

CONNIE TENIN SU

GERENCIAMENTO DO RISCO DE PRAZO EM PROJETOS

**Trabalho de Formatura apresentado
à Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do
Diploma de Engenheiro de Produção**

**Orientador: Prof. Dr. Miguel
Cezar Santoro**

**São Paulo
2005**

À minha família.
Ao meu avô, que partiu cedo demais.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Miguel Cezar Santoro, pela orientação, apoio, carinho, entusiasmo e paciência, sem os quais seria impossível a elaboração deste trabalho.

À Escola Politécnica, em especial aos meus professores do Departamento de Engenharia de Produção, pela formação e pelos conhecimentos adquiridos ao longo deste curso.

À minha família, pelo apoio incondicional e por ser minha fortaleza, agora e sempre.

Aos meus amigos, em especial àqueles que ajudaram na realização deste trabalho: Celso, Fernanda, Paula, Rodrigo e Ronaldo.

RESUMO

Este trabalho possui como objetivo apresentar um estudo sobre o risco em projetos, com ênfase no risco de prazo. São expostos os principais conceitos relacionados a: projetos, gerenciamento de projetos, riscos, gerenciamento de riscos em projetos, gerenciamento de risco de prazo e simulação de Monte Carlo, justificando a importância deste assunto. Baseado nos conceitos e nos métodos de gerenciamento de risco pesquisados, é proposto um modelo focado na análise quantitativa do risco de prazo em projetos, de forma a atingir os objetivos deste trabalho. Através da utilização dos softwares @Risk e Microsoft Project e de um projeto exemplo, busca-se analisar o impacto de alterações em atividades críticas e não críticas sobre a distribuição da duração do projeto, usando as ferramentas disponíveis nos softwares. Por último, o trabalho apresenta uma aplicação prática do modelo proposto, que servirá de base a um projeto acadêmico, expondo a importância, as vantagens e a utilidade da consideração do risco em projetos através da utilização de softwares.

ABSTRACT

This graduation thesis has as its main objective the development of analyzes related to project risk management, emphasizing schedule risk. At first, the main concepts about projects, project management, risks, risk management, schedule risk management and Monte Carlo simulation are presented in order to justify the importance of the topic. Based on the concepts and risk management methods presented, a quantitative model to analyze schedule risks in projects has been developed in order to achieve the objectives of this report. By using softwares (@Risk and Microsoft Project) and a project situation example, the author performs a series of analyzes to check the impact in the duration of the project when changes on critical and non-critical activities are made. At last, the current report presents a practical use of the proposed model, which will serve as a cornerstone for an academic project that stress advantages and possible uses regarding the consideration of risks by using tools provided by softwares.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo do trabalho.....	3
1.2. Estrutura do trabalho	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Projeto	5
2.1.1. Sucesso e fracasso em projetos	7
2.1.2. Ciclo de vida de um projeto	8
2.2. Gerenciamento de Projetos.....	11
2.2.1. Processos de gerenciamento de projetos	14
2.2.2. Alternativas de aplicações de projetos	16
2.3. Risco.....	17
2.3.1. A História do Risco	18
2.4. Risco em Projetos.....	20
2.4.1. Probabilidade.....	26
2.4.2. Fontes de risco em projetos	29
2.4.3. Tipos de risco em projetos.....	30
2.5. Gerenciamento de Riscos em Projetos	34
2.5.1. Gerenciamento de riscos segundo PMBOK.....	40
2.5.2. Gerenciamento de riscos segundo Chapman e Ward	42
2.5.3. Gerenciamento de riscos segundo Grey	44
3. GESTÃO DE RISCO DE PRAZO EM PROJETOS	50
3.1. Análise quantitativa do risco de prazo	51
3.1.1. Elaboração da rede de atividades	54
3.1.2. Estimativas de duração das atividades	65
3.1.3. Efeitos de Correlação	71
3.1.4. Simulação de Monte Carlo	71
3.2. Softwares utilizados: Microsoft Project e @Risk	74
3.3. Método proposto.....	76

3.3.1. Definição do projeto.....	76
3.3.2. Planejamento do gerenciamento de risco	76
3.3.3. Identificação dos riscos e de suas causas	77
3.3.4. Análise qualitativa dos riscos.....	78
3.3.5. Planejamento de respostas aos riscos	78
3.3.6. Responsabilidade dos riscos.....	79
3.3.7. Análise agregada ou quantitativa dos riscos.....	79
3.3.8. Monitoramento, controle e revisão.....	79
4. APLICAÇÃO EXEMPLO	80
4.1. O projeto.....	80
4.2. A rede de atividades	80
4.3. Resultados com tratamento determinístico.....	87
4.4. Projeto com risco de prazo	90
4.4.1. Aumentar a variabilidade da duração de uma atividade não crítica.....	94
4.4.2. Verificar se o aumento da variabilidade da duração leva uma atividade a ter o maior impacto sobre a duração do projeto	97
4.4.3. Verificar se a redução da variabilidade da duração da atividade de maior criticidade melhora a duração do projeto	100
4.5. Resultados com tratamento probabilístico	103
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES FINAIS	104
6. BIBLIOGRAFIA.....	105
ANEXO A – Checklists de risco em projetos	108
ANEXO B – Resultados das simulações.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Visão do ciclo de vida do projeto. Adaptado de Vargas (2003).	9
Figura 2.2: Modelo de gestão de projetos na empresa. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).	12
Figura 2.3: Ligações entre os grupos de processo em cada fase. Adaptado de PMBOK (2004).	15
Figura 2.4: As funções básicas do gerenciamento de projetos. Adaptada de Cleland e Ireland (2000).	16
Figura 2.5: Um modelo de risco. Adaptado de Smith e Merritt (2002).	23
Figura 2.6: Gerenciamento de riscos como suporte do gerenciamento de projetos. Fonte: Grey (1995).	34
Figura 2.7: Gestão de riscos é a razão de ser do gerenciamento de projetos. Fonte: Grey (1995).	35
Figura 2.8: Gerenciamento de risco permeia todo o gerenciamento de projetos. Fonte: Grey (1995).	35
Figura 2.9: Opções eficientes de risco. Adaptado de Chapman e Ward (1997).	39
Figura 2.10: Definição de escalas de impacto para objetivos do projeto. Adaptado de PMBOK (2004).	41
Figura 2.11: <i>Flow chart</i> com a estrutura de fases do <i>Risk Management Process</i> (RMP), adaptado de Chapman e Ward (1997).	43
Figura 2.12: Comparação entre métodos de avaliação de risco e objetivos da análise de riscos. Adaptado de Grey (1995).	48
Figura 3.1: Exemplo de Diagrama de Flecha. Adaptado de PMBOK (2004).	56
Figura 3.2: Exemplo do diagrama de precedência. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).	57
Figura 3.3: Exemplo de diagrama condicional. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).	57
Figura 3.4: Algoritmo da simulação de Monte Carlo. Adaptada de Heizer e Render (2000) apud Carvalho e Rabechini Jr. (2005).	72
Figura 4.1: Rede de atividades do Projeto Conceitual de Engenharia.	86
Figura 4.2: Diagrama de Gantt.	89

Figura 4.3: Histograma com resultados da duração total do projeto.....	92
Figura 4.4: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto.	92
Figura 4.5: Resultados da análise de regressão.	93
Figura 4.6: Histograma com resultados da duração total do projeto–cenário 1.....	94
Figura 4.7: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto– cenário 1.	95
Figura 4.8: Histograma com resultados da duração da atividade 15–modelo inicial.	96
Figura 4.9: Histograma com resultados da duração da atividade 15 – cenário 1.....	97
Figura 4.10: Histograma com resultados da duração total do projeto – cenário 2.....	98
Figura 4.11: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto– cenário 2.	98
Figura 4.12: Histograma com resultados da duração da atividade 5–modelo inicial.	99
Figura 4.13: Histograma com resultados da duração da atividade 5–cenário 2.....	100
Figura 4.14: Histograma com resultados da duração total do projeto–cenário 3.....	101
Figura 4.15: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto– cenário 3.	101
Figura 4.16: Histograma com resultados da duração da atividade 17–modelo inicial.	102
Figura 4.17: Histograma com resultados da duração da atividade 17–cenário 3.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Comparação entre tópicos de projeto e de operações rotineiras. Fonte: Keeling (2002).....	6
Tabela 2.2: Comparação entre as características das atividades em curso e as dos projetos. Adaptada de Keeling (2002).....	6
Tabela 2.3: Fases e estágios no ciclo de vida do projeto. Adaptado de Chapman e Ward (1997).	11
Tabela 2.4: Tipo de integração e áreas de conhecimento. Fonte: Carvalho e Rabechini Jr. (2005)	13
Tabela 2.5: Principais categorias de risco. Adaptada de Hayes et al. (1986) apud Raftery (1994).	30
Tabela 2.6: Tipos de estratégia de resposta aos riscos. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).	41
Tabela 4.1: Lista de atividades do projeto exemplo.....	83
Tabela 4.2: Resultados com tratamento determinístico.....	88
Tabela 4.3: Alteração nos parâmetros da duração da atividade 15.	94
Tabela 4.4: Frequência em que a folga total da atividade 15 foi igual a zero.....	95
Tabela 4.5: Alteração nos parâmetros da duração da atividade 5.	97
Tabela 4.6: Alteração nos parâmetros da duração da atividade 17.	100

1. INTRODUÇÃO

Keeling (2002) expõe que projetos têm sido realizados desde a Idade Antiga, porém somente nos últimos anos o gerenciamento de projetos tem evoluído. A maioria dos projetos das civilizações antigas relacionava-se a poder, religião ou construção de monumentos grandiosos. O custo, um dos fatores de maior importância nos dias de hoje, tinha pouco significado para os governantes do passado. O tempo, outro fator importante e estritamente ligado ao custo do projeto, possuía importância apenas secundária. Concluir o projeto dentro do prazo raramente era considerado um sucesso. Esse descaso em relação ao prazo foi demonstrado em diversas oportunidades, desde Abusir, no Egito, local em que uma pirâmide não foi concluída a tempo para a morte de seu patrocinador, às construções das grandes catedrais, que se estendiam por séculos. Antigamente, os fatores críticos de sucesso em um projeto de construção eram a beleza, a durabilidade da estrutura e a qualidade da mão-de-obra. Atualmente, custo e prazo são os fatores dominantes.

É neste contexto que os projetos contemporâneos são executados. Pode-se dizer que as organizações do mundo atual buscam atender as necessidades do seu mercado consumidor, num prazo menor, utilizando menos recursos e oferecendo produtos de maior qualidade. Os projetos baseiam-se em estimativas e projeções sobre o futuro de um mundo cada vez mais dinâmico. Neste ambiente, a quantidade de incertezas é maior e portanto o risco de o projeto fracassar costuma ser alto.

De um modo simples, pode-se relacionar as dimensões prazo, custo e qualidade de um projeto. A qualidade refere-se ao atendimento das especificações do cliente, ou seja, do cumprimento de suas necessidades e de seus requisitos. É intuitivo que, para efetuar uma atividade com maior qualidade, é necessário uma quantidade maior, ou melhor, de recursos (aumento nos custos) e um tempo maior (aumento no prazo). Caso o prazo seja menor, a qualidade do produto poderá ser comprometida, uma vez que há a possibilidade de faltar tempo para a execução de algumas atividades, e os recursos serão explorados, aumentando o custo. Por fim, caso o custo seja reduzido, o prazo também deve ser reduzido, uma vez que não há como remunerar os recursos, de modo a afetar a qualidade do produto. Assim,

verifica-se que há uma relação de *trade-offs*¹ entre estes três elementos: para melhorar a performance de um dos fatores, os outros dois serão comprometidos.

Martinez (2004) expõe que os problemas de custo, prazo e qualidade são inerentes ao projeto, porém podem ser minimizados através do gerenciamento efetivo de riscos do projeto. A utilização de um processo de planejamento da resposta ao risco não só possibilita a economia de tempo e dinheiro, mas também auxilia no atendimento das expectativas do usuário.

Pode-se afirmar que todos os projetos serão considerados bem-sucedidos somente se atenderem às metas de custo, prazo e qualidade. Assim, o gerenciamento de riscos torna-se uma ferramenta fundamental na busca por estes resultados.

Martinez (2004) complementa que a adoção de um método possibilita a redução da resposta tardia aos riscos, que poderá comprometer o sucesso do projeto, total ou parcial. Um método é composto por estrutura das atividades, produtos do projeto, técnicas e ferramentas, papéis e responsabilidades das diversas pessoas envolvidas e critérios de verificação dos produtos gerados.

Dentre os fatores críticos de sucesso de um projeto, o prazo foi escolhido por ser uma variável mais complexa do que o custo, e possibilitar mais análises quantitativas do que a qualidade. Além disso, o gerenciamento do risco de prazo relaciona-se ao Planejamento e Programação de Projetos, outro campo da Engenharia de Produção. Outro fator que motivou este projeto foi a disponibilidade do software @Risk, que é específico para a análise de riscos em projetos e utiliza a simulação de Monte Carlo para gerar resultados e cenários prováveis. Assim, com este trabalho busca-se avaliar as qualidades e a usabilidade do software.

Através da elaboração da rede de atividades do projeto, é possível utilizar a simulação de Monte Carlo como uma ferramenta para analisar e identificar, realistamente, como a duração do projeto irá se comportar. A simulação produz resultados com probabilidade de ocorrência real, e auxilia em mostrar qual será o desempenho das atividades do projeto. Obviamente, a qualidade dos resultados apresentados pela simulação depende da sua estrutura e da qualidade das informações de entrada.

¹ *Trade-off*: troca de um fator para obter outro, especialmente referindo-se a um benefício ou vantagem por algo considerado mais desejável em detrimento de outro.

Dado que as estimativas de durações das atividades são incertas, já que se referem a uma possibilidade no futuro, há um risco de o projeto não ser concluído dentro do prazo combinado. Dependendo do tipo de contrato, este atraso no término do projeto poderá acarretar em multas pesadas.

Para medirmos qual o prazo previsto de conclusão do projeto, é necessário realizar uma análise sobre a duração de cada uma de suas atividades e do risco de essas durações variarem de acordo com outros fatores. O impacto que a variação do prazo terá no projeto será tanto sobre os custos quanto sobre a qualidade do projeto.

1.1. Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre risco em projetos, focando o risco de prazo. Foram estudados diversos materiais publicados sobre o assunto, muitos dos quais são citados ao longo do trabalho.

Após o estudo da bibliografia, é proposto um modelo de análise quantitativa do risco de prazo criado a partir de elementos dos métodos pesquisados. Este método é testado através da aplicação exemplo. Utilizando os softwares Microsoft Project e @Risk, procura-se analisar o impacto de uma atividade, seja ela integrante ou não do caminho crítico, sobre o prazo final do projeto. Em seguida, busca-se melhorar a distribuição do prazo final do projeto. As análises são realizadas com base as ferramentas disponíveis nos softwares.

Por fim, o último objetivo deste trabalho é criar uma aplicação exemplo para um projeto acadêmico, que mostre aos alunos a importância da análise do risco de prazo, a utilidade e os benefícios de sua análise quantitativa através da simulação de Monte Carlo nos softwares Microsoft Project e @Risk.

1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

O Capítulo 2 – “Revisão Bibliográfica” mostra os principais conceitos relativos aos assuntos: projetos, gerenciamento de projetos, riscos, risco em projetos e gerenciamento de risco em projeto.

O Capítulo 3 – “Gestão de Risco de Prazo em Projetos” apresenta um estudo sobre técnicas utilizadas no gerenciamento de risco de prazo, com ênfase na análise quantitativa. Com base na revisão bibliográfica, é proposto um modelo de gerenciamento de risco de prazo. Ademais, é apresentada uma justificativa da escolha dos softwares Microsoft Project e @Risk.

No Capítulo 4 – “Aplicação Exemplo”, aplica-se o modelo proposto em um projeto exemplo e são mostrados todos os passos executados e os resultados encontrados, com destaque para a simulação no Microsoft Project e @Risk.

No Capítulo 5 – “Conclusões Finais” é apresentada uma análise geral deste trabalho e as conclusões finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem como objetivo apresentar um estudo realizado sobre a bibliografia existente de gerenciamento de projetos, com ênfase no gerenciamento do risco de prazo.

2.1. Projeto

O PMBOK (2004, p. 5) define projeto como “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”, através do qual é possível atingir objetivos estratégicos da organização não supridos pelas suas atividades e processos normais. Já Woiler e Mathias (1996, p. 27) entendem que projeto é “o conjunto de informações internas e/ou externas à empresa, coletadas e processadas com o objetivo de analisar-se (e, eventualmente, implantar-se) uma decisão de investimento”. Os autores mencionam que a classificação do projeto por tipos depende do objetivo da classificação:

- *Ponto de vista macroeconômico*: o projeto pode ser agrícola, industrial ou de serviços;
- *Ponto de vista microeconômico* (impacto na empresa): o projeto pode ser de implantação, de expansão ou ampliação, de modernização, de realocação ou de diversificação;
- *Em função do uso para a empresa*: neste caso, o projeto pode ser de viabilidade, final ou de financiamento. O projeto de viabilidade é um projeto de estudo e análise, ou seja, “quando surge a idéia (ou a oportunidade) de investir, começa o processo de coleta e processamento de informações que, devidamente analisadas, permitirão testar a sua viabilidade”. (WOILER; MATHIAS, 1996, p. 27).

Woiler e Mathias (1996) definem o projeto final como um conjunto de informações, no qual a grande maioria dos parâmetros críticos para a fase de

implantação já estão definidos. Assim, este tipo de projeto é um documento auxiliar ao processo de acompanhamento do projeto.

Por fim, Woiler e Mathias (1996) explicam que um projeto de financiamento é realizado para atender às exigências e quesitos de órgãos financiadores ou concedentes de incentivos.

Chapman e Ward (1997) destacam que um projeto tem a natureza de induzir mudanças, através da organização de uma variedade de recursos sob restrições significativas e tendo os objetivos como um dos pilares da sua definição.

As tabelas 2.1 e 2.2, que comparam exemplos e características de projetos e de operações rotineiras, ajudam a obter uma melhor compreensão sobre as diferenças entre os dois tipos de atividades.

Projeto	Atividades contínuas
Estabelecer um novo negócio	Administrar um negócio consolidado
Instalar um sistema de plataformas de microondas	Fornecer instalações de controle de tráfego aéreo
Construir um novo porto marítimo	Operar um terminal oceânico
Introdução de controle de estoque computadorizado	Administração rotineira de estoque
Desenvolver uma concessão para exploração de minério	Produção lucrativa de minério
Construir uma usina nuclear	Fornecer suprimento constante de energia elétrica

Tabela 2.1: Comparação entre tópicos de projeto e de operações rotineiras. Fonte: Keeling (2002).

Rotinas contínuas, de longo prazo	Projeto
Perspectivas e objetivos amplos relacionados à sobrevivência.	Duração fixa.
Planejamento de longo prazo dominante, estratégias e funções de longo prazo.	Perspectiva limitada / objetivos precisos.
Flexibilidade de estratégias, táticas e utilização de recursos.	Resultados de planejamento previsíveis e precisos.
Decisões estruturadas, poucas restrições, perspectiva ampla.	Controle dominante.

Tabela 2.2: Comparação entre as características das atividades em curso e as dos projetos. Adaptada de Keeling (2002).

De acordo com Vargas (2003), as principais características de um projeto são:

- *Temporalidade*: todo projeto tem duração definida, ou seja, possui início e fim bem definidos. Wideman (1991) apud Vargas (2003) afirma que o ciclo de vida do projeto caracteriza esta temporalidade;
- *Individualidade*: o produto ou serviço de cada projeto é único, de modo que suas características devem ser progressivamente elaboradas, para garantir suas especificações;
- *Empreendimento não-repetitivo*: o projeto é um evento que não faz parte da rotina da empresa;
- *Seqüência clara e lógica de eventos*: o projeto é composto por atividades logicamente encadeadas, permitindo acompanhamento e controle precisos durante sua execução;
- *Início, meio e fim*: o projeto é temporal, ou seja, possui um determinado ciclo de vida;
- *Objetivo claro e definido*: todo projeto possui metas e resultados bem estabelecidos a serem atingidos em sua finalização;
- *Conduzido por pessoas*: o pilar fundamental do projeto é o homem;
- *Projetos utilizam recursos*: todo projeto utiliza recursos especificamente alocados a determinados trabalhos;
- *Parâmetros predefinidos*: todo projeto necessita de valores estabelecidos para prazos, custos, recursos (pessoas e materiais), equipamentos e qualidade desejada. Apesar de ser impossível definir previamente valores precisos, estes parâmetros serão claramente identificados e quantificados no decorrer do projeto.

2.1.1. Sucesso e fracasso em projetos

Vargas (2003) diz que um projeto é considerado bem-sucedido quando é realizado conforme o planejado, ou seja, o projeto foi concluído dentro do prazo e do orçamento previsto e com o mínimo possível de alterações no seu escopo, utilizando eficientemente os recursos (materiais, equipamentos e pessoas), atingindo a

qualidade e a performance desejada, sendo aceito sem restrições pelo cliente, não provocando alterações nas atividades normais da organização e não agredindo a cultura da organização.

Kerzner (2002) apud Martinez (2004) divide o sucesso de um projeto em fatores primários e secundários. Os fatores primários correspondem à conclusão do projeto atingindo seus três principais objetivos: prazo, custo e qualidade (desempenho ou especificação). Já os fatores secundários referem-se à aceitação do projeto pelo cliente ou usuário, com poucas mudanças ou mudanças mutuamente acordadas de escopo, sem que o fluxo principal de trabalho da organização tenha sido afetado e sem mudanças na cultura corporativa.

Gilbreath (1986) apud Martinez (2004) afirma que há três razões principais para o fracasso:

- *Fracasso geral potencial*: por se tratar de um projeto (riscos inerentes ao próprio projeto);
- *Fracasso específico potencial*: devido à unicidade do projeto (riscos aceitos com o projeto);
- *Fracasso específico gerado pela organização e atividade do projeto* (riscos criados durante o projeto).

2.1.2. Ciclo de vida de um projeto

O conjunto das fases de um projeto é conhecido como o ciclo de vida de um projeto. Devido às características de um projeto (apresentadas no item acima), sua divisão em fases tem como objetivo proporcionar um melhor controle gerencial. Kerzner (1982) afirma que o entendimento dessas fases permite ao time do projeto um melhor controle do total de recursos utilizados para atingir as metas estabelecidas. Shtub, Bard e Globerson (1994, p. 24) complementam que:

Devido ao grau em que os projetos diferem nos seus principais atributos, tais como prazo, custo, tipo de tecnologia utilizada e fontes de incerteza, é difícil generalizar as dificuldades operacionais e

técnicas encontradas. É possível, entretanto, discutir algumas estratégias e táticas que são relevantes à maioria dos projetos.

Vargas (2003) explica que o ciclo pode ser dividido em um conjunto de fases, normalmente fixas para todos os tipos de projetos, sendo que cada fase é subdividida em estágios, específicos da natureza do projeto. Finalmente, esses estágios são subdivididos em atividades. Esta visão é mostrada na figura 2.1.

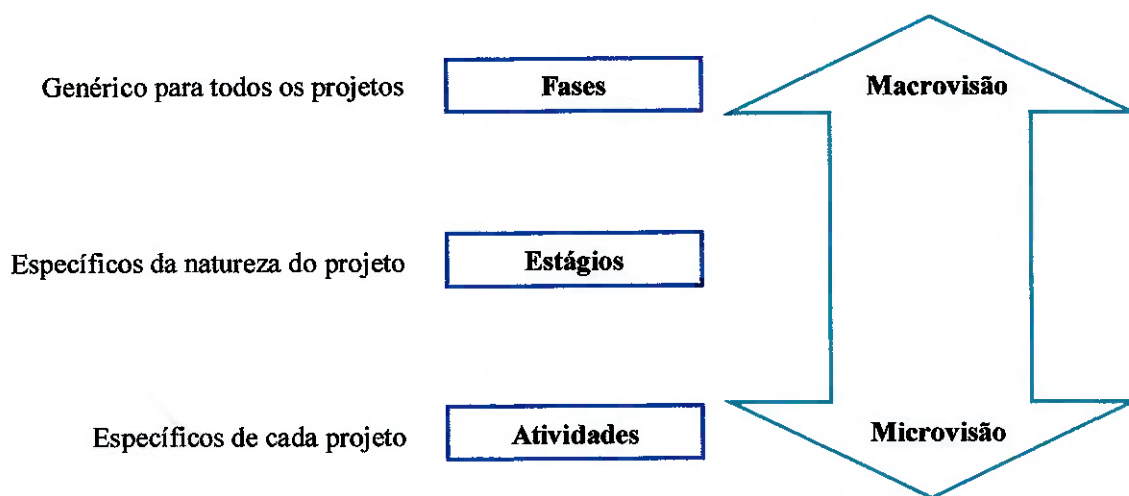


Figura 2.1: Visão do ciclo de vida do projeto. Adaptado de Vargas (2003).

Chapman e Ward (1997) dizem que o ciclo de vida do projeto é um modo conveniente de conceituar a estrutura genérica de um projeto ao longo do tempo. Normalmente, é dividido em quatro fases, que são diferenciadas pelo nível de recursos empregados, o grau de definição, o nível de conflito, a taxa de gastos e assim por diante. De acordo com o PMBOK (2004), para cada fase do ciclo de vida são definidos os trabalhos técnicos que serão realizados e as pessoas envolvidas nas atividades. Keeling (2002) aponta que todos os projetos passam pelas mesmas fases do ciclo de vida, porém as curvas do ciclo de vida de projetos distintos são sempre diferentes.

As fases do ciclo de vida do projeto, definidas por vários autores, são apresentadas abaixo:

- *Fase de conceituação ou iniciação*: é a fase inicial do projeto, na qual uma necessidade identificada é transformada em um problema estruturado. A missão e o objetivo do projeto são definidos, é realizada uma análise de mercado, são levantadas previsões e alternativas, faz-se uma análise inicial do custo, do prazo e da performance técnica;
- *Fase de planejamento ou definição*: consiste em um refinamento da fase de conceituação. Elabora-se o plano do projeto, no qual busca-se sua estruturação, sua viabilização operacional e a definição de parâmetros como prazo, custo, performance técnica e recursos necessários. Os resultados do projeto devem ser adequados à operação e à estratégia da organização;
- *Fase de implementação ou execução*: é a materialização do plano de execução operacional, na qual os resultados são produzidos, de modo que o processo, o produto ou serviço sejam efetivos, econômicos e sustentáveis;
- *Fase operacional*: são implementados os resultados, que devem ser econômicos, viáveis, praticáveis e atrativos. Alguns autores incluem esta fase na fase de implementação;
- *Fase de controle*: ocorre paralelamente às fases de planejamento, de implementação e operacional. Realiza-se uma comparação entre o status do projeto e o status previsto pelo planejamento. Caso seja necessário, são tomadas ações corretivas;
- *Fase de finalização*: é a última fase do projeto, na qual é efetuada a saída do negócio, seja por perda de demanda dos clientes ou pelo surgimento de novos produtos. Além disso, é avaliado o sucesso do projeto, é realizada a consolidação das lições aprendidas e há realocação dos recursos. Esta fase pode ser uma entrada para a fase de conceituação de um novo projeto.

Chapman e Ward (1997) dividem as quatro fases típicas em oito estágios, de modo a facilitar a identificação das fontes de riscos. Para realçar onde os riscos em particular surgem no ciclo de vida do projeto e onde o gerenciamento de risco pode ser mais efetivo, os autores recomendam dividir os estágios em um grande número de passos. Além disso, os autores defendem que é desejável que o gerenciamento de

risco seja iniciado nas fases iniciais do ciclo de vida, antes que recursos consideráveis já tenham sido comprometidos.

Fases	Estágios
Conceituação	Conceber
Planejamento	Projetar
	Planejar
	Alocar
Execução	Executar
Finalização	Entregar
	Revisar
	Apoiar

Tabela 2.3: Fases e estágios no ciclo de vida do projeto. Adaptado de Chapman e Ward (1997).

2.2. Gerenciamento de Projetos

De acordo com a definição do PMBOK (2004, p. 8), gerenciamento de projetos é “a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos”. O PMBOK (2004) divide o gerenciamento de projetos em nove áreas de conhecimento (vide figura 2.2):

- *Gerenciamento da integração do projeto*: são os processos que asseguram a coordenação entre os diversos elementos de um projeto;
- *Gerenciamento do escopo do projeto*: processos necessários para garantir que o projeto contemple somente o trabalho necessário para atingir os seus objetivos, ou seja, cuida da abrangência do projeto;
- *Gerenciamento do tempo do projeto*: processos que buscam completar o projeto dentro do prazo previsto;
- *Gerenciamento do custo do projeto*: são os processos que asseguram que o projeto seja finalizado dentro do orçamento previsto;
- *Gerenciamento da qualidade do projeto*: processos que certificam que as necessidades que originaram o projeto sejam satisfeitas;

- *Gerenciamento dos recursos humanos do projeto*: processos necessários para proporcionar a melhor utilização dos recursos humanos do projeto;
- *Gerenciamento das comunicações do projeto*: são os processos que garantem a geração, coleta, disseminação, armazenamento e destinação final das informações do projeto, de forma adequada e no tempo certo;
- *Gerenciamento dos riscos do projeto*: são os processos que dizem respeito à identificação, análise e resposta aos riscos do projeto;
- *Gerenciamento das aquisições do projeto*: processos que asseguram a aquisição de mercadorias e serviços fora da organização do projeto.



Figura 2.2: Modelo de gestão de projetos na empresa. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).

De acordo com Carvalho e Rabechini Jr. (2005), a gestão da integração do projeto exerce papel essencial, uma vez que cria as condições propícias para seu desenvolvimento adequado, além de coordenar os vários planos e de controlar as alterações realizadas. Ou seja, durante o processo de integração, deve ser realizada uma associação entre as diversas áreas de conhecimento, que é exemplificada na

tabela 2.4. As questões apresentadas auxiliam no momento de definição da integração.

Integração	Questões
Escopo x Prazo	Todos os pacotes de trabalho estão cobertos na programação dos tempos?
Escopo x Recursos Humanos	Todos os pacotes de trabalho apresentam-se com os devidos responsáveis? É possível associar quem faz o quê?
Prazo x Recursos Humanos	Dado uma programação necessária é possível associá-la às disponibilidades de recursos?
Escopo x Custos	Todos os pacotes de trabalho apresentam custos de mão-de-obra e aquisições?
Recursos Humanos x Custos	É possível identificar os desembolsos de recursos humanos e aquisições?
Recursos Humanos x Comunicação	Os interessados estão recebendo informações adequadas?
Prazo x Suprimentos	Quando e onde devem chegar as aquisições?
Qualidade x Prazo	Quando e como fazer as inspeções do projeto? Quais variáveis devem ser medidas ao longo do projeto?
Prazo x Risco	Quando fazer as avaliações de risco?
Custo x Risco	Quais os custos dos eventos incertos?
Escopo x Prazo x Custo	Os indicadores de resultado do projeto poderão ser gerenciados? Existe um sistema de indicadores (EVMS) previsto para ser utilizado no gerenciamento do projeto?
Custo x Escopo	Qual o custo das mudanças?
Comunicação x Prazo	Há uma programação de reuniões do projeto segundo o planejamento de avanços?

