outro lado, esta análise não incorpora a probabilidade de ocorrência de cada valor dentro do intervalo e, em geral, cada variável é analisada de forma individual, dificultando a correcta aferição das consequências das relações de interdependência. Dessa forma, é uma técnica indicada para projectos simples, com poucas alternativas de implementação e poucos factores de risco não relacionados. O que, facilmente se percebe, não é de todo o caso de projectos de construção.

### 8.3. ANÁLISE DO VALOR MONETÁRIO ESPERADO

A análise do Valor Monetário Esperado (VME), ou Earned Monetary Value, é um conceito estatístico que calcula o resultado médio, quando no futuro existem cenários que podem ou não acontecer, como por exemplo em condições de incerteza. A VME das oportunidades será normalmente expressa em valores positivos, enquanto a dos riscos será expressa em valores negativos. A VME é então calculada multiplicando o valor de cada resultado possível pela sua probabilidade de ocorrência e adicionando-os.

Uma utilização muito comum, da VME, é por intermédio da sua integração no método de análise da árvore de decisão. Pelo que, esta última técnica é de todo mais recomendável de se aplicar em modelações e simulações para a análise de risco de custo e/ou de prazos, em projectos mais complexos, pois é mais poderosa e menos sujeita a um uso inadequado do que a análise do valor monetário esperado.

### 8.4. ANÁLISE DA ÁRVORE DE DECISÃO

Em geral, a análise da árvore de decisão é estruturada usando um diagrama em árvore, o qual descreve a situação que está a ser considerada e as implicações que advêm de cada uma das escolhas disponíveis e dos cenários possíveis. Assim, é incorporado o custo de cada escolha, bem como as probabilidades de cada cenário ocorrer, e qual o retorno ou consequência de cada um dos caminhos lógicos alternativos. A resolução da árvore de decisão fornece a VME (ou outra medida de interesse da organização) para cada alternativa, quando todas as premissas e decisões subsequentes estiverem quantificadas;

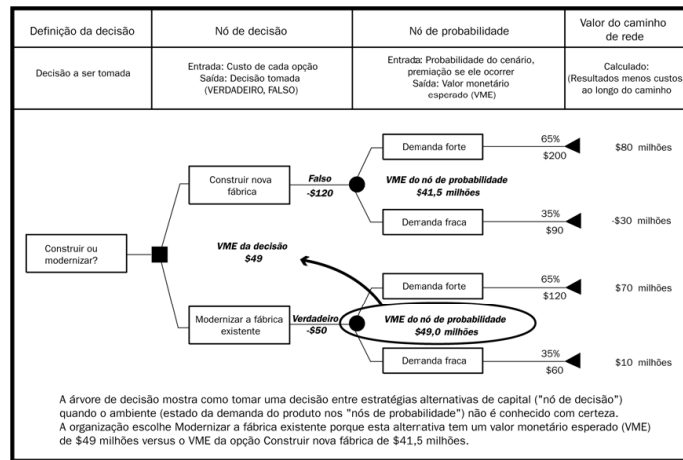


Figura 21 - Diagrama de uma árvore de decisão.

Fonte: PMBOK (2004).

### 8.5. SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO

Numa simulação, o modelo é calculado inúmeras vezes, ou seja, é iterado  $n$  vezes, sendo os valores das entradas para cada actividade obtidos aleatoriamente a partir de uma função de distribuição, o que

se repete para cada iteração, sendo calculado por exemplo, o custo total ou data de conclusão do projecto.

De acordo com Heldman (2003), a análise de Monte Carlo é uma técnica de simulação que ajuda a quantificar os riscos associados ao projecto como um todo, ou seja, os riscos identificados e os seus possíveis impactos, sobre os objectivos do projecto, são examinados tendo em conta as relações de dependência e de precedência entre as diferentes actividades. Sendo por isso considerado como uma extrapolação da lógica da análise por cenários, mas onde o analista em vez de estimar os cenários arbitra o comportamento estocástico das variáveis a considerar.

Segundo Evans & Olsson (2002), existem dois tipos de modelos, os determinísticos e os probabilísticos, sendo que este insere-se no último tipo. Assim, os dados não são nem conhecidos, nem de valores fixos, tal como acontece nos determinísticos, sendo as suas variáveis de entrada arbitradas de acordo com a distribuição probabilística contínua que melhor represente o seu comportamento.

Note-se que este modelo é apenas descritivo, ele não fornece a solução óptima, ao contrário de modelos de programação linear, ele apenas fornece informação com base nos pressupostos arbitrados, que nos permitem compreender como as actividades se relacionam, qual o desempenho da nossa calendarização e quais as implicações de determinado cenário possíveis, Evans & Olsson (2002). Assim, é de grande utilidade como ferramenta para aferir a eficácia de medidas para a mitigação do risco que possamos ou não tomar.



# III - Metodologia

---

## 1. METODOLOGIA

Esta metodologia, que propomos, procura ter uma aplicabilidade efectiva na indústria da construção, e servir de base para a implementação de um Sistema de Gestão de Risco, tendo sempre em consideração as particularidades da realidade empresarial e profissional vigente em Portugal.

Para tal, baseamo-nos nas diferentes metodologias genéricas existentes, os seus conceitos, com recurso a algumas ferramentas, teorias e conceitos conhecidos, e aproveitando as suas principais vantagens de modo a adaptá-las e integrá-las numa metodologia específica, que conseguisse responder da melhor forma ao objectivo principal do nosso estudo.

Esta metodologia, irá ser desenvolvida sob a forma de processos sequenciais com objectivos definidos, seguindo o princípio de *input-output* de informação e modelos, ou fichas, elaboradas especificamente para o efeito.

### A - Pressupostos da Metodologia

Esta será constituída por diversos processos sequências, que pressupõe sempre alguma iterabilidade. Deverá ser integrada nos processos de gestão de produção e planeamento da empresa onde irá ser implementada, visto ser apenas um complemento à gestão de projecto existente, e não ter por objectivo um âmbito de actuação tão vasto.

Pressupõe que, parte do processo de planeamento já esteja cumprida, mais concretamente, a identificação, definição e codificação (preferencialmente com base na WBS), de todas as actividades do projecto, e que um primeiro esboço de calendarização já se encontre efectuado.

De certa forma, esta metodologia poderá ser uma base de implementação e criação de um sistema de gestão de risco para uma empresa de construção.

### B - O Gestor do Risco

Introduzimos na nossa metodologia uma nova figura, a do Gestor do Risco, que não implica de todo, a obrigação da instituição de mais uma entidade específica, cujos encargos serão imputados à obra. Apenas denomina a pessoa que será responsável pelo processo que está a ser descrito. Podendo este ser o Director da Obra, o Planeador ou alguém contratado para o efeito, dependendo da estruturação da própria construtora, dimensão do empreendimento ou exigências do cliente.

## **1.1. BASE DE RISCOS DA EMPRESA**

Este processo, procura de alguma forma simplificar e otimizar o processo de Identificação do Risco do Projecto, assim, o acto de criação da lista de riscos apenas existirá na fase de implementação da metodologia, contudo no decorrer e no final de cada obra, esta deverá ser actualizada com riscos identificados, e que tenham surgido pela primeira vez.

Assim, evita-se a repetição de trabalho, e também, que algum risco possa passar despercebido ao Gestor do Risco, no processo de identificação, ao mesmo tempo que eventualmente poderá chamar a sua atenção a riscos que não iria considerar.

### **A - Criação da Base de Riscos**

O responsável pela Gestão de Risco da empresa deverá, com base nas áreas de risco universais, descritas no capítulo 6 do Grupo II deste trabalho e todos os outros riscos específicos abordados, desenvolver uma primeira versão da Base de Riscos, preenchendo o modelo 01 de Gestão do Risco, “**mod\_GR01 - Base de Risco**”, presente no Anexo 02, com auxílio de uma RBS, Capítulo 6.4. Organizando os riscos por áreas e, dentro destas, alfabeticamente, garante-se um melhor acesso aos dados, para facilitar o seu uso e manutenção, com recurso a filtros.

Esta tarefa, dada a sua importância e complexidade, é de todo aconselhável não ser executada individualmente, mas sim por intermédio de reuniões individuais ou em grupo, com funcionários com experiência em várias áreas e departamentos distintos, e também com alguns anos de casa, para um bom conhecimento do funcionamento interno da empresa.

### **B - Actualização da Base de Riscos**

A actualização desta base, deverá ser algo contínuo, sendo que deverá partir da equipa técnica da obra, a indicação de novos risco identificados, principalmente os que possuam uma relação directa com os trabalhos desenvolvidos, ou outros originados por factores externos, optimizando a lista.

A periodicidade adoptada deverá ser, no mínimo, uma vez por empreendimento, no fecho deste. Mas tendo em conta as dificuldades e volume de trabalho presentes no final de uma obra, o ideal é à medida que forem sendo identificados os novos riscos, estes serem logo introduzidos na Base.

### **C - Revisão anual da Base de Riscos**

Dadas a alterações que se verificam, quer a nível de procedimentos e estrutura da empresa, ou de alterações legislativas, bem como novos processos construtivos que surjam e tornem certos riscos obsoletos, o responsável pelo Sistema de Gestão de Risco da empresa, deve efectuar uma revisão da Base de Risco, pelo menos uma vez por ano, para eliminar os riscos que já não existem, aferindo a veracidade da informação introduzida por outros intervenientes, e incluir novos riscos que possam ter surgido de causas externas ao ambiente da obra.

A principal diferença entre esta revisão e a actualização, reside no responsável, e essencialmente na possibilidade da eliminação de riscos, que não deverá ser feita por qualquer pessoa, sob o risco de se perder o controlo e fidelidade da Base.

#### **D - Risco Positivos e Negativos**

Apesar de a maior parte das metodologias, considerarem genericamente o risco como algo com impacto negativo, esta metodologia preconiza a identificação dos dois tipos de riscos, que futuramente ficarão ao critério do gestor como utilizá-los.

## **1.2. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADO À OBRA**

Note-se que a partir deste processo, todos os seguintes da metodologia passam a ser exclusivos à obra, ou empreendimento. Sendo que o de identificação tem como entrada, a Base de Riscos da empresa, que será utilizado como uma “Checklist” de riscos, indicando os que irão ser considerados para a obra ou não, através do preenchimento da última coluna do modelo “**mod\_GR01 - Base de Risco**”, anexo 02.

Deverá o Gestor do Risco, analisar cuidadosamente o projecto, a envolvente da obra, a localização, e identificar, quais os riscos que irá considerar para a sua obra e, caso detecte mais algum, que não conste na Base, deverão identificá-los, e actualizar esta última.

O modelo “**mod\_GR02 – Lista de Riscos da Obra**”, presente no Anexo 03, servirá para especificar quais os riscos que estão a considerados para a obra, e serão alvo de futura análise.

Poderá o gestor, sendo possuidor de alguma experiência, não considerar alguns riscos que, mesmo estando presentes em obra, irão ter uma significância praticamente nula, mas contudo, haverá sempre a possibilidade de estarmos a excluir um risco que terá um impacto significativo, pelo que não será o procedimento mais indicado a utilizadores pouco experientes.

Para cada um dos riscos constantes na Lista, deverão ser preenchidos neste processo, os seguintes campos do modelo:

- Consequências possíveis na obra;
- Tipo de actividades que impactam, ou se são *bias*<sup>5</sup>;
- Se é um risco Positivo ou Negativo.

## **1.3. ESTIMATIVA DAS DURAÇÕES**

Para estimar as durações, esta metodologia preconiza o recurso ao método da Estimativa dos 3 Pontos, Capítulo 4.4 do Grupo II, onde iremos atribuir para todas as actividades, já anteriormente definidas, três estimativas para a sua duração, sendo estas definidas como:

---

<sup>5</sup> Ver Capítulo 6.5 do Grupo II para definição do termo.