Tabela 2.4: Tipo de integração e áreas de conhecimento. Fonte: Carvalho e Rabechini Jr. (2005)

O PMBOK (2004) diz que o gerenciamento do valor agregado (*Earned Value Management* – EVM) é uma das técnicas utilizadas para integrar o escopo, o cronograma e os recursos do projeto. Através desta técnica também é possível medir o desempenho do projeto, do início até a conclusão.

O PMBOK (2004) classifica o Controle Integrado de Mudanças como um dos processos da Gerência de Integração do Projeto. Este processo consiste em coordenar as mudanças nas áreas de conhecimento. Por exemplo, uma mudança no prazo frequentemente afetará o custo, o risco, a qualidade e a alocação de pessoal.

Como medida da importância do gerenciamento de projetos, Cleland e Ireland (2000) citam o grande número de associações profissionais ao redor do mundo, em que a quantidade de membros varia de algumas centenas a alguns milhares. As associações profissionais consistem em um grupo de profissionais do mesmo ramo que se unem, porque um grupo tem um potencial maior de alcançar seus objetivos do que um indivíduo.

A maior e mais conhecida associação de gerenciamento de projetos é o PMI (*Project Management Institute*), com sede em Newtown Square, Pensilvânia, Estados Unidos. O PMI foi fundado em 1969 com o objetivo de promover o gerenciamento de projetos, como pode ser notado através de sua missão: “gerar e promover a excelência dentro do campo de gerenciamento de projetos e por todas as comunidades profissionais do mundo”. Atualmente, o PMI possui mais de 200.000 membros em 125 países. Uma das publicações mais famosas do PMI é o PMBOK (*Project Management Book of Knowledge*), também usado como fonte de pesquisa para este trabalho. O PMBOK consiste em uma metodologia de gerenciamento de projetos e até o ano 2000 foi distribuído para mais de 450.000 pessoas.

2.2.1. Processos de gerenciamento de projetos

Segundo o PMBOK (2004), cada uma das nove áreas explicadas acima é composta por processos de gerência de projetos. Estes processos são organizados em cinco grupos, sendo que cada um deles contém um ou mais processos:

- *Processos de iniciação*: definição ou autorização formal para o início do projeto ou uma fase do projeto;
- *Processos de planejamento*: definição e refinamento dos objetivos. Seleção do melhor caminho para atender os objetivos do projeto;
- *Processos de execução*: coordenar recursos (humanos e outros) para a realização do plano operacional do projeto;
- *Processos de controle*: monitoração do progresso do projeto, de modo a identificar desvios do plano e aplicar ações corretivas;

- *Processos de encerramento*: formalizar a aceitação da fase ou do projeto, encerrando-o de forma organizada.

Os grupos de processos são ligados pelos resultados produzidos – a saída de um processo corresponde à entrada do próximo processo. Durante o processo, são utilizadas ferramentas e técnicas sobre as entradas para produzir as saídas.

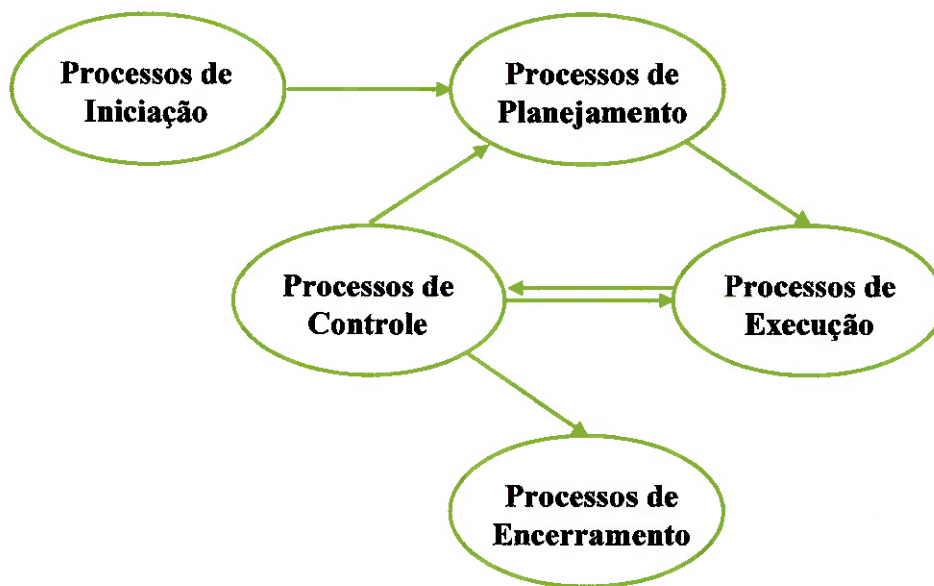


Figura 2.3: Ligações entre os grupos de processo em cada fase. Adaptado de PMBOK (2004).

Já Cleland e Ireland (2000) dividem as funções básicas do gerenciamento de projetos em cinco processos:

- *Planejar*: determinar os objetivos, metas e estratégias do projeto, estimativa grosseira de técnicas e recursos necessários;
- *Organizar*: quem está envolvido e porquê;
- *Motivar*: o que leva a equipe do projeto a obter a melhor performance;
- *Direcionar*: o que influencia o quê e quando;
- *Controlar*: quem julga os resultados e quais os padrões.

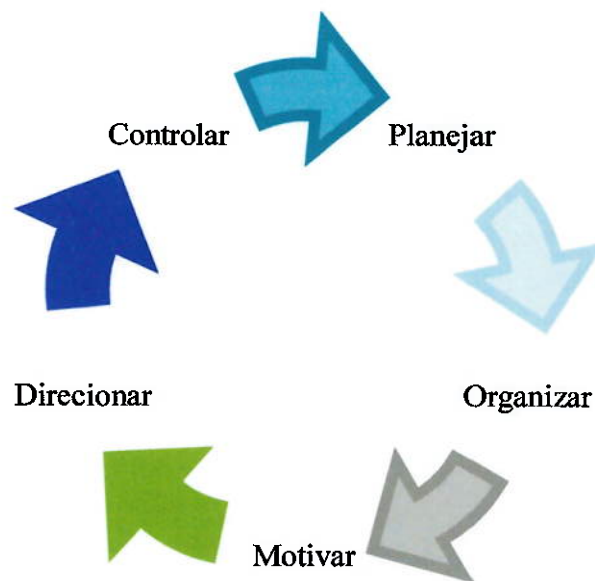


Figura 2.4: As funções básicas do gerenciamento de projetos. Adaptada de Cleland e Ireland (2000).

2.2.2. Alternativas de aplicações de projetos

Cleland e Ireland (2000) e Keeling (2002) apresentam algumas alternativas de aplicações de projetos:

- *Times alternativos (não-tradicionais) de projetos*: indicado para iniciativas multifuncionais e multi-organizacionais;
- *Reengenharia através de times de projetos*: a reengenharia é o replanejamento e o redesenho radical dos processos de negócio, para atingir melhorias dramáticas em performance organizacional, tais como custo, qualidade, serviço ou velocidade;
- *Engenharia concorrencial ou simultânea (concurrent engineering)*: é uma abordagem sistemática e simultânea de integração do desenvolvimento de produtos ou serviços e seus processos organizacionais relacionados, com o objetivo de encurtar o cronograma de algumas atividades e reduzir os problemas de controle do projeto.
- *Gerenciamento de projetos pequenos*: os projetos pequenos são aqueles que buscam lidar com as mudanças causadas por pequenos ajustes em produtos,

serviços e processos organizacionais. Podem ser gerenciados da mesma forma que os projetos grandes, porém com menos recursos;

- *Gerenciamento de projetos múltiplos*: consultores e empreiteiros especializados em projetos são utilizados em diversos projetos, oferecendo uma diversidade de recursos de especialistas prontamente disponíveis. Segundo Keeling (2002), a administração de projetos múltiplos vincula um conjunto de projetos tanto estrategicamente, através do planejamento de portfólio, quanto tecnologicamente, devido a componentes comuns, ou ainda mediante a sobreposição da administração de projetos. É muito utilizado em empresas com muitos projetos pequenos, por razões econômicas e de uso eficiente de recursos. Podem utilizar planos padrões;
- *Times de produção autogerenciáveis (SMPT – Self-Managed Production Team)*: time organizado e dedicado para gerenciar e criar bens e serviços oferecidos pela empresa. Por exemplo, desenho de postos de trabalho e de métodos de trabalho, definição de metas e prioridades;
- *Times de benchmarking*: time interdisciplinar que compara a organização com os competidores e as empresas de melhor performance da indústria;
- *Programas*: muitas organizações, como instituições de pesquisa e agências de ajuda internacionais, administram programas prolongados de projetos complementares para atingir objetivos amplos ou de longo alcance em um determinado campo de atuação.

2.3. Risco

De acordo com Bernstein (1996), a palavra “risco” tem origem no italiano antigo *riscare*, que significa “ousar”. Neste sentido, risco é uma escolha, e não um destino.

Historicamente, o risco está ligado a jogos de azar e a apostas. As pessoas jogam e apostam com o pensamento de que irão ganhar, motivadas pelo sentimento de possuírem uma poderosa aliada ao seu lado: a sorte.

Rodrigues (2001) apresenta um conceito informal do processo de análise do risco: primeiro, a pessoa tem consciência de que uma situação é arriscada, porque existe a possibilidade de não dar certo. Então, a pessoa se pergunta porque a situação pode não ocorrer conforme o planejado. Em seguida, esta pessoa analisa quais serão as consequências se a situação der errado e o que ela pode fazer para reduzir este risco. Por fim, a pessoa pode criar alternativas para consertar a situação após sua ocorrência, ou seja, criar alternativas para reduzir as consequências do risco.

De acordo com Rodrigues (2001), a teoria do risco trata da variabilidade e incerteza associadas ao risco. A autora afirma que o conhecimento e entendimento das causas e do impacto diminui o risco, porém, não o elimina, porque alguns riscos são inerentes ao negócio.

2.3.1. A História do Risco

Segundo Bernstein (1996), a fronteira entre os tempos antigos e os modernos não é definida pelo progresso da ciência, da tecnologia ou do capitalismo, mas pela idéia de que é possível dominar o risco, ou seja, de que não estamos passíveis às vontades da natureza. O risco passou de inimigo a oportunidade, e o futuro foi colocado a serviço do presente.

A transformação na atitude em relação ao gerenciamento de risco, que foi gerada pelas realizações de um grupo de pensadores, transformou a paixão humana por jogos e apostas em crescimento econômico, seguros contra riscos, aumento da qualidade de vida e progresso tecnológico.

Bernstein (1996) relata que, apesar de o passado ter sido repleto de cientistas, matemáticos, inventores, tecnólogos e filósofos políticos brilhantes, apenas na época do Renascimento (século XVII), época em que crenças antigas eram desafiadas, apareceram os primeiros estudos sérios sobre o risco. Em 1654, Chevalier de Méré, um nobre francês, desafiou o famoso matemático francês Blaise Pascal a resolver um enigma: como dividir as apostas de um jogo de azar não terminado entre dois jogadores quando um deles está em vantagem. Pascal pediu ajuda a Pierre de Fermat, advogado e matemático brilhante, e juntos descobriram a Teoria das Probabilidades,

que é o coração matemático do risco. A partir de então, as pessoas podiam pela primeira vez tomar decisões e prever o futuro com a ajuda de números.

O conceito moderno de risco tem origem no sistema numérico hindu-arábico, que chegou ao Ocidente entre 700 e 800 anos atrás. Antes deste sistema, havia os sistemas hebraico, grego e romano, que usavam letras para efetuar contas e cálculos. A peça central do sistema hindu-arábico é a invenção do zero. O conceito do zero era difícil de ser entendido por pessoas que usavam a contagem para manter um registro do número de animais mortos ou o número de dias viajados.

Sem os números, não há probabilidades. Porém, os árabes, inventores dos números e matematicamente avançados, não desenvolveram a teoria das probabilidades nem o gerenciamento de riscos. Bernstein (1996) acredita que é devido à sua visão de vida. A idéia de gerenciamento de risco só aparece quando as pessoas acreditam que são, em algum grau, agentes livres, isto é, que quem determina o nosso futuro somos nós mesmos, e não o destino ou os deuses. É devido a esta visão da vida que, apesar de tantos terem chegado perto, a teoria da probabilidade só foi descoberta em 1654. Assim como os gregos e os primeiros cristãos, os muçulmanos fatalistas não estavam prontos a fazer este salto.

A Teoria da Probabilidade é um instrumento sério para a previsão de fatos, porém depende da qualidade da base de dados. Jacob Bernoulli (século XVII) diz que, em condições similares, a ocorrência (ou não) de um evento no futuro seguirá o mesmo padrão observado no passado. Porém, na vida real são pouquíssimos os casos nos quais temos informações completas de modo a usarmos regras de probabilidades para fazer uma previsão válida.

Bernstein (1996) mostra que, basicamente, há duas correntes de gerenciamento de risco: baseada no passado, ou seja, em números e em análises matemáticas, ou baseada no futuro (percepções subjetivas). Para escolher qual corrente é a mais adequada, deve-se avaliar até que ponto o que aconteceu no passado influencia o futuro. Porém, deve-se tomar cuidado para que o julgamento não seja baseado somente em números, porque eles não possuem alma e julgamento, podendo tornar-se ameaças ao invés de benefícios.

2.4. Risco em Projetos

A origem do risco reside nas incertezas presentes em todos os projetos. O PMBOK (2004, p. 238) define risco do projeto como “um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto, como tempo, custo, escopo ou qualidade”.

Chapman (1991) apud Raftery (1994, p. 6) cita uma outra definição de risco: “exposição à possibilidade de perda ou ganho econômico e financeiro, dano físico ou lesão, ou atraso como uma consequência de incerteza associada a perseguir um curso particular de ação”.

De acordo com Raftery (1994, p. 5), risco é um conceito abstrato. É difícil de definir e, na maioria dos casos, impossível de medir com alguma precisão. No contexto de projetos, uma definição viável de risco e incerteza é: “risco e incerteza caracterizam situações em que o resultado real de um evento ou atividade em particular provavelmente desvia do valor estimado ou previsto”. Muitas decisões de negócios são tomadas com base em expectativas sobre o futuro, que é amplamente desconhecido. Assumir riscos envolve tomar decisões com base em suposições, expectativas, estimativas e previsões de eventos futuros.

Hilson (2001) apud Carvalho (2003) complementa que o risco de um projeto inclui tanto as ameaças (*downside risk*) quanto as oportunidades (*upside risk*) a seus objetivos, ou seja, o resultado do projeto pode ser melhor ou pior do que o previsto.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005, p. 267) defendem que “o risco é inerente à atividade do projeto, muitas vezes o gerenciamento de risco se confunde com o próprio gerenciamento de projetos”. A relação entre projeto e risco é muito forte e explícita, e pode ser percebida quando entendemos o tipo de projeto e a importância do risco:

Se estivermos desenvolvendo um projeto no limiar da fronteira tecnológica ou projetos muito complexos, que envolvem centenas de empresas subcontratadas, a gestão de risco é uma área crítica. Por outro lado, projetos com pequeno conteúdo inovador, como atualizações de modelos, que envolvem alguns aspectos rotineiros, tendem a ter melhor compreensão dos riscos e de sua mensuração em

termos de probabilidade e impacto. (CARVALHO; RABECHINI JR., 2005, p. 267).

Raftery (1994) e Woiler e Mathias (1996) discutem a diferenciação entre risco e incerteza. Geralmente, diz-se que o risco possui atributos quantificáveis, ou seja, os estados futuros possíveis e suas respectivas probabilidades de ocorrência são conhecidos, enquanto a incerteza não possui atributos quantificáveis. Desse modo, o risco surgiu após a descoberta da avaliação estatística da probabilidade de ocorrência de um evento em particular.

Esta distinção entre incerteza e risco tem um valor conceitual, pois incerteza relacionada a um evento de alto impacto representa um maior desconhecimento do que um risco quantificado ligado a este mesmo evento. Raftery (1994) afirma que, para objetivos práticos de tomada de decisão em gerenciamento de projetos, esta distinção tem pouca utilidade. Afinal, para aqueles que fazem a distinção, a única diferença entre risco e incerteza é o grau de conhecimento pessoal sobre um evento futuro. Desse modo, risco e incerteza podem ser vistos como extremidades de algo contínuo.

De acordo com Raftery (1994), poucas decisões de negócios são estaticamente repetíveis. Poucos eventos possuem apoio estatístico na forma de dados históricos detalhados relevantes para a decisão a ser tomada. A maioria das decisões deste tipo são questões de julgamento, algumas vezes apoiadas por dados. A análise de risco tenta aumentar o valor desses julgamentos ao possibilitar que os tomadores de decisão usem todo o seu conhecimento e experiência através da consideração formal do risco e da incerteza. Para a maioria das decisões há quatro principais categorias de risco:

- Alta probabilidade – alto impacto
- Baixa probabilidade – alto impacto
- Alta probabilidade – baixo impacto
- Baixa probabilidade – baixo impacto

Os impactos podem ser positivos ou negativos. O tipo menos importante de risco é o de baixa probabilidade e baixo impacto. Entretanto, este tipo de risco também deve ser avaliado para determinar se há um potencial de induzir operações não críticas ao caminho crítico ².

Keeling (2002) explica que uma variação do risco entre o mínimo e o traumático produzirá consequências:

- No resultado do projeto e no atendimento dos objetivos (o projeto fracassará em parte ou completamente);
- Na duração, isto é, estouro considerável do prazo e atraso na conclusão, custo excessivo, fracasso na apresentação de resultados e não atendimento da qualidade especificada durante o ciclo de vida do projeto.

Smith e Merritt (2002) propõem um modelo no qual o risco é dividido em componentes, para facilitar o seu gerenciamento. Dependendo da complexidade do projeto, é possível simplificar ou adicionar etapas ao modelo:

- *Evento de risco*: definição clara do risco;
- *Impacto do risco*: a perda que pode ser gerada caso o evento de risco ocorra;
- *Perda total*: um número que representa a perda gerada caso o evento de risco e o seu impacto ocorram. Os autores recomendam expressar a perda total em unidades de tempo ou dinheiro;
- *Direcionadores do evento de risco*: fatos no ambiente do projeto que levam a acreditar que o evento de risco irá ocorrer;
- *Direcionadores de impacto*: fatos no ambiente do projeto que levam a crer que o impacto poderá ocorrer;
- *Probabilidade do evento de risco e probabilidade do impacto*: a multiplicação destas duas probabilidades pela perda total resulta na *perda esperada*, que é uma medida geral do risco.

² Caminho crítico: é o caminho de maior duração do projeto, sendo composto pelas atividades que não possuem folga, isto é, qualquer atraso nestas atividades acarretará em atraso na duração do projeto. Este conceito será mais detalhado no item 3 – Gerenciamento de Risco de Prazo.

Smith e Merritt (2002) defendem que os direcionadores têm duas funções essenciais no gerenciamento efetivo do risco: quantificar o risco de modo a avaliar sua importância em relação aos outros riscos e gerar planos efetivos de mitigação do risco. Este modelo é mostrado na figura 2.5.

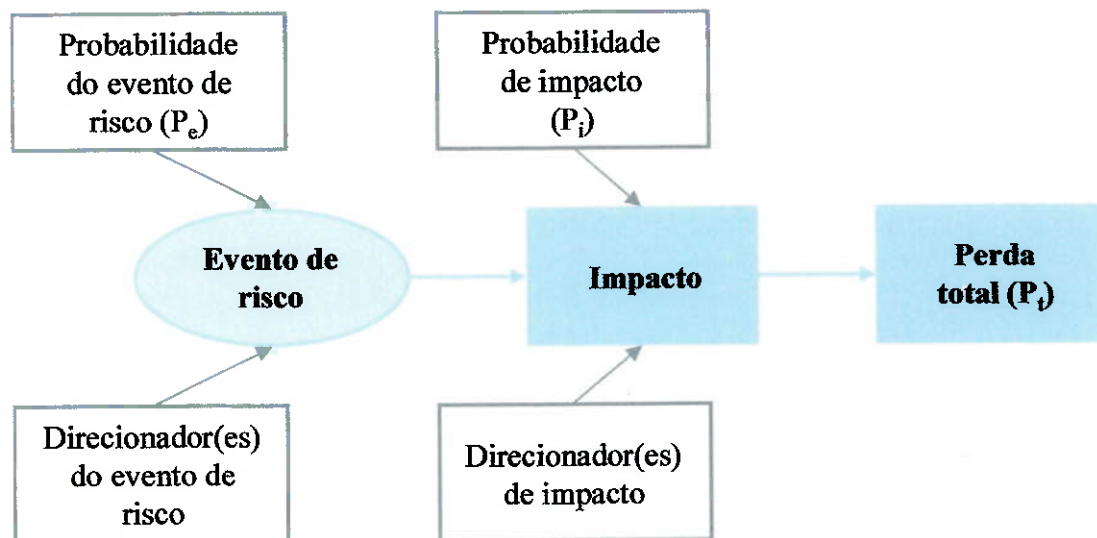


Figura 2.5: Um modelo de risco. Adaptado de Smith e Merritt (2002).

Rodrigues (2001) cita um outro componente do risco: a consequência de sua ocorrência, ou seja, quais os efeitos gerados se o risco ocorrer.

Segundo o PMBOK (2004), riscos conhecidos são aqueles que podem ser identificados, analisados e planejados. Já os riscos desconhecidos não podem ser gerenciados, no entanto, o gerente do projeto pode criar planos de contingência genéricos com base na sua experiência em projetos similares. A organização deve estar comprometida com o gerenciamento do risco do projeto em toda a sua duração para que o projeto seja bem-sucedido. Uma medida do comprometimento da organização é a alta qualidade das informações referentes aos riscos e às características do projeto.

Segundo Chapman e Ward (1997), todos os projetos envolvem risco – projetos que envolvem risco zero não valem o esforço. Esta afirmação não só é intuitiva, mas também reconhece que um projeto que envolva riscos tem possibilidade de produzir um retorno maior em troca dos esforços e recursos

associados a este projeto. As organizações que entendem melhor a natureza dos riscos e os gerenciam mais apropriadamente podem prever desastres e também trabalhar com margens de segurança menores e menos contingências, liberando recursos para outras atividades e aproveitando investimentos que, de outra maneira, poderiam ser rejeitados por serem muito arriscados. O risco está presente em todos os aspectos de nossas vidas, porém seu gerenciamento é, na maioria das vezes, um processo informal, desestruturado, baseado em senso comum, experiência própria e instinto. O mesmo vale para o gerenciamento de risco em projetos – apesar do gerenciamento de projetos ter se desenvolvido nos últimos anos, o gerenciamento de risco em projetos ainda é visto como um complemento, ao invés de ser uma parte integrante da prática efetiva de gerenciamento de projetos.

Raftery (1994) defende que muitos tipos de indústrias têm suas próprias características especiais, porém poucos são tão especiais que não podem ser compreendidos por alguém de fora desta indústria. Vistos sistematicamente, muitos projetos têm características em comum, mas detalhes específicos, especificações e medidas precisas de cada projeto são únicos. Planos, estimativas e prazos devem ser preparados antecipadamente baseados em informação limitada. Julgamentos sobre o futuro devem ser feitos e incluídos em planos e previsões.

Entretanto, focar no risco desta maneira pode levar a atitudes negativas e o desejo de não embarcar no projeto para evitar suas consequências negativas. Preocupação excessiva com os aspectos negativos do risco pode levar a decisões cautelosas demais e irracionais. É necessário balancear entre o comportamento excessivamente cauteloso e o propenso ao risco. Nos negócios em geral, a questão não é correr ou não riscos, mas sim como correr riscos razoáveis. Nossa tarefa não é evitar o risco, mas sim reconhecê-lo, avaliá-lo e gerenciá-lo. A análise do risco deve ser conduzida em um contexto de uma abordagem sistemática para o gerenciamento do risco. O ponto da análise é estabelecer a extensão do risco de modo a fazer algo sobre ele.

De acordo com Grey (1995), as três áreas de maior preocupação ou de maior importância quanto ao risco são:

- *Preço estabelecido (custo)*: o custo do projeto deve ser competitivo o suficiente para que a empresa ganhe o projeto das empresas concorrentes, porém sem gerar perdas. Na maioria das vezes, o orçamento do projeto é realizado em um curto espaço de tempo, utilizando estimativas de custos incertas;
- *Compromisso com datas de término (prazo)*: quanto menor a duração do projeto, maior a atratividade do projeto para o cliente. A estimativa de duração do projeto deve ser balanceada pelos competidores com as perdas e penalidades a serem pagas em caso de atraso na entrega do projeto. O prazo é mais difícil de estimar do que o custo, porque além de sua incerteza, a relação lógica entre as atividades deve ser considerada;
- *Previsão de níveis futuros de atividade*: todos os gerentes de negócios devem prever um nível de atividade para o ano seguinte, contendo o nível de receita e de lucro esperado. Em um ambiente de projetos é ainda mais difícil realizar esta previsão, uma vez que não se sabe quais serão os projetos realizados, seus conteúdos e suas datas de início.

Grey (1995, p. 3) defende que um dos motivos para fracassos em projetos é iniciá-los com um orçamento inadequado e um cronograma impossível de ser realizado. Os planos devem ser realistas e atingíveis. Desse modo, o autor diz que é necessário empregar uma técnica para entender os riscos enfrentados e para ser capaz de assumir compromissos realistas. Ademais, “há um nível ótimo de risco que é alto o suficiente para encorajar a eficiência e baixo o bastante para que o staff acredite que haja chance. Ninguém pode escrever uma equação para este ótimo”. (GREY, 1995, p. 3).

Chapman e Ward (1997) levantam outro motivo importante para realizar a análise de risco:

Uma razão importante para quantificar a incerteza é que esta força a gerência a apreciar as diferenças de significado entre alvos, valores esperados e compromissos, em relação a custos, durações e outras medidas de performance. Isto em troca força a gerência a esclarecer a distinção entre provisões e margens para contingência. (CHAPMAN; WARD, 1997, p. 43).

Chapman e Ward (1997) baseiam-se no custo para explicar a diferença entre estes três tipos de estimativas. O valor esperado (*expected value*) é a melhor estimativa do custo médio real. O nível de compromisso (*level of commitment* – probabilidade de cumprir o compromisso) é o valor esperado do custo mais um fundo de contingência (*contingency allowances*), que deve existir para cobrir eventuais excessos de custo. O nível de compromisso deve ser determinado considerando as ameaças percebidas e o impacto que poderá ser coberto pelo fundo de contingência, porém deve também considerar as consequências de terminar acima ou abaixo do compromisso. O alvo (*target*) é determinado num nível abaixo do custo esperado, porém são definidas provisões que cobrem a diferença, de modo a refletir o risco positivo (oportunidades). Os alvos devem ser realistas e também enxutos (*lean*), para incentivar as pessoas. Se os alvos não forem otimistas, na média o custo esperado não será cumprido e os fundos de contingência serão mais usados do que o esperado.

Chapman e Ward (1997) defendem que as organizações que não analisam o risco não possuem uma base para distinguir estes três tipos muito diferentes de estimativas, com resultados desastrosos do ponto de vista do custo ou do prazo.

2.4.1. Probabilidade

Segundo Raftery (1994, p. 27), probabilidade é “um número, entre zero e um inclusive, que representa um julgamento sobre a possibilidade relativa percebida de um evento”. Se o evento possui probabilidade zero, então a possibilidade de ocorrência é impossível, enquanto que, se a probabilidade for igual a um, o evento ocorrerá com certeza.

Ademais, Raftery (1994, p. 27) diz que a probabilidade “obedece a várias leis matemáticas, a maioria das quais vem da regra básica de que a soma das probabilidades de um conjunto de eventos mutuamente exclusivos, um dos quais deve ocorrer, é um”.

De acordo com Morgan e Henrion (1990, p. 47), a probabilidade é “freqüentemente usada como medida de opinião sobre a incerteza, e as conclusões conceituais são freqüentemente compostas pela controvérsia sobre a natureza da

probabilidade”. Os autores defendem que o uso da probabilidade é útil somente para alguns tipos de incerteza.

Morgan e Henrion (1990) dizem que uma quantidade incerta pode ser discreta (assume poucos valores bem definidos) ou contínua (uma distribuição de valores).

O julgamento do valor da probabilidade de um evento tem origem em uma ou em uma combinação das três fontes abaixo:

- *Probabilidade objetiva (ou clássica)*: baseia-se em observações de frequências relativas de incidentes passados do mesmo evento. Aplica-se somente a eventos repetitivos. Há a dificuldade em identificar qual deve ser a população relevante de eventos repetitivos;
- *Probabilidade a priori*: baseado em alguma simetria visível para uma probabilidade particular, de modo que a observação de frequência de eventos é desnecessária;
- *Probabilidade subjetiva (personalista ou bayesiana)*: é uma reflexão de opiniões e julgamentos consistentes sobre um evento, ou uma opinião pessoal própria sobre a probabilidade de ocorrência de um evento, considerando que esta pessoa tenha acesso a todas as informações relevantes conhecidas. Morgan e Henrion (1990, p. 49) afirmam que “probabilidade é uma função não só do evento, mas também do estado da informação”. É aplicável a qualquer evento. É a única fonte de probabilidade para a maioria dos problemas enfrentados na realidade, pelo fato de serem únicos e não repetitivos em condições idênticas. Por ser baseada em opiniões pessoais, não se pode dizer que esteja certa ou errada, ou que há “a” probabilidade, já que ela muda conforme a pessoa e a quantidade e qualidade da informação. Outra dificuldade são os fatores psicológicos, que levam as pessoas a cometerem erros sistemáticos ao determinarem a probabilidade de um evento. Também obedece aos axiomas da probabilidade.

Morgan e Henrion (1990) explicam que as probabilidades objetiva e subjetiva tendem a convergir caso haja dados sobre o evento. Porém, se não houver dados disponíveis, apenas a subjetiva é capaz de avaliar uma probabilidade.

Devido à sua importância para os problemas do mundo real, e também a sua maior complexidade de quantificação, os conceitos sobre a probabilidade subjetiva serão detalhados. Morgan e Henrion (1990) defendem que a probabilidade subjetiva aplica-se apenas a quantidades empírica e de chance, um tipo de variável que representa propriedades ou estados do mundo.

De acordo com Raftery (1994), basicamente há dois caminhos para determinar a probabilidade subjetiva: o método direto e o indireto. O método indireto parte da premissa que o indivíduo é um tomador de decisões, racional e com conhecimento de probabilidades, e consiste em requisitar sua opinião (números) sobre a ocorrência do evento. Já no método indireto, é realizada uma série de questões, a partir da qual é possível quantificar a probabilidade pessoal do evento. A série de questões tem base na teoria da utilidade.

Para achar inconsistências nas opiniões, Raftery (1994) recomenda perguntar a mesma questão de diversas formas diferentes. Por esta razão, também é preferível utilizar um grupo de especialistas do que uma única pessoa, porém um contato direto entre os indivíduos do grupo não é recomendável, uma vez que pode gerar tendências sobre o valor gerado.

Raftery (1994) diz que há dois modos de estimar a acurácia de uma opinião: *bias* (parcialidade, influência), que é o erro médio, e consistência (desvio da média). Em relação ao *bias* pessoal, os três métodos (*rules of thumb*) mais conhecidos são: a representatividade, a disponibilidade e a âncora ou ajuste.

A representatividade heurística consiste em avaliar o grau de correspondência entre uma amostra e sua população. Esta regra tem base na lei dos números grandes, que diz que a média de uma amostra grande tende a estar mais próxima da média da população. No julgamento afetado pela disponibilidade, a pessoa que teve contato com algum evento de baixa probabilidade estatística tende a aumentar a probabilidade deste evento. Por último, a âncora refere-se ao julgamento que vai sendo ajustado de acordo com as informações disponíveis. Quando há um valor inicial ou uma base, o valor final tende a ser próximo deste, caracterizando o efeito de âncora.

De acordo com Raftery (1994), as três heurísticas citadas acima levam a erros sistemáticos e previsíveis no julgamento de uma pessoa. Outro fator que influencia a

opinião de uma pessoa é a sua atitude em relação ao risco: aversa ao risco, indiferente ao risco e propenso ao risco. Esta atitude relaciona-se com a teoria da utilidade, em que, dependendo da sua atitude, a pessoa julga que a situação é mais ou menos arriscada, e portanto, mais ou menos atraente. A atitude em relação ao risco de uma pessoa varia dependendo da situação, ou seja, da quantidade de dinheiro envolvida e do horizonte de tempo. Assim, quanto maior a quantidade de dinheiro envolvida, em relação ao patrimônio da pessoa ou da empresa, maior a tendência de ser averso ao risco.

2.4.2. Fontes de risco em projetos

Chapman e Ward (1997) dizem que qualquer fator que possa afetar a performance do projeto é uma fonte de risco. De acordo com Woiler e Mathias (1996), a principal fonte de riscos em projetos é o alto volume de informações envolvido e a projeção de valores no futuro. Nestas condições, a análise do projeto é realizada sobre uma base variável: os dados coletados e processados não passam de estimativas, em grande maioria, e o futuro possivelmente não se comportará como o estimado. Morgan e Henrion (1990) e Kähkönen (2005) identificam outras fontes de incerteza:

- Informação incompleta;
- Incoerência entre fontes diferentes de informação;
- Imprecisão lingüística (por exemplo, o rio é largo);
- Simplificação e aproximação de informações;
- Estrutura de um modelo;
- Variabilidade associada a estimativas;
- Incerteza sobre a base das estimativas;
- Incerteza sobre o design e a logística;
- Incerteza sobre objetivos e prioridades;
- Incerteza sobre as relações fundamentais entre os envolvidos no projeto.

Raftery (1994) apresenta uma tabela com as principais categorias de fontes de risco. Apesar desta tabela focar nos projetos da área de construção, considera-se que sejam aplicáveis a outros tipos de projetos.

Fonte	Exemplo
Cliente / Governo / Agências regulatórias	Atrasos burocráticos, mudanças em regulamentos locais
Fundos / Fiscal	Mudanças em políticas de fundos do governo, contatos entre vários fundos
Definição do projeto	Mudança no escopo do projeto
Organização do projeto	Autoridade do gerente do projeto, envolvimento de pessoas fora do projeto
Design	Adequação para atender necessidade, realismo do programa do projeto
Condições locais	Costumes locais, condições climáticas
Fornecimento permanente da planta	Grau de novidade, avaria / perda durante o transporte
Construtoras	Experiência, estabilidade financeira
Materiais de construção	Desperdício excessivo, confiabilidade da qualidade
Mão-de-obra da construção	Relações industriais, força de trabalho multirracial
Planta (local da obra)	Valor de revenda, disponibilidade
Logística	Lugar remoto, acesso ao local
Estimação de dados	Relevância para a disponibilidade do projeto específico
Inflação / taxas de câmbio	Aumento no valor do custo e do financiamento

Tabela 2.5: Principais categorias de risco. Adaptada de Hayes et al. (1986) apud Raftery (1994).

2.4.3. Tipos de risco em projetos

Segundo o PMBOK (2004), os riscos podem ser identificados e organizados em categorias de risco. Estas categorias devem ser bem definidas e devem refletir fontes comuns de risco para a indústria ou área de aplicação. Basicamente, pode-se dividir os riscos em projetos em duas grandes categorias: riscos externos e internos ao projeto. As categorias de risco apresentadas abaixo são baseadas nas publicações de inúmeros autores.

2.4.3.1. Riscos externos ao projeto

São os riscos sobre os quais a empresa ou o gerente de projeto tem pouco ou nenhum controle, isto é, não se espera que sejam gerenciados. Este tipo de risco está associado a hipóteses e estimativas externas:

- *Risco de inovação (produto)*: risco decorrente do lançamento de um produto inovador no mercado. Diz respeito a sua aceitação e às preferências do cliente e também ao ritmo de mudança tecnológica. Sbragio (2005) sugere como medida preventiva realizar uma pesquisa de mercado para avaliar a aceitação do produto;
- *Risco de fornecimento de matéria-prima*: é o risco de que matérias-primas naturais estejam indisponíveis ou exauridas durante a vida útil do projeto. Para lidar com este risco, Sbragio (2005) propõe uma regra geral: as reservas dos recursos naturais devem possuir duração duas vezes maior do que as reservas utilizadas no período de execução do projeto. Refere-se também a disponibilidade de pessoas e ao risco de aumento de custo dos recursos necessários;
- *Risco econômico*: é o risco de a demanda pelos produtos ou serviços do projeto não serem suficientes para gerar a receita necessária para cobrir custos operacionais, taxa de retorno exigida pelos investidores e financiamentos. É um risco decorrente das condições de mercado do produto ou serviço do projeto, da situação econômica geral no país e no exterior, incluindo a inflação e o risco país. Sbragio (2005) aponta que um fator importante para reduzir este risco é a eficiência da operação do projeto. Além disso, uma estratégia preventiva é a utilização de contrato futuro, garantindo quantidade e preço para a produção;
- *Risco financeiro*: é relacionado com a estrutura de juros dos financiamentos realizados. Caso parcela significativa do financiamento do projeto seja com taxas de juros flutuantes, o aumento da taxa de juros pode levar a um aumento considerável da dívida. Sbragio (2005) sugere como estratégias preventivas: negociar taxa de juros fixa, utilizar contrato de teto (CAP) da taxa de juros ou utilizar contrato de *swap* da taxa de juros;

- *Risco cambial ou de moeda:* este tipo de juros ocorre quando o fluxo de receitas ou de custos do projeto é realizado em duas ou mais moedas. Caso haja uma desvalorização ou uma valorização excessiva de uma moeda, há a possibilidade de um desbalanceamento do fluxo de caixa do projeto;
- *Risco político:* diz respeito à incerteza política, ou seja, quando há a possibilidade de autoridades políticas do país anfitrião interferirem no desenvolvimento ou na viabilidade econômica de projetos, através de mudanças legais, de regulamentações ambientais e de questões trabalhistas. Sbragio (2005) sugere, como estratégias mitigadoras deste risco, empréstimo de recursos financeiros junto a bancos locais, usar recursos do Banco Mundial ou do Banco Interamericano de Desenvolvimento (caso o país anfitrião dependa de recursos destes bancos) ou buscar aprovações legislativas ou reguladoras junto ao governo do país anfitrião;
- *Risco ambiental:* é o risco de os efeitos do projeto sobre o meio ambiente causarem atrasos ou aumentarem o custo do projeto. Para evitar este risco, deve-se dar atenção às constantes mudanças na lei ambiental;
- *Risco de força maior:* quando um evento pode prejudicar ou impedir a operação do projeto por período de tempo prolongado, após a sua conclusão e entrada em operação, ou então mudando a prioridade do proprietário ou dos patrocinadores do projeto. Como exemplos destes eventos, temos falhas técnicas, incêndio e catástrofes naturais (terremotos, inundações). Sbragio (2005) propõe realizar seguro contra incêndio e terremotos como uma estratégia mitigadora.

2.4.3.2. Riscos internos ao projeto

São os riscos associados às hipóteses e estimativas internas adotadas. São riscos sobre os quais a empresa tem maior grau de atuação e controle e estão sob a responsabilidade do gerente de projeto. São divididos em:

- *Riscos técnicos, de qualidade ou desempenho:* dependência de tecnologia complexa ou não comprovada, metas de desempenho irreais, mudanças na

tecnologia usada ou nos padrões industriais durante o projeto, projeto tecnicamente inviável, projeto tecnicamente viável somente com altíssimo custo, projeto prejudicial ao meio ambiente, desempenho da tecnologia utilizada não está de acordo com as especificações ou então se torna obsoleta antes do previsto. Neste caso, o projeto é concluído, porém fracassa tecnologicamente. Nos outros, há a possibilidade de o projeto não ser concluído;

- *Riscos humanos*: são divididos em duas categorias:
 - *Riscos de gerenciamento do projeto*: alocação inadequada de tempos e recursos, qualidade inadequada do plano do projeto, uso inadequado das disciplinas de gerenciamento de projetos, estimativas irreais ou incompletas, problemas com fornecedores ou subcontratantes, dificuldades na comunicação e ineficiência na tomada de decisões. Pode ser resumido como sendo o risco de uma decisão errada ou de um mau gerenciamento afetarem o projeto, tornando-o mais caro ou excedendo o prazo de execução. As medidas mitigadoras propostas por Sbragio (2005) são o controle rigoroso de custos e prazos e o uso de métodos quantitativos de análise de risco;
 - *Riscos organizacionais*: objetivos de custos, tempo e escopo inconsistentes entre si, falta de priorização dos projetos, insuficiência ou interrupção de fundos, conflito de recursos com outros projetos da organização. Há também o risco de lesões ou de perdas de vidas. Neste caso, as estratégias mitigadoras dependem de cada tipo de instalação. O projeto deve ser analisado tecnicamente e verificado quanto aos perigos existentes e devem ser adotadas medidas de prevenção de acidentes, tais como redundâncias, automatização, sistemas de detecção ou de proteção, dependendo da análise.

2.5. Gerenciamento de Riscos em Projetos

O PMBOK (2004) define gerenciamento de riscos em projetos como o processo sistemático de identificar, analisar e responder aos riscos do projeto. Inclui maximizar a probabilidade e o impacto dos eventos favoráveis e minimizar a probabilidade e o impacto dos eventos adversos aos objetivos do projeto.

Smith e Merritt (2002) defendem que o risco é gerenciável se apresentar três características: incerteza (probabilidade futura), perda (impacto, perda potencial) e tempo de exposição ao risco.

Grey (1995) apresenta três visões do gerenciamento de riscos em relação ao gerenciamento de projetos. Estas visões não alteram o trabalho das pessoas envolvidas, porém as ajudam a pensar e planejar claramente. A primeira delas caracteriza o gerenciamento de riscos como uma parte do gerenciamento de projetos. Esta pode ser considerada a visão tradicional (vide figura 2.6).



Figura 2.6: Gerenciamento de riscos como suporte do gerenciamento de projetos. Fonte: Grey (1995).

A segunda visão é oposta à primeira. Baseia-se na idéia de que, se os riscos não existirem, não há necessidade de gerenciamento de projetos. Este seria apenas uma tarefa administrativa, ou seja, o principal objetivo do gerenciamento de projetos é gerenciar os riscos. Esta visão é também chamada de “gerenciamento de projetos direcionada pelos riscos” (vide figura 2.7).



Figura 2.7: Gestão de riscos é a razão de ser do gerenciamento de projetos. Fonte: Grey (1995).

Por último, a terceira visão consiste em considerar o gerenciamento de riscos em todos os aspectos do gerenciamento de projetos, porém há algumas atividades que muitos gerentes de projeto esperam delegar a consultores ou especialistas externos (vide figura 2.8).

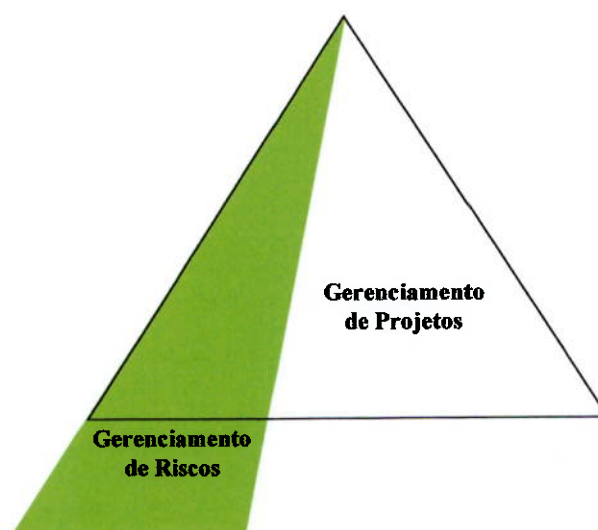


Figura 2.8: Gerenciamento de risco permeia todo o gerenciamento de projetos. Fonte: Grey (1995).

Chapman e Ward (1997) defendem que o gerenciamento de riscos de projetos pode ser visto como um projeto, sendo parte de um ambiente de projetos múltiplos preocupado com todos os outros aspectos de gerenciamento de projetos, tais como planejamento de recursos, gerenciamento da qualidade, entre outros. Uma implicação imediata deste foco é a necessidade de planejar o processo de gerenciamento de risco

como uma parte do processo de planejamento do projeto, um nível de segunda ordem de planejamento associado com o próprio planejamento do projeto. Uma outra implicação sutil é que todas as técnicas e ferramentas do gerenciamento de projetos em geral podem ser aplicadas ao processo de gerenciamento de riscos de projetos.

Segundo o PMBOK (2004), o grau de detalhamento depende do tamanho do projeto. Em projetos grandes, a identificação de riscos pode ser dividida para focar separadamente os riscos de custo, riscos de prazo, riscos técnicos e riscos de qualidade.

Fadigas (1999) apud Rodrigues (2001, p. 15) descreve que os engenheiros utilizam a Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) e a confiabilidade para enfrentar os riscos em projetos. O FMEA tem como finalidade a análise crítica dos projetos de produto (FMEA de produto) e de processo (FMEA de processo). Desta forma, a gestão de riscos em projetos pode ser definida como “identificação, avaliação e resposta aos riscos da organização (ou do projeto), de modo sistemático durante toda a vida (do projeto) da organização, atendendo, da melhor forma possível, os interesses de seus objetivos”. Assim, o objetivo da gestão de riscos é diminuir a possibilidade e consequência dos riscos.

Na seção de FAQ (*Frequently Asked Questions*) do SEI (2005), há uma definição de sucesso em gerenciamento de riscos:

Uma prática bem-sucedida de gerenciamento de riscos é aquela na qual os riscos são continuamente identificados e analisados por sua importância relativa. Os riscos são mitigados, rastreados e controlados para usar efetivamente os recursos do programa. Problemas são prevenidos antes que ocorram e as pessoas focam conscientemente naquilo que pode afetar a qualidade do produto e o prazo.

Bennatan (2000) afirma que ao realizar a análise do risco, a equipe do projeto torna-se preparada: caso um problema ocorra, a solução já está disponível. O custo da análise de risco é o custo de ter a solução alternativa pronta, mesmo que não seja utilizada. Em alguns casos, este risco pode ser mínimo, como o tempo necessário para analisar e documentar a solução. Mesmo os casos mais custosos são

compensados pelo fato de um problema analisado previamente ser muito mais simples de resolver do que um problema que ocorra inesperadamente.

Raftery (1994) afirma que há vários benefícios no gerenciamento de riscos:

- Redução geral na exposição ao risco;
- Planejamento prévio leva ao uso de respostas pré-avaliadas e de prontidão para qualquer risco que apareça;
- Tomada de decisão mais explícita durante o projeto;
- Definição clara de riscos específicos associados a um tipo de projeto em particular;
- Uso completo das habilidades e experiências dos membros do projeto;
- Boa documentação assegura que o conhecimento da empresa em gerenciamento de riscos acumule no tempo e não fique apenas com as pessoas;
- A análise de risco é mais importante nas situações em que há poucos dados ou dados não confiáveis.

Grey (1995) aponta como um grande benefício da análise do risco o desenvolvimento de uma atitude mais realista em relação à tarefa em questão. Há um melhor entendimento das partes envolvidas, de modo que a avaliação do risco ajuda a superar a complexidade e a lidar com incertezas usando modelos simples. Além disso, em um plano sujeito à avaliação do risco, a quantidade de assuntos não resolvidos é menor, porque os envolvidos devem expressar-se claramente e entender a posição dos outros.

De acordo com Raftery (1994), mesmo que não produza resultados matemáticos, a tarefa de analisar o projeto quanto a suas fontes de risco e sistematicamente examiná-las já capacita o estimador para ter uma visão mais realista do projeto e da gama de resultados possíveis. A análise de risco é um suplemento, não um substituto, do julgamento profissional.

Ademais, Chapman e Ward (1997) complementam que a falta de um processo formal de análise de risco impossibilita a diferenciação entre sorte e bom gerenciamento, entre azar e mau gerenciamento. Esta falta de diferenciação privilegia a defesa de interesses pessoais, em detrimento de uma maior eficiência.

Por fim, Chapman e Ward (1997) definem o conceito de eficiência de risco (*risk efficiency*). Suponha que a performance realizada de um projeto seja medida pelo resultado do custo (*cost out-turn*) e que o sucesso realizado seja medido em termos do custo realizado relativo a um certo compromisso de custo. Neste contexto, o risco pode ser definido como uma ameaça de possíveis estouros no custo, e sua outra componente é a intensidade da ameaça (probabilidade). Alguns caminhos de planejamento do projeto levarão a um menor custo e risco esperados, de modo a tornar o projeto mais eficiente.

O plano mais eficiente pra qualquer nível de custo esperado envolverá o menor nível viável de risco. O plano mais eficiente para qualquer nível de risco envolverá o nível mínimo viável de custo esperado. 'Eficiência do risco' neste sentido define um conjunto que os economistas chamam de ótimo de Pareto: dado um plano eficiente de risco, o custo esperado só poderá ser reduzido através de um aumento no risco; o risco só pode ser reduzido aumentando o custo esperado. (CHAPMAN; WARD, 1997, p. 32)

Segundo Chapman e Ward (1997), um ponto importante da eficiência de risco é entender como mudar de um plano mais arriscado para um menos arriscado, e ao mesmo tempo diminuir o custo esperado. Os autores afirmam que não se pode saber com certeza se o plano possui eficiência de risco, porém deve-se buscar melhorias no plano continuamente.

A figura 2.9 mostra um conjunto de planos de projetos viáveis e um conjunto de planos não-viáveis em relação ao custo esperado e à intensidade da ameaça. A curva ABC é a fronteira de eficiência de risco, composta pelos planos de menor nível de risco para qualquer custo esperado, ou o menor custo esperado para qualquer nível de risco. Já o ponto D, que está fora da fronteira, representa um plano ineficiente.

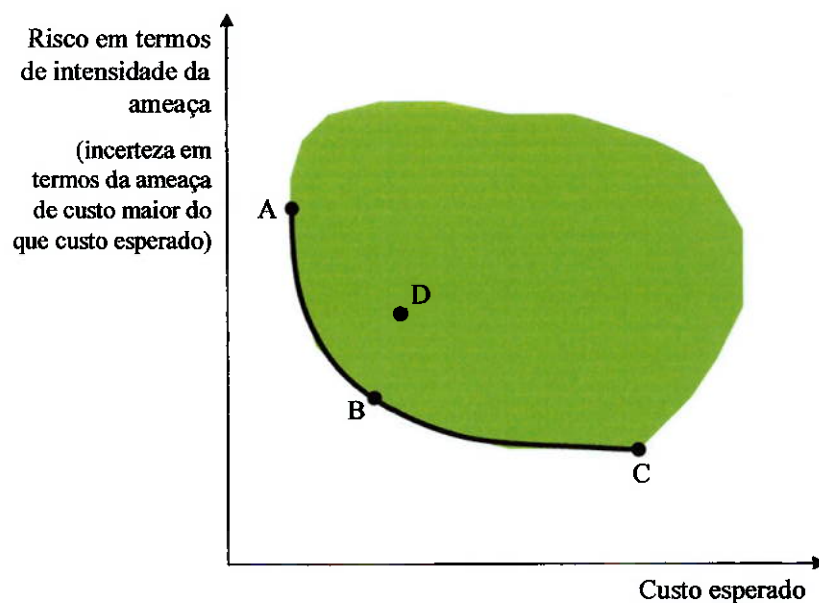


Figura 2.9: Opções eficientes de risco. Adaptado de Chapman e Ward (1997).

Chapman e Ward (1997) propõem que a análise de risco auxilia a eficiência de risco em diagnosticar mudanças desejáveis nos planos, demonstrar a necessidades destas mudanças e facilitar, demonstrar e encorajar a precaução iluminada (*enlightened caution*). A precaução iluminada consiste em estar disposto a comprometer recursos que poderão não ser utilizados, porque em termos de valor esperado do custo (na média) será eficiente comprometê-los.

Ademais, as organizações buscam atingir um ponto no qual há um equilíbrio entre o risco e o custo esperado. Este ponto depende da habilidade da organização em aceitar riscos. Chapman e Ward (1997) explicam que a análise de risco pode auxiliar na análise dos *trade-offs* entre risco e performance esperada, ao facilitar, demonstrar e encorajar as apostas iluminadas (*enlightened gambles*). As apostas iluminadas consistem em apostas eficientes de risco que envolvem riscos altos, porém considerados aceitáveis pela organização.

2.5.1. Gerenciamento de riscos segundo PMBOK

Este modelo de gerenciamento de projeto foi citado por diversos autores. O PMBOK (2004) divide o gerenciamento do risco em seis fases:

- *Planejamento do gerenciamento de riscos:* como abordar e planejar a gerência de risco do projeto. Carvalho e Rabechini Jr. (2005) mencionam que algumas empresas já possuem um padrão corporativo para o planejamento do risco, facilitando a tarefa do gerente do projeto e de sua equipe;
- *Identificação dos riscos e de suas causas:* identificar os riscos prováveis do projeto e documentar as características de cada um, incluindo suas causas. Por fim, agrupa-se os riscos similares em categorias, tais como riscos técnicos, riscos da gestão do projeto, riscos organizacionais e riscos externos. As técnicas e ferramentas sugeridas são: revisão da documentação do projeto, *brainstorming*, técnica Delphi, entrevistas, análise SWOT (*Strenght, Weakness, Opportunities, Threats* – Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças), *checklist*, análise de premissas, técnicas de diagramação (diagrama de causa e efeito, cartas de fluxo do processo, diagrama de influência);
- *Análise qualitativa dos riscos:* analisar qualitativamente os riscos e suas condições para priorizar seus efeitos nos objetivos do projeto. A principal ferramenta utilizada é a Matriz de Probabilidade e Impacto (MPI), com destaque para a definição das escalas de probabilidade e impacto. Um exemplo de descrição do significado do impacto é mostrado na figura 2.10. Outra técnica utilizada é a classificação da precisão dos dados.

Condições definidas para escalas de impacto de um risco em objetivos importantes do projeto (os exemplos são mostrados somente para impactos negativos)					
Objetivo do projeto	São mostradas escalas relativas ou numéricas				
	Muito baixo / 0,05	Baixo / 0,10	Moderado / 0,20	Alto / 0,40	Muito alto / 0,80
Custo	Aumento de custo não significativo	Aumento de custo < 10%	Aumento de custo de 10% a 20%	Aumento de custo de 20% a 40%	Aumento de custo > 40%
Tempo	Aumento de tempo não significativo	Aumento de tempo < 5%	Aumento de tempo de 5% a 10%	Aumento de tempo de 10% a 20%	Aumento de tempo > 20%
Escopo	Diminuição do escopo quase imperceptível	Áreas menos importantes do escopo afetadas	Áreas importantes do escopo afetadas	Redução do escopo inaceitável para o patrocinador	Item final do projeto sem nenhuma utilidade
Qualidade	Degradação da qualidade quase imperceptível	Somente as aplicações mais críticas são afetadas	Redução da qualidade exige a aprovação do patrocinador	Redução da qualidade inaceitável para o patrocinador	Item final do projeto sem nenhuma utilidade
Esta tabela apresenta exemplos de definições de impactos de riscos para quatro objetivos diferentes do projeto. Elas devem ser adequadas no processo Planejamento do gerenciamento de riscos ao projeto individual e aos limites de risco da organização. As definições de impactos podem ser desenvolvidas de forma semelhante para as oportunidades.					

Figura 2.10: Definição de escalas de impacto para objetivos do projeto. Adaptado de PMBOK (2004).

- *Análise quantitativa dos riscos*: prever a probabilidade e o impacto dos riscos e estimar suas implicações nos objetivos do projeto. Dentre as ferramentas utilizadas, Carvalho e Rabechini Jr. (2005) citam a análise de sensibilidade, a análise do valor monetário esperado (EMV – *Expected Monetary Value*) e árvore de decisão, modelagem e simulação (com destaque para a simulação de Monte Carlo);
- *Planejamento de respostas aos riscos*: desenvolver procedimentos e técnicas para aumentar oportunidades e para reduzir ameaças de riscos em relação aos objetivos do projeto. Carvalho e Rabechini Jr. (2005) sugerem as seguintes estratégias de resposta aos riscos:

Estratégia para Riscos Negativos	Estratégia para Riscos Positivos
Evitar	Explorar
Transferir	Compartilhar
Mitigar	Realçar
Aceitar	Aceitar

Tabela 2.6: Tipos de estratégia de resposta aos riscos. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).

- *Monitoração e controle de riscos*: monitorar os riscos residuais, identificar novos riscos, executar o plano de redução dos riscos e avaliar sua efetividade durante todo o ciclo de vida do projeto.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) explicam que a gestão do risco tem forte ligação com as áreas de integração, escopo, prazo, custo e comunicação do projeto.

2.5.2. Gerenciamento de riscos segundo Chapman e Ward

Chapman e Ward (1997) apresentam um processo formal de gerenciamento do risco (*Risk Management Process* – RMP), que pode ser aplicado em qualquer tipo de projeto. Os autores defendem que a disciplina gerada pela formalidade do processo não é uma fonte de restrição, e sim uma fonte de liberação.

A base deste processo faz parte de um trabalho desenvolvido por Chapman para a APM (*Association of Project Managers*), intitulado *Project Risk Analysis and Management Guide* (PRAM). É um processo baseado na experiência de um grande número de organizações que tem usado o RMP com sucesso nos últimos anos.

Processos formais de gerenciamento de risco devem ser aplicados em todos os estágios do ciclo de vida dos projetos, pelos clientes (donos do projeto) e pelos contratantes (outras entidades associadas com o projeto). Porém, os autores explicam que este processo é mais fácil de ser explicado e aplicado pela primeira vez quando implementado de uma maneira compreensível em algum ponto de aprovação perto do fim da fase de Planejamento do projeto.

O processo proposto pelos autores consiste de nove fases, uma estrutura mais detalhada do que outros processos mais específicos. Este detalhamento tem o objetivo de esclarecer a importância relativa e o papel de aspectos do processo que outras definições específicas de RMP enfatizam em graus variados. O método apresentado engloba todos os aspectos importantes dos métodos familiares aos autores da APM. Também é possível pular algumas etapas (*short cuts*) ou então simplificar o processo.

Uma vez que as nove fases tenham sido iniciadas, todas prosseguem em paralelo, com picos intermitentes de atividade definidos por um processo iterativo que liga as fases. Cada fase é associada com produtos (*deliverables*) bem definidos, e para cada produto são discutidos seus propósitos e as tarefas necessárias para produzi-lo. A separação entre as fases é definida por mudanças significativas de propósitos.

Kähkönen (2005) afirma que este processo é particularmente adequado para fins de treinamento e educação avançada.

A figura 2.11 mostra a estrutura de nove fases no formato diagrama de fluxo, indicando somente retroalimentações principais ou primárias.

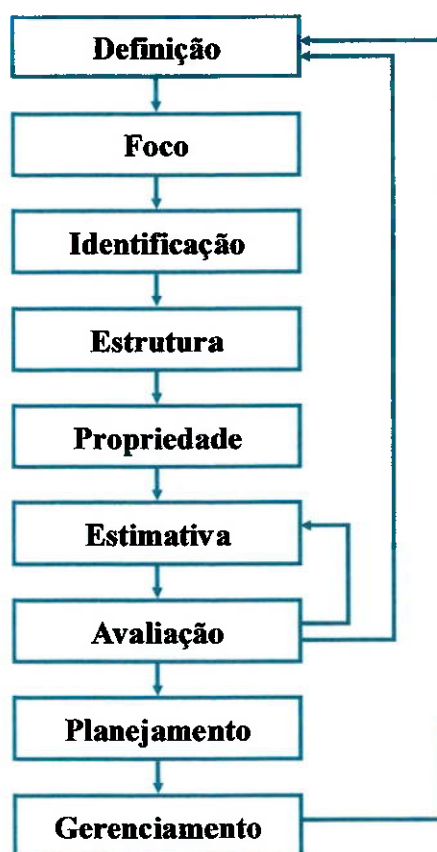


Figura 2.11: *Flow chart* com a estrutura de fases do *Risk Management Process* (RMP), adaptado de Chapman e Ward (1997).

Estas nove fases consistem de:

- *Definição do projeto*: consolidar informações relevantes existentes sobre o projeto. Preencher buracos (*gaps*) descobertos no processo de consolidação;
- *Foco no processo*: definição do escopo e do plano estratégico para o gerenciamento do risco (RMP). Planejamento do RMP no nível operacional;
- *Identificação das questões*: identificar onde os riscos podem surgir. Identificar o que se pode fazer sobre o risco, em termos de respostas pró-ativas e reativas. Identificar o que pode acontecer de errado nas respostas sugeridas;
- *Estruturação das questões*: teste de suposições simplificadas. Prover estrutura mais complexa quando apropriada;
- *Esclarecimento da propriedade*: alocar ao cliente ou contratante a responsabilidade pelo gerenciamento de cada risco e de sua resposta. Alocação de riscos dos clientes a indivíduos. Aprovação das alocações realizadas pelo contratante;
- *Estimativa da fonte de variabilidade*: identificar as áreas de incerteza claramente significativas. Identificar as áreas de possível incerteza significativa;
- *Avaliação dos impactos gerais*: sintetizar e avaliar os resultados da fase de estimativa;
- *Planejamento da implementação*: projetar o plano pronto para implementação e risco associado. Gerenciamento do plano;
- *Gerenciamento da implementação*: monitoramento, controle e desenvolvimento de planos para implementação imediata.