- $O_i$ , que será a duração optimistas, admitindo que tudo irá correr sem qualquer percalço, atingindo os melhores rendimentos possíveis para a actividade  $i$ ;
- $E_i$ , que será a duração que achamos ser mais provável de acontecer, ou seja, a duração esperada, a que se pensa que irá ocorrer em mais de metade das vezes que, a actividade  $i$ , for executada;
- $P_i$ , que será a duração, da actividade  $i$ , admitindo um cenário pessimista, a que irá ocorrer caso surjam alguns imprevistos;

Esse aspecto é fulcral em todo o processo de análise de risco, é necessário sermos coerentes, e não inflacionarmos as durações, aplicando uma segurança exagerada, e para que todo o processo de análise de risco não se traduza em resultados perfeitamente inúteis, e não seja mais do que uma desnecessária ocupação de recursos. Para obtenção dos valores, é de todo aconselhável recorrer a um especialista, alguém com experiência, na actividade a considerar.

## **1.4. IDENTIFICAÇÃO DAS ACTIVIDADES CRÍTICAS**

Esta metodologia adoptou como conceito para a definição de actividades críticas, o do Índice de Criticidade, Capítulo 5.8.2 do Grupo II. Dada a dificuldade de estimar sem recurso a métodos de cálculo iterativos, vamos recorrer ao método das Simulações de Monte Carlo para o processo.

Assim, ao inserir o planeamento efectuado, com as durações estimadas no processo anterior, admite-se todas as actividades com funções de distribuição do tipo Beta, e é possível por intermédio do auxílio de softwares, obter tanto o referido Índice de Criticidade, bem como qual a composição do caminho crítico mais provável.

Todas as actividades, que tenham probabilidade de pertencer ao caminho crítico, ou seja, cujo **Índice de Criticidade**  $> 0\%$ , serão então as que iremos considerar nos próximos processos, como “Actividades Críticas”.

## **1.5. ANÁLISE QUALITATIVA**

Este processo procura de alguma forma aferir quais os riscos que terão importância para o desenvolvimento da obra. De entre todos os riscos identificados, alguns não justificam qualquer preocupação por parte da equipa técnica da obra, assim o Gestor do Risco, através dos conceitos de Magnitude, Impacto e Probabilidade, abordado no Capítulo 2.3 do Grupo II, conseguirá discriminar os riscos que serão significativos, para posteriormente definir uma estratégia de acção face a estes apenas.

### **1.5.1. PROBABILIDADE DO RISCO**

Todos os riscos identificados irão ser avaliados em dois campos distintos, no da probabilidade de ocorrência e no seu grau de impacto. A probabilidade pode ser obtida por recurso a dados históricos em projectos semelhantes, ou se tal não for possível, com recurso a especialistas. Contudo dada a

dificuldade, e a quantidade de riscos afectos a projectos de construção, para simplificação de processos, podemos estimar probabilidades a partir da Tabela 4, onde atribuímos um valor para a probabilidade, de acordo com a frequência, com que o risco ocorre, em projectos de construção.

É fundamental não esquecer que todas estas considerações têm que ser feitas para a obra específica. Porque o mesmo risco poderá ter probabilidades distintas em condições distintas, por exemplo, se a obra se realizar em localidades distintas ou em estações do ano distintos.

**Tabela 4 - Tabela de quantificação da Probabilidades do Risco, pela frequência.**

<b>Frequência de Ocorrência em obras</b>	<b>Valor de Probabilidade</b>
Ocorre Com Muita Frequência	0.9
É Frequente Ocorrer	0.7
É Possível Ocorrer	0.5
É Pouco Frequente Ocorrer	0.3
É Raro Ocorrer	0.1

### **1.5.2. IMPACTO DO RISCO**

O impacto do risco, caso ocorra, como estamos no campo de incerteza em durações, irá se traduzir em consequências maiores ou menores num projecto, ou obra, em função do número de actividades que este afectar, e também em função da duração de cada uma destas. Sendo que, caso se verifique que alguma seja crítica, o impacto no prazo final da obra será ainda maior.

Então, este parâmetro é quantificado, atribuindo-se um ponto por cada actividade que este risco afectar e, por cada uma destas que pertença ao caminho crítico do projecto, atribui-se dois pontos extra.

Sendo que o número total de actividades não é constante de obra para obra, é conveniente que o valor do impacto deverá ser traduzido sob a forma de um índice, o Índice de Impacto. Que será a razão deste somatório, com o número total de actividades do projecto, em percentagem, para possibilitar o uniformizar dos intervalos de impacto, para a metodologia. Pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\text{Índice de Impacto } i \text{ (\%)} = \frac{(\sum n^{\circ} \text{ Actividades } i) + 2 \times (\sum n^{\circ} \text{ Actividades Críticas } i)}{\sum n^{\circ} \text{ Total de Actividades do Projecto}} \times 100$$

**Equação 1.1 - Expressão para o cálculo do índice de Impacto.**

Para qualificar o valor do índice em relação ao impacto que terá na obra, ou vice-versa, para um método mais expedito, contudo não aconselhável, foi elaborada uma tabela que estabelece uma relação directa entre, um intervalo de valores do índice e o grau de impacto.

Tabela 5 - Tabela de Impactos dos Riscos.

Índice de Impacto (%)	Grau de Impacto
Maior que 100	Catastrófico
75 a 100	Muito grave
50 a 75	Grave
15 a 50	Mediano
Menor que 15	Baixo

### 1.5.3. SIGNIFICÂNCIA DO RISCO

Este processo recebe o modelo “mod\_GR02 – Lista de Riscos da Obra”, já com os riscos identificados para a obra, e onde deverão ser inseridos os seguintes campos, Nº de Actividades, Nº de Actividades Críticas e Probabilidade, com o impacto a resultar da Equação 1.1, sendo a Magnitude dada pelo produto da Probabilidade pelo Impacto, obtidos nos processos anteriores.

O processo deverá ser efectuado matematicamente, o que permite quantificar correctamente a magnitude, e consequentemente a significância, mas procurando agilizar processos, poderá eventualmente recorrer-se à verificação da significância de forma analítica. Contudo, poderá resultar em considerações pouco fidedignas, para Gestores de Risco pouco experientes. A Tabela 6, procura esquematizar a relação entre, os intervalos de probabilidade e de impacto definidos, balizando os valores de magnitude.

Tabela 6 - Matriz de Magnitude para Construção.

Magnitude	Índice de Impacto (%)				
	Menor que 15	15 a 50	50 a 75	75 a 100	Maior que 100
0,1	1,5	5	7,5	10	E
0,3	4,5	15	22,5	30	E
0,5	7,5	25	37,5	50	E
0,7	10,5	35	52,5	70	E
0,9	13,5	45	67,5	90	E

Extrema Significância, maior que 90	- Mitigar o risco e monitorizar frequentemente. Procurar alocar. Desenvolver Plano de acções;
Alta Significância, de 50 a 90	- Procurar mitigar o risco e monitorizar;
Baixa Significância, de 20 a 50	- Monitorizar;
Não Significante, menor que 20	- Não será significativo para a gestão de risco da obra, aceitar o risco;

Considera-se então, como Risco Significativo, sempre que se verifica pelo menos **uma** das seguintes condições:

- Ter impacto numa actividade crítica;
- Ter uma Magnitude superior a 50;
- Ter um valor de Impacto maior do que 100;

- For considerado um *bias*<sup>6</sup>.

## 1.6. BOLSAS DE RISCO

O conceito, de Bolsa de Risco, é em tudo igual ao de *buffer* introduzido pela *Critical Chain*, por nós descrito no Capítulo 5.6, do Grupo II, do presente trabalho. A alteração, da designação, prende-se pela principal função que desempenha nesta metodologia, visto que estaremos a criar um banco de tempo, ao qual as actividades irão recorrer para um “empréstimo de tempo”, sempre que a duração adoptada não seja cumprida. Será nesta ferramenta que estará alocado todo o risco do projecto.

Não serão adoptadas bolsas de risco nos caminhos não críticos, contrariamente ao que é sugerido pelo CCPM, porque dada a dimensão das redes geralmente envolvidas em projectos de Construção, adoptar por esta solução só iria complicar todo o processo de análise de risco, que se pretende ser algo ágil e aplicável.

### A - Variação da duração das actividades

Como forma para dimensionar da Bolsa de Risco Crítica, iremos de certo modo adaptar o método da Raiz da Soma dos Quadrados (RSQ), abordado no estado de arte desta dissertação, mas em vez de ser aplicado com recurso aos desvios padrões das actividades, tal como sugeria Leach, será com a diferença entre a duração Pessimista e a Optimista. Consideram-se para este cálculo, todas as actividades do caminho crítico do projecto.

$$D_{\text{variação}} = \sqrt{\sum (P_i - O_i)^2}$$

**Equação 1.2 – Parcela devido à variação da duração das actividades.**

Onde,

$D_{\text{variação}}$  – Parcela da dimensão da Bolsa relativa à variação probabilística das actividades;

$P_i$  – Duração Pessimista da actividade  $i$ , pertencente ao caminho crítico;

$O_i$  – Duração Optimista da actividade  $i$ , pertencente ao caminho crítico;

### B - Considerar o Efeito *bias*

Como a variação obtida anteriormente, regra geral resultam em durações muito agressivas, e dado que apenas está contabilizada a variação probabilística das actividades, não sendo considerados outros riscos, *bias*, que irão afectar o projecto na sua totalidade, então há que contabilizar estas possíveis variações na duração final do projecto de alguma forma.

Iremos adicionar à dimensão calculada pela equação 16, uma parcela de majoração que depende da duração total do projecto. Assim, dependendo da exposição a estes riscos do projecto, bem como da estrutura da rede obtida, e muito especial relevância, da probabilidade de actividades não críticas

<sup>6</sup> Ver Capítulo 6.5 do Grupo II para definição do termo.

penetrarem no caminho crítico, adopta-se uma percentagem, dentro do intervalo definido, da duração mais provável do caminho crítico para esta parcela:

$$Dbias = PR \times \sum_{i=1}^{n^{\circ} a.c.} Mi$$

**Equação 1.3 - Parcela devido aos *bias*.**

Onde,

$D_{bias}$  – Parcela da dimensão da Bolsa, devido ao risco do projecto;

$M_i$  – Duração mais provável, da actividade,  $i$ , pertencente ao caminho crítico (definido pelo índice de criticidade);

$PR$  – Valor da Percentagem do intervalo [5% ; 15%], conforme a exposição do projecto aos riscos tipo *bias*.

### **C - Dimensão da Bolsa de Risco**

Então, já estamos em condições de atribuir uma dimensão à bolsa de risco, que será a soma das duas parcelas anteriormente calculadas.

$$Dbolsa = Dvariação + Dbias$$

**Equação 1.4 - Dimensão da Bolsa de Risco do Projecto.**

### **D – A Bolsa como actividade com duração aleatória**

Aplicando o Teorema do Limite Central, admitindo que as condições para a sua aplicabilidade são válidas na sua generalidade, considera-se a Bolsa de Risco como uma actividade com duração aleatória, com uma função de distribuição do tipo Normal, em que se assume como valores do intervalo de definição, as seguintes durações:

$$a_j = 0; \quad m_j = \frac{Dbolsa}{2}; \quad b_j = Dbolsa$$

Onde,

$a_j$  – mínimo do intervalo de definição da Bolsa de Risco  $j$ ;

$b_j$  – máximo do intervalo de definição da Bolsa de Risco  $j$ ;

$m_j$  – valor esperado do intervalo de definição da Bolsa de Risco  $j$ ;

## **1.7. DURAÇÕES DO PARA O PROJECTO**

As durações que a presente metodologia adopta para as actividades, são durações bastante agressivas, de modo a procurar não dar uma sensação de ter tempo suficiente para executar o trabalho com calma. Assim o gestor irá ter sempre como duração alvo, ou duração objectivo, uma que lhe



apresenta desafio, o que conduz a que este procure otimizar ao máximo todas as condições envolventes da actividade. Pelo que a análise de risco efectuada obriga a pensar antecipadamente, numa fase inicial da obra, nos possíveis riscos, facilitando este processo de optimização.