2.5.3. Gerenciamento de riscos segundo Grey

Grey (1995) propõe um processo simples de gerenciamento de risco, dividido em nove passos:

- *Identificar os stakeholders*: os riscos são os eventos que têm influência sobre o sucesso de um projeto. Este passo consiste em identificar os *stakeholders* e as visões importantes sobre o sucesso do projeto;

-
- *Identificar as principais medidas de sucesso*: determinar o que é sucesso do projeto para cada *stakeholder*. Esta definição deve estar bem clara, caso contrário o gerenciamento de riscos não será efetivo, desperdiçando esforço e tempo;
 - *Isolar o plano do projeto*: o risco só existe e só faz sentido dentro do contexto de um plano do projeto. Um plano de projeto consiste nos caminhos a serem percorridos para atingir os objetivos do projeto. É importante determinar o grau de detalhe adequado do plano para gerenciamento de riscos;
 - *Identificar causas dos riscos possíveis (eventos)*: os projetos possuem uma natureza imprevisível e estão se tornando cada vez mais complexos e inovadores, portanto a identificação de seus riscos é cada vez mais difícil. Para a identificação dos riscos potenciais, sugere-se realizar *brainstorming* com a equipe do projeto, usando riscos padrões ou que surgiram em outros projetos como base, tomando cuidado para não esquecer os riscos criados neste novo projeto;
 - *Avaliar a probabilidade e impacto potencial dos eventos*: é a análise da possibilidade e do impacto de cada risco. Dependendo das características de cada projeto, pode-se utilizar métodos informais ou formais;
 - *Designar propriedade (responsabilidade)*: cada risco será associado com um plano de contenção e de contingência. A responsabilidade por cada plano será designada a uma única pessoa;
 - *Planejar o gerenciamento do risco*: o plano de contenção consiste em agir antes ou durante a atividade para que esta ocorra conforme o previsto, e por isso faz parte do plano do projeto. O plano de contingência pode ser definido como a ação a ser realizada para consertar a atividade caso o controle falhe. Deve-se definir qual será o seu gatilho, ou seja, quando o plano de contenção é considerado um fracasso. Por depender do sucesso do plano de contenção, o plano de contingência pode não ser posto em prática;
 - *Análise agregada*: após a identificação dos maiores riscos e construção de seus planos de contenção e contingência, deve-se determinar as metas para a data de término do projeto e seu orçamento de custos. Esta etapa consiste em descrever a incerteza das partes componentes do projeto, o custo dos pacotes de trabalho e a duração das atividades, e construir modelos de custo e prazo gerais, de modo a calcular o intervalo de probabilidade realista de custos e duração totais do projeto.
-

Também é possível determinar quais são as metas atingíveis dentro destes intervalos;

- *Monitoramento e revisão*: são os mecanismos de rotina do controle do projeto. Deve-se prestar atenção aos gatilhos do plano de contingência.

Grey (1995) classifica os métodos de avaliação de riscos em três grandes grupos, sendo que alguns métodos utilizam elementos de vários grupos. Para uma melhor compreensão de cada técnica, o autor apresenta uma relação com os objetivos da análise do risco.

- *Métodos baseados em eventos*: assegura que os riscos óbvios não sejam esquecidos. Para tanto, os riscos são classificados em categorias (técnicos, comerciais, internos e externos). Outra ferramenta utilizada neste método é o *checklist*, contendo todos os riscos de projetos já realizados e que se relacionam com o projeto em questão. Este método gera um sentimento equivocado de segurança, já que as pessoas podem sentir que nada acontecerá de errado se cumprirem o *checklist*. Além disso, não é possível avaliar o nível de risco geral do projeto e metas realistas para orçamento e cronograma;
- *Técnicas de pontuação baseada em questionários*: consiste em uma extensão natural dos *checklists*. Lista os possíveis riscos do projeto e quantifica o seu impacto. Quando todos os riscos são pontuados quanto ao seu efeito, soma-se os valores e obtém-se a pontuação geral do projeto. Segundo Grey (1995, p. 7), “medidas de pontuação arbitrárias são úteis se interpretadas realistamente. (...) Elas são mais valiosas não pelo número produzido, mas por destacar eventos separados e indicar quais são mais importantes”. Esta técnica é melhor do que a baseada em eventos e *checklists*, porém apresenta dois defeitos: o risco geral de um projeto não é obtido através da simples soma dos riscos individuais, e um risco importante e novo pode não estar considerado no questionário e, portanto não será analisado. Souza (2000) apresenta exemplos de *checklist* combinado com pontuação dos riscos (vide Anexo A);
- *Técnicas quantitativas*: estas técnicas baseiam-se nos planos existentes, principalmente nos cronogramas e nos orçamentos. A idéia principal é ligar tudo

que pode não ocorrer de acordo com o previsto nestas estruturas, indicando quais atividades são afetadas pelo risco e por qual valor. Apesar de ser um método intuitivo, seu uso é importante uma vez que o gerenciamento de vários riscos requer a análise de muitas informações. Segundo Grey (1995, p. 9),

Este tipo de avaliação encaixa-se naturalmente nos processos normais de planejamento e de previsão. (...) Os resultados da análise são fáceis de entender e de interpretar, em termos de decisões sobre compromisso com datas de entrega e orçamentos.

Os principais objetivos da análise do risco são:

- *Oportunidade*: identificar os riscos enquanto há tempo de atuação;
- *Prioridade*: após a identificação dos riscos, geralmente não há tempo e recursos para todos os riscos identificados, portanto é necessário priorizá-los;
- *Agregação*: agregar riscos individuais numa medida do risco geral do projeto, para que possam ser realizadas análises de custo e prazo do projeto;
- *Suporte à decisão*: a análise do risco deve produzir informação que auxilie na tomada de decisões.

A figura 2.12 resume como cada método de avaliação de riscos atinge cada um dos objetivos da análise do risco:

Objetivo	Tipo de avaliação		
	Baseado em eventos	Pontuação	Quantitativo
Oportunidade	Depende de quando aplicado	Depende de quando aplicado	Depende de quando aplicado
Prioridade	Pouca ajuda	Alguma avaliação	Medidas quantitativas de prioridades
Agregação	Não ajuda	Pouca ajuda	Agregação simples e racional
Suporte à decisão	Não ajuda nos compromissos	Pouca ajuda com compromissos	Descreve o relacionamento entre o nível de compromisso e o nível de risco

Figura 2.12: Comparação entre métodos de avaliação de risco e objetivos da análise de riscos.
Adaptado de Grey (1995).

Grey (1995) sugere dois métodos para a implantação da avaliação quantitativa de risco: formar um grupo de especialistas responsável pelas análises e por aconselhar o resto da equipe sobre os riscos do projeto ou então disponibilizar poucos (talvez apenas um) consultores que ajudem o resto da equipe do projeto a avaliar e gerenciar os riscos. A escolha do método depende do tipo de organização, porém a consultoria colaborativa gera efeitos mais positivos, como o desenvolvimento da autonomia e do *empowerment*.

Uma das ferramentas utilizadas pelas técnicas quantitativas é a modelagem. Grey (1995) enumera as vantagens da modelagem de riscos em projetos:

A modelagem de riscos é uma poderosa, mas simples, técnica que possui um papel importante em duas partes do processo de gerenciamento de riscos. Quando os riscos individuais são avaliados, modelos podem ser usados para juntar várias incertezas em um único risco, e produzir uma visão clara e resumida do perigo do projeto.

O papel mais importante da modelagem de riscos é a avaliação dos alvos do custo geral do projeto e do cronograma, entendendo as incertezas que as afetam e assegurando que são estabelecidas em níveis realistas e atingíveis. (...) metas de custo e de cronograma

oferecem a maior recompensa pelo menor esforço. (GREY, 1995, p. xviii).

De acordo com Grey (1995, p. 15), modelos são “jeitos simples de descrever as várias partes de um plano e como estas se relacionam para determinar as coisas com as quais você realmente se preocupa, o tempo e o dinheiro”. Os modelos quebram um problema complexo em partes gerenciáveis e descrevem como as partes estão ligadas.

Por exemplo, para construir um modelo que meça o custo total de um projeto e o risco a ele associado, pode-se quebrar o custo do projeto em itens, sendo que os custos de cada item são incertos. Então, define-se a incerteza no custo de cada item (intervalos de custo, valores máximo, mínimo e mais provável). Devido ao alto número de combinações possíveis (para um projeto com 20 itens, cada um com três valores possíveis de custo, pode-se chegar a bilhões de combinações de componentes de custo), Grey (1995) sugere utilizar a amostragem através da simulação de Monte Carlo. O autor sugere esta simulação porque produz “uma amostra aleatória de todos os resultados de um projeto e os usa para avaliar o projeto inteiro” (GREY, 1995, p. 21).

3. GESTÃO DE RISCO DE PRAZO EM PROJETOS

Grey (1995) afirma que as fontes do risco de prazo são basicamente as mesmas do risco de custos, principalmente quando o trabalho humano é o principal recurso das atividades. Neste caso, custo e prazo são relacionados através da taxa de trabalho (*labor rate*). A principal diferença entre a análise do risco de custo e de prazo é a complexidade da estrutura: no risco de prazo, as atividades são interligadas em uma rede de atividades, enquanto que no risco de custo simplesmente soma-se os valores das componentes.

Grey (1995) complementa que tanto o planejamento e programação convencional quanto a análise do risco de prazo baseiam-se na rede de atividades. No planejamento convencional, a rede é analisada para identificar o caminho crítico ou o mais longo possível. Já a análise do risco de prazo segue o mesmo caminho, porém na definição da rede são incluídas a incerteza, sua duração e sua estrutura lógica.

O gerenciamento do risco de prazo faz parte do processo de gerenciamento de riscos do projeto. Desse modo, diferencia-se dos demais riscos apenas em algumas fases do processo de gerenciamento. Por isso, o método proposto engloba algumas fases que são comuns a todos os tipos de risco, isto é, nas fases iniciais do processo são estudados todos os tipos de risco e, em determinada fase, é específico para o risco de prazo. Caso o risco de prazo não seja explicitado, então a fase é comum a todos os tipos de risco. Caso o modelo não considerasse todos os tipos de riscos do projeto nas fases preliminares, seguramente alguns riscos que influenciam o prazo não seriam considerados.

Assim, ao focarmos na gestão do risco de prazo, mesclamos principalmente duas áreas de conhecimento: gestão do tempo e gestão do risco. Para tanto, com base na revisão bibliográfica realizada, sugere-se a aplicação do seguinte método.

1. Definição do projeto;
 2. Planejamento do gerenciamento do risco;
 3. Identificação dos riscos e de suas causas;
 4. Análise qualitativa dos riscos;
-

5. Planejamento de resposta aos riscos;
6. Responsabilidade dos riscos;
7. Análise quantitativa do risco de prazo;
8. Monitoramento, controle e revisão.

O foco em risco de prazo será na fase de análise quantitativa do risco. Assim, neste capítulo será detalhada a análise quantitativa do risco e então o método proposto será brevemente explicado.

3.1. Análise quantitativa do risco de prazo

Segundo o PMBOK (2004), os objetivos da análise quantitativa de riscos são:

- Avaliar a probabilidade de atingir um objetivo específico do projeto;
- Quantificar os possíveis resultados do projeto e suas probabilidades;
- Quantificar a exposição ao risco do projeto e dimensionar as reservas de contingências;
- Identificar riscos que exigem maior atenção quantificando sua contribuição relativa para o risco total do projeto;
- Identificar metas realistas e alcançáveis para custo, cronograma e escopo;
- Determinar a melhor decisão de gerenciamento de projetos quando algumas condições ou resultados forem incertos.

Conforme já mencionado, as técnicas utilizadas na análise quantitativa do risco são: análise de sensibilidade, análise do valor monetário esperado (EMV – *Expected Monetary Value*) e árvore de decisão, modelagem e simulação de Monte Carlo.

De acordo com Carvalho e Rabechini Jr. (2005, p. 286), a análise de sensibilidade “tem como objetivo identificar quais elementos são mais sensíveis à variação e, portanto, merecem uma atenção maior ao longo do projeto”. Esta técnica consiste em variar um elemento, mantendo fixo os restantes, de modo a mensurar o

impacto deste elemento sobre o objetivo do projeto. Além disso, também é possível identificar qual a faixa de variação para um elemento na qual não há efeitos significativos sobre o andamento do projeto. Deste modo, a análise de sensibilidade é um modo de quantificar e priorizar o impacto potencial de cada risco sobre os objetivos do projeto.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005, p. 286) explicam que a árvore de decisão “permite uma representação gráfica da decisão a ser tomada, de tal forma que existem ramos de decisão e eventos aleatórios associados a estas decisões”. Suas etapas de elaboração são:

- Definição do problema;
- Definição das alternativas possíveis pelo tomador de decisões;
- Levantamento dos possíveis eventos ou cenários aleatórios associados às decisões e suas respectivas probabilidades;
- Fazer a representação gráfica da árvore de decisão;
- Estimar os retornos (*payoffs*) para cada possível combinação de alternativas de decisão e estados da natureza;
- Selecionar a melhor alternativa com base no critério do Valor Monetário Esperado (EMV).

Por fim, a técnica de simulação de Monte Carlo consiste em simular a execução do projeto várias vezes, de modo a fornecer uma distribuição estatística dos resultados calculados. Estes resultados podem ser utilizados para quantificar os riscos das várias alternativas de programação, das diferentes estratégias do projeto, dos diferentes caminhos através da rede ou das atividades individuais.

Esta técnica de simulação fornece a probabilidade de completar o projeto em qualquer dia específico ou por qualquer valor especificado de custo.

A avaliação do risco preocupa-se principalmente com a variação dos valores e suas possibilidades relativas, do que com a tendência central de uma qualidade incerta. A simulação de Monte Carlo fornece esta visão mais abrangente da incerteza e é tão simples que há pouco incentivo para usar qualquer outra. (GREY, 1995, p. 22).

A técnica escolhida para este trabalho é a simulação de Monte Carlo. Em primeiro lugar, os argumentos apresentados pelos autores mostram que, se as ferramentas computacionais estiverem disponíveis, esta técnica gera resultados viáveis, próximos da realidade. Além disso, é possível testar hipóteses e verificar a eficiência de planos de contenção ou de contingência. Por fim, a autora teve acesso ao software @Risk, específico para a análise de risco através da simulação de Monte Carlo.

Grey (1995) propõe uma estrutura simples para o modelo de risco de prazo, mas que atende aos requisitos da grande maioria de projetos. Pode-se notar que o modelo proposto por Grey (1995) contém elementos da Gestão de Tempo do projeto, uma das áreas de conhecimento do PMBOK (2004). Este modelo é composto por:

- Elaboração da rede de atividades: definição e seqüenciamento das atividades;
- Estimativas da duração de cada atividade e dos recursos necessários;
- Probabilidades associadas às ramificações probabilísticas (planos de contingência);
- Definição da correlação entre as estimativas de duração;
- Simulação de Monte Carlo.

No caso da ramificação probabilística (*branching point*), há um elemento adicional de incerteza: a rede, que passa a ser probabilística. Nos planos tradicionais, a rede é determinística. Segundo Grey (1995), a ramificação probabilística corresponde a um ponto no qual o projeto pode seguir dois ou mais caminhos distintos, ou seja, não se sabe com certeza qual caminho será seguido. Por exemplo, uma atividade de testes pode validar ou reprovar um produto, levando à produção ou ao redesenho do produto. O ramo mais provável corresponde ao plano principal e o menos provável, ao plano de contingência.

3.1.1. Elaboração da rede de atividades

A rede de atividades do modelo de risco de prazo é diferente da rede de atividades do projeto, pois contém os planos de contingência. Assim, se a rede de atividades do projeto já estiver disponível, poderá servir de base para a rede do modelo de risco de prazo.

A rede de atividades é parte integrante da área de Gestão do Tempo do projeto, detalhada no PMBOK. Para a construção da rede de atividades, inicia-se pela definição das atividades. Contador (1997) explica que primeiramente deve-se definir o nível de detalhe do planejamento. Para tanto, inicialmente pode-se definir uma rede compacta, composta de algumas atividades, pouco detalhadas e de longa duração, que atendam ao nível gerencial do projeto. Já para atender o nível operacional, deve-se detalhar esta rede inicial, através do desdobramento destas atividades em subatividades.

De acordo com Grey (1995), a rede do modelo de risco de prazo deve buscar um equilíbrio entre detalhes suficientes para uma descrição realista da incerteza e uma escala que possibilite a fácil compreensão e gerenciamento em tempo razoável.

Para Carvalho e Rabechini Jr. (2005), atividade é uma unidade de trabalho indivisível com recursos, métodos de execução e controle e tempos conhecidos. O conceito de indivisível é subjetivo, portanto gerentes de projetos diferentes determinarão atividades diferentes.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) sugerem a utilização de especialistas, informações históricas (tais como atividades de projetos já concluídos) e modelos (*templates*) como ferramentas para facilitar e padronizar a definição das atividades.

O próximo passo consiste no seqüenciamento das atividades. De acordo com o PMBOK (2004), o seqüenciamento de atividades consiste na identificação e na documentação dos relacionamentos lógicos entre as atividades. As atividades do projeto são logicamente seqüenciadas utilizando as relações de precedência adequadas, as antecipações e os atrasos, para dar suporte ao desenvolvimento de um cronograma do projeto realista e atingível. O seqüenciamento pode ser realizado usando técnicas manuais ou automatizadas, como um software de gerenciamento de

projetos. As técnicas manuais e automatizadas também podem ser usadas em conjunto.

Klein (2004) menciona que as técnicas manuais são mais efetivas em projetos menores e nas fases iniciais de projetos grandes, quando não é necessário detalhamento. Os dois tipos de técnicas também podem ser empregados em conjunto.

Segundo o PMBOK (2004), existem três tipos de dependência entre as atividades de um projeto:

- *Mandatária ou obrigatória*: é inerente à natureza do trabalho. Frequentemente envolve limitação física e segue uma lógica rígida (*hard logic*);
- *Arbitrada*: deve ser determinada com cuidado, pois pode influir no cronograma do projeto. São definidas com base nas melhores práticas conhecidas, na experiência obtida em projetos anteriores ou nas particularidades do projeto;
- *Externas*: envolvem relacionamento entre atividades dentro e fora do projeto. São identificadas com base em informações históricas de projetos semelhantes ou propostas e contratos de fornecedores.

Além das atividades, o PMBOK (2004) diz que o seqüenciamento deve incluir marcos, para assegurar que os requisitos necessários para seu atingimento sejam atendidos. Os marcos são as datas impostas pelo cliente ou pela organização, e podem ser consideradas como restrições do cronograma.

Além do tipo de dependência, é necessário definir as relações de precedência entre as atividades:

- *Término-início (Finish to Start – FS)*: a atividade sucessora inicia com o término da predecessora. É o tipo mais utilizado;
- *Início-início (Start to Start – SS)*: a atividade sucessora inicia quando a atividade predecessora iniciar;
- *Término-término (Finish to Finish – FF)*: a atividade sucessora termina quando a atividade predecessora terminar;
- *Ramificação probabilística*: é o ponto no qual há a possibilidade de o projeto seguir dois ou mais caminhos distintos.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) contam que, dentre as várias formas de representação da rede de atividades do projeto, as três mais conhecidas são:

- *Rede de eventos ou Método de diagrama de arco (Arrow Diagramming Method – ADM):* as atividades são representadas nos arcos (*Activity-On-Arrow – AOA*) e as relações de precedência são definidas nos eventos (nós), sendo apenas do tipo término-início. Este tipo não permite *loops* nem desvios condicionados. Contador (1997) esclarece que sua construção deve obedecer aos seguintes princípios:
 - Princípio da dependência: a atividade sempre tem origem num evento e depende, para ser iniciada, da conclusão de todas as atividades que têm seu término neste mesmo evento;
 - Princípio da não ocorrência de braços paralelos: se n atividades têm origem em um mesmo nó da rede, então necessariamente devem convergir para exatamente n nós distintos da rede;
 - Princípio da enumeração crescente: os eventos devem ser numerados de forma que todo evento início tenha enumeração inferior ao seu evento fim;
 - Princípio da unicidade da origem e do destino: na rede, deve existir um único evento inicial e um único evento terminal;
 - Princípio da utilização da atividade fictícia: uma atividade fictícia (custo zero, duração zero) deve ser criada para garantir o cumprimento dos princípios anteriores.

Uma rede de eventos é considerada de boa qualidade se possuir o menor número possível de nós, de forma a atender todos os princípios citados. A figura 3.1 mostra um exemplo deste método.

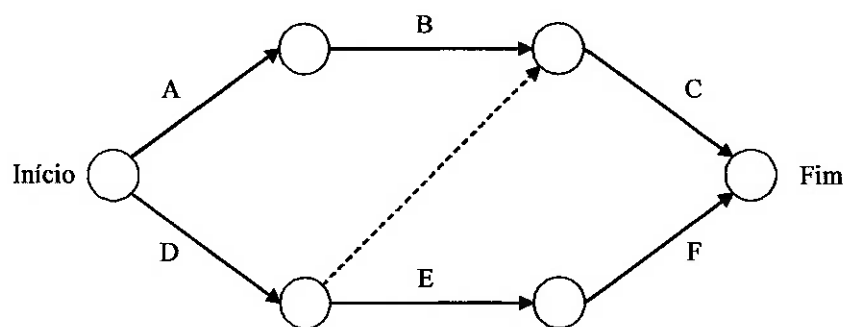


Figura 3.1: Exemplo de Diagrama de Flecha. Adaptado de PMBOK (2004).

- *Rede de atividades ou Método de diagrama de precedência (Preceding Diagramming Method – PDM):* as atividades são representadas nos nós (*Activity-On-Node – AON*) e as relações de precedência, por setas. É a forma de representação mais utilizada nos softwares e apresenta maior facilidade de construção. Também não permite *loops* nem desvios condicionados. A rede de atividades não apresenta a necessidade de utilizar atividades fictícias, porém recomenda-se seguir ao princípio da unicidade da origem e do destino. A figura 3.2 mostra um exemplo de aplicação.

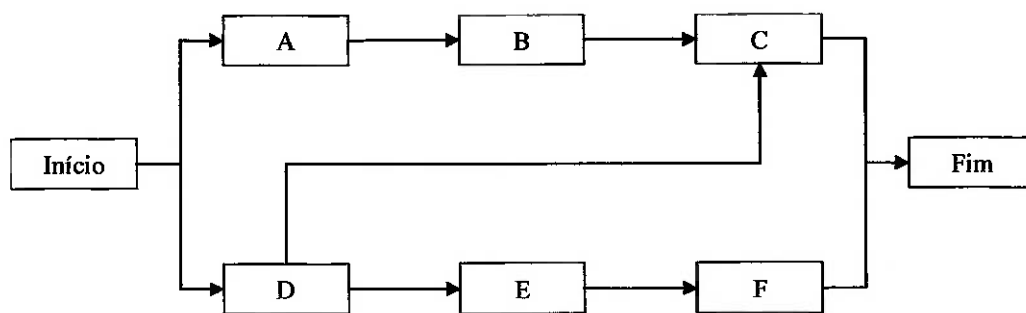


Figura 3.2: Exemplo do diagrama de precedência. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).

- *Método do diagrama condicional (CDM – Conditional Diagramming Method):* é similar ao método de diagrama de precedência, porém permite *loops* e desvios condicionados (vide figura 3.3).

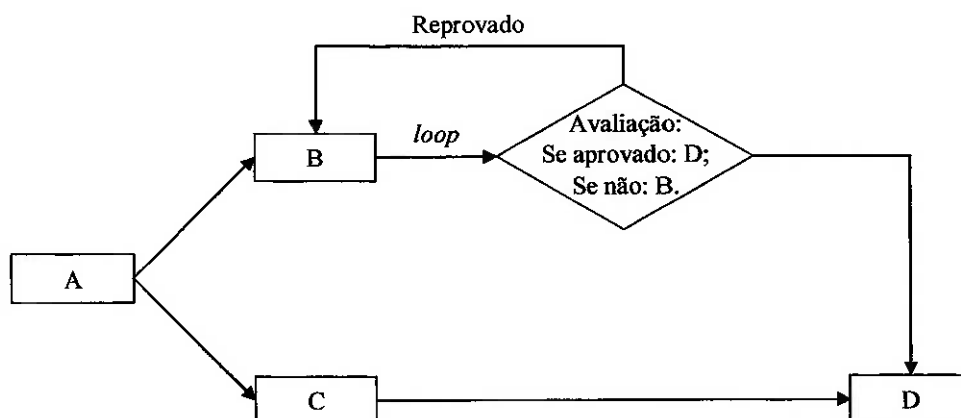


Figura 3.3: Exemplo de diagrama condicional. Adaptado de Carvalho e Rabechini Jr. (2005).

Para representar a rede do projeto, o método da rede de atividades foi escolhido, devido à sua facilidade de construção e sua ampla utilização nos softwares.

De acordo com Carvalho e Rabechini Jr. (2005), a próxima etapa consiste na programação do projeto e geração do cronograma. Contador (1997) esclarece que na programação das atividades, podem ser considerados três fatores: prazo de conclusão, recursos disponíveis e custos envolvidos. Em relação aos recursos disponíveis, podem ser definidos dois tipos de problemas: nivelamento de recursos e programação com restrição de recursos.

O objetivo desta fase é **“definir quando cada atividade do projeto será executada, de forma a concluí-lo no prazo estipulado, utilizando recursos de forma adequada e ao menor custo possível”**. (CONTADOR, 1997, p. 261). Dentre as técnicas mais conhecidas temos:

- *Diagrama de Gantt*: é uma das técnicas mais antigas e utilizadas para elaborar cronogramas. Mostra as atividades em uma escala de tempo, em que se marca a duração planejada em relação ao andamento da atividade. Carvalho e Rabechini Jr. (2005) defendem que sua principal vantagem é a facilidade de compreensão, no entanto não é recomendada para projetos complexos;
 - *Program Evaluation & Review Technique* (PERT) e *Critical Path Method* (CPM): estes dois métodos apresentam várias semelhanças entre si, porém divergem quanto ao objetivo e ao enfoque. Contador (1997) explica que o PERT dá ênfase ao fator tempo, tratando a duração como uma variável aleatória, enquanto que o CPM foca nos fatores tempo e custo, relacionando-os através de uma função matemática e determinística. Carvalho e Rabechini Jr. (2005) mencionam os passos em comum entre os dois métodos:
 - Definição das atividades;
 - Identificação da relação de precedência entre as atividades;
 - Representação das atividades em rede;
 - Estimativas de tempo e de recursos para cada atividade;
 - Cálculo do caminho crítico ou caminho mais longo;
 - Outras técnicas de caminho crítico: de acordo com Contador (1997), após o surgimento do PERT e do CPM, as duas técnicas mais antigas e conhecidas,
-

foram criadas outras técnicas que buscavam analisar situações ainda não exploradas, como por exemplo, o fator recurso:

- *Resource Allocation and Multi-Project Scheduling (RAMPS)*: foco na aplicação dos recursos do projeto (material, homem e equipamento);
- *PERT / Custo*: é uma extensão do PERT. Considera o fator custo além do fator tempo. Requer um sistema complexo de contabilização, o que muitas vezes inviabiliza sua aplicação;
- *NEOPERT ou Precedence Diagramming*: esta técnica inovou na construção da rede. Ao invés de associar os eventos aos nós e as atividades às flechas (rede de eventos), as atividades são representadas nos nós e os arcos indicam apenas a relação de dependência entre as atividades (rede de atividades). A rede de atividades é construída com maior facilidade e explicita todas as datas, justificando sua utilização de forma generalizada.

Devido à sua importância, as técnicas de programação PERT e CPM serão detalhadas. É válido lembrar que será utilizada a rede de atividades.

3.1.1.1. CPM – Critical Path Method

Segundo Carvalho e Rabechini Jr. (2005), o CPM determina o caminho crítico do projeto através das técnicas de programação para frente (datas mais cedo de início das atividades) e para trás (datas mais tarde de término das atividades). A programação para frente parte da atividade origem (data mais cedo $t_{origem} = 0$), determinando a primeira data de início para cada atividade do projeto, seguindo a seguinte equação:

$t_j = \max_i (t_i + d_{ij})$ para todas as atividades i, j definidas, sendo que t_i é a data mais cedo dos eventos i predecessores imediatos e d_{ij} é a duração das atividades i, j predecessoras imediatas.

Na programação para trás, percorre-se o caminho inverso, ou seja, parte-se da última atividade do projeto:

$T_i = \min_j (T_j + d_{ij})$ para todas as atividades i, j definidas, sendo que T_i é a data mais tarde das atividades i e d_{ij} é a duração das atividades i, j .

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) explicam que existem quatro datas importantes para o cronograma:

- PDI_{ij} – Primeira Data de Início da atividade i, j , sem que nenhuma relação de precedência seja violada ($PDI_{ij} = t_i$);
- PDT_{ij} – Primeira Data de Término da atividade i, j , sem violação das relações de precedência ($PDT_{ij} = PDI_{ij} + d_{ij} = t_i + d_{ij}$);
- UDI_{ij} – Última Data de Início da atividade i, j sem que atrase o término do projeto ($UDI_{ij} = UDT_j - d_{ij} = T_j - d_{ij}$);
- UDT_{ij} – Última Data de Término da atividade i, j de modo a não atrasar o término do projeto ($UDT_{ij} = T_j$).

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) explicam que utilizando estas quatro datas é possível calcular as folgas do projeto. “A gestão das atividades que possuem folga é de vital importância para o bom andamento do cronograma do projeto, pois é nestas que podemos mexer sem atrasar o término do projeto”. (CARVALHO; RABECHINI JR., 2005, p. 157).

Os tipos de folga mais usados são a folga total e a folga livre. A folga total equivale ao tempo em que a atividade pode ser atrasada, em relação a sua data mais cedo de início, sem que atrase o término do projeto. A folga livre corresponde ao tempo em que uma atividade pode ser atrasada sem atrasar o início das atividades sucessoras na data mais cedo.

Folga Total da atividade i, j : $FT_{ij} = UDI_{ij} - PDI_{ij} = UDT_{ij} - PDT_{ij} = (T_j - t_i) - d_{ij}$

Folga Livre da atividade i, j : $FL_{ij} = t_j - (t_i + d_{ij}) = PDI_{jk} - (PDI_{ij} + d_{ij})$

Após o cálculo das folgas, é possível determinar o caminho crítico do projeto. Este é composto pelas atividades cuja data cedo é igual a data tarde ($PDI = UDI$) e que não possuem folga. Assim, todas as atividades pertencentes ao caminho crítico são inflexíveis na programação, de modo que qualquer atraso acarretará em atraso no término do projeto.