Então, adopta-se para todas as actividades, uma duração determinística que será igual à duração optimista,  $O_i$ , estimada anteriormente. Onde a única actividade variável, onde se concentra todo o risco do projecto, será a Bolsa de Risco, inserida no final do caminho crítico, antes do *milestones*<sup>7</sup> de entrega da obra. A duração total será o somatório das durações optimistas,  $O_i$ , do caminho crítico obtido anteriormente, com metade da dimensão da Bolsa de Risco,  $D_{bolsa}$ .

$$\text{Duração do Projecto} = \frac{D_{bolsa}}{2} + \sum_{i=1}^{n^{\circ} \text{ act criticas}} O_i$$

**Equação 1.5 - Duração total do projecto.**

Assim estamos a considerar o efeito de cancelamento, onde algumas actividades irão ultrapassar a duração mais provável, enquanto outras irão ser concluídas com durações inferiores a essas. A metodologia admite que apenas metade da contingência total será consumida, ou seja, que nem tudo irá correr mal.

## 1.8. ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO DO PROJECTO

Esta metodologia pressupõe o recurso a softwares informáticos para a execução de simulações de Monte Carlo, de modo a obter os índices de criticidade, pelo que este processo pode também ser efectuado com recurso a esse software.

No entanto, de acordo com todos os passos efectuados nos processos que compõem esta metodologia, e as considerações efectuadas, a análise de risco pode muito simplesmente ser feita, com base no método de PERT.

Pelo que sendo todas as actividades determinísticas, exceptuando a bolsa de risco, como previsto no processo, 1.7, e que esta última apresenta uma função distribuição do tipo Normal, a duração final do projecto irá variar de acordo com esta função.

**Tabela 7 - Probabilidades para valores da função distribuição Normal.**

$\mu \pm 1\sigma$	$\mu \pm 2\sigma$	$\mu \pm 3\sigma$
68.3%	95.5%	99.7%

Pelo que a duração final, para uma confiança de cumprimento de 95%, segundo a Figura 22 e a Tabela 7, irá ser obtida por:

<sup>7</sup> Actividade marco, de duração nula, que procura identificar um acontecimento.

$$D_{95\%} = \left( \sum_{i=1}^{n^{\circ} \text{ act. crit}} O_i \right) + \frac{D_{\text{bolsa}}}{2} + 2 \times \sigma$$

**Equação 1.6 - Duração com 95% de probabilidade.**

Onde,

$D_{95\%}$  - Duração com 95% de probabilidade de ocorrer;

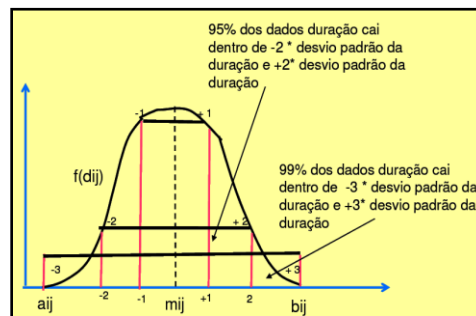
$O_i$  – Duração óptima da actividade,  $i$ , que pertence ao caminho crítico;

$D_{\text{bolsa}}$  – Dimensão da Bolsa de Risco do projecto;

$\sigma$  - Desvio padrão da Bolsa de Risco do projecto;

$\mu$  - Média da amostra aleatória.

Seguindo a função distribuição Normal, é possível obter a probabilidade que uma determinada duração tem, ou em sentido inverso, saber qual é a duração para uma determinada probabilidade.



**Figura 22 - Função distribuição Normal.**

## 1.9. CONTROLO DO RISCO

### A - Medidas de minimização em fase de planeamento

Nesta fase podemos actuar sobre o risco de duas formas, através da actuação sobre os riscos mais significativos, planeando medidas preventivas, ou o desenvolvimento de acções de mitigação e alocação do risco.

Ou através da actuação directa sobre as actividades do projecto, passando por alterações na rede do projecto, pelo retirar actividades com maior desvio padrão do caminho crítico, ou evitando o efeito de multi-tarefa dos recursos mais limitados.

### B - Controlo do risco em fase de produção

Através de um mecanismo que nos mostre a penetração do caminho crítico na Bolsa de Risco, podemos ter indicações claras sobre o desempenho que estamos a ter no nosso projecto, exemplos de mecanismos deste tipo podem ser consultados no Capítulo 5.6.2 do Grupo II.

Iremos adoptar um gráfico dividido em 3 (três) porções, com dimensões distintas, e que variam em função da percentagem de conclusão do caminho crítico. Irá ser analisada o consumo do pulmão em cada período de controlo, que deverá ser pelo menos semanal, dependendo da duração total da obra.

A adopção da percentagem de execução do caminho crítico, em detrimento da percentagem de execução do projecto, deve-se à possibilidade de termos dados incorrectos, caso se verificasse uma execução maior de actividades não críticas do que actividades críticas, dando a entender que o projecto estava com um melhor desempenho do que realmente estava.

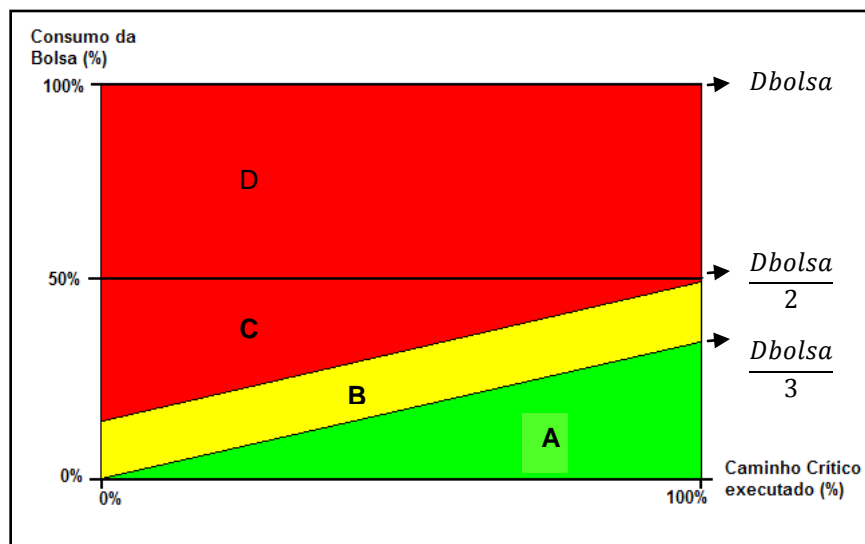


Figura 23 - Gráfico de controlo de desempenho do Projecto.

Na figura está representado o mecanismo adoptado por esta metodologia, onde a zona A, verde, indica que estamos com um consumo dentro do previsto, sem necessidade de qualquer alarme. A sua dimensão máxima, no fim do projecto, equivale a um terço da dimensão da bolsa, sendo a sua área limitada superiormente por uma linha que parte do 0% no início do projecto, atingindo a dimensão máxima no final.

A zona B, a amarelo, indica que nos estamos a aproximar do limite de consumo permitido. A sua área será delimitada por uma linha paralela à fronteira com a zona A, com valor máximo, no final do projecto, metade da dimensão da Bolsa de Risco.

Por seu turno a vermelho temos duas zonas, C e D, com significados diferentes. Ao atingirmos a zona C, indica-nos que o desempenho tem sido pior do que o previsto, e que urge melhorá-lo, mas que caso atingirmos as durações estimadas nas restantes actividades, o projecto terminará dentro do prazo. Tem como limite superior a linha dos 50%, e como limite inferior, a fronteira com a zona B.

A zona D contudo indica que entramos num patamar de catástrofe, em que teríamos que obter durações inferiores às admitidas para regressarmos para a zona C, o que dado estas durações serem muito agressivas, tal cenário não se afigura muito provável.

Assim, sendo possível monitorizar o desempenho do nosso projecto, o Gestor de Risco sempre que verificar que o declive da linha de consumo, da Bolsa de Risco, for superior às linhas limítrofes das zonas B e C, deverá ficar alerta, dado que é sinal que a Bolsa está a ser consumida a um ritmo superior ao previsto, estará então na altura de tomar medidas para controlo dos riscos. Pelo que a atitude que deverá ter o gestor quando o consumo atinge cada uma das zonas específicas será o seguinte:

- Zona A: Não há motivo de preocupação, caso o declive da linha de consumo não seja superior à da sua fronteira;

- Zona B: Deverá o gestor iniciar a planear medidas de mitigação, para os riscos identificados e se estivermos no limite da fronteira com a zona C, procurar implementá-las;

- Zona C: Analisar as causas do desempenho negativo, implementar as medidas planeadas de mitigação, para regressar à zona B;

- Zona D: Adoptar postura de emergência, procurando atingir rendimentos superiores aos previstos, mesmo que passe pela alocação de mais recursos para as actividades críticas.

# IV – Caso de Estudo

---

## 1. CASO DE ESTUDO

A obra que irá ser alvo de análise e de aplicação da metodologia proposta é a construção da estrutura em betão armado, com todos os trabalhos que lhe precedem, como escavações e trabalhos de contenção de terras, incluindo a execução e fecho das paredes em alvenaria. É constituída por 36 actividades no seu total, e o estaleiro está localizado na zona do grande Porto, mais precisamente na cidade da Maia.

Todo o cenário relativo à empresa e à obra são baseados em situações e dados reais, bem como os seus condicionalismos e riscos identificados, mas no entanto foi autorizada a sua utilização nesta dissertação, sob a condição de não serem identificados quaisquer intervenientes, exigência proveniente por parte empresa e do Director da Obra em questão.

### - Breve descrição das condições e planeamento inicial

O edifício era constituído por 2 caves enterradas, com acessos por rampas, dadas as condições naturais do terreno, terreno inconsistente e nível freático acima da cota de escavação, foi necessário o recurso a muros de contenção de terras tipo Muros de Berlim, e um sistema de drenagem.

O piso térreo situa-se na cave -2, com uma das rampas de acesso a ser executada sobre o terreno. Possui um 3 pisos acima do solo, de dimensão menor do que o Rés-do-Chão e das respectivas caves. A cobertura será efectuada em laje plana de betão armado com platibandas. As fundações contemplavam sapatas isoladas e sapatas contínuas também, estando ligadas entre si por lintéis de fundação.

Em termos estruturais, será à base de lajes fungiformes maciças, assentes em pilares de betão e com algumas paredes de betão para conferir rigidez dados os esforços resultantes dos impulsos de terra.

O planeamento da obra foi efectuada por nós, apesar de não estar incluído na metodologia, um processo de planeamento. Em Anexo 04, está representada definição de todas as actividades do projecto, as suas durações determinísticas, necessárias para executar o planeamento, e o gráfico de Gantt respectivo.

O período de execução previsto pelo processo determinístico, utilizando as durações mais prováveis, terá início a 29 de Setembro de 2008, com data de entrega para 14 de Julho de 2009. Iremos portanto apanhar o Inverno durante a fase de betonagens, pelo que as chuvas, frequentes na zona da obra neste período, irão afectar o andamento dos trabalhos.

A generalidade dos trabalhos será efectuada com recurso a subempreitada, o que pressupõe uma dificuldade elevada numa fase inicial para saber quem irá efectuar as actividades correspondentes, no entanto, dado tratar-se de um caso de estudo académico, os subempreiteiros não definidos, foram arbitrados pelo Directo da Obra, tendo assim, uma base sólida para análise de risco.

## **2. APLICAÇÃO NO CASO DE ESTUDO**

### **2.1. BASE DE RISCOS DA EMPRESA**

Partindo da lista de risco universais, numa lógica da RBS, em que se vai particularizando o risco, e preenchendo o modelo proposto pela metodologia, construímos uma base de riscos. Para o efeito, recorremos a processos de entrevista a 4 profissionais, de diferentes áreas de especialização, direcção de obra, encarregado, gestão contratual e contabilidade, para obtermos uma lista, o mais extensa e completa possível.

Dado ser a primeira vez que foram confrontados com este tema, e a limitada disponibilidade que tinham, não foi possível aprofundar e detalhar, tanto quanto tínhamos como objectivo inicialmente, para este primeiro processo.

No Anexo 05, encontra-se a Base de Riscos da Empresa, detalhadamente preenchida.

### **2.2. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS À OBRA**

Neste processo, tendo em conta todos os condicionalismos, tanto externos como internos da obra em questão, inserido no mesmo processo de entrevistas efectuados para a criação da Base, foi pedido que indicassem, com recurso a *Checklist* na Base de Riscos da Empresa, modelo 01 da Gestão de Riscos, quais desses riscos poderiam ter algum impacto.

Com esta informação, baseada em experiência prática, aliada a uma análise crítica, alcançamos a lista de riscos específicos para a obra.

Esta lista poderá ser consultada no Anexo 06, e o processo de *Checklist* está indicado no anexo 05.

### **2.3. ESTIMATIVA DAS DURAÇÕES**

A estimativa pelo método dos 3 Pontos, foi obtida pelo recurso de consulta a especialistas, pelo que para tal, efectuamos entrevista conjunta ao Director da Obra, e ao Encarregado Geral da Obra, que nos disponibilizaram as seguintes durações para todas as actividades do projecto.

Para minimizar a contingência inserida nestas estimativas, foi pedido que para a duração optimista fosse indicada a que representasse o percentil 0%, ou seja, a que obteríamos se tudo corresse com o melhor desempenho possível, sem qualquer imprevisto. E que para a duração pessimista,

considerassem todos os risco identificados, e que estes haviam ocorrido impactando no desempenho da actividades.

Para a duração mais provável, foi admitida a duração utilizada para o planeamento inicial pelo processo determinístico, CMP. Na tabela 7, estão indicadas todas estas durações, e para as actividades que compõem o caminho crítico mais provável (obtido pelo principio do índice de criticidade), assinaladas a azul, também foi estimada a variação entre as durações Pessimistas e Optimistas. Bem como as durações do projecto, pelas três estimações.

**Tabela 8 - Estimativas das durações das actividades de projecto.**

Actividades	Oi	Ei	Pi	Varição de duração No Caminho Crítico
Montagem de Estaleiro	18 dias	20 dias	25 dias	
Geral - Desmatação, limpeza do terreno	5 dias	6 dias	10 dias	5
Geral - Decapagem	6 dias	8 dias	12 dias	
Geral - Escavação Geral / Protecção de taludes	26 dias	30 dias	40 dias	14
Geral - Abertura de fundações	9 dias	10 dias	11 dias	2
Geral - Aterro sobre sapatas (reposição das cotas)	5 dias	6 dias	7 dias	2
Contenção periférica - Muro de Berlim	22 dias	25 dias	32 dias	
Sapatas isoladas	12 dias	14 dias	20 dias	8
Vigas de fundação	12 dias	13 dias	17 dias	
Pavimento térreo	13 dias	15 dias	17 dias	4
Cisternas	9 dias	10 dias	11 dias	
Pilares CV2	13 dias	14 dias	17 dias	
Laje de tecto (laje + vigas + escadas) CV2	18 dias	20 dias	30 dias	12
Lajes de rampa (entrada do exterior para o -1 ) CV2	3 dias	3 dias	5 dias	
Paredes de betão CV2	4 dias	5 dias	7 dias	
Pilares CV1	13 dias	14 dias	17 dias	4
Paredes de Betão CV1	4 dias	5 dias	7 dias	
Laje de tecto (laje + vigas + escadas) CV1	18 dias	20 dias	30 dias	12
Pilares RC	10 dias	11 dias	14 dias	4
Paredes de betão RC	4 dias	5 dias	7 dias	
Laje de tecto (laje + vigas + escadas) RC	13 dias	15 dias	23 dias	10
laje de cobertura dos elevadorese das escadas RC	4 dias	5 dias	7 dias	
Pilares Piso1	3 dias	4 dias	6 dias	3
Paredes de betão Piso1	3 dias	3 dias	5 dias	
Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso1	8 dias	10 dias	20 dias	12
Pilares Piso2	3 dias	4 dias	6 dias	
Paredes de betão Piso2	3 dias	3 dias	5 dias	
Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso2	8 dias	10 dias	20 dias	
Pilares Piso3	3 dias	4 dias	6 dias	
Paredes de betão Piso3	3 dias	3 dias	5 dias	
Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso3	8 dias	10 dias	20 dias	
Platibandas Cobertura	12 dias	15 dias	20 dias	

Paredes de betão Cobertura	3 dias	3 dias	4 dias	
laje de cobertura dos elevadores Cobertura	2 dias	2 dias	3 dias	
Alvenarias exteriores	25 dias	30 dias	40 dias	
Alvenarias interiores	45 dias	50 dias	60 dias	15
Duração Total do Caminho Crítico em dias	198	225	305	Raiz da soma dos Quadrados = 33,3

## 2.4. IDENTIFICAÇÃO DAS ACTIVIDADES CRÍTICAS

Este processo foi realizado com auxílio ao software informático Pertmaster v7.8.1, de onde é possível identificar qual o caminho crítico mais provável, bem como as actividades com criticidade maior que zero. Assim, inserindo as durações obtidas no processo anterior, e definindo todas as actividades com função de distribuição tipo BetaPert, calculou-se o risco do projecto, obtendo quais as actividades críticas, segundo a definição adoptada pela presente metodologia.

Partindo da Figura 24, podemos então concluir que há 10 actividades cuja criticidade é nula, pelo que dada a variação admitida, estas nunca irão pertencer ao caminho crítico. E que 5 actividades têm um índice menor que 20%.

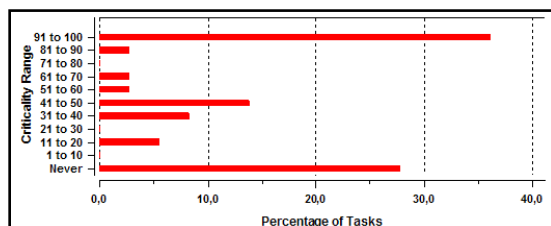


Figura 24 - Distribuição da criticidade das actividades do projecto.

Num total de 36 actividades, 76% tiveram um índice maior que 0%, ou seja, 26 actividades. Dado constituir uma elevada percentagem de actividades, no âmbito do projecto, a tabela seguinte apresentamos as actividades que possuem uma criticidade mais significativa (maior que 30%), e que serão as que iremos considerar como actividades críticas da metodologia.

Tabela 9 - Actividades Críticas e Índice de Criticidade.

Caminho Crítico mais Provável	
Actividades	Í. Criticidade
DATA DA CONSIGNAÇÃO	100%
Desmatação, limpeza do terreno	100%
Decapagem	94,1%
Escavação Geral / Protecção de taludes	100%
Abertura de fundações	100%
Sapatas isoladas	100%
Vigas de fundação	57,3%
Aterro sobre sapatas para reposição das cotas da plataforma	100%
Pavimento térreo	88,05%



Pilares CV2	43,1%
Laje de tecto (laje + vigas + escadas) CV2	100%
Pilares CV1	100%
Laje de tecto (laje + vigas + escadas) CV1	100%
Pilares RC	100%
Laje de tecto (laje + vigas + escadas) RC	100%
Pilares Piso1	98,65%
Paredes de betão Piso1	43,3%
Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso1	100%
Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso3	39,4%
Alvenarias interiores	65%
Alvenarias exteriores	44,4%
Entrega da Estrutura em tosco	100%

## 2.5. ANÁLISE QUALITATIVA DAS ACTIVIDADES

Com base nos conceitos e tabelas de magnitude e de impacto, e com recurso à Equação 15, na Lista de Risco da Obra, preencheram-se os campos necessários para a execução deste processo, para assim obtermos quais são os riscos com significância para o projecto. Com isto, ao preenchermos a última coluna, a da atitude face ao risco ficamos com o modelo 02 completo.

No Anexo 06, pode ser consultada a lista já preenchida, com a indicação de quais os riscos significantes para a obra em estudo.

## 2.6. BOLSAS DE RISCO

### A - Variação da duração das actividades

Com base na Tabela 8 - Estimativas das durações das actividades de projecto., do processo nº 3 desta metodologia, onde estão as 3 durações estimadas, e na última coluna temos as variações (Pi-Oi), para o caminho crítico do projecto. Assim, a parcela,  $D_{\text{variação}}$ , obtida pela Equação 1.2, resulta em:

$$D_{\text{variação}} = \sqrt{\sum (P_i - O_i)^2} = 33,3 \text{ dias}$$

### B - Considerar o Efeito *bias*

Tendo em conta a estrutura não muito alargada da rede, e o risco reduzido inerente a alterações de projecto, dado o histórico com o Dono de Obra, optamos por um percentagem de risco (PR) de 5%, o que resulta na seguinte dimensão da parcela relativo aos riscos globais.

$$D_{\text{bias}} = PR \times \sum_{i=1}^{n^{\circ} \text{ a.c.}} M_i = 0,05 \times 225 = 11,25 \text{ dias}$$

### C - Dimensão da Bolsa de Risco

Então, já estamos em condições de atribuir uma dimensão à bolsa de risco, que será a soma das duas parcelas anteriormente calculadas.

$$Dbolsa = Dvariação + Dbias = 33,3 + 11,25 = 45 \text{ dias}$$

### D - Actividade aleatória

Aplicando o Teorema do Limite Central, considera-se a Bolsa de Risco como uma actividade aleatória, com uma função de distribuição do tipo Normal, em que se assume como valores do intervalo de definição, as seguintes durações:

$$a_j = 0; \quad m_j = \frac{Dbolsa}{2} = 22,5 \text{ dias}; \quad b_j = Dbolsa = 45 \text{ dias}$$

## 2.7. DURAÇÕES DO PARA O PROJECTO

Conforme a Equação 1.5, foi calculada a duração total do projecto, que resulta num prazo final estimado de 221 dias, sendo esta a que deverá ser adoptada como compromisso por parte da gestão de topo. O risco inerente a esta duração irá ser em seguida aferido.

$$Duração \text{ do Projecto} = \frac{Dbolsa}{2} + \sum_{i=1}^{n^{\circ} \text{ act criticas}} O_i = \frac{45}{2} + 198 = 221 \text{ dias}$$

## 2.8. ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO DO PROJECTO

Neste processo, não nos limitaremos ao que é preconizado pela metodologia. Para além da análise qualitativa conforme esta, iremos efectuar análises de risco por outros 2 métodos, o das Simulações de Monte Carlo, e o de PERT, comparando as probabilidades obtidas por cada um dos diferentes processos.

Concluimos que para validar o procedimento por nós proposto, seria de todo o interesse, efectuar uma análise comparativa das probabilidades, também, para a duração total do projecto que se obtém pelo CPM, PERT e por esta.