3.1.1.2. PERT - Program Evaluation & Review Technique

Enquanto o CPM utiliza apenas uma estimativa de duração das atividades, o PERT utiliza um sistema estocástico com três estimativas de tempo, considerando que a duração de uma atividade é independente das durações das outras atividades: mais provável (m), otimista (a) e pessimista (b).

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) explicam que a duração esperada da atividade é calculada utilizando a distribuição Beta de probabilidades:

$$\text{Duração esperada da atividade: } d_{ij} = (a + 4m + b) / 6$$

$$\text{Variância da duração da atividade: } s_{ij}^2 = [(b - a) / 6]^2$$

Segundo Carvalho e Rabechini Jr. (2005), as data cedo e tarde resultam da soma de variáveis aleatórias, de modo que se pode aplicar o Teorema do Limite Central. Este teorema diz que o valor resultante da soma de variáveis aleatórias segue a distribuição Normal. Assim, a duração do projeto é obtida pela soma das durações das atividades do caminho crítico.

Contador (1997) explicita que a programação original do projeto deve ser confrontada com os objetivos da gerência do projeto, para que seja obtida a programação definitiva das atividades. Nesta análise, são considerados fatores até então ignorados, tais como tempo e recurso, que originam problemas de escassez ou de nivelamento de recursos e de redução do prazo de conclusão do projeto.

Após a programação definitiva do projeto, Contador (1997) sugere que se faça uma avaliação do risco de não se cumprir o prazo τ estipulado para o seu término. O risco $R(\tau)$ é obtido através da equação $R(\tau) = [1 - Pr(\tau)]$, onde $Pr(\tau)$ é a probabilidade de se cumprir o prazo τ . O valor de $Pr(\tau)$ é calculado com relativa

exatidão somente através de técnicas de simulação. Caso não haja disponível um software para realizar a simulação, é possível calcular a probabilidade de se cumprir um determinado prazo τ através da determinação da probabilidade de se concluir o caminho crítico do projeto no prazo τ :

$$Pr(\tau) = \min \{ Pr [T(P_i) \leq \tau] \}, \text{ para todo caminho } P_i \text{ crítico}$$

3.1.1.3. Problema de Balanceamento entre Duração e Custo do Projeto (*Time – Cost Trade-off Problem*)

O problema de balanceamento entre duração e custo é um tipo de programação do projeto com foco em custos. O objetivo desta programação é reduzir a duração do projeto, através do menor incremento possível nos custos diretos³ das atividades.

De acordo com Carvalho e Rabechini Jr. (2005), durante o andamento do projeto é possível que ocorram modificações na linha de base⁴ (*baseline*) de custos ou na programação de atividades. Neste momento, o gerente do projeto deve optar por uma alternativa de replanejamento que tenha o menor impacto negativo sobre os objetivos do projeto. Na maioria das vezes, há um *trade-off* negativo entre as variáveis custo e prazo, ou seja, uma alteração no prazo impactará negativamente no custo do projeto.

Um atraso na entrega final do projeto é altamente indesejável, especialmente no caso de ser aplicada uma multa contratual se houver atraso. Para evitar estouro no prazo, Carvalho e Rabechini Jr. (2005) sugerem ajustes na programação, que podem ser realizados de várias maneiras: nivelamento de recursos, diminuição da duração da atividade (*crashing*) e o paralelismo de atividades (*fast-tracking*). Os autores afirmam que o paralelismo é o ajuste que menos impacta no custo, pois apenas

³ Custo direto: relacionado diretamente à execução das atividades.

⁴ Linha de base: fornece o orçamento do projeto em uma base temporal. É uma ferramenta importante para medir o desempenho do projeto, estabelecendo planos de contingência caso haja desvios em relação ao planejado.

realiza alterações em seqüências conservadoras de precedência, de modo que as atividades passem a ser realizadas em paralelo.

O nivelamento de recursos consiste em balancear a alocação de recursos, de modo a evitar picos de utilização e suavizar sua flutuação no tempo. Esta realocação pode ser realizada com base nas folgas das tarefas não pertencentes ao caminho crítico. Carvalho e Rabechini Jr. (2005) sugerem os seguintes passos para realizar o nivelamento de recursos. Pode-se utilizar o histograma para representar graficamente a alocação de recursos:

- Alocação de recursos segundo a programação pela data mais cedo;
- Alocação de recursos segundo a programação pela data mais tarde;
- Comparação entre as duas alocações e definição das melhores alocações por balanceamento;
- Avaliação dos riscos da alocação final.

Já o *crashing* (compressão) consiste em alocar recursos adicionais para acelerar as atividades, tais como equipe adicional terceirizada, aumentar o maquinário ou submeter os recursos já alocados a trabalharem horas extras.

Contador (1997) explica que, de modo geral, as atividades de um projeto podem ser realizadas em diversas durações, sendo que a redução do tempo de execução implica em aumento do custo direto.

Para solucionar o problema de compressão das atividades, Contador (1997) sugere um modelo matemático desenvolvido por Contador (1986), que ao contrário de métodos clássicos como os de Fulkerson (1961), Phillips e Dessouky (1977) e Tufekci (1982), não requer conhecimentos avançados de pesquisa operacional, é logicamente relacionado com o problema de gerenciamento de projetos e é de fácil entendimento e implementação.

Este modelo pressupõe que a função custo x tempo de uma atividade seja representada por uma função linear, contínua e decrescente, definida em um intervalo de tempo limitado pelos pontos TA^5 (Tempo Acelerado) e TN^6 (Tempo Normal), com

⁵ Tempo acelerado: é a menor duração possível da atividade.

⁶ Tempo normal: mínimo tempo para realizar a atividade pelo seu custo normal.

seus respectivos custos CA^7 (Custo Acelerado) e CN^8 (Custo Normal). Outra consideração deste modelo é que a duração da atividade é uma variável determinística.

O algoritmo de Contador é composto pelos seguintes passos:

- Construir a rede de atividades, determinar a duração e a folga das atividades;
- Identificar o(s) caminho(s) crítico(s);
- Identificar os conjuntos possíveis de atividades candidatas à aceleração. Os conjuntos são compostos por uma atividade de cada caminho crítico do projeto, que ainda sejam passíveis de compressão na duração;
- Escolha do conjunto de atividades a serem aceleradas. Calcular o custo marginal⁹ (CM) dos conjuntos candidatos e decidir pelo conjunto de mínimo custo;
- Calcular o tamanho do passo da aceleração ξ .

$$\xi = \min (\xi_1, \xi_2)$$

$$\xi_1 = \min (D_{Normal} - D_{Acelerada}), \text{ para todas as atividades do conjunto a ser acelerado}$$

$$\xi_2 = \min FL(P_i), \text{ menor folga livre (FL) dos caminhos (P}_i\text{) que não contém as atividades aceleradas}$$

- Determinar as novas durações das atividades. Acelerar a atividade em ξ , reprogramar a rede de atividades e calcular a nova duração do projeto;
- Atualizar os valores e construir a curva de custo direto mínimo. Calcular o novo custo total¹⁰ (CT) do projeto, custo direto e custo indireto¹¹;
- Teste e parada. As regras de parada para o algoritmo de Contador são:
 - Todas as atividades de um caminho crítico estão com suas durações aceleradas;
 - Custo marginal do conjunto candidato à aceleração é maior do que o custo fixo do projeto;
 - O projeto foi acelerado de modo a atender a data de término desejada.

⁷ Custo acelerado: mínimo custo para realizar a atividade no tempo acelerado.

⁸ Custo normal: mínimo custo direto da atividade. Custos diretos são aqueles relacionados diretamente à execução das atividades.

⁹ Custo marginal: quantidade de recursos adicionais necessários para reduzir a duração da atividade em uma unidade de tempo.

¹⁰ Custo total: soma dos custos direto e indireto.

¹¹ Custo indireto: estão relacionados à manutenção do projeto em atividade.

Contador (1997) esclarece que, como cada conjunto de atividades é composto por uma atividade de cada caminho crítico, ao acelerarmos o conjunto em um intervalo de tempo ξ todos os caminhos críticos do projeto serão acelerados em ξ , e a duração do projeto será reduzida em ξ .

3.1.2. Estimativas de duração das atividades

Klein (2004) cita uma definição de estimativa de duração das atividades: é o processo de gerar as durações das atividades que servirão de entrada para o cronograma do projeto. Esta estimativa deve considerar a qualidade e a disponibilidade dos dados de entrada e será mais precisa nas fases mais avançadas do projeto, devido ao aumento no grau de conhecimento. A duração da atividade pode ser caracterizada por uma distribuição probabilística ou então por estimativa determinística.

De acordo com Carvalho e Rabechini Jr. (2005), estimar a duração das atividades produz resultados altamente incertos. Existem várias alternativas para obter a estimativa, sendo que a mais comum é o julgamento de especialistas, que possuem vasta experiência em projetos similares. Além disso, o nivelamento de recursos e a existência de várias maneiras de realizar uma atividade (fazer ou terceirizar, utilizar trabalho manual ou automatizar) também influenciam na dificuldade da estimativa.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005) sugerem a utilização de dados históricos e de dados secundários fornecidos por equipes especializadas como base para as estimativas. Existem publicações específicas para cada setor que fornecem dados estatísticos úteis para esta tarefa.

O PMBOK (2004) recomenda as seguintes técnicas para realizar a estimativa de duração das atividades:

- *Avaliação especializada*: devido ao grande número de fatores que podem influenciar na duração de uma atividade, há uma grande dificuldade em sua estimativa. Deste modo, recomenda-se a avaliação especializada com base em dados históricos sempre que for possível;

- *Estimativas por analogia (top-down)*: são utilizados valores reais de durações de projetos similares já concluídos para estimar a duração. É recomendada quando houver poucas informações disponíveis sobre o projeto. A precisão da duração será maior se as atividades forem de fato similares e se os avaliadores possuírem o conhecimento especializado necessário;
- *Durações estimadas quantitativamente*: é igual à quantidade de trabalho multiplicada pela taxa unitária de produtividade, para cada categoria específica de trabalho;
- *Tempo de reserva (contingência ou buffer)*: pode ser um percentual da duração estimada ou um número fixo de períodos de trabalho.

3.1.2.1. Tipos de distribuição de probabilidades

Morgan e Henrion (1990) enumeram os nove tipos de distribuições de probabilidades mais comuns e usados. A escolha do tipo de distribuição depende das propriedades da variável a ser representada. Há ocasiões em que o tipo de distribuição a ser utilizado é escolhido baseado em uma base empírica:

- Há dados empíricos relevantes: recomenda-se o uso de métodos estatísticos para ajudar a selecionar uma distribuição e estimar os seus parâmetros;
- Há pouco conhecimento sobre a variável: usar métodos estatísticos clássicos e padrão;
- Há algumas opiniões sobre a variável, com base em conhecimento: combinar opiniões com evidências observadas e usar o método de atualização Bayesiano para obter distribuições de probabilidades posteriores;
- Não há observações relevantes: utilizar uma distribuição de probabilidades subjetiva.

Morgan e Henrion (1990) explicam que a estimativa de valores na análise de incerteza deve ser realizada em dois momentos de caracterização da distribuição de

probabilidades: para uma variável de entrada de um modelo, para o qual existem observações, e para uma variável de saída incerta.

Para avaliar se um conjunto de dados é consistente com a distribuição proposta, existem três métodos: teste qui-quadrado, teste Kolmogorov-Smirnov e testes de correlação e gráficos de probabilidade. O teste qui-quadrado é adequado para variáveis e classes discretas e compara o número de amostras com o modelo proposto. Já o teste Kolmogorov-Smirnov é usado em variáveis contínuas. Por último, os testes de correlação e gráficos de probabilidades utilizam os papéis de probabilidade no qual são plotados os gráficos das distribuições propostas e então é avaliada sua aderência ao tipo de distribuição.

- **Distribuição Normal ou Gaussiana**

A distribuição normal é usada para representar uma variável formada pela adição de muitas variáveis incertas. É uma distribuição simétrica e baseia-se no teorema do limite central. A variável pode assumir qualquer valor que seja um número real. Os parâmetros da distribuição são estimados da média da amostra e seu desvio padrão. Este tipo de distribuição é inadequado para alguns valores, pois permite valores negativos. Porém, caso o coeficiente de variação seja menor do que 0.2, a probabilidade de obter valores que estejam há mais de cinco desvios padrão da média é muito baixa, o que resolve a maioria dos problemas.

- **Distribuição Lognormal**

A distribuição lognormal é indicada para variáveis formadas pela multiplicação de variáveis incertas e, de acordo com Morgan e Henrion (1990), é uma boa representação de variáveis físicas que tem a restrição de serem não-negativas. É também apropriada para representar incertezas que são expressas em uma base multiplicativa ou de ordem de magnitude.

Morgan e Henrion (1990) explicam que este tipo de distribuição resulta quando o logaritmo de uma variável aleatória é descrito por uma variável normal. Ou seja, se X é uma distribuição lognormal, então $Y = \ln X$ é uma distribuição normal. Os cálculos de probabilidade são realizados sobre a variável normal Y e depois transformados em $X = \exp Y$.

- **Distribuição Exponencial**

A distribuição exponencial é indicada para eventos aleatórios, de modo que o intervalo entre eventos sucessivos é descrito por uma distribuição exponencial. Morgan e Henrion (1990) explicam que o parâmetro da distribuição λ é igual a um dividido pelo tempo médio entre eventos sucessivos e é equivalente a taxa de ocorrência.

Esta distribuição possui apenas um parâmetro e uma forma fixa, de modo que outras distribuições (como a Gama e a Weibull) são mais flexíveis.

- **Distribuição de Poisson**

A distribuição de Poisson também é indicada para variáveis aleatórias. O parâmetro da distribuição α é igual ao número médio de eventos esperado em um intervalo de tempo T , sendo igual a λT . O número de eventos é discreto e restrito a números inteiros não-negativos. Este tipo de distribuição pode ser usado para representar outras quantidades discretas, porém pelo fato de possuir apenas um parâmetro, também é limitada em flexibilidade.

- **Distribuição Gama**

A distribuição gama é similar à distribuição lognormal e é adequada para muitas variáveis físicas, tais como: precipitação, concentração de poluentes e o tempo entre ocorrências quando o evento não é puramente aleatório. Segundo Morgan e Henrion (1990, p. 92), “dado um processo aleatório de Poisson, a distribuição gama descreve o tempo necessário para a ocorrência de k eventos. k é o parâmetro de forma da distribuição, enquanto λ é o parâmetro de escala”. λ é a taxa do processo de Poisson. Quando $k = 1$, a distribuição é equivalente a uma distribuição exponencial com parâmetro λ .

- **Distribuição de Weibull**

A distribuição de Weibull aplica-se a variáveis físicas não-negativas, como tempo de falha em modelos de confiabilidade, velocidade e tempo. Morgan e Henrion (1990, p. 94) dizem que este tipo de distribuição “é similar em forma à distribuição gama, e como a gama, torna-se uma distribuição exponencial quando o

parâmetro de forma (k) é igual a um”. A diferença entre as duas distribuições reside na complexidade dos cálculos.

- **Distribuição Uniforme**

A distribuição uniforme é a maneira mais simples de representar uma variável. De acordo com Morgan e Henrion (1990, p. 95), “é adequada quando somos capazes e estamos dispostos a identificar um intervalo de valores possíveis, porém incapazes de decidir quais valores do intervalo são mais prováveis de ocorrer”. É também indicada para os casos nos quais a forma da distribuição é desconhecida. Os parâmetros desta distribuição são determinados através de raciocínios físicos ou subjetivos para determinar os valores máximo e mínimo para a variável aleatória.

No caso de grandes incertezas, a distribuição uniforme pode ser transformada em uma distribuição loguniforme, na qual os cálculos e a estimativa de parâmetros é realizada sobre Y , e estes valores são transformados na variável $X = \exp Y$.

- **Distribuição Triangular**

A distribuição triangular é indicada para variáveis cujos valores possuem maior probabilidade de ocorrência no meio da distribuição comparando com os valores da extremidade. Também é adequada para casos em que a forma da distribuição é desconhecida. No caso de grandes incertezas, a distribuição triangular pode ser transformada em uma distribuição logtriangular, em que os cálculos e estimativas de parâmetros utilizam Y , sendo então transformados em $X = \exp Y$.

- **Distribuição Beta**

A distribuição beta é um modo flexível de representar uma variabilidade sobre um intervalo fixo. Na forma de dois parâmetros, o intervalo varia entre zero e um, enquanto que na forma de quatro valores, os dois parâmetros adicionais representam os extremos da distribuição. Esta flexibilidade capacita a distribuição beta para ser usada em uma grande variedade de aplicações.

De acordo com Contador (1997), “dentre as distribuições de probabilidades conhecidas, aceita-se ser a distribuição Beta aquela que melhor explica a duração de uma atividade que se realiza uma única vez”. (CONTADOR, 1997, p. 261). Desta

forma, temos que este tipo de distribuição é a mais indicada para caracterizar atividades de projetos.

No processo de estimação do tempo, foram desenvolvidas fórmulas que fornecem boas aproximações da média e da variância, tomando como base três parâmetros:

- Duração otimista ($t_o = a$): mínimo tempo necessário para a realização de uma atividade (a atividade possui 1% de probabilidade de ser executada em uma duração menor ou igual a t_o);
- Duração mais provável ($t_{mp} = m$): tempo mais provável de execução da atividade. É a moda da distribuição;
- Duração pessimista ($t_p = b$): é o tempo máximo razoável para realizar uma atividade (a atividade tem probabilidade de 1% de ser concluída em uma duração maior ou igual a t_p).

Estas fórmulas permitem calcular a média e a variância da distribuição da variável aleatória T , tempo de execução da atividade, com uma boa aproximação (erro em torno de 5%):

$$\text{Média: } \mu(T) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$\text{Variância: } \sigma^2(T) = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2$$

A distribuição beta pode ser usada como uma distribuição conjugada para o parâmetro de uma distribuição de Bernoulli, representando a incerteza na probabilidade de ocorrência de um evento. A distribuição de Bernoulli descreve a probabilidade de um evento ocorrer e é caracterizada pelo parâmetro p , pelo valor esperado de p e pela variância $p(1-p)$. O resultado $x=1$ corresponde à ocorrência do evento, enquanto $x=0$ representa a não ocorrência do evento.

3.1.3. Efeitos de Correlação

Segundo Morgan e Henrion (1990), quando duas variáveis de entrada são probabilisticamente dependentes, é recomendável explicitar esta relação no modelo, se necessário adicionando o fator comum que causa a dependência. Os autores afirmam que não é difícil correlacionar distribuições normais de probabilidade. Suponha as variáveis x e y , ambas distribuições normais e com correlação r e a variável auxiliar z . Gera-se uma amostra de valores para x e z , de distribuições normais independentes e achamos uma amostra correspondente para y :

$$y := rx + z\sqrt{1-r^2}$$

A notação $:=$ significa uma declaração de substituição. A amostra de y também terá distribuição normal com a correlação especificada com x . Para transformar as médias e variações de x e y em valores diferentes de 0 e 1, basta aplicar as seguintes fórmulas:

$$x := \mu_x + \sigma_x x$$

$$y := \mu_y + \sigma_y y$$

Estas transformações não alterarão a correlação entre as variáveis.

3.1.4. Simulação de Monte Carlo

De acordo com Morgan e Henrion (1990), a simulação de Monte Carlo é um método bastante conhecido e simples de amostragem. Esta técnica de simulação consiste na geração de valores aleatórios para cada variável, considerando sua distribuição de probabilidades. O conjunto destes valores aleatórios constitui um cenário que é usado como entrada do modelo, gerando saídas correspondentes. Existem técnicas para gerar valores quando as entradas são dependentes probabilisticamente. Repete-se o processo m vezes, gerando m cenários e m saídas. “Uma vantagem desta abordagem é que a precisão da distribuição da saída pode ser

estimada através desta amostra de valores de saída usando técnicas estatísticas padrão”. (MORGAN; HENRION, 1990, p. 199).

Grey (1995) explica que, caso as componentes sejam geradas de modo que sua probabilidade de ocorrência seja igual a da realidade, o resultado simulado terá a mesma probabilidade de ocorrência na realidade. Por exemplo, se um componente do custo possui 20% de chance de exceder o custo na simulação, também terá 20% de chance na realidade.

Carvalho e Rabechini Jr. (2005, p. 288) defendem que a análise de Monte Carlo “é considerada superior na análise do cronograma quando comparada à PERT ou CPM, que tendem a subestimar a duração do projeto”. Além disso, os autores afirmam que a escolha do tipo de distribuição de probabilidades na simulação de Monte Carlo tem efeitos importantes sobre o resultado da simulação. A figura 3.4 mostra um algoritmo da simulação de Monte Carlo.

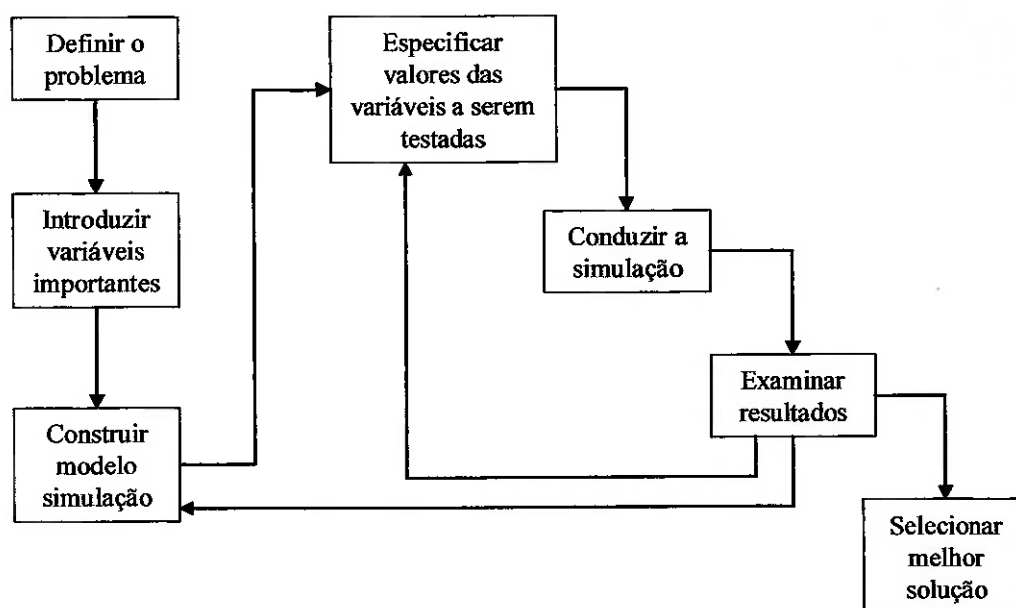


Figura 3.4: Algoritmo da simulação de Monte Carlo. Adaptada de Heizer e Render (2000) apud Carvalho e Rabechini Jr. (2005).

Para representar os resultados da simulação, podem ser utilizados histogramas. Grey (1995, p. 23) diz que os “histogramas são úteis, porém a avaliação do risco geralmente preocupa-se com a probabilidade de exceder um alvo ou limite, do que a probabilidade de ocorrência de um certo intervalo”. Para um modelo de custo, a

simulação de Monte Carlo mostra qual é, realistamente, o valor mínimo e máximo do custo do projeto. A simulação mostra também como se pode atuar sobre o risco: há regiões na qual a redução do risco é pequena, enquanto que em outras o risco associado é grande. A avaliação de riscos mostra qual a região de menor risco e a sensibilidade do risco em relação às metas.

Morgan e Henrion (1990) explicam que o número de simulações necessárias m depende da precisão requisitada da distribuição de saída e independe, para um dado nível de incerteza, do número de entradas n . Deste modo, a simulação de Monte Carlo possui a vantagem de sua complexidade crescer linearmente em relação ao valor de n , ao contrário dos métodos de árvore de probabilidades, nos quais a complexidade é geralmente exponencial em n .

Segundo Morgan e Henrion (1990), outra vantagem da simulação de Monte Carlo em relação ao método da árvore de probabilidades é que não há necessidade de transformar distribuições contínuas em discretas. Além disso, também é possível aplicar a simulação de Monte Carlo em árvores de probabilidade. Em vez de gerar todos os cenários possíveis da árvore, gera-se uma amostra aleatória de cenários, escolhendo um dos caminhos possíveis em cada ponto de decisão. Novamente, a precisão do modelo depende do número de amostras, e não do número de variáveis.

Grey (1995) recomenda de 300 a 1000 conjuntos de valores, pois menos de 300 amostras é considerado não representativo estatisticamente e para mais de 1000 amostras o ganho é muito pequeno em relação ao esforço. No entanto, a aderência aos valores reais depende da qualidade dos valores de entrada.

Já Morgan e Henrion (1990) mostram que a escolha do tamanho da amostra depende do custo do modelo e do resultado esperado. Se o objeto de interesse for a precisão da média da variável y e considerando que temos uma amostra aleatória com m resultados gerados, temos que:

$$\text{Média da amostra: } \bar{y} = \sum_{i=1}^m \frac{y_i}{m}$$

$$\text{Variância da amostra: } s^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(y_i - \bar{y})^2}{(m-1)}$$

Intervalo de confiança com α de certeza (c é o desvio da unidade normal incluindo a probabilidade α): $\left(\bar{y} - c \frac{s}{\sqrt{m}}, \bar{y} + c \frac{s}{\sqrt{m}} \right)$

Suponha que gostaríamos de obter uma estimativa da média y com um intervalo de confiança de α menor do que w . O tamanho da amostra que assegura que o intervalo seja menor do que w é:

$$2c \frac{s}{\sqrt{m}} < w \qquad m > \left(\frac{2cs}{w} \right)^2$$

Para utilizar esta fórmula, é necessário rodar a simulação de Monte Carlo por algumas vezes (por exemplo, 10 vezes) para obter uma estimativa inicial da variância s^2 . Então, é possível calcular o tamanho da amostra utilizando as equações acima.

De acordo com Morgan e Henrion (1990), na simulação de Monte Carlo as variáveis de entrada são geradas de modo igual. Caso haja maior interesse em algumas variáveis de saída do que em outras, é possível utilizar a amostragem com importância, na qual são geradas mais amostras para os pontos de interesse e menos para os restantes. As probabilidades das variáveis de entrada são ajustadas através de pesos de importância. O peso de importância da variável de saída correspondente é igual ao produto dos pesos de importância de suas variáveis de entrada. Para obter o valor real da variável de saída, deve-se multiplicar pelo inverso dos pesos de importância das variáveis de entrada.

3.2. Softwares utilizados: Microsoft Project e @Risk

O software aplicativo de gerenciamento de projetos Microsoft Project foi escolhido por ser de fácil acesso, fácil de manusear, ser compatível com o Microsoft

Office (em especial o Microsoft Excel) e apresentar facilidade para obter suporte técnico e treinamentos, por ser bastante difundido e utilizado no Brasil. Além disso, Takatohi (1999) apresentou uma pesquisa comparativa entre os softwares disponíveis no mercado (Microsoft Project, Prima Vera Project Planner, Project Scheduler, CA Super Project, Project Workbench PMW, Time Line), sendo que o critério de avaliação foi a programação ótima para um conjunto de projetos. A pesquisa chegou às seguintes conclusões:

- Nenhum dos softwares apresentou constância na diferença entre a solução ótima e a solução encontrada. Isto se deve ao fato de os desvios terem uma maior dependência da estrutura do projeto do que do software utilizado. Deste modo, para melhorar a performance do software, é necessário melhorar a estrutura do projeto;
- Apesar de os softwares utilizarem processos diferentes de otimização, os piores resultados foram obtidos nos mesmos problemas;
- Sempre houve diferença em relação à solução ótima, já que os softwares trabalham com algoritmos heurísticos, de modo que fazem um bom retrato da realidade, sem atingir a solução ótima;
- O software Microsoft Project apresentou o melhor resultado.

Klein (2004) e Takatohi (1999) mencionam outras vantagens do software Microsoft Project:

- Ligação entre as atividades considerando as relações de precedência e restrições;
 - Elaboração de diagramas de Gantt, gerando estudos de nivelamento e alocação de recursos;
 - Definição do caminho crítico e manutenção da linha de base do projeto;
 - Cálculo das folgas total e livre e das datas de início e término, data cedo e data tarde das atividades;
 - Cálculo e elaboração de cronogramas considerando data cedo, mais provável e data tarde, seguindo a técnica PERT;
-

- Auxilia na comunicação, pois fornece diversos relatórios contendo informações sobre recursos, custos e durações;
- Definição de diversos tipos de calendário, mesmo dentro de um mesmo projeto.

Conforma já mencionado, o software @Risk é específico para a análise de risco em projetos, através da simulação de Monte Carlo, e será detalhado no próximo capítulo.

3.3. Método proposto

Nesta seção, será detalhado o método proposto para a análise do risco de prazo.

3.3.1. Definição do projeto

A primeira fase consiste em consolidar as informações existentes sobre o projeto, tais como objetivos do projeto, critérios de sucesso, escopo do projeto, estratégias, plano do projeto (contendo prazos, custos, necessidade de recursos, restrições, plano de atividades) e interesses dos *stakeholders*. Estas informações devem ser claras e bem definidas.

Esta fase não só é necessária, mas também é essencial para o processo de gerenciamento do risco, pois a falta de informações claras e definidas sobre o projeto gera um plano inútil e ineficaz de gerenciamento do risco, comprometendo o sucesso do projeto.

3.3.2. Planejamento do gerenciamento de risco

Esta fase consiste na definição do grau de detalhamento, do escopo, do plano estratégico (modelos, técnicas, recursos, orçamento) e do planejamento no nível operacional para o gerenciamento do risco. Assim, o produto desta fase consiste em

um entendimento claro, não ambíguo e por parte de todos os *stakeholders* de como será o gerenciamento do risco do projeto.

3.3.3. Identificação dos riscos e de suas causas

Nesta etapa, busca-se identificar os possíveis riscos do projeto e suas características: impacto, probabilidade futura de ocorrência do evento de risco e do impacto e direcionadores do evento de risco e do impacto (fontes e causas). As técnicas recomendadas pela bibliografia para auxiliar nesta identificação são:

- Revisão da documentação do projeto (planos do projeto) e análise de premissas;
- *Brainstorming*: a equipe do projeto reúne-se, geralmente em conjunto com um time multidisciplinar de especialistas, com o objetivo de obter uma lista abrangente de riscos do projeto, através da geração de idéias sob a liderança de um facilitador;
- Técnica Delphi: busca alcançar o consenso entre especialistas. A cada rodada é aplicado um questionário aos especialistas, sem que estes tenham contato entre si, de forma a evitar a parcialidade e a influência nos resultados;
- Análise SWOT (Pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças): a análise sob estes pontos busca aumentar a amplitude dos riscos considerados;
- *Checklist*: aplicação de *checklists* contendo riscos padrão ou identificados em projetos similares;
- Técnicas de diagramação: dentre estas técnicas, temos o diagrama de causa e efeito (busca identificar causas de riscos), fluxogramas (mostra inter-relação entre elementos do sistema) e diagramas de influência (representações gráficas de situações, que mostram relações entre variáveis e resultados).

Após a identificação dos riscos, deve-se agrupá-los por similaridade em categorias, tais como as mencionadas no item 2.4.3.

3.3.4. Análise qualitativa dos riscos

Esta etapa consiste na análise qualitativa dos riscos, com o objetivo de priorizá-los de acordo com seus efeitos sobre os objetivos do projeto. Outro objetivo é identificar os riscos significativos, que demandam maior nível de atenção. Porém, é válido lembrar que mesmo um risco considerado não significativo pode influenciar atividades críticas.

Dependendo das características do projeto, pode-se utilizar métodos formais ou informais. Os métodos formais podem variar do uso de categorias simples de classificação (como alto, médio ou baixo risco) até a aplicação de modelos matemáticos. Se os tomadores de decisão já sabem claramente qual o nível de recursos necessários para gerenciar cada risco, podem utilizar métodos informais.

3.3.5. Planejamento de respostas aos riscos

Após a análise da probabilidade e do impacto potencial dos eventos, são propostos planos de contenção e de contingência para cada risco. Grey (1995) menciona que o plano de contenção pode buscar:

- Melhor entendimento da incerteza, para torná-la mais fácil de controlar;
- Mudança de abordagem à atividade, para que esta tenha maior probabilidade de sucesso;
- Uso de esforço extra ou de outros recursos para a abordagem existente.

De acordo com Grey (1995), é necessário que haja mecanismos de controle para os dois tipos de plano, para monitorar sua performance e verificar se seus objetivos foram atingidos. No caso do plano de contingência, é necessário que o seu gatilho seja bem definido, ou seja, sob quais condições será considerado que o plano de contenção falhou.

3.3.6. Responsabilidade dos riscos

Para cada plano de contenção e de contingência criado na etapa anterior, é definido se sua responsabilidade será da equipe do projeto ou de terceiros, tais como subcontratados. Então, é designado um único indivíduo que será responsável pelo plano. Segundo Grey (1995), a responsabilidade pelo plano não pode ser compartilhada, pois não se pode dividir a responsabilidade por ações. Além disso, a designação clara de responsabilidade é crucial para que o plano de gerenciamento de riscos seja adequadamente conduzido.

3.3.7. Análise agregada ou quantitativa dos riscos

É composta pelas seguintes atividades:

- Elaboração da rede de atividades: definição e seqüenciamento das atividades, construção da rede de atividades;
- Estimativas de duração das atividades, utilizando a distribuição Beta;
- Ramificação probabilística;
- Efeitos de correlação entre estimativas;
- Simulação de Monte Carlo;
- Análise dos resultados obtidos (identificação das atividades críticas, proposta de redução da duração ou da variabilidade);
- Sugestão de redução do risco de prazo do projeto.

3.3.8. Monitoramento, controle e revisão

O monitoramento, controle e revisão dos planos de gerenciamento de riscos consiste na comparação entre o planejado e o realizado e devem fazer parte dos mecanismos rotineiros de controle do projeto. Em relação ao gerenciamento de riscos, deve-se dar atenção especial ao gatilho dos planos de contingência.

4. APLICAÇÃO EXEMPLO

Para validarmos o método de análise do risco de prazo apresentado, este será aplicado através de um exemplo, que servirá de base a um projeto acadêmico. Na aplicação exemplo, o tratamento qualitativo dos riscos será realizado de forma simplificada, uma vez que não é o foco deste trabalho. Desse modo, serão apresentadas uma breve descrição do projeto e a fase de análise quantitativa dos riscos de prazo.

4.1. O projeto

A aplicação exemplo consiste de um projeto conceitual (ou de viabilidade) de engenharia. Conforme a breve explicação contida no item 2.1, o projeto de viabilidade é aquele no qual são realizados estudos e análises para definir se uma oportunidade gerada do negócio é viável e verificar se é compatível com os objetivos da empresa. Caso seja constatada a viabilidade do projeto, inicia-se a fase de implementação. O projeto de viabilidade é importante para analisar e selecionar as oportunidades de investimento mais convenientes e para evitar investimentos antieconômicos ou mal dimensionados. A importância é ainda maior no caso de projetos que envolvam grande volume de recursos, de longa duração e que tenham grande impacto na empresa.

4.2. A rede de atividades

Na tabela abaixo, são mostradas as atividades do Projeto Conceitual de Engenharia, suas estimativas de duração caracterizadas pela distribuição Beta (cujos parâmetros são duração otimista, mais provável, pessimista, média e variância), as atividades precedentes e os recursos necessários. A média e a variância da duração das atividades foram calculadas de acordo com as equações anteriormente apresentadas.

A atividade número 1, “Projeto Conceitual de Engenharia”, é a atividade-macro do projeto, isto é, é a atividade que dá nome ao projeto. A atividade-macro é subdividida em grupos de atividades, representados pelas atividades-mãe (atividade 2 – “Planejamento e controle”, atividade 10 – “Avaliação do local”, atividade 19 – “Definição do escopo”, atividade 27 – “Desempenho técnico” e atividade 35 – “Fechamento da fase conceitual”). Já as atividades-mãe são compostas por atividades pequenas, denominadas atividades-filha.

Por último, temos os marcos. São atividades com duração e recursos zero, que determinam um ponto de verificação intermediário do projeto.

		Duração						
N.	Descrição da atividade	Otimista	Mais Provável	Pessimista	Média	Varlância	Precedência	Recursos
1	Projeto Conceitual de Engenharia							
2	Planejamento e controle							
3	Plano de negócios identificando as oportunidades do projeto	3	5	6	4,83	0,25		Project Sponsor
4	Definir objetivo do projeto e necessidades de informação	3	5	8	5,17	0,69	3	Project Sponsor
5	Identificar padrões da indústria para os objetivos do projeto	4	5	10	5,67	1,00	4	Project Sponsor;Project Engineer
6	Desenvolver versão preliminar do cronograma conceitual e da equipe do projeto	4	5	8	5,33	0,44	4	Project Engineer
7	Planejamento inicial completo		0				6	
8	Desenvolver estratégia de desempenho do projeto	3	5	10	5,50	1,36	7	Project Sponsor
9	Desenvolver modelo de gerenciamento e equipe de apoio	4	5	7	5,17	0,25	7	Project Sponsor;Project Engineer
10	Avaliação do local							
11	Identificar locais potenciais	7	10	15	10,33	1,78	7	Project Sponsor;Project Engineer
12	Definir necessidades de infra-estrutura	12	15	16	14,67	0,44	21;11	Project Engineer
13	Definir necessidades de utilidades	11	12	15	12,33	0,44	21;11	Project Engineer;Discipline Engineer
14	Identificar o local do projeto	3	5	10	5,50	1,36	21;11	Project Engineer;Discipline Engineer
15	Avaliar impactos regulatórios e ambientais	9	11	12	10,83	0,25	21;11	Project Engineer;Discipline Engineer
16	Identificar requisitos básicos	2	3	5	3,17	0,25	15	Project Engineer
17	Local recomendado	8	10	15	10,50	1,36	15;12;13;14;16	Project Sponsor;Project Engineer
18	Revisão do local e do planejamento	3	5	6	4,83	0,25	17	

N.	Descrição da atividade	Duração					Precedência	Recursos
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Média	Variância		
19	Definição do escopo							
20	Desenvolver o escopo geral para os objetivos do projeto	4	5	8	5,33	0,44	4;5	Project Sponsor; Project Engineer
21	Avaliar necessidades do projeto e desenvolver lista com os pontos principais	4	5	7	5,17	0,25	20	Project Engineer; Discipline Engineer
22	Começar análise dos pontos principais	1	2	4	2,17	0,25	21	Discipline Engineer
23	Completar a análise dos pontos principais e fazer recomendações	10	15	17	14,50	1,36	22	Discipline Engineer
24	Desenvolver escopo específico	4	5	8	5,33	0,44	23	Project Engineer; Discipline Engineer
25	Preparar cronograma conceitual final	6	10	11	9,50	0,69	8;24	Project Engineer; Discipline Engineer
26	Prover informação escrita sobre escopo	5	7	11	7,33	1,00	24;18	Project Engineer; Discipline Engineer
27	Desempenho técnico							
28	Criar lista dos deliverables	4	6	10	6,33	1,00	22	Project Engineer; Discipline Engineer
29	Iniciar planilhas de fluxo e critérios de design	3	5	8	5,17	0,69	28	Discipline Engineer
30	Iniciar desenhos técnicos e lista de equipamentos	8	11	15	11,17	1,36	28	Project Engineer; Discipline Engineer
31	Iniciar o layout conceitual	7	11	13	10,67	1,00	28	Discipline Engineer; Project Engineer; Drafter
32	Completar planilhas de fluxo e critérios de design	12	15	16	14,67	0,44	29;24;23;18	Discipline Engineer; Drafter
33	Completar desenhos técnicos e lista de equipamentos	11	15	16	14,50	0,69	30;24;23;18	Discipline Engineer; Project Engineer; Drafter
34	Completar layout conceitual	13	15	20	15,50	1,36	31;24;23;18	Drafter
35	Fechamento da fase conceitual							
36	Preparar escopo conceitual e estimativas para revisão	4	5	7	5,17	0,25	25;8;9;26;32;33;34	Project Engineer; Cost Engineer; Drafter
37	Avaliar o plano de negócios - retrabalhar se necessário	4	5	8	5,33	0,44	36	Project Sponsor
38	Término do Projeto Conceitual de Engenharia		0				37	

Tabela 4.1: Lista de atividades do projeto exemplo.

A partir desta tabela, criada no Microsoft Excel, é possível cadastrar o projeto no Microsoft Project, seguindo os passos abaixo. Os nomes dos comandos do software serão mostrados em inglês e em português, pois as duas versões são bastante utilizadas:

- Colar nomes das atividades (já na sequência correta) no Microsoft Project:
 - Selecionar dados da coluna “Descrição das atividades” no Microsoft Excel e *Copiar*;
 - No menu *View (Vistas)* do Microsoft Project clicar na vista *Gantt Chart (Diagrama de Gantt)*;
 - Selecionar a célula da primeira linha do *Task Name (Nome da Atividade)*;
 - No menu *Edit (Editar)*, clicar em *Paste Special (Colar Especial)*;
 - Selecionar *Paste Link (Colar vinculado)*. Deste modo, qualquer alteração realizada no arquivo original do Microsoft Excel será automaticamente realizada no arquivo do MS Project. Porém, qualquer alteração nas características da atividade realizadas no MS Project acarretará em perda do vínculo com o arquivo base do MS Excel;
 - Em *As (Como)*, selecionar *Text Data (Dados de Texto)*;
- Listar todas as atividades no Microsoft Project, com duração de um dia e sem relação de precedência ou restrição (realização simultânea);
- Colar os recursos nas atividades. Deve ser realizado antes da determinação das durações, caso contrário interferirá nas mesmas, já que se houver mais de um recurso alocado a uma atividade, a duração será diminuída por ser distribuída entre os recursos. Caso fosse utilizada uma função para impedir este procedimento – duração fixa da atividade – as durações das atividades não seriam recalculadas quando fosse necessário;
- Colar a duração das atividades, seguindo o mesmo procedimento acima. Neste caso, a duração utilizada será a duração média;
- Criar relacionamento entre as atividades macro, mãe, filha e marco:
 - Selecionar todas as atividades abaixo da atividade-macro e clicar em ;
 - Prosseguir da mesma forma para as outras hierarquias. Para caracterizar o marco, basta digitar zero na coluna *Duration (Duração)*, que o Microsoft

Project entenderá que a atividade é um marco. Neste projeto, há dois marcos: atividade 7 – “Planejamento inicial completo” e atividade 38 – “Término do Projeto Conceitual de Engenharia”;

- Definir as relações de precedência e restrições. Este passo pode ser realizado antes ou depois da inclusão da duração das atividades, não há influência:
 - Clicar na atividade precedente e, segurando a tecla *Control*, clicar na atividade sucessora. Em seguida, clicar no botão  (*Link Tasks – Ligar Atividades*);
- Definir calendário 24 horas. Neste tipo de calendário, os recursos trabalham 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem folgas. Apesar de este calendário não ser realista, será utilizado para que os resultados e análises sejam facilmente visualizados:
 - No menu *Tools (Ferramentas)*, selecionar *Changing Working Time (Alterar o Horário de Trabalho)*;
 - Na caixa *For (Para)*, clicar em *Project Calendar (Calendário do Projeto)*. O calendário atual utilizado é o *Standard (Padrão)*, seguido de “(*Project Calendar*)”;
 - Atualmente, o calendário Padrão consiste em horário de trabalho de segunda a sexta, das 08:00 às 12:00 e das 13:00 às 17:00. Vamos acrescentar sábado e domingo ao horário de trabalho. Clicar na primeira letra *S (Sunday – Domingo)* e segurando a tecla *Control*, clicar na última letra *S (Saturday – Sábado)*;
 - Em *Set Selected Date(s) To (Determinar as Datas Seleccionadas Para)*, selecionar *Nondefault Working Time (Horário de Trabalho Não Default)* e automaticamente irá aparecer os horários 08:00 às 12:00 e 13:00 às 17:00;
 - Clicar em *OK*.

Ao selecionarmos a vista *Network Diagram (Rede de Atividades)* do Microsoft Project, é possível visualizar a rede de atividades do projeto (vide figura abaixo). As atividades em vermelho pertencem ao caminho crítico do projeto.

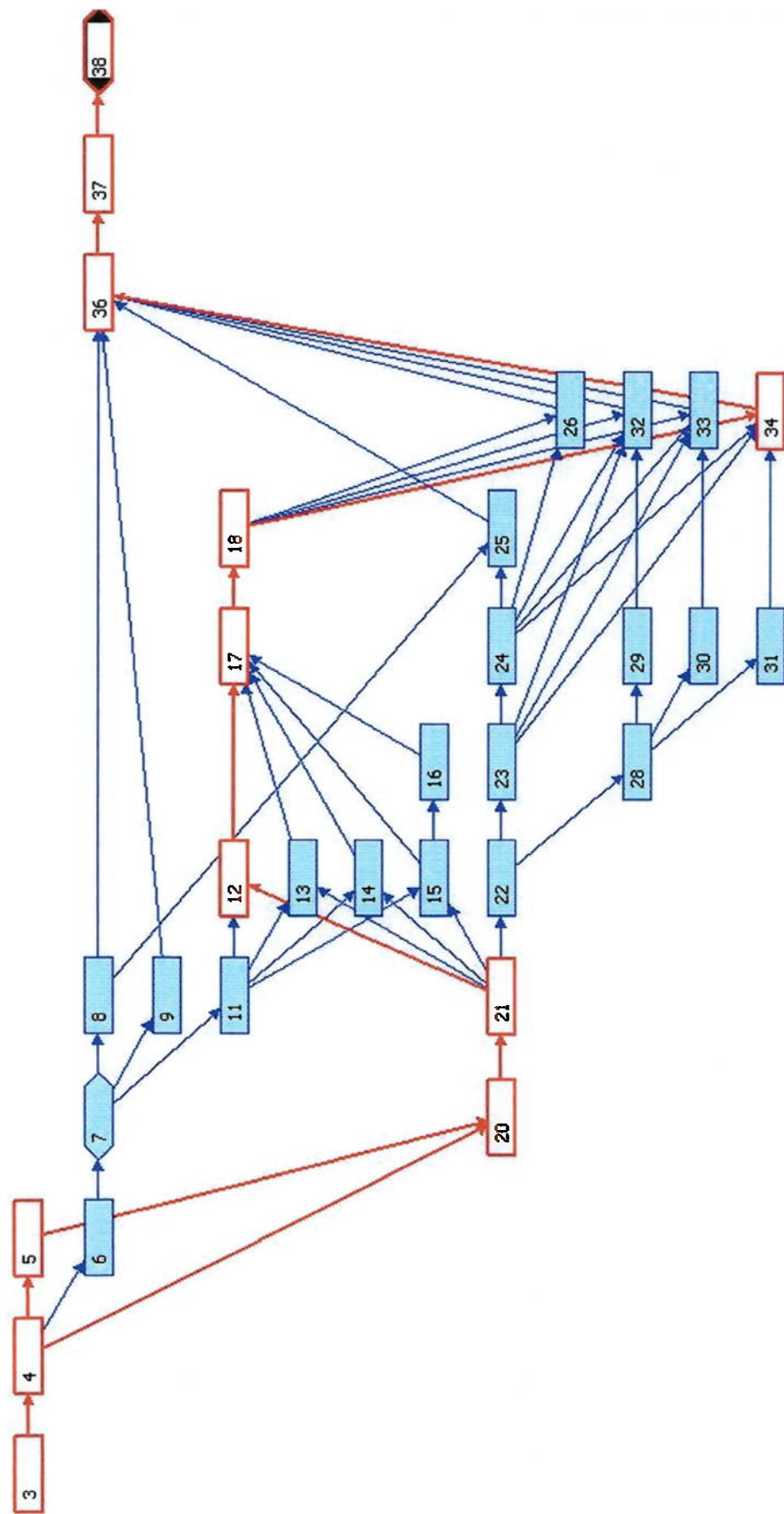


Figura 4.1: Rede de atividades do Projeto Conceitual de Engenharia.

4.3. Resultados com tratamento determinístico

Ao cadastrarmos o projeto no Microsoft Project, podemos ver na vista *Gantt Chart* (*Gráfico de Gantt*) a duração de cada atividade e a duração total do projeto, calculada com base na duração de todas as atividades. É possível também visualizar as folgas total e livre e as atividades críticas do projeto (vide tabela abaixo):

- Clicar no cabeçalho de uma das colunas. Clicar com o botão direito do mouse e selecionar *Insert Column* (*Inserir Coluna*). Escolher *Total Slack* (*Folga Total*) e clicar em *OK*. Repetir para *Free Slack* (*Folga Livre*) e *Critical* (*Atividade Crítica*).

Nesta vista, também é possível visualizar o diagrama de Gantt (vide figura abaixo). Assim, neste exemplo considerando as atividades com duração determinística, foi possível identificar as atividades críticas, que devem ser planejadas e executadas com maior cuidado para que não prejudiquem a duração total do projeto.

- Para identificar o caminho crítico:
 - Clicar no botão  (*Gantt Chart Wizard – Assistente do Gráfico de Gantt*) e clicar em *Next* (*Próximo*);
 - Selecionar *Critical Path* (*Caminho Crítico*) e clicar em *Next* (*Próximo*);
 - Selecionar *Resources and Dates* (*Recursos e Datas*), para mostrar os recursos e datas de cada atividade, e clicar em *Next* (*Próximo*);
 - Selecionar *Yes* (*Sim*), para mostrar as ligações entre as atividades e clicar em *Next* (*Próximo*);
 - Clicar em *Format It* (*Formatá-lo*), e então aparecerá o gráfico de Gantt com o caminho crítico marcado em vermelho;
- A vista *Detail Gantt* (*Gantt Detalhado*) mostra as atividades do caminho crítico em vermelho e mostra, para as atividades não pertencentes ao caminho crítico, a folga total.

N.	Descrição da atividade	Duração	Início	Término	Crítica?	Folga Total	Folga Livre
1	Projeto Conceitual de Engenharia	82,17 days?	1/1/2006 09:00	24/3/2006 09:22	Yes	0 days?	0 days?
2	Planejamento e controle	20,83 days?	1/1/2006 09:00	21/1/2006 16:38	Yes	0 days?	0 days?
3	Plano de negócios identificando as oportunidades do projeto	4,83 days?	1/1/2006 09:00	5/1/2006 15:38	Yes	0 days?	0 days?
4	Definir objetivo do projeto e necessidades de informação	5,17 days?	5/1/2006 15:38	10/1/2006 17:00	Yes	0 days?	0 days?
5	Identificar padrões da indústria para os objetivos do projeto	5,67 days?	11/1/2006 08:00	16/1/2006 14:22	Yes	0 days?	0 days?
6	Desenvolver versão preliminar do cronograma conceitual e da equipe do projeto	5,33 days?	11/1/2006 08:00	16/1/2006 10:38	No	0,51 days?	0 days?
7	Planejamento inicial completo	0 days?	16/1/2006 10:38	16/1/2006 10:38	No	0,51 days?	0 days?
8	Desenvolver estratégia de desempenho do projeto	5,5 days?	16/1/2006 10:38	21/1/2006 16:38	No	41,34 days?	27,34 days?
9	Desenvolver modelo de gerenciamento e equipe de apoio	5,17 days?	16/1/2006 10:38	21/1/2006 14:00	No	51,17 days?	51,17 days?
10	Avaliação do local	40,84 days?	16/1/2006 10:38	26/2/2006 10:22	Yes	0 days?	0 days?
11	Identificar locais potenciais	10,33 days?	16/1/2006 10:38	26/1/2006 14:17	No	0,51 days?	0,51 days?
12	Definir necessidades de infra-estrutura	14,67 days?	27/1/2006 09:22	10/2/2006 15:43	Yes	0 days?	0 days?
13	Definir necessidades de utilidades	12,33 days?	27/1/2006 09:22	8/2/2006 12:00	No	2,34 days?	2,34 days?
14	Identificar o local do projeto	5,5 days?	27/1/2006 09:22	1/2/2006 14:22	No	9,17 days?	9,17 days?
15	Avaliar impactos regulatórios e ambientais	10,83 days?	27/1/2006 09:22	6/2/2006 17:00	No	0,67 days?	0 days?
16	Identificar requisitos básicos	3,17 days?	7/2/2006 08:00	10/2/2006 09:22	No	0,67 days?	0,67 days?
17	Local recomendado	10,5 days?	10/2/2006 15:43	21/2/2006 10:43	Yes	0 days?	0 days?
18	Revisão do local e do planejamento	4,83 days?	21/2/2006 10:43	26/2/2006 10:22	Yes	0 days?	0 days?
19	Definição do escopo	47,83 days?	16/1/2006 14:22	5/3/2006 14:00	Yes	0 days?	0 days?
20	Desenvolver o escopo geral para os objetivos do projeto	5,33 days?	16/1/2006 14:22	21/1/2006 18:00	Yes	0 days?	0 days?
21	Avaliar necessidades do projeto e desenvolver lista com os pontos principais	5,17 days?	22/1/2006 09:00	27/1/2006 09:22	Yes	0 days?	0 days?
22	Começar análise dos pontos principais	2,17 days?	27/1/2006 09:22	29/1/2006 11:43	No	8 days?	0 days?
23	Completar a análise dos pontos principais e fazer recomendações	14,5 days?	29/1/2006 11:43	12/2/2006 16:43	No	8 days?	0 days?
24	Desenvolver escopo específico	5,33 days?	12/2/2006 16:43	18/2/2006 10:22	No	8 days?	0 days?
25	Preparar cronograma conceitual final	9,5 days?	18/2/2006 10:22	27/2/2006 14:22	No	14 days?	14 days?
26	Prover informação escrita sobre escopo	7,33 days?	26/2/2006 10:22	5/3/2006 14:00	No	8,17 days?	8,17 days?
27	Desempenho técnico	43,33 days?	29/1/2006 11:43	13/3/2006 14:22	Yes	0 days?	0 days?
28	Criar lista dos deliverables	6,33 days?	29/1/2006 11:43	4/2/2006 15:22	No	10,83 days?	0 days?
29	Iniciar planilhas de fluxo e critérios de design	5,17 days?	4/2/2006 15:22	9/2/2006 15:43	No	17,16 days?	16,33 days?
30	Iniciar desenhos técnicos e lista de equipamentos	11,17 days?	4/2/2006 15:22	15/2/2006 15:43	No	11,33 days?	10,33 days?
31	Iniciar o layout conceitual	10,67 days?	4/2/2006 15:22	15/2/2006 10:43	No	10,83 days?	10,83 days?
32	Completar planilhas de fluxo e critérios de design	14,67 days?	26/2/2006 10:22	12/3/2006 16:43	No	0,83 days?	0,83 days?
33	Completar desenhos técnicos e lista de equipamentos	14,5 days?	26/2/2006 10:22	12/3/2006 15:22	No	1 day?	1 day?
34	Completar layout conceitual	15,5 days?	26/2/2006 10:22	13/3/2006 14:22	Yes	0 days?	0 days?
35	Fechamento da fase conceitual	10,5 days?	13/3/2006 14:22	24/3/2006 09:22	Yes	0 days?	0 days?
36	Preparar escopo conceitual e estimativas para revisão	5,17 days?	13/3/2006 14:22	18/3/2006 16:43	Yes	0 days?	0 days?
37	Avaliar o plano de negócios - retrabalhar se necessário	5,33 days?	18/3/2006 16:43	24/3/2006 09:22	Yes	0 days?	0 days?
38	Término do Projeto Conceitual de Engenharia	0 days?	24/3/2006 09:22	24/3/2006 09:22	Yes	0 days?	0 days?

Tabela 4.2: Resultados com tratamento determinístico.

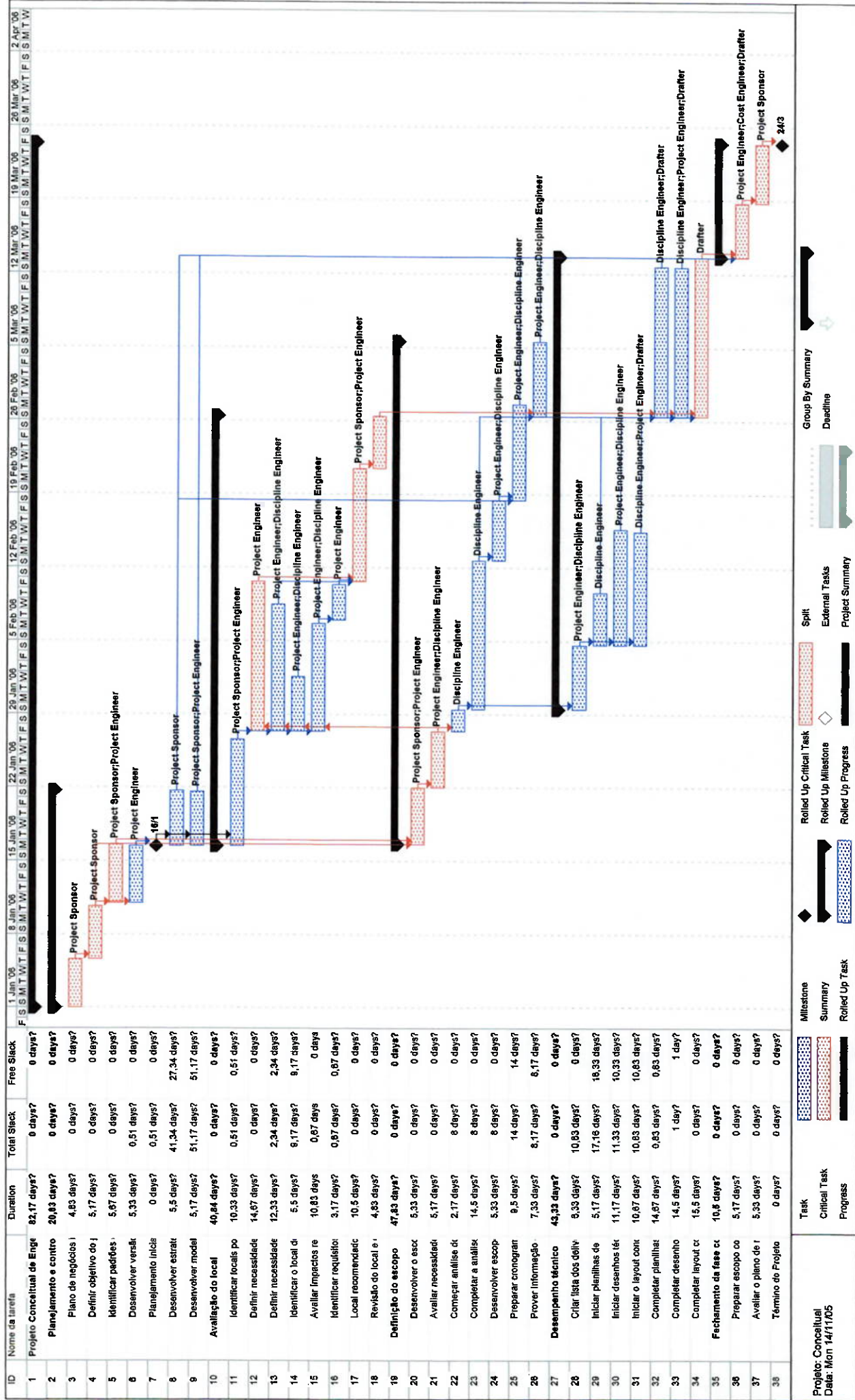


Figura 4.2: Diagrama de Gant

4.4. Projeto com risco de prazo

Vamos verificar se há impacto nos resultados ao alterarmos o tratamento dos dados de determinístico para probabilístico.

Para rodar a simulação, é necessário cadastrar os dados do modelo no Microsoft Project, utilizando o software @Risk. Infelizmente, a versão disponível não possui a ferramenta de ramificação probabilística, de modo que as atividades de contingência não serão consideradas.

- Cadastrar parâmetros da distribuição Beta das atividades: na coluna *Duration* (*Duração*), clicar sobre a duração de uma atividade e então clicar sobre o botão  (*Define Distribution – Definir Distribuição*), escolher a distribuição BetaSubj e preencher com os valores da duração otimista, mais provável, média e pessimista da atividade. O primeiro cadastro para cada duração é o mais trabalhoso. Depois, qualquer modificação na distribuição pode ser efetuada na função  (*Model Definition – Definição do Modelo*);
- Definir variáveis de saída: clicar no botão  (*Add Output – Adicionar Variável de Saída*). Nomear a variável como *Duração* e selecionar os valores da coluna *Duration* (*Duração*). Repetir o procedimento para a variável *Folga Total* (*Total Slack*). Após o cadastro, também é possível modificá-lo na função *Model Definition*;
- Definir parâmetros da simulação: clicar em  (*Simulation Settings – Configuração da Simulação*). Em *Iterations* (*Iterações*), selecionar 1.000 iterações. Foi escolhido este valor por fornecer uma amostra significativa, porém sem gerar esforço computacional excessivo. Em *Sampling* (*Amostragem*), selecionar Monte Carlo em *Sampling Type* (*Tipo de Amostragem*) e em *Advanced Project Options* (*Opções Avançadas de Projeto*) selecionar *Collect Critical Indices* (*Coletar Índices Críticos*). Esta última opção é necessária para coletar dados para análise após a simulação;

- Rodar a simulação: clicar em  (*Start Simulation – Iniciar Simulação*).