### A - Duração do Projecto pela metodologia

A duração de 221 dias, obtida pela presente metodologia, pelas características adoptadas para as actividade do projecto, que passaram a ser determinísticas, e dada a variação ser apenas devida à Bolsa de Risco, terá a probabilidade de ser cumprida igual a 50%. Efectivamente parece ser uma probabilidade que implica um risco elevado (igual ao atirar de uma moeda), interessa comparar com outros métodos de análise qualitativa do risco, bem tecer algumas considerações relativamente às probabilidades de outras durações.

## B - Duração pelo CPM

O planeamento inicial efectuado pelo método determinístico do CPM, dava como duração do projecto, um total de 207 dias, relativamente inferior à nossa estimativa. Probabilisticamente, dado não considerar variação de durações, na prática, teríamos uma probabilidade de conclusão de 100%.

## C - Duração pelo PERT

Pelo método de cálculo de redes PERT, que já considera a variação nas durações das actividades, dava como duração do projecto, 217 dias aproximadamente. Constata-se que também esta é inferior à obtida pela metodologia proposta.

	Task Name	Duration	Optimistic Dur.	Expected Dur.	Pessimistic Dur.
1	- Empreendimento	216,17 days	180 days	207 days	303 days
2	- TERRAPLENAGEM	50 days	39 days	48 days	69 days
3	Montagem de Estaleiro	20,5 days	18 days	20 days	25 days
4	- Geral - Trab.Preparatórios (Desmatação, Decapagem)	8,33 days	6 days	8 days	12 days

Figura 25 - Cálculo das durações segundo PERT.

Indica-se que para a duração optimista, a mais provável e a pessimista do projecto, pelo PERT resultaram os seguintes valores, 180 dias, 207 dias e 303 dias, respectivamente. Que quando comparadas com as obtidas no Capítulo 2.3, deste caso de estudo, 198 dias, 225 dias e 305 dias, para as mesmas durações de projecto, verifica-se estas últimas foram consideravelmente superiores excepto a pessimista, cuja diferença é menos acentuada.

Este facto é facilmente justificável, dado que o PERT não considera as actividades que não pertencem ao caminho crítico determinístico (CPM), ao contrário do presente método.

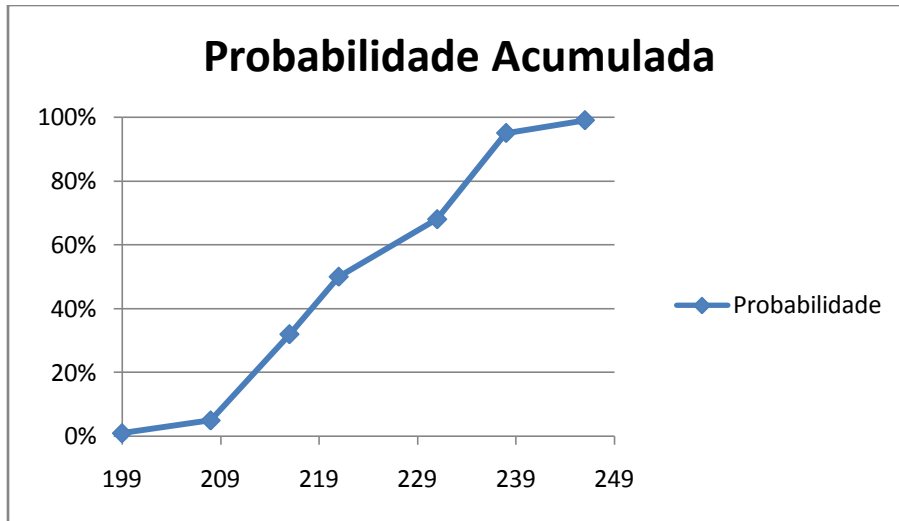
## D - Probabilidade de conclusão

Com o planeamento inicial, e com as durações estimadas pelo método dos 3 Pontos, com recurso às Simulações de Monte Carlo, por intermédio do Software informático PertMaster, obtivemos as probabilidades de cada uma das durações possíveis, expressas pela curva de probabilidades acumuladas e pelo gráfico de barras com a densidade da variável em consideração.

Foi executado o mesmo gráfico para as probabilidades da metodologia proposta.

Tabela 10 - Probabilidades de diferentes durações, segundo a metodologia.

Duração	Probabilidade
199 dias	1%
208 dias	5%
216 dias	32%
221 dias	50%
231 dias	68%
238 dias	95%
246 dias	99%

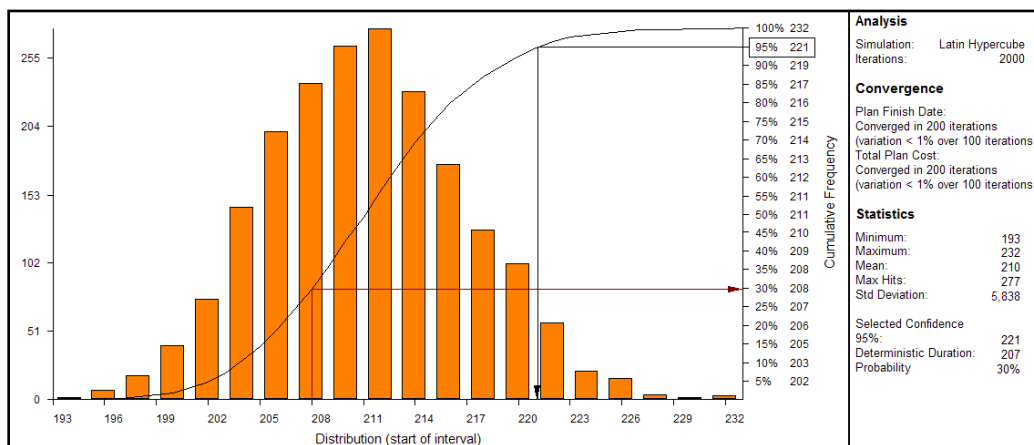


**Figura 26 - Curva das probabilidades acumuladas, segundo a metodologia proposta.**

Assim, as probabilidades das 3 durações totais do projecto, obtidas pelas metodologias do CPM, do PERT e a por nós proposta, podem ser facilmente obtidas pelo método das Simulações de Monte Carlo, permitindo-nos uma análise da qualidade e veracidade de cada uma destas.

**Tabela 11 - Probabilidades de diferentes durações, segundo Simulações Monte Carlo.**

Duração	Probabilidade
195 dias	1%
201 dias	5%
207 dias	32%
211 dias	50%
214 dias	68%
221 dias	95%
228 dias	99%



**Figura 27 - Curva S e distribuição das durações do projecto, segundo as Simulações de Monte Carlo.**

Após breve análise à Tabela 12, conclui-se que a duração por nós obtida, possui uma confiança de 97%, o que é quase uma certeza. E que o do CPM, apenas nos dá uma probabilidade de 30% de conclusão dentro do prazo.

**Tabela 12 - Probabilidades das durações, obtidas pelos métodos, segundo as Simulações Monte Carlo.**

Simulações de Monte Carlo		
Durações		Probabilidade
CPM	207 dias	30%
PERT	217 dias	85%
Metodologia	221 dias	97%

Aplicando o conceito proposto pela metodologia, calculamos as probabilidades para as durações, e após breve análise aos resultados, e comparação entre a Tabela 12 e a Tabela 13, verifica-se o que era esperado, os valores de probabilidades são bastante superiores pelas Simulações de Monte Carlo.

**Tabela 13 - Probabilidades das durações obtidas pelos 3 métodos, segundo a metodologia proposta.**

Metodologia Proposta		
Durações		Probabilidade
CPM	207	5%
PERT	217	32%
Metodologia	221	50%

## 2.9. CONTROLO DO RISCO

Dada a dimensão do projecto em estudo, e as restrições lógicas existentes, não será possível proceder a modificações significativas na estrutura da rede, pelo que medidas preventivas não poderão ser tomadas nesse sentido.

Cabe elaborar o gráfico de gestão dos consumos da Bolsa de Risco, para futura monitorização do desempenho do projecto, sendo que as fronteiras de risco que delimitam as diferentes zonas de segurança e de actuação, estão definidas na figura seguinte.

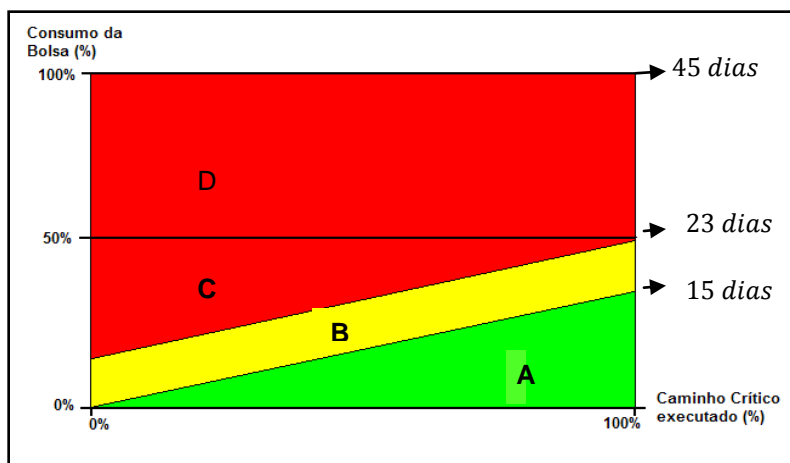


Figura 28 - Ferramenta de monitorização do risco.

### 3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Após concluirmos o último procedimento da metodologia proposta, e dispormos dos resultados finais, estamos em condições de comparar o que foi obtido, com o que estava previsto dado os fundamentos teóricos que serviram de fundamento a todos os procedimentos, e também, com o que se obteve a partir de outros métodos existentes.

Como seria de esperar, apesar de utilizarem as mesmas estimativas para as actividades, e a mesma função de distribuição, dado considerar as actividades com variabilidade, mesmo as não incluídas no caminho crítico segundo o CPM, a metodologia proposta apresenta durações de projecto optimistas, mais prováveis e pessimistas maiores do que o PERT.

A duração obtida, segundo a análise pelo método de Monte Carlo, teria uma probabilidade de conclusão dentro do prazo de 97%, no entanto, o que resulta da metodologia, é que esta duração terá a probabilidade de 50%. Essa diferença é justificável pela inclusão da parcela relativa aos riscos globais no risco do projecto, que as simulações de Monte Carlo não consideraram, e que é visível por análise das Tabela 10 e Tabela 11, em que a variação das durações para as probabilidades de 0% a 100%, são muito semelhantes, diferindo em cerca de 15 dias em cada duração, que é aproximadamente a parcela adicionada.

# V - Conclusão

---

## 1. CONCLUSÃO

O presente estudo dada a sua limitação temporal e, também, da reduzida disponibilidade por parte da organização que facultou todas as informações e dados necessários para o caso de estudo, não teve a oportunidade de aferir a eficácia do processo de controlo de consumos da Bolsa de Risco. Pelos mesmos motivos não houve a oportunidade para uma maior afinação dos parâmetros utilizados nas análises e estimativas, visto termos apenas aplicado a metodologia num único caso de estudo, o que não permitiu aferir convenientemente a eficácia do processo face aos dos resultados obtidos. No entanto estes corresponderam na sua totalidade ao esperado, o que indica de certa forma alguma validade da metodologia proposta.

Sendo que as durações que a presente metodologia adopta para as actividades, são durações bastante agressivas, de modo a evitar a transmissão da sensação de haver tempo mais que suficiente para executar o trabalho com calma. Assim o gestor irá ter sempre como duração alvo, ou duração objectivo, uma que lhe apresenta desafio, o que conduz a que este procure otimizar ao máximo todas as condições envolventes da actividade.

Assim a análise de risco efectuada obriga a pensar antecipadamente, numa fase inicial da obra, nos possíveis riscos, facilitando este processo de optimização, e resultando numa maior atenção e consciencialização dos riscos a que a obra está exposta.

Outro dos pontos fundamentais para todo este processo de gestão de risco devido aos prazos, são sem dúvida as estimativas das durações. Pelo que a precariedade com que as estimativas são efectuadas na generalidade dos casos, sem qualquer rigor e sem dados concretos onde se basearem, põem por terra a real eficácia da quantificação do risco, perdendo todo o significado e importância nessas situações. Mas tal não invalida a eficácia das outras etapas preconizadas por esta metodologia.

Um dos principais objectivos deste estudo, e que nos levou a abraçar este tema, foi procurar de alguma forma fomentar uma alteração de mentalidades e da visão que actualmente existe no seio da construção. A visão introduzida pela corrente crítica, onde não há durações fixas nem datas de início e fim para as actividades, levando a que por isso o trabalho acabe quando estiver pronto, o mais rápido possível, apesar de trazer inúmeras vantagens para redução do risco num projecto, evitando desperdícios de folgas e de contingências, tem fortes obstáculos para vingar na construção.

Deve-se essencialmente ao facto dos planos de trabalho, cada vez mais, serem considerados como uma cláusula contratual, e efectivamente, são utilizados como argumentos para gestão de conflitos

legais, tanto pelo Dono de Obra, como por parte do empreiteiro, como por exemplo, em pedidos de prorrogação de prazos. Pelo que a ideia da dinâmica do planeamento, e a aplicação de pulmões de projecto, devem ter o seu campo de aplicação reduzido à gestão e controlo de obra.

Também, poderão haver desvantagens derivadas ao uso de *buffers* em planeamento, isto porque possivelmente levarão a conclusões erradas por parte da gestão de topo, que sendo estes margens de segurança, que estão perfeitamente visíveis, podem ser removidos com muita facilidade. Conduzindo a durações extremamente agressivas, para fins comerciais.

Todos os conceitos matemáticos e probabilísticos que estão envolvidos em processos e metodologias para quantificar o risco, não são 100% exacto, onde são assumidas hipóteses, havendo sempre a necessidade de um sentido analítico por parte de quem estima, ou de quem avalia e quantifica parâmetros perfeitamente arbitrários, sendo muitas da abordagens e estudos desenvolvidos nesse campo, demasiado complexos para serem aplicados de forma agilizada.

Portanto, esta metodologia proposta, visa precisamente tornar esses processos metódicos e uniformizados, facilitando e homogeneizando a Gestão de Risco no interior de uma organização.

## **2. INVESTIGAÇÕES FUTURAS**

Dadas as limitações na execução desta dissertação, quer as impostas pela dimensão máxima permitida, bem como as temporais, num futuro próximo, procuraremos desenvolver a presente metodologia, aplicando-a num maior número de casos de estudos com variantes no número de actividades e estrutura da rede, acompanhando o controlo de consumos das Bolsas de Risco, aquando da execução do projecto. Aferir a real aplicabilidade do modelo CCPM na indústria da Construção, quais as suas vantagens e limitações. Desenvolver uma metodologia integrada de análise de risco de prazos e custo, e desenvolver e implementar um Sistema de Gestão de Risco integrado numa Organização.

Desenvolver e aprofundar o conceito de pulmão do projecto, como instrumento de gestão de risco, prazos e desempenho da obra.



## **BIBLIOGRAFIA**

AGUIAR, Maurício. Gerenciando Riscos nos Projetos de Software, Disponível em [http://www.bfpug.com.br/islig-rio/Downloads/Gerencia\\_de\\_Riscos.pdf](http://www.bfpug.com.br/islig-rio/Downloads/Gerencia_de_Riscos.pdf) Acesso em 22 mar 2006.

BATTISTI, Júlio. O Princípio do 80;20 e o foco nos resultados. Publicado em: 10 jun 2002. Disponível em <http://www.juliobattisti.com.br/artigos/carreira/80-20.asp> Acesso em 15 jun 2007.

BERNSTEIN, P. L., Against the Gods - the remarkable story of risk. Published by J Wiley, New York, US. 1996.

EVANS, James R.; OLSON, David L., Introduction to simulation and risk analysis. 2nd Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002

FALCONI, Vicente. O significado dos Indicadores. Publicado em:23 out 2006. Disponível em [http://www.indg.com.br/falconi/request\\_mensagens.asp?id=132](http://www.indg.com.br/falconi/request_mensagens.asp?id=132) Acesso em 15 jun 2008.

FARIA DOS REIS, A., O estado da arte em gerenciamento de riscos em projetos. Bauru, SP, Brasil,2004

FRANSMAN, M. Evolution of the telecommunication industry: in to the internet age. Endinburg; University of Endinburg, 2000. Disponível em <http://www.telecomvisions.com/articles/pdf/FransmanTelecomsHistory.pdf> Acesso em 15 jul 2008.

GOLDBERG, Matthew S., and Charles A. Weber, "Evaluation of the Risk Analysis and Cost Management (RACM) Model." IDA Paper P-3388. Alexandria, Virginia: Institute for Defense Analysis.

GOLDRATT, Eliyahu M., Critical Chain, North River Press, Great Barrington, MA. 1997.

GOLDRATT, Eliyahu M., The Goal, North River Press, Great Barrington, MA. 1992

HALL, D. et all. Universal Risk Project Final Report. Risk Management Research and Development Program, Feb.2002. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2008.

HALL E. M., Managing Risk – Methods for software systems development. Published by Addison Wesley Longman, Reading MA, USA. 1998

HELDMAN, Kim. Gerencia de Projetos, guia para o exame oficial do PMI. 2º Ed. Campus. Rio de Janeiro, 2003.

HENDRICKSON, Chris. and AU, Tung. Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects, and Builders, Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics, 1989.

HILLSON, D. A., Developing effective risk responses. . In: PROCEEDINGS OF THE 30TH ANNUAL PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE 1999 SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000, Philadelphia . Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 07 jun.2008.

HILLSON, D. A., Project risks – identifying causes, risks and effects. PM Network, Volume 14 Number 9, pages 48-51, 2000

HILLSON D. A., Effective strategies for exploiting opportunities. Proceedings of the 32nd Annual Project Management Institute Seminars & Symposium (PMI 2001), presented in Nashville USA, 5-7 November 2001.

HILLSON D. A., Extending the risk process to manage opportunities". Int J Project Management, Volume 20 Number 3, 235-240. 2002.

HILLSON, D. A., The risk breakdown structure (RBS) as an aid to effective risk management. In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 200, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 07 jun.2008.

HILLSON D. A., What is risk? Towards a common definition. InfoRM, journal of the UK Institute of Risk Management, April 2002, pages 11-12. 2002.

HILLSON, D. A., Effective opportunity management for projects : Exploiting positive risk. Published by Marcel Dekker, New York, US. 2003.

HILLSON, D. A. & Murray-Webster R., Understanding and managing risk attitude. Published by Gower, Aldershot, UK. 2005.

HILLSON, D., Três tempos da identificação de riscos.Risk Doctor Briefing, PM Network, 3 Lower Heyshott – Petersfield – UK. 2006.

HILLSON, D. A., Extending the risk process to manage opportunities. . International Journal of Project Management 20,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 235-240, 2008

HULETT, D.T., Key Characteristics of a Mature Risk Management Process. International Institute for Learning, Inc.New York, NY USA, 2002.

HULLET, D.T.; PRESTON J.Y., Garbage in, garbage out? Collect better data for your risk assessment. In: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE ANNUAL SEMINARS & SYMPOSIUM, 2000, Houston. Proceedings...p. 983-989.

HULETT, D.T., Key characteristics of a mature risk management process. In: THE FOURTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2001, Jun. 2001, London. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 10 jun.2008.

JACOB, Dee., Introduction to Project Management the TOC Way—A Workshop, The A.Y.Goldratt Institute, New Haven, CT, 1998.

KERZNER, H., Gestão de Projetos – As Melhores Práticas, Porto Alegre, Bookman, 2002.

KURZWEIL, Ray., Ideias inovadoras para 2004: Veja onde pisa. Massachusetts, EUA: Lista HBR, 2003.

LEACH, Lawrence P., Critical Chain Project Management. Boston: Artech House 2000.

LEACH, Lawrence P., Simplified Critical Chain Project Management. Advanced Project Institute, 2000.

LEVINE, Harvey A., Project management: Tips, tactics, tools. New York, John Wiley & Sons, 2002.

MACORATTI, C. José, A Gestão de requisitos. Publicado em: 07 fev 2006, Disponível em: [http://www.imasters.com.br/artigo/3860/des\\_de\\_software/a\\_gestao\\_de\\_requisitos/](http://www.imasters.com.br/artigo/3860/des_de_software/a_gestao_de_requisitos/), Acessado em: 18 jun 2007.

MCCLELLAND, B., Project Buffer Calculations by Avraham Y. Goldratt Institute, a Limited Partnership 2003. Disponível em <http://www.goldratt.com/buffermanagement.pdf> Acesso em 08 agosto de 2008.

MICROSOFT, Introdução ao Guia de Gerenciamento de Riscos de Segurança. Publicado em: 15 out. 2004. Disponível em: <https://thesource.ofallevil.com/brasil/security/guidance/riscos/srsgch01.msp>, Acesso em 10 jun 2008.

MORGAN, M. G., and M. Henrion, *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1990.

MORRIS, P.W.G., Updating the project management bodies of knowledge. *Project Management Journal*, 32/3, ABI/INFORM Global, p. 21-30, Sep. 2001.

NORRIS, C.; PERRY, J.;SIMON P., *Project Risk Analysis and Management*. The Association of Project Management, Buckinghamshire, Mar. 1992. Disponível em : <http://www.apm.org.uk> Acesso em 07 jun.2004.

OSSLON, C., *Risk management in emerging markets*. London: Prentice Hall, 2002.

OXFORD, *Dictionary of English*. Oxford university Press. Published: 2003.

RIBEIRO, Marco K., *Building professionalism in project management*. Disponível em <http://www.pmir.org/info/default.asp> Acesso em 30 maio 2008.

PATRICK, Francis S., *Getting Out from Between Parkinson's Rock and Murphy's Hard Place*, PM Network, 1999.

PATRICK, Francis S., *Program Management -- Turning Many Projects into Few Priorities with TOC*, Proceedings: PMI International Symposium, 1999.

PATRICK, Francis S., *Using Resistance to Change (and the TOC Thinking Processes) to Improve Improvements*, Proceedings: IIE Solutions Conference, Institute of Industrial Engineers, Norcross, GA, 2001.

PATTERSON, F.D.; NEAILEY, K., *A risk register database to aid the management of project risk*. *International Journal of Project Management* 20, Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 365-374, 2002

PINEY, C., *Risk response planning – selecting the right strategy* In: *THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002*, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2008.

*PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002*, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com> Acesso em 09 jun.2008.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK), Upper Darby 2004.

RICE, John, Mathematical Statistics and Data Analysis, Second edition 1995.

RODRIGUES, A.G., Managing and modelling project risk dynamics – a systems dynamics-based framework In: THE FOURTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2001, Jun. 2001, London. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 09 jun.2004.

SECURATO, José Roberto; MALUF FILHO, Arnaldo.[et al.], Cálculo Financeiro das Tesourarias: bancos e empresas. São Paulo: Saint Paul, 2003.

SOLOMON, E.; Pringle, J.J., Introdução à Administração Financeira. Edição Atlas S/A, S.P. 1981.

WALSH, B.L., Risk Diagnosis Methodology in Unilever – A case study. In: THE FIFTH EUROPEAN PROJECT MANAGEMENT CONFERENCE - PMI EUROPE 2002, Jun. 2002, Cannes. Disponível em <http://www.risksig.com/articles> Acesso em 06 jun.2008.