O software @Risk fornece as seguintes análises:

- **Análise de sensibilidade:** busca identificar as variáveis de entrada de maior influência sobre as variáveis de saída. Estão disponíveis dois métodos:
 - **Regressão:** é realizada uma regressão dos valores da amostra das variáveis de entrada em relação à variável de saída. A regressão linear ajusta os dados de entrada a uma reta que possa explicar o comportamento da variável de saída. Apresenta uma medida da sensibilidade da variável de saída por variável de entrada. O software mostra o valor de R-quadrado, uma medida da porcentagem da variação que é explicada por uma relação linear;
 - **Ranking de correlação:** são calculados os coeficientes de correlação entre as variáveis de saída e cada conjunto de valores gerado para as variáveis de entrada. A correlação é uma medida quantitativa da intensidade da relação entre duas variáveis. Se o valor de R-quadrado da análise de regressão for maior do que 60%, então a regressão linear explica a relação entre as variáveis de entrada e de saída. Neste caso, recomenda-se verificar se os coeficientes das atividades são coerentes com o ranking de correlação. Se o valor for menor do que 60%, indica-se seguir o ranking de correlação;
- **Análise de cenário:** procura identificar as combinações de valores das variáveis de entrada que levam a certos valores-alvo das variáveis de saída.

Os gráficos abaixo mostram os resultados obtidos na simulação.

Suponha que o contrato do projeto estabeleceu que o prazo para sua conclusão é de 80 dias. Neste caso, podemos determinar qual a probabilidade de o projeto ser concluído dentro do prazo e quais as atividades que mais influenciam sua duração.

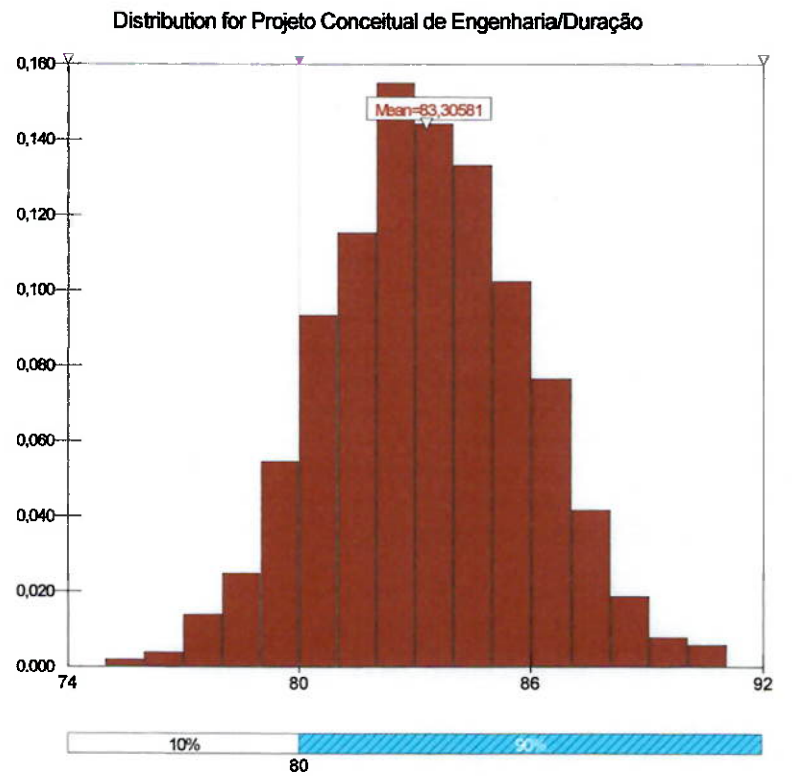


Figura 4.3: Histograma com resultados da duração total do projeto.

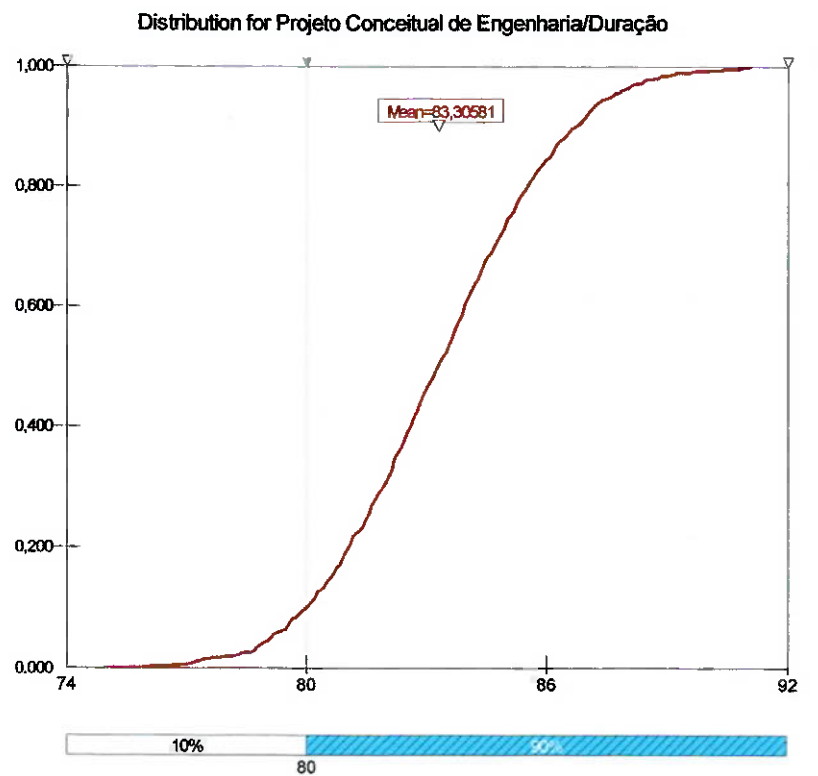


Figura 4.4: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto.

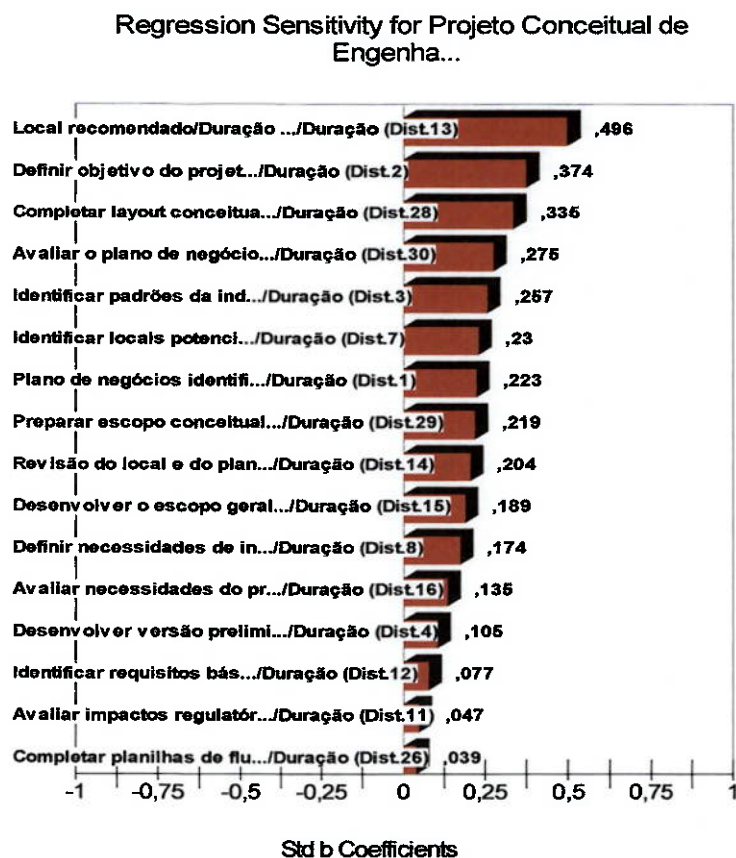


Figura 4.5: Resultados da análise de regressão.

Pode-se observar que o projeto possui uma probabilidade de apenas 10% de ser concluído dentro do prazo estipulado. Através da análise de regressão, pode-se verificar que a atividade 17 – “Local recomendado” é a que mais afeta a duração do projeto. O R-quadrado encontrado é igual a 0,91 e portanto a regressão linear explica a relação entre a duração das atividades e a duração total do projeto. Os valores do ranking de correlação estão coerentes com a análise de regressão (os dados encontram-se no Anexo B).

Para verificar o impacto das atividades sobre a duração total do projeto, serão analisados três cenários.

4.4.1. Aumentar a variabilidade da duração de uma atividade não crítica

A atividade 15 – “Avaliar impactos regulatórios e ambientais” é uma atividade não-crítica e na análise determinística possui uma folga total de 0,67 dias. Vamos aumentar a variabilidade de sua distribuição para verificar se esta atividade pode tornar-se uma atividade crítica do projeto. Em um projeto real, este aumento da variabilidade pode ser causado por mudanças constantes nas leis e por uma nova análise dos impactos regulatórios e ambientais.

	Duração				
	Otimista	Mais Provável	Pessimista	Média	Variância
Simulação original	9	11	12	10,83	0,25
Cenário 1	6	11	18	11,33	4,00

Tabela 4.3: Alteração nos parâmetros da duração da atividade 15.

As figuras abaixo mostram os resultados da simulação deste cenário.

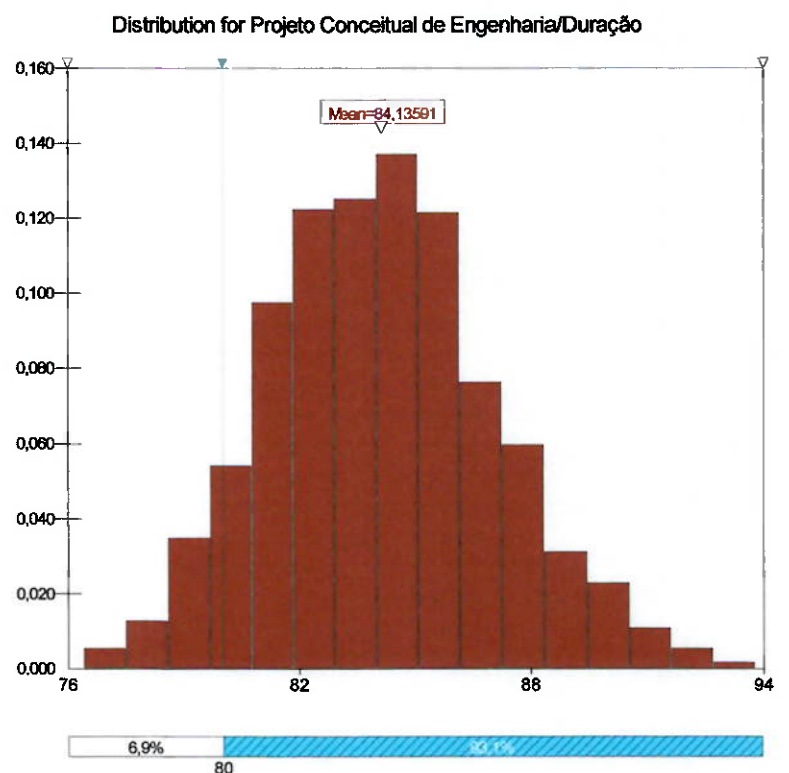


Figura 4.6: Histograma com resultados da duração total do projeto – cenário 1.

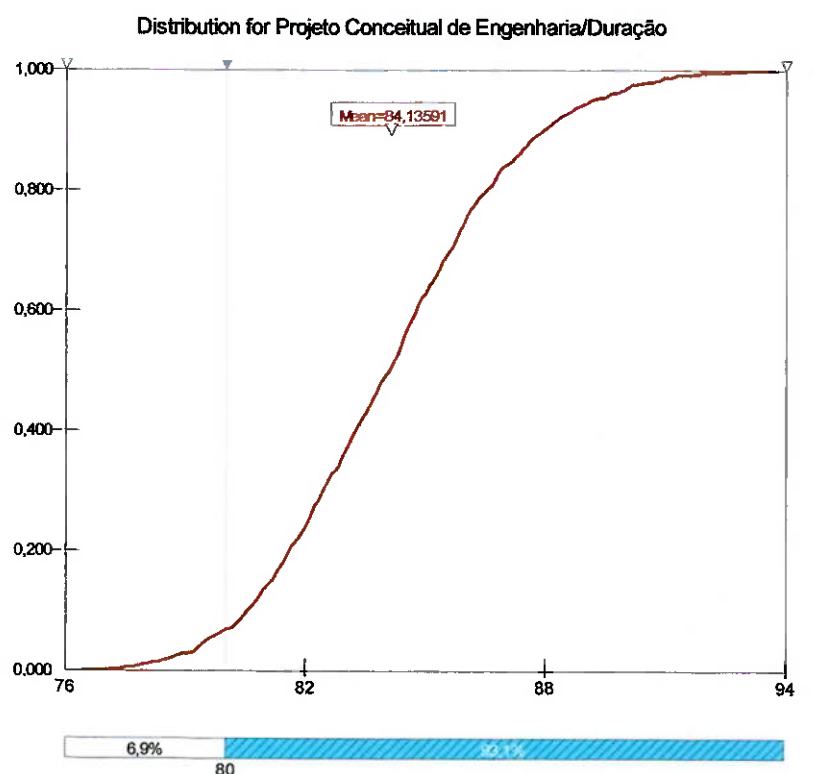


Figura 4.7: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto – cenário 1.

Apesar de a atividade 15 ser uma atividade não-crítica, pode-se notar que ao aumentarmos sua variabilidade, mantendo constante os valores das outras atividades, o desempenho da duração total do projeto: a duração média aumenta de 83,31 para 84,14 e sua distribuição também possui maior variabilidade.

Ao realizarmos a análise de regressão, temos que o R-quadrado é 87% e que a regressão está de acordo com o ranking de correlação. Percebemos também que a atividade 15 saltou da décima-quinta para a segunda posição, isto é, a atividade 15 passou a ser a exercer a segunda maior influência sobre a duração total do projeto. Os resultados da análise encontram-se no Anexo B.

Outro fator do aumento de criticidade da atividade 15 é sua frequência em pertencer ao caminho crítico. Com base nos valores gerados nas duas simulações, temos que:

	Folga total = 0	
	Frequência	%
Simulação	235	23,50%
Cenário 1	470	47,00%

Tabela 4.4: Frequência em que a folga total da atividade 15 foi igual a zero.

Portanto, o número de vezes em que a atividade 15 pertenceu ao caminho crítico dobrou em relação ao modelo inicial, o que também mostra o aumento de criticidade gerado pelo aumento da variabilidade da atividade.

Outro fator de criticidade é que a atividade 15 é precedente da atividade 16. Ao tornar-se uma atividade crítica, a atividade 15 também leva a atividade 16 ao caminho crítico, aumentando a duração total do projeto.

Os histogramas abaixo comparam a distribuição da duração da atividade 15 no modelo inicial e neste cenário.

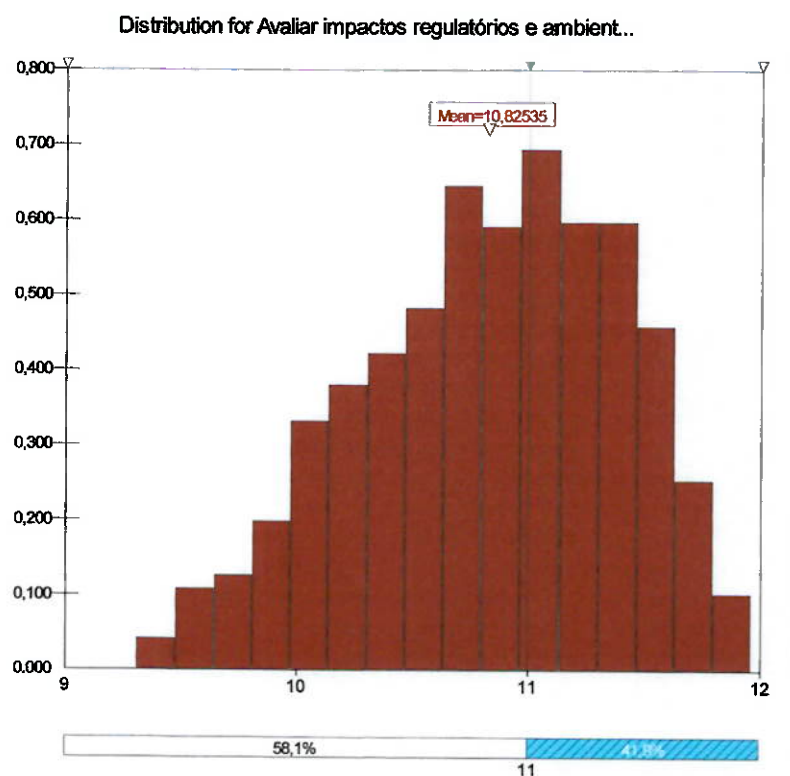


Figura 4.8: Histograma com resultados da duração da atividade 15 – modelo inicial.

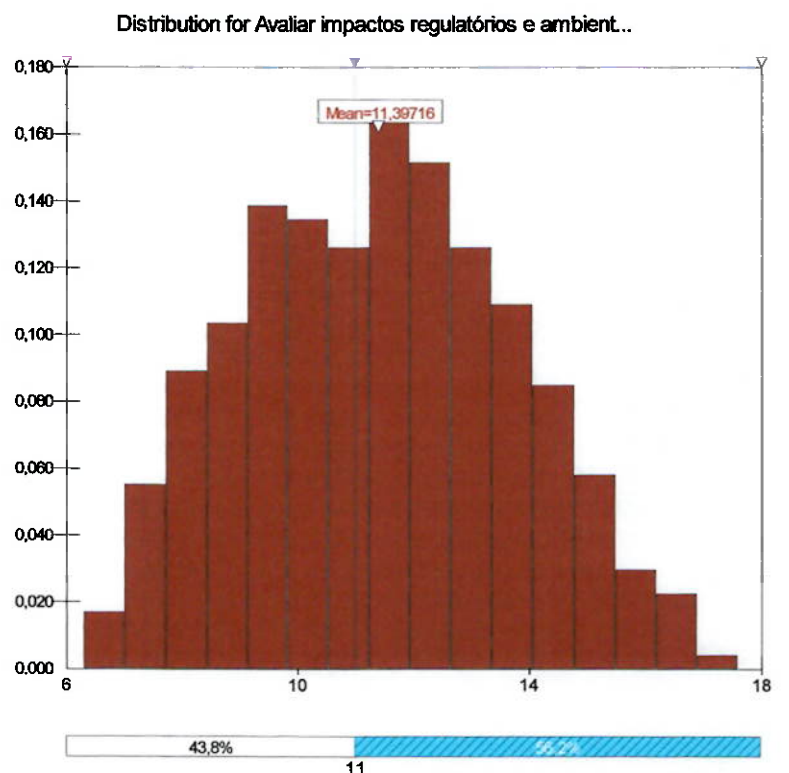


Figura 4.9: Histograma com resultados da duração da atividade 15 – cenário 1.

4.4.2. Verificar se o aumento da variabilidade da duração leva uma atividade a ter o maior impacto sobre a duração do projeto

A análise de regressão do modelo inicial mostra que a quinta atividade que mais afeta a duração total do projeto é a atividade 5 – “Identificar padrões da indústria os objetivos do projeto”. Vamos aumentar sua variabilidade para verificar seu impacto sobre a duração total do projeto. Em um projeto real, este aumento de variabilidade pode ocorrer devido ao risco de existir dificuldades na obtenção de informações, geradas por um setor dinâmico ou pelo fato de as pessoas da empresa terem pouco conhecimento do setor. Os seguintes resultados foram obtidos após a simulação.

	Duração				
	Otimista	Mais Provável	Pessimista	Média	Variância
Simulação original	4	5	10	5,67	1,00
Cenário 2	3	5	15	6,33	4,00

Tabela 4.5: Alteração nos parâmetros da duração da atividade 5.

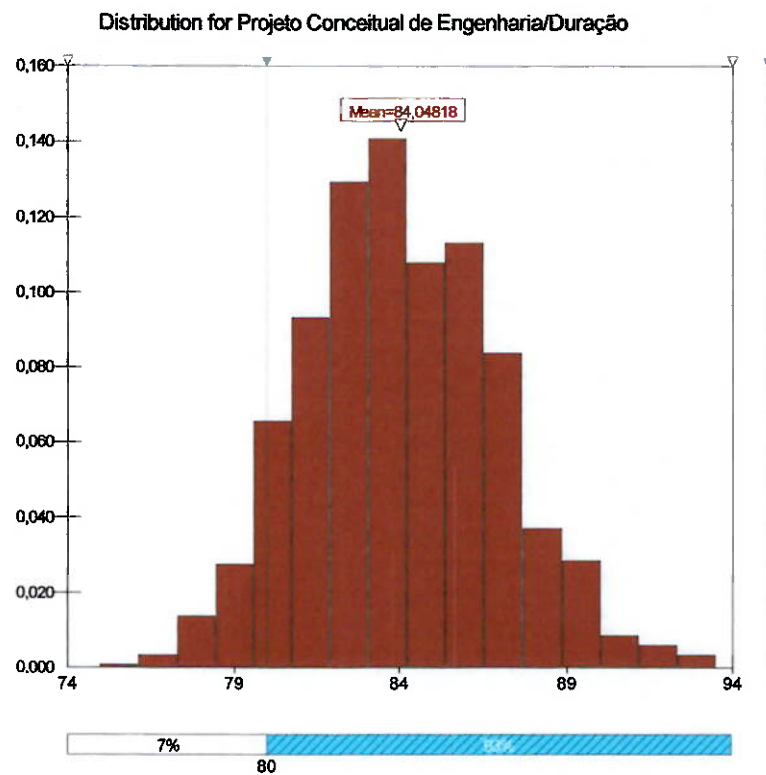


Figura 4.10: Histograma com resultados da duração total do projeto – cenário 2.

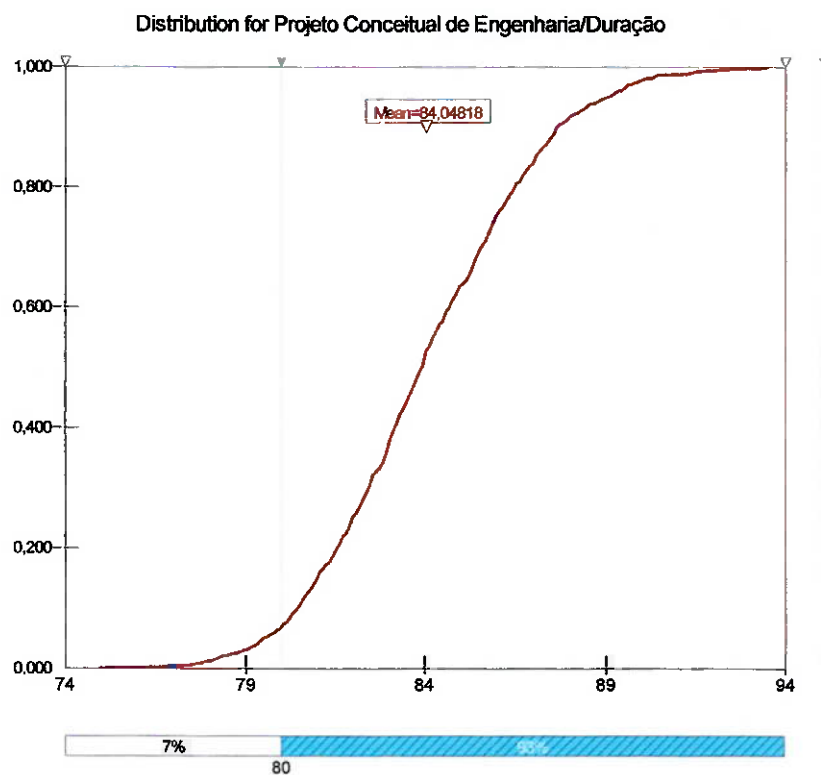


Figura 4.11: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto – cenário 2.

A duração total média do projeto aumentou de 83,31 dias no modelo inicial para 84,05 dias e a probabilidade de cumprir o prazo estabelecido reduziu de 10% para 7%. A variabilidade da duração total do projeto também aumentou. A análise de regressão apresentou R-quadrado igual a 92% e é coerente com o ranking de correlação (os resultados são apresentados no Anexo B). A atividade 5 subiu de quinta para a primeira atividade no ranking de regressão, ou seja, ela tornou-se a atividade que mais influencia a duração total do projeto.

Os gráficos abaixo mostram a distribuição da duração da atividade 5 obtidas da simulação do modelo inicial e do cenário 2. Novamente, verifica-se que houve um aumento na média e na variabilidade da duração da atividade.

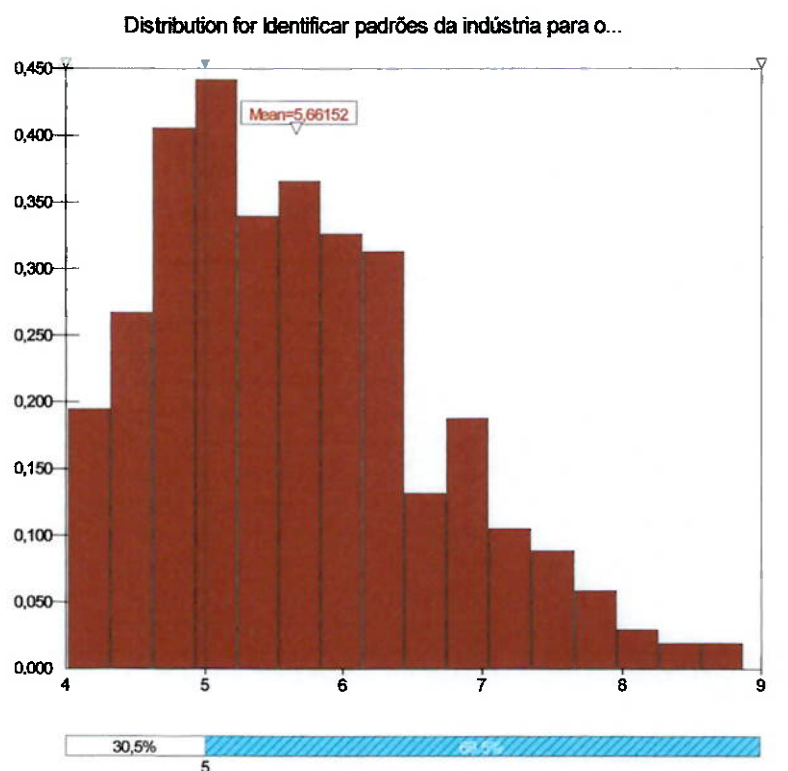


Figura 4.12: Histograma com resultados da duração da atividade 5 – modelo inicial.

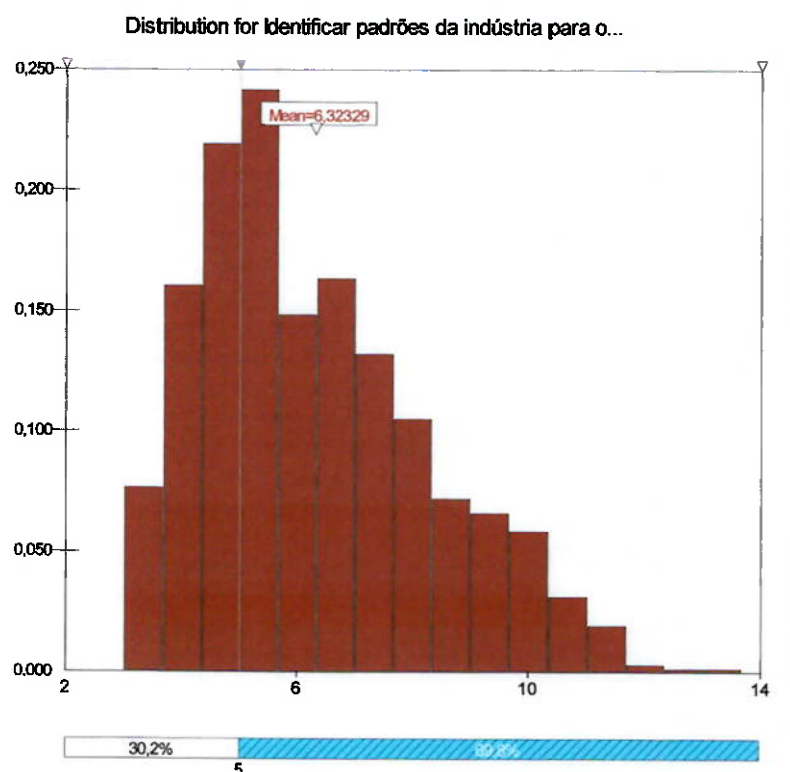


Figura 4.13: Histograma com resultados da duração da atividade 5 – cenário 2.

4.4.3. Verificar se a redução da variabilidade da duração da atividade de maior criticidade melhora a duração do projeto

No modelo inicial a atividade 17 – “Local recomendado” é a de maior impacto sobre a duração total do projeto. Neste cenário, vamos reduzir a variabilidade de sua duração e avaliar os resultados obtidos. Se este fosse um projeto ideal, a redução da variabilidade poderia ser alcançada através de um acompanhamento das atividades precedentes, de modo que as definições necessárias para a definição do local apropriado estejam corretas e disponíveis no momento da decisão. A simulação no software @Risk gerou os seguintes resultados.

	Duração				
	Otimista	Mais Provável	Pessimista	Média	Variância
Simulação original	8	10	15	10,50	1,36
Cenário 3	8	10	11	9,83	0,25

Tabela 4.6: Alteração nos parâmetros da duração da atividade 17.

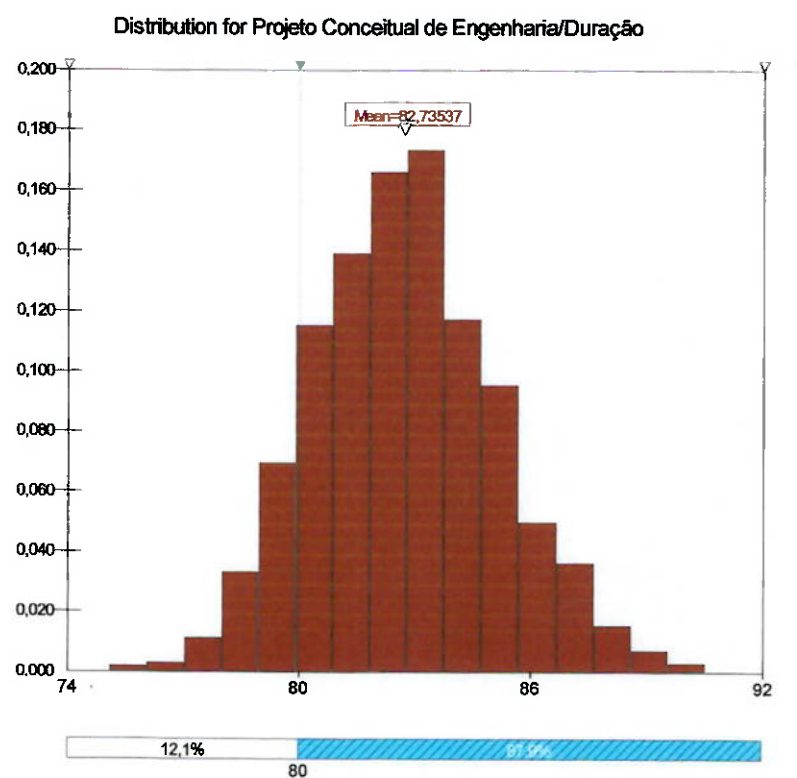


Figura 4.14: Histograma com resultados da duração total do projeto – cenário 3.