WARD, S.; CHAPMAN, C., Transforming project risk management into project uncertainty management . International Journal of Project Management 21,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 97-105, 2003

WHITE, D.; FORTUNE, J., Current practice in project management – an empirical study. International Journal of Project Management 20,Elsevier Science Ltd and IPMA, p. 1-11, 200

WIDEMAN, Max R., Project risk managemet: A guide to managing projects risks and opportunities. Upper Darby: Project Management Institute, 1992.

VERZUH, ERIC, MBA compacto: gestão de projetos. 8º Edição. Rio de Janeiro 2000.

# ANEXOS

---

# ANEXOS 01 – METODOLOGIA DA GESTÃO DO RISCO DO PMBOK

## 1 - Planeamento da Gestão do Risco

### A. ENTRADA DE INFORMAÇÃO

- Política de risco da Organização e tolerância ao risco;
- Gestão Organizacional interna;
- Âmbito do Projecto;
- Plano de Gestão do Projecto inicialmente definido;

### B. TÉCNICAS E FERRAMENTAS

- Reuniões de planeamento com os “*stakeholders*”, com os responsáveis pelo projecto e pela gestão do risco;

### C. SAÍDAS DE INFORMAÇÃO

- Metodologia a ser usada;
- Atribuição de responsabilidades e o organigrama;
- Orçamentação do processo de gestão de risco;
- Definição do intervalo das iterações dos processos;
- Desenvolvimento da RBS;
- Matriz de Impacto e Probabilidades;
- Revisão da tolerância das partes interessadas;
- Definição do tipo de registos a ser efectuados;
- Definição do rastreio do sistema de gestão do risco;

## 2 - Identificação do Risco

### A. ENTRADA DE INFORMAÇÃO

- Informação e estudos publicados;
- Dados históricos de projectos anteriores da empresa;
- Risco associado à definição do âmbito do projecto;
- Plano de gestão do risco;
- Planeamento da gestão do projecto;

### B. TÉCNICAS E FERRAMENTAS

- Revisão da documentação disponível;
- Brainstorming;
- Técnica de Delphi;
- Entrevistas a especialistas;
- Identificação dos riscos pela sua origem;
- Análise S.W.O.T – Vantagens, desvantagens, oportunidades e ameaças;
- Identificação do risco por “Checklist”;
- Análises dos Pressupostos do projecto;
- Diagrama de Causa - Efeito;
- Diagrama de Influências;
- Diagrama de processos;

### C. SAÍDAS DE INFORMAÇÃO

- Lista de riscos identificados;
- Lista de potenciais respostas;
- Causas dos riscos identificados;
- Actualização das categorias de riscos novos e da RBS;

### **3 - Análise Qualitativa do Risco**

#### **A. ENTRADA DE INFORMAÇÃO**

- Informação e estudos publicados;
- Dados históricos de projectos anteriores da empresa;
- Risco associado à definição do âmbito do projecto;
- Plano de gestão do risco;
- Registos da Identificação de Riscos (lista de riscos);

#### **B. TÉCNICAS E FERRAMENTAS**

- Aferição da probabilidade e do impacto dos riscos identificados, com recursos a colaboradores internos ou externos com experiência;
- Matriz de probabilidade e impacto para priorização do risco;
- Aferição da qualidade de informação sobre os riscos;
- Categorização do risco por origem, ou por área do projecto, para resposta eficaz;
- Aferição da urgência de actuação sobre o risco;

#### **C. SAÍDAS DE INFORMAÇÃO**

- Lista de riscos prioritários;
- Lista de riscos por categorias;
- Lista de riscos com necessidade de resposta a curto prazo;
- Lista dos riscos que requerem Análise Quantitativa e acções de resposta futura;
- Lista de Monitorização de riscos não prioritários;

### **4 - Análise Quantitativa do Risco**

#### **A. ENTRADA DE INFORMAÇÃO**

- Informação e estudos publicados;
- Dados históricos de projectos anteriores da empresa;
- Risco associado à definição do âmbito do projecto;
- Plano de gestão do risco;
- Registos da Análise Qualitativa – Lista de Riscos Prioritários, Lista de Riscos e Lista de Riscos por categorias;
- Planeamento de custos e de calendarização do projecto;

#### **B. TÉCNICAS E FERRAMENTAS**

- Estimção dos três valores, Mais Provável, Optimista e Pessimista, com recursos a colaboradores internos ou externos com experiência;
- Distribuição probabilística continua a adoptar para a variável em análise (Beta, Normal ou Triangular);
- Recurso a engenheiros ou especialistas de estatísticas para validação dos dados e técnicas a utilizar;
- Análise de Sensibilidade;
- Análise do valor monetário expectável – EMV;
- Análise da Árvore de Decisão;
- Modelação e Simulação – Monte Carlo;

#### **C. SAÍDAS DE INFORMAÇÃO**

- Análise probabilística do Projecto;
- Probabilidade dos objectivos propostos;
- Lista dos Riscos quantificados;
- Tendências nos riscos analisados;

### **5 - Resposta ao Risco**



#### **A. ENTRADA DE INFORMAÇÃO**

- Plano de gestão do risco;
- Registos da Análise Qualitativa – Lista de Riscos Prioritários, Lista de Riscos, Lista de Riscos por categorias, Lista de riscos não prioritários, Lista de riscos com resposta a curto prazo;
- Registos da Análise Quantitativa – Lista de Riscos Quantificados, Tendências dos riscos;

#### **B. TÉCNICAS E FERRAMENTAS**

- Riscos Negativos: Evitar o risco, Transferir o risco, ou Minimizar o risco;
- Riscos Positivos: Explorar o risco, Partilhar o risco, ou Maximizar o risco;
- Aceitação passiva ou activa dos riscos desconhecidos;
- Plano de contingência para riscos com indicadores de pré ocorrência;

#### **C. SAÍDAS DE INFORMAÇÃO**

- Lista de risco com descrição, área onde influência no projecto (WBS), causas do risco (RBS);
- Responsáveis pelo risco e quais as suas funções;
- Lista dos Riscos quantificados e prioridades;
- Sintomas e sinais de aviso dos riscos;
- Planeamento das acções de resposta ao risco;
- Custos e calendarização das actividades de resposta ao risco;
- Custos e tempo de contingência para garantir a tolerância ao risco das partes interessadas;
- Indicadores de activação do plano de contingência;
- Plano de emergência para riscos cuja acção tomada não foi eficaz;
- Riscos residuais que se esperam que permaneçam após as acções de resposta ao risco;
- Riscos secundários que surgem devido às medidas implementadas de resposta ao risco;
- Actualização do Plano de Gestão do Projecto;
- Gestão contratual dos riscos, de modo a alocar correctamente os riscos;

### **6 - Monitorização e Controlo do Risco**

#### **A. ENTRADA DE INFORMAÇÃO**

- Plano de gestão do risco;
- Registos dos riscos obtido no processo da Resposta ao Risco;
- Alterações do projecto aprovadas e das condições do projecto;
- Relatórios do desempenho do projecto;

#### **B. TÉCNICAS E FERRAMENTAS**

- Reavaliação dos riscos periodicamente;
- Auditorias ao sistema;
- Técnicas de Variância e Tendências do projecto (Earned Value Analysis – EVA);
- Aferição do desempenho e produtividade do projecto em “milestones”;
- Análise da reserva de contingência ainda disponível;
- Reuniões de análise do estado do projecto;

#### **C. SAÍDAS DE INFORMAÇÃO**

- Actualização de todos os registos de riscos dos processos onde se deu alteração;
- Acções de correcção recomendadas;
- Acções de prevenção recomendadas;
- Actualização do plano de gestão do projecto;
- Actualização da informação e Sistema de Gestão do Risco padrão da Organização;

## ANEXOS 02 – MODELO “MOD\_GR01 - BASE DE RISCO”

Base de Riscos da Empresa					
ID do Risco	Grupo de Risco	Área de Risco	Descrição geral do risco		Incluir na Lista de Riscos da Obra? (S/N)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					

## ANEXOS 03 – MODELO “MOD\_GR02 – LISTA DE RISCO DA OBRA”

Lista de Risco da Obra				Nº actividade do Projecto - 36							
ID do Risco	Riscos	Consequências na obra	Tipo de trabalhos onde impactam ou <i>Bias</i>	Positivo / Negativo	Nº Activ. Total	Nº Activ. Críticas	Impacto	Probabilidade	Magnitude	Singificância	Estratégia de Actuação
1										S	
3										S	
5										N	
6										N	
7										N	
8										N	
9										N	
10										N	

# ANEXOS 04 – PLANEAMENTO ÍNICIAL

Name	Description	Oct '08	Nov '08	Dec '08	Jan '09	Feb '09	Mar '09	Apr '09	May '09	Jun '09	Jul '09	Preferred Start	Minimum Duration	Most Likely	Maximum Duration
3	DATA DA CONSIGNAÇÃO											29/Sep/08			
0870	Empreendimento											29/Sep/08			
0030	TERRAPLEIAGEM											29/Sep/08			
0040	Montagem de Estaleiro											29/Sep/08	18	20	25
0050	Geral - Trab.Preparatórios (Desmatação, Decapagem e demarcação)											29/Sep/08			
0060	Geral - Desmatação, limpeza do terreno											29/Sep/08	5	6	10
0070	Geral - Decapagem											29/Sep/08	6	8	12
0080	Geral - Escavação Geral e Protecção de taludes / Abertura de valas											09/Oct/08			
0090	Geral - Escavação Geral / Protecção de taludes											09/Oct/08	26	30	40
0100	Geral - Abertura de fundações											13/Nov/08	9	10	11
0110	Geral - Aterro sobre sapatas para reposição das cotas da plataforma											26/Nov/08	5	6	7
0120	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS											16/Oct/08			
0130	Contenção periférica - Muro de Berlim											16/Oct/08	22	25	32
0150	Sapatas isoladas											13/Nov/08	12	14	20
0170	Vigas de fundação											14/Nov/08	12	13	17
0180	Pavimento térreo											04/Dec/08	13	15	17
0200	Cisternas											20/Nov/08	9	10	11
0210	ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO											04/Dec/08			
0320	( Cave -2)											04/Dec/08			
0340	Pilares CV2											04/Dec/08	13	14	17
0350	Laje de tecto (laje + vigas + escadas) CV2											25/Dec/08	18	20	30
0360	Lajes de rampa (entrada do exterior para o -1 ) CV2											25/Dec/08	3	3	5
0370	Paredes de betão CV2											04/Dec/08	4	5	7
0390	( Cave -1)											22/Jan/09			
0410	Pilares CV1											22/Jan/09	13	14	17
0420	Paredes de Betão CV1											22/Jan/09	4	5	7
0430	Laje de tecto (laje + vigas + escadas) CV1											11/Feb/09	18	20	30
0460	( R/Chão)											11/Mar/09			
0470	Pilares RC											11/Mar/09	10	11	14
0480	Paredes de betão RC											11/Mar/09	4	5	7
0490	Laje de tecto (laje + vigas + escadas) RC											26/Mar/09	13	15	23
0500	laje de cobertura dos elevadores e das escadas RC											26/Mar/09	4	5	7
0510	Piso 1											16/Apr/09			
0520	Pilares Piso1											16/Apr/09	3	4	6
0530	Paredes de betão Piso1											16/Apr/09	3	3	5
0540	Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso1											22/Apr/09	8	10	20
0560	Piso 2											06/May/09			
0560	Pilares Piso2											06/May/09	3	4	6
0570	Paredes de betão Piso2											06/May/09	3	3	5
0580	Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso2											12/May/09	8	10	20
0590	Piso 3											26/May/09			
0600	Pilares Piso3											26/May/09	3	4	6
0610	Paredes de betão Piso3											26/May/09	3	3	5
0620	Laje tecto (laje + vigas + escadas) Piso3											01/Jun/09	8	10	20
0710	Cobertura											15/Jun/09			
0720	Platibandas Cobertura											15/Jun/09	12	15	20
0730	Paredes de betão Cobertura											15/Jun/09	3	3	4
0740	laje de cobertura dos elevadores Cobertura											18/Jun/09	2	2	3
0800	ALVENARIAS											06/May/09			
0810	Alvenarias exteriores											01/Jun/09	25	30	40
0860	Alvenarias interiores											06/May/09	45	50	60
0880	Entrega da Estrutura em tosco														

## ANEXOS 05 – BASE DE RISCOS DA EMPRESA

Base de Risco da Empresa					
ID do Risco	Grupo de Risco	Área de Risco	Descrição geral do risco	Incluir na Lista de Riscos da Obra? (S/N)	
1	Gestão	Corporativos	Funcionamento interno	Pouco rigor nos sectores de apoio	n
2				Diversos departamentos de apoio à produção.	n
3			Estabilidade organizacional	Organização estável	n
4				Sociedade Anónima	n
5			Aspectos financeiros	Pouca liquidez financeira	s
6				Redução de custos	s
7				Pagamento a longo prazo aos fornecedores	s
8				Pagamento a longo prazo aos subempreiteiros	s
9				Não falha nos pagamentos aos funcionários	n
10				Grande capacidade financeira	n
11			Processos e metodologias	Sistema de gestão ambiental	s
12				Sistema de gestão segurança	s
13				Sistema de gestão qualidade	s
14		Clientes e stakeholders	Cultura	Controlo de desempenho dos empreendimentos	n
15				Rigor na subcontratação	n
16			Relação com Stakeholders	Cede a algumas exigências pouco realistas do cliente	n
17				Rigor na elaboração de contractos	s
18				Satisfação do cliente	n
19				Grande responsabilidade social	n
20			História	Vasta experiência em diversos tipos de projectos	s
21				Empresa com reputação nacional e internacional	n
22	Factores Externos		Naturais	Ambiente Físico	Risco sísmico
23		Pluviosidade			s
24		Temperatura			s
25		Variação climática			s
26		Tipo de solo			s
27		Topografia			s
28		Nível freático			s
29		Estação do ano			s
30		Horas de luz por dia			s
31		Zona geográfica			s
32		Recursos naturais disponíveis			s
33		Meio Urbano ou Rural			s
34		Serviços Locais	Rede eléctrica	n	

35				Rede de abastecimento de água	n
36				Rede de esgotos	n
37				Distribuição de gás	n
38				Proximidade de restauração	n
39				Qualidade da Segurança pública	n
40				Proximidade de Bombeiros	n
41				Tipo de Serviços de Saúde	n
42			<b>População</b>	Entias locais	s
43				Número de habitantes	n
44				Densidade populacional	n
45				Proximidade ao estaleiro	s
46				Hábitos locais	n
47				Cultura local	s
48			<b>Instalações</b>	Tipo de instalações existentes	n
49				Quantidade existente	n
50				Calendários de funcionamento	n
51			<b>Complexidade Transportes</b>	Tipos de transporte existentes	n
52				Abrangência da rede	n
53				Acessos ao estaleiro	s
54				Qualidade da rede	s
55				Segurança	n
56		<b>Culturais</b>	<b>Política</b>	Estabilidade Política	n
57				Orientação ideológica	n
58				Idoneidade	n
59				Disposição	n
60				Incentivos	n
61				Apoios	n
62				Período Eleitoral	n
63				Requisistos legais	s
64			Requisitos normativos	s	
65			Leis em vigor	s	
66			Impostos	n	
67			Cláusulas Contratuais	s	
68			<b>Grupos de Interesses</b>	Ambientalistas	s
69				Público/Privados	s
70				Regeonalistas	n
71				Ideológicos	n
72				Culturais	n
73				Arqueológicos	n
74		Económicos		n	
75		<b>Económicos</b>	<b>Mercado de Trabalho</b>	Taxas de desemprego	s
76				Formação da população	s

77				Disponibilidade de mão-de-obra local	s	
78				Mão-de-obra especializada	s	
79				Tensão no mercado de trabalho	s	
80				Qualidade da mão-de-obra	s	
81			<b>Mercado Financeiro</b>		Custo do dinheiro	s
82					Taxas de câmbio actuais	n
83					Estabilidade Cambial	n
84					Taxas de juro	n
85					Nível de vida local	n
86			<b>Condições de Trabalho</b>		Tipo de mão-de-obra requerida	s
87					Experiência no tipo de trabalho	s
88					Relação entre trabalhadores	s
89					Dificuldade de comunicação	s
90					Nacionalidade	s
91	<b>Factores Tecnológico</b>	<b>Requisitos</b>	<b>Incerteza no âmbito</b>	Alterações ao projecto	s	
92				Alterações de soluções	n	
93			<b>Condições de utilização</b>	Se está adaptada ao uso previsto	n	
94				Se os rendimentos se adequam ao trabalho	n	
95				Se os constrangimentos permitem o seu uso	n	
96			<b>Complexidade do trabalho</b>	Complexidade de utilização	s	
97		Experiência em actividades semelhantes		s		
98		Complexidade da tecnologia		s		
99		<b>Adequabilidade</b>	<b>Maturidade da tecnologia</b>	Tecnologia recente	n	
100				Histórico de aplicações da tecnologia	s	
101		<b>Limites da tecnologia</b>	Proximidade dos limites da tecnologia	n		
102			Limitações da tecnologia	n		
103		<b>Aplicação</b>	<b>Experiência organizacional</b>	Sucesso de aplicação da tecnologia na empresa	s	
104	Tecnologia recém adquirida			n		
105	<b>Formação pessoal</b>		Técnicos especializados	n		
106			Capacidade analítica e crítica dos trabalhadores	s		
107	<b>Recursos físicos</b>		Qualidade dos equipamentos	s		
108			Quantidade suficiente para os requisitos do projecto	n		
109		Manutenção adequada dos equipamentos	s			

## ANEXOS 06 – LISTA DE RISCOS DA OBRA

Lista de Risco da Obra				Nº actividade do Projecto - 36							
ID do Risco	Riscos	Consequências na obra	Tipo de trabalhos onde impactam ou <i>Bias</i>	Positivo / Negativo	Nº Activ. Total	Nº Activ. Críticas	Impacto	Probabilidade	Magnitude	Singificância	Estratégia de Actuação
1	Diversos departamentos de apoio à produção.	Agilização de processos	<i>Bias</i>	P	0	0	0	0%	0	S	Recorrer aos apoios.
3	Redução de custos	Qualidade de Subcontratação	Subempreitadas e Fornecimentos	N	36	22	222	50%	111	S	Seleção Criteriosa
5	Pagamento a longo prazo aos fornecedores	Qualidade de fornecimento	Fornecimentos	N	36	22	222	50%	111	S	Garantias de Pagamento
6	Pagamento a longo prazo aos subempreiteiros	Suspensão de trabalhos	Todos	N	36	22	222	50%	111	S	Garantias de Pagamento
7	Sistema de gestão ambiental	Restrições na produtividade /paragens	<i>Bias</i>	N	0	0	0	0%	0	S	Cumprimento do SGA
8	Sistema de gestão segurança	Evita acidentes de trabalho	<i>Bias</i>	P	0	0	0	0%	0	S	Cumprimento do SGS
9	Sistema de gestão qualidade	Reduz a probabilidade de erro	<i>Bias</i>	P	0	0	0	0%	0	S	Cumprimento do SGQ
10	Rigor na elaboração de contractos	Evita existência de conflitos legais; Protege o andamento da obra	<i>Bias</i>	P	0	0	0	0%	0	S	Explorar cláusulas para alocação das consequências
11	Vasta experiência em diversos tipos de projectos	Mais valia técnica; Experiência; Melhor desempenho.	Todas	p	36	22	222	90%	200	S	Colocar MO mais experiente nas Act Críticas
12	Pluviosidade	Atraso nas actividades	Todas a céu aberto	N	34	21	211	50%	106	S	Procurar maximizar os trabalhos a coberto
13	Temperatura	Temperatura muito alta ou muito baixa, dificulta betonagem e preza.	Betão armado	N	26	10	128	50%	64	S	Betonar a horas de menor calor ou frio. Acelerador/retardador de preza.
14	Tipo de solo	Menor rendimento do equipamento; Equipamento diferente	Movimentação de terras / contenções.	n	3	1	14	30%	4	S	Executar sonfagens e estudos mais detalhados.
15	Topografia	Dificuldade de acesso dos recursos.	Movimentação de terras / contenções.	N	6	3	33	30%	10	S	Trabalhos de terraplanagem, para melhorar acessos.
16	Nível freático	Desabamentos e instabilidade de taludes	Escavações e contenções.	N	2	1	11	30%	3	S	Bombagem ou drenagem, para baixamento do nível
17	Horas de luz por dia	Diminuição do tempo útil de trabalho	Todas	N	36	22	222	50%	111	S	Utilização de holofotes
18	Meio Urbano ou Rural	Pouco espaço para instalação estaleiro	Montagem de estaleiro	N	1	0	3	90%	3	N	



19	Cultura local	Feriados locais, festas populares.	Bias	N			0		0	S	Considerar festas e feriados no planeamento
20	Acessos ao estaleiro	Dificuldade de fornecimento	Betonagens	N	26	10	128		0	S	Fornecimentos a horas de menor tráfego.
21	Requisistos legais	Lei do ruído reduz horas de trabalho	Bias	N			0		0	S	Arranjar licenças; Planeamento rigoroso.
22	Leis em vigor	Impedimento de trabalhadores estarem em obra.	Bias	N			0		0	S	Controlar rigorosamente as exigências legais dos trabalhadores
23	Ambientalistas	suspensão de trabalhos	impactam o ambiente	N	3	0	8	30%	3	N	
24	Disponibilidade de mão-de-obra local	Facilidade de contratação de MO	Todas	P	36	22	222	70%	156	S	Exigir maior empenho à MO contratada.
25	Mão-de-obra especializada	Pouca formação para trabalhos específicos	Muros de contanção	N	1	0	3	90%	3	N	
26	Tensão no mercado de trabalho	Competitividade da MO, melhora desempenho.	Bias	P			0		0	S	Exigir maior empenho à MO contratada.
27	Experiência no tipo de trabalho	Elevada experiência, melhora rendimentos	Betão armado	P	26	10	128	50%	64	S	Atingir as durações mais curtas.
28	Relação entre trabalhadores	Mau ambiente, reduz empenho e rendimento	alvenarias	N	2	1	11	50%	6	S	Substituição de elementos
29	Dificuldade de comunicação	Nacionalidades distintas, dificulta coordenação.	alvenarias	N	2	1	11	50%	6	S	Alterar composição das equipas
30	Alterações ao projecto	Ter que alterar trabalho já efectuado ou ordem de trabalhos	Bias	N			0		0	S	Procurar utilizar cláusulas legais para alocar eventuais alterações; Progação de prazos.
31	Complexidade de utilização	Dificuldade de execução das ancoragens	Contenção periférica	N	1	0	3	90%	3	N	
32	Histórico de aplicações da tecnologia	Capacidade crítica e de compreensão dos trabalhos;	Contenção periférica	N	1	0	3	50%	1	N	
33	Sucesso de aplicação da tecnologia na empresa	Boa execução dos trabalhos	Contenção periférica	N	1	0	3	90%	3	N	Minimizar os erros.
34	Qualidade dos equipamentos	Avárias frequentes	Betão armado	N	26	10	128		0	S	Substituição de equipamento; contratação exterior
35	Manutenção adequada dos equipamentos	Avárias frequentes	Betão armado	N	26	10	128		0	S	Melhorar equipa de manutenção.