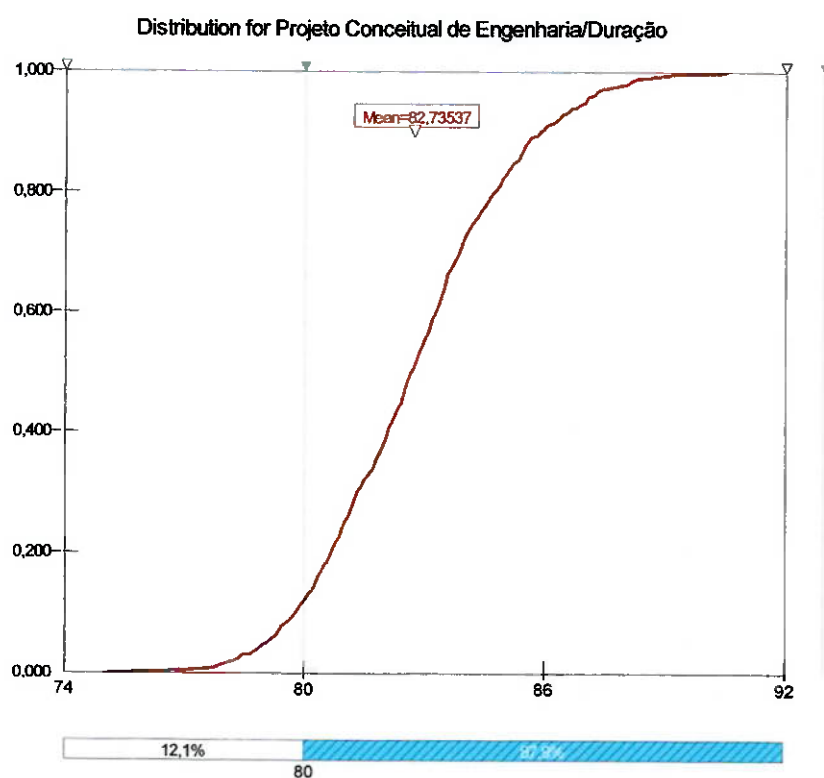


Figura 4.15: Gráfico de probabilidade acumulada para a duração total do projeto – cenário 3.

A duração total média do projeto reduziu de 83,31 dias no modelo inicial para 82,74 dias e a probabilidade de cumprir o prazo estabelecido aumentou de 10% para 12%. No cenário 3, o formato da distribuição da duração do projeto melhorou, pois sua variabilidade é menor e a média é mais próxima do objetivo. A análise de regressão apresentou R-quadrado igual a 89% e apresentou resultados coerentes com o ranking de correlação (os resultados são apresentados no Anexo B). A atividade 17 passou de primeira para a oitava posição no ranking de regressão, deixando de ser a atividade que mais influencia a duração total do projeto.

Os gráficos abaixo mostram a distribuição da duração da atividade 17 obtidas da simulação do modelo inicial e do cenário 3. Houve uma redução na média e na variabilidade da distribuição..

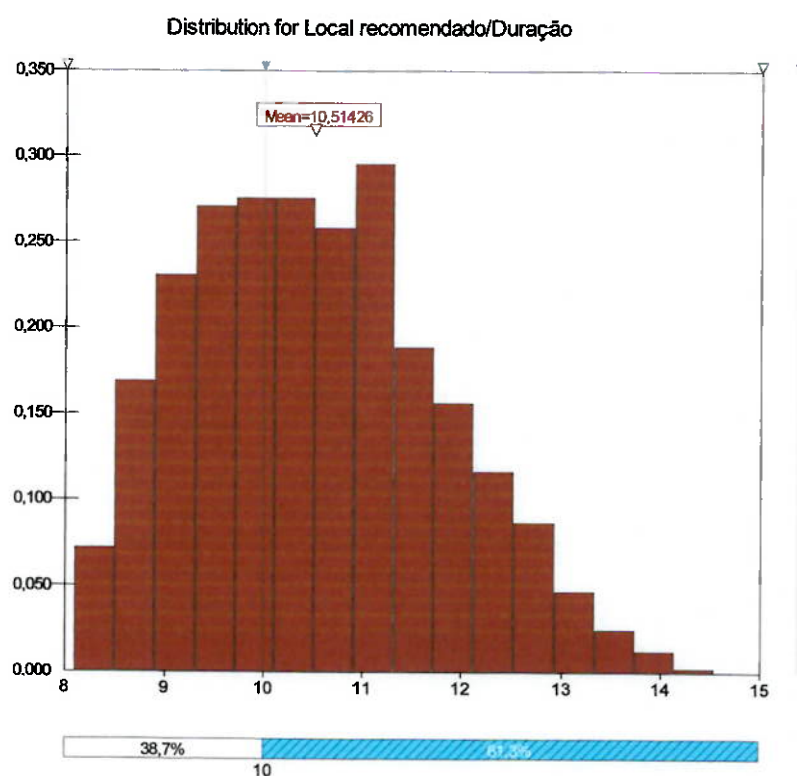


Figura 4.16: Histograma com resultados da duração da atividade 17 – modelo inicial.

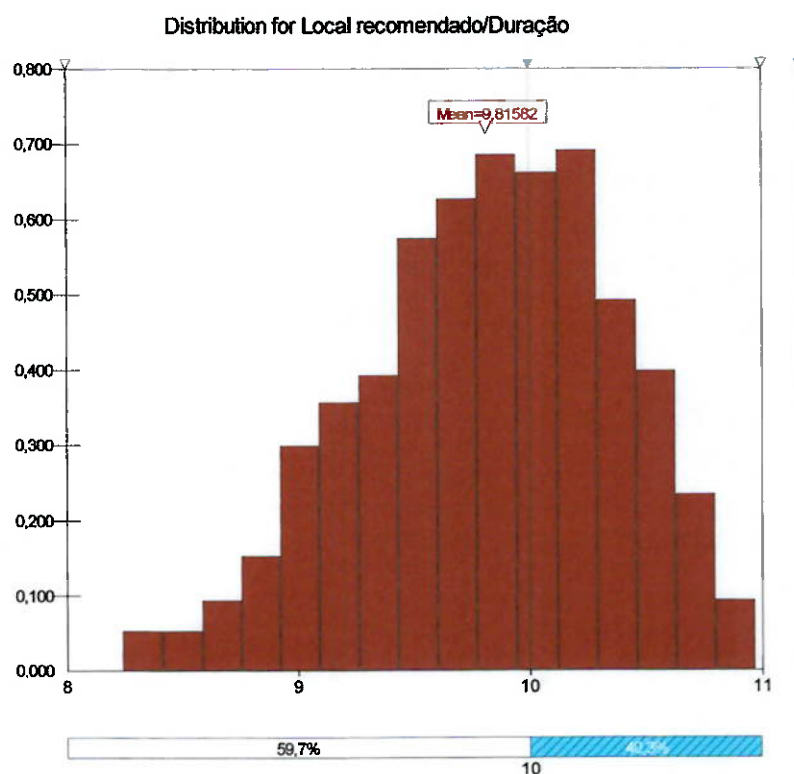


Figura 4.17: Histograma com resultados da duração da atividade 17 – cenário 3.

4.5. Resultados com tratamento probabilístico

Através da simulação do modelo inicial e de três outros cenários diferentes, foi possível constatar o impacto da duração de uma atividade sobre a duração total do projeto. Variando apenas a variabilidade da distribuição, foi possível melhorar ou piorar a distribuição da duração total do projeto.

Esta análise pode ser realizada na etapa de planejamento do projeto, para identificar as atividades mais críticas e que requerem atenção especial, de modo a não prejudicar o resultado do projeto.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES FINAIS

A elaboração deste trabalho esteve focada em atender aos seus três objetivos principais: realizar um estudo sobre o risco de prazo em projetos, propor um método com foco na análise quantitativa do risco de prazo e analisar o impacto de alterações na duração das atividades sobre a duração total do projeto através de uma aplicação exemplo.

O estudo teórico sobre o gerenciamento de risco de prazo foi apresentado no capítulo 2 – “Revisão bibliográfica”. Com base nos conhecimentos adquiridos, foi possível atender ao próximo objetivo. O modelo proposto foi elaborado mesclando vários elementos dos métodos pesquisados, de modo que fosse direcionado para o risco de prazo.

A aplicação exemplo proporcionou a validação dos benefícios esperados. Foram comprovadas as vantagens e a utilidade da análise quantitativa do risco de prazo, com o uso dos softwares Microsoft Project e @Risk. O @Risk é um software específico para a análise de risco com a simulação de Monte Carlo, e junto com o Project é uma ferramenta útil para o planejamento e controle de projetos.

Através da aplicação exemplo, vimos que uma atividade não-crítica, porém com grande variabilidade na distribuição, tem grande probabilidade de influenciar na duração total do projeto. Vimos também que ao reduzir a variabilidade da duração de uma atividade, é possível reduzir a duração total do projeto e sua variabilidade. De posse destas informações, pode-se criar planos e estratégias para reduzir a variabilidade da duração das atividades, de modo a melhorar a qualidade da distribuição da duração total do projeto e a atender o prazo especificado.

Por fim, espera-se que este trabalho sirva de base a um projeto acadêmico, para que os alunos comprovem a importância do gerenciamento de risco em projetos, especialmente o risco de prazo.

6. BIBLIOGRAFIA

BENNATAN, E. M. **On time within budget: software project management practices and techniques**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. 341 p.

BERNSTEIN, P. L. **Against the gods: the remarkable story of risk**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 383 p.

CARVALHO, M. M. de. **O que é risco?** Apostila de curso. 2003.

_____; RABECHINI JR. **Construindo competências para gerenciar projetos: teoria e casos**. São Paulo: Editora Atlas, 2005. 317 p.

CHAPMAN, C. B.; WARD, S. **Project Risk Management: processes, techniques, and insights**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. 322 p.

CLELAND, D. I.; IRELAND, L. R. **Project manager's portable handbook**. New York: McGraw Hill, 2000. 476 p.

CONTADOR, J. L. Gerenciamento de projetos com PERT e CPM. In: CONTADOR, J. C. (Coord.). **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1997. p. 257-285.

DORNELLAS, C. **Simulação de um projeto**. Apostila de curso. 2005.

GREY, S. **Practical risk assessment for project management**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995. 140 p.

KÄHKÖNEN, K. **Management of uncertainty**. Apostila de curso. 2005.

KEELING, R. **Gestão de projetos: uma abordagem global**. Tradução Cid Knipel Moreira. São Paulo: Editora Saraiva, 2002. 293 p.

KERZNER, H. **Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling**. 2. ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1984. 947 p.

KLEIN, A. B. **Introdução de um sistema de planejamento de produção em uma empresa que atua com base em projetos**. 2004. 97 p. 81 p. Trabalho de Formatura. Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINEZ, R. H. **Processo de planejamento da resposta ao risco adotado por instituições financeiras no gerenciamento de risco em projetos de sistemas de informação: um estudo de casos múltiplos**. 2004. 217 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MORGAN, M. G.; HENRION, M. **Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in qualitative risk and policy analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 332 p.

PINTO, J. K.; SLEVIN, D. P. Critical success factors across the project life cycle. **Project management journal**, Newtown Square, v. 19, n. 3, p. 67 – 75, 1988.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **PMBOK Guide: a guide to the project management body of knowledge**. 3. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2004.

_____. Disponível em: <<http://www.pmi.com>>. Acesso em: 10 out. 2005.

RAFTERY, J. **Risk analysis in project management**. London: E & FN Spon, 1994. 143 p.

RODRIGUES, D. de M. **Modelo de gestão de risco operacional**. 2001. 119 p. Trabalho de Formatura. Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SBRAGIO, R. **Engenharia econômica e análise de riscos em projetos**. Apostila de curso. 2005.

SEI. Software Engineering Institute. Disponível em: <<http://www.sei.cmu.edu>>. Acesso em: 06 out. 2005.

SHTUB, A.; BARD J. F.; GLOBERSON, S. **Project management: engineering, technology and implementation**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994. 634 p.

SMITH, P. G.; MERRITT, G. M. Managing consulting project risk. **Consulting to management**, v. 13, n. 3, p. 7 – 13, set. 2002.

SOUZA, A. A. **Gerenciamento de riscos em projetos inovativos**. 2000. 168 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

TAKATOHI, D. G. **Planejamento, programação e controle aplicados a um projeto de segmentação da distribuição**. 1999. 110 p. Trabalho de Formatura. Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VARGAS, R. V. **Análise de valor agregado em de projetos: revolucionando o gerenciamento de custos e prazos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2003. 114 p.

WOILER, S.; MATHIAS, F. M. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. São Paulo: Atlas, 1996. 294 p.

ANEXO A – Checklists de risco em projetos

1. *Checklist* para identificação de risco em projetos. Fonte: Souza (2000).
2. *Checklist* das fontes potenciais de risco em projetos. Fonte: Souza (2000).

1. Checklist para identificação de risco em projetos. Fonte: Souza (2000).

Tópico do projeto	Itens	Risco (Alto / Moderado / Baixo)	Observações
1. Viabilidade do projeto	Técnica		
	Viabilidade a longo prazo		
	Impacto do cenário político		
2. Recursos	Fontes de recursos		
	Inflação e taxa de juros		
	Estimativa de custos		
	Fluxo de caixa		
	Taxas cambiais		
	Apropriação		
3. Planejamento	Reservas para contingências		
	Escopo		
	Complexidade do projeto		
	Restrições técnicas		
	Fornecedores e provedores de serviço		
	Exeqüibilidade		
	Cronograma		
	Ajustes complementares		
	Sincronização: trabalho x escala de pagamentos		
4. Engenharia	Projetos e desempenho padrão		
	Incerteza dos dados		
	Complexidade de execução		
	Responsabilidade do projeto		
	Integração das partes e dos processos		
5. Valores do contrato	Montante		
	Preço unitário		
	Margem de lucro		

Tópico do projeto	Itens	Risco (Alto / Moderado / Baixo)	Observações
6. Tipos de contratos	Turnkey		
	Joint venture		
	Contrato principal		
	Contratos secundários		
	Inovações e métodos (acordos de cooperação)		
7. Condições regionais	Número de licitantes ou concorrentes		
	Disponibilidade dos recursos humanos		
	Particularidades locais		
8. Confiabilidade dos envolvidos	Habilidade / capacidade		
	Credibilidade		
	Experiência pessoal		
9. Condições reguladoras	Licenças, permissões, aprovações		
	Regulamentações ambientais e exigências		
	Patentes existentes		
	Impostos e taxas		
	Vantagens comerciais		
10. Impactos de possíveis intempéries	Inundações		
	Tempestades, vendavais, terremotos, incêndios		
11. Envolvimento	Usuário		
	Gerência do projeto		
	Fornecedores		
	Teste e inspeção		
	Comunicação e resolução de problemas		
	Parceiros		

Tópico do projeto	Itens	Risco (Alto / Moderado / Baixo)	Observações
12. Local	Programas de segurança		
	Acesso		
	Infra-estrutura e condições adequadas		
13. Trabalho	Produtividade / desempenho		
	Greves		
	Representatividade das minorias		
	Sabotagem		
	Disponibilidade		
	Aspectos éticos		
	Escalas		
	Bebidas e drogas		
	Regras locais		
	Sindicatos		
	Desperdícios		
14. Perdas e danos	Compensações		
	Responsabilidades pessoais		
	Responsabilidades técnicas		
	Responsabilidades contratuais		
	Acidentes		
15. Garantias	Reclamações de terceiros		
	Cronograma		
	Desempenho		
	Seguros		
	Consequências		
	Pagamento de danos		

2. Checklist das fontes potenciais de risco em projetos. Fonte: Souza (2000).

Tipo de risco	Qualificação (Alto / Moderado / Baixo)	Quantificação (probabilidade)	Minimização (ações e medição)	Obs.
1. Riscos de crédito				
Cliente				
Patrocinador do projeto				
Contratadas / subcontratadas (especificar)				
Fornecedores chaves				
Seguradoras / resseguradoras				
Bancos				
Operadoras do projeto				
Risco do país				
2. Riscos de execução				
Estouro do orçamento				
Atrasos no cronograma				
Força maior				
Particularidades do contrato				
Obrigações causais				
Responsabilidade e garantia				
Complexidade de execução				
Falta de acordos internos				
3. Riscos operacionais				
Tecnologia em teste				
Novas tecnologias				
Interrupção de serviços				
Fraudes / crimes / violação				
Complexidade operacional				
Características da operação				
Inabilidade técnica				

Tipo de risco	Qualificação (Alto / Moderado / Baixo)	Quantificação (probabilidade)	Minimização (ações e medição)	Obs.
4. Riscos financeiros				
Variação da taxa de câmbio				
Variação da taxa de juros				
Inflação / custo do capital				
Tarifas protecionistas				
Bloqueio de fundos				
Existência de mercado				
Alterações de preços				
Penalidades previstas				
Atrasos no projeto				
Perdas não previstas				
Impacto de acidentes				
5. Riscos políticos				
Concessões governamentais				
Nacionalização				
Tarifas adicionais impostas				
Impostos adicionais				
Restrição envio lucro				
Motins / instabilidade				
Guerras / revoluções				
6. Riscos legais				
Proteção à propriedade				
Resolução de conflitos				
Suporte legal				
Legislação trabalhista				
7. Riscos ambientais				
Avaliação dos custos de possíveis impactos ambientais				
Custos da atenuação e cuidados ambientais				
Transporte e descarte de resíduos poluentes				
Imposição e taxas ambientais				
Impacto e imagem junto aos clientes				

ANEXO B – Resultados das simulações

1. Análise de regressão e correlação – modelo inicial.
2. Análise de regressão e correlação – cenário 1.
3. Análise de regressão e correlação – cenário 2.
4. Análise de regressão e correlação – cenário 3.

1. Análise de regressão e correlação – modelo inicial.

Rank Inputs for Output Projeto Conceitual de Engenharia/Duração				
	Name	Distribution	Regression	Correlation
1	Local recomendado/Duração (Dist.13)	BETASUBJ(8; 10; 10,50; 15)	0,496	0,491
2	Definir objetivo do projeto e necessidades de informação/Duração (Dist.2)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0,374	0,36
3	Completar layout conceitual/Duração (Dist.28)	BETASUBJ(13; 15; 15,50; 20)	0,335	0,289
4	Avaliar o plano de negócios - retrabalhar se necessário/Duração (Dist.30)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,275	0,23
5	Identificar padrões da indústria para os objetivos do projeto/Duração (Dist.3)	BETASUBJ(4; 5; 5,67; 10)	0,257	0,277
6	Identificar locais potenciais/Duração (Dist.7)	BETASUBJ(7; 10; 10,33; 15)	0,23	0,203
7	Plano de negócios identificando as oportunidades do projeto/Duração (Dist.1)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,223	0,188
8	Preparar escopo conceitual e estimativas para revisão/Duração (Dist.29)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,219	0,196
9	(Dist.14)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,204	0,16
10	Desenvolver o escopo geral para os objetivos do projeto/Duração (Dist.15)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,189	0,172
11	(Dist.8)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,174	0,171
12	Avaliar necessidades do projeto e desenvolver lista com os pontos principais/Duração (Dist.16)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,135	0,115
13	conceitual e da equipe do projeto /Duração (Dist.4)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,105	0,109
14	Identificar requisitos básicos/Duração (Dist.12)	BETASUBJ(2; 3; 3,17; 5)	0,077	0,091
15	ambientais/Duração (Dist.11)	BETASUBJ(9; 11; 10,83; 12)	0,047	0,033
16	Completar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.26)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,039	0,054
17	Completar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.27)	BETASUBJ(11; 15; 14,50; 16)	0,039	0,059
18	design/Duração (Dist.23)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0,02	0,052
19	Iniciar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.24)	BETASUBJ(8; 11; 11,17; 15)	-0,017	-0,044
20	Desenvolver estratégia de desempenho do projeto/Duração (Dist.5)	BETASUBJ(3; 5; 5,5; 10)	0	-0,027
21	Desenvolver modelo de gerenciamento e equipe de apoio/Duração (Dist.6)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0	-0,024
22	(Dist.9)	BETASUBJ(11; 12; 12,33; 15)	0	-0,003
23	Identificar o local do projeto/Duração (Dist.10)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	-0,025
24	(Dist.17)	BETASUBJ(1; 2; 2,17; 4)	0	0,028
25	Completar a análise dos pontos principais e fazer recomendações/Duração (Dist.18)	BETASUBJ(10; 15; 14,50; 17)	0	-0,02
26	(Dist.19)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0	0
27	(Dist.20)	BETASUBJ(6; 10; 9,50; 11)	0	0,011
28	(Dist.21)	BETASUBJ(5; 7; 7,33; 11)	0	0,008
29	Criar lista dos deliverables/Duração (Dist.22)	BETASUBJ(4; 6; 6,33; 10)	0	0,035
30	Iniciar o layout conceitual/Duração (Dist.25)	BETASUBJ(7; 11; 10,67; 13)	0	-0,04
31	R-Squared=		0,914076	

2. Análise de regressão e correlação – cenário 1.

Rank Inputs for Output Projeto Conceitual de Engenharia/Duração				
	Name	Distribution	Regression	Correlation
1	Local recomendado/Duração (Dist.13)	BETASUBJ(8; 10; 10,50; 15)	0,459	0,4
2	Avaliar impactos regulatórios e ambientais/Duração (Dist.11)	BETASUBJ(6; 11; 11,33; 18)	0,382	0,375
3	Definir objetivo do projeto e necessidades de informação/Duração (Dist.2)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0,326	0,328
4	Completar layout conceitual/Duração (Dist.28)	BETASUBJ(13; 15; 15,50; 20)	0,291	0,231
5	Identificar locais potenciais/Duração (Dist.7)	BETASUBJ(7; 10; 10,33; 15)	0,24	0,192
6	Avaliar o plano de negócios - retrabalhar se necessário/Duração (Dist.30)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,234	0,237
7	Identificar padrões da indústria para os objetivos do projeto/Duração (Dist.3)	BETASUBJ(4; 5; 5,67; 10)	0,217	0,223
8	Revisão do local e do planejamento/Duração (Dist.14)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,192	0,2
9	Preparar escopo conceitual e estimativas para revisão/Duração (Dist.29)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,191	0,165
10	Plano de negócios identificando as oportunidades do projeto/Duração (Dist.1)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,183	0,174
11	Desenvolver o escopo geral para os objetivos do projeto/Duração (Dist.15)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,161	0,135
12	Definir necessidades de infra-estrutura/Duração (Dist.8)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,128	0,175
13	Desenvolver versão preliminar do cronograma conceitual e da equipe do projeto /Duração (Dist.4)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,122	0,115
14	Avaliar necessidades do projeto e desenvolver lista com os pontos principais/Duração (Dist.16)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,116	0,073
15	Identificar requisitos básicos/Duração (Dist.12)	BETASUBJ(2; 3; 3,17; 5)	0,097	0,098
16	Completar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.27)	BETASUBJ(11; 15; 14,50; 16)	0,047	0,021
17	Completar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.26)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,04	0,062
18	Iniciar o layout conceitual/Duração (Dist.25)	BETASUBJ(7; 11; 10,67; 13)	0,022	0,041
19	Desenvolver estratégia de desempenho do projeto/Duração (Dist.5)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	-0,01
20	Desenvolver modelo de gerenciamento e equipe de apoio/Duração (Dist.6)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0	0,003
21	Definir necessidades de utilidades/Duração (Dist.9)	BETASUBJ(11; 12; 12,33; 15)	0	-0,012
22	Identificar o local do projeto/Duração (Dist.10)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	-0,006
23	Começar análise dos pontos principais/Duração (Dist.17)	BETASUBJ(1; 2; 2,17; 4)	0	0,013
24	Completar a análise dos pontos principais e fazer recomendações/Duração (Dist.18)	BETASUBJ(10; 15; 14,50; 17)	0	-0,034
25	Desenvolver escopo específico/Duração (Dist.19)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0	-0,051
26	Preparar cronograma conceitual final/Duração (Dist.20)	BETASUBJ(6; 10; 9,50; 11)	0	0,01
27	Prover informação escrita sobre escopo/Duração (Dist.21)	BETASUBJ(5; 7; 7,33; 11)	0	-0,006
28	Criar lista dos deliverables/Duração (Dist.22)	BETASUBJ(4; 6; 6,33; 10)	0	0,059
29	Iniciar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.23)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0	0
30	Iniciar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.24)	BETASUBJ(8; 11; 11,17; 15)	0	-0,037
31	R-Squared=		0,8727688	

3. Análise de regressão e correlação – cenário 2.

Rank Inputs for Output Projeto Conceitual de Engenharia/Duração				
	Name	Distribution	Regression	Correlation
1	Identificar padrões da indústria para os objetivos do projeto/Duração (Dist.3)	BETASUBJ(3; 5; 6,33; 15)	0,515	0,439
2	Local recomendado/Duração (Dist.13)	BETASUBJ(8; 10; 10,50; 15)	0,427	0,41
3	Definir objetivo do projeto e necessidades de informação/Duração (Dist.2)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0,34	0,332
4	Completar layout conceitual/Duração (Dist.29)	BETASUBJ(13; 15; 15,50; 20)	0,294	0,277
5	Avaliar o plano de negócios - retrabalhar se necessário/Duração (Dist.31)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,239	0,249
6	Revisão do local e do planejamento/Duração (Dist.15)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,209	0,201
7	Preparar escopo conceitual e estimativas para revisão/Duração (Dist.30)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,199	0,185
8	Plano de negócios identificando as oportunidades do projeto/Duração (Dist.1)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,187	0,217
9	Identificar locais potenciais/Duração (Dist.7)	BETASUBJ(7; 10; 10,33; 15)	0,186	0,214
10	Desenvolver o escopo geral para os objetivos do projeto/Duração (Dist.16)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,17	0,129
11	Definir necessidades de infra-estrutura/Duração (Dist.8)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,161	0,131
12	Avaliar necessidades do projeto e desenvolver lista com os pontos principais/Duração (Dist.17)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,107	0,08
13	Desenvolver versão preliminar do cronograma conceitual e da equipe do projeto /Duração (Dist.4)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,073	0,066
14	Completar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.27)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,044	0,07
15	Avaliar impactos regulatórios e ambientais/Duração (Dist.11)	BETASUBJ(9; 11; 10,83; 12)	0,039	-0,002
16	Identificar requisitos básicos/Duração (Dist.12)	BETASUBJ(2; 3; 3,17; 5)	0,038	0,026
17	Completar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.28)	BETASUBJ(11; 15; 14,50; 16)	0,027	0,049
18	Iniciar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.24)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	-0,017	0,003
19	Revisão do local e do planejamento/Duração (Dist.14)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	-0,016	0,018
20	Desenvolver estratégia de desempenho do projeto/Duração (Dist.5)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	0,009
21	Desenvolver modelo de gerenciamento e equipe de apoio/Duração (Dist.6)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0	-0,026
22	Definir necessidades de utilidades/Duração (Dist.9)	BETASUBJ(11; 12; 12,33; 15)	0	0,028
23	Identificar o local do projeto/Duração (Dist.10)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	-0,055
24	Começar análise dos pontos principais/Duração (Dist.18)	BETASUBJ(1; 2; 2,17; 4)	0	0,006
25	Completar a análise dos pontos principais e fazer recomendações/Duração (Dist.19)	BETASUBJ(10; 15; 14,50; 17)	0	-0,006
26	Desenvolver escopo específico/Duração (Dist.20)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0	-0,029
27	Preparar cronograma conceitual final/Duração (Dist.21)	BETASUBJ(6; 10; 9,50; 11)	0	-0,015
28	Prover informação escrita sobre escopo/Duração (Dist.22)	BETASUBJ(5; 7; 7,33; 11)	0	-0,019
29	Criar lista dos deliverables/Duração (Dist.23)	BETASUBJ(4; 6; 6,33; 10)	0	0,017
30	Iniciar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.25)	BETASUBJ(8; 11; 11,17; 15)	0	-0,034
31	Iniciar o layout conceitual/Duração (Dist.26)	BETASUBJ(7; 11; 10,67; 13)	0	0,008
	R-Squared=		0,9214729	

4. Análise de regressão e correlação – cenário 3.

Rank Inputs for Output Projeto Conceitual de Engenharia/Duração				
	Name	Distribution	Regression	Correlation
1	Completar layout conceitual/Duração (Dist.28)	BETASUBJ(13; 15; 15,50; 20)	0,398	0,389
2	Definir objetivo do projeto e necessidades de informação/Duração (Dist.2)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0,386	0,334
3	Avaliar o plano de negócios - retrabalhar se necessário/Duração (Dist.30)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,299	0,305
4	Identificar padrões da indústria para os objetivos do projeto/Duração (Dist.3)	BETASUBJ(4; 5; 5,67; 10)	0,297	0,264
5	Identificar locais potenciais/Duração (Dist.7)	BETASUBJ(7; 10; 10,33; 15)	0,262	0,26
6	Revisão do local e do planejamento/Duração (Dist.14)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,241	0,211
7	Plano de negócios identificando as oportunidades do projeto/Duração (Dist.1)	BETASUBJ(3; 5; 4,83; 6)	0,24	0,221
8	Local recomendado/Duração (Dist.13)	BETASUBJ(8; 10; 9,83; 11)	0,225	0,205
9	Preparar escopo conceitual e estimativas para revisão/Duração (Dist.29)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,22	0,229
10	Definir necessidades de infra-estrutura/Duração (Dist.8)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,203	0,204
11	Desenvolver o escopo geral para os objetivos do projeto/Duração (Dist.15)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,2	0,166
12	Avaliar necessidades do projeto e desenvolver lista com os pontos principais/Duração (Dist.16)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0,158	0,189
13	Desenvolver versão preliminar do cronograma conceitual e da equipe do projeto /Duração (Dist.4)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0,141	0,096
14	Identificar requisitos básicos/Duração (Dist.12)	BETASUBJ(2; 3; 3,17; 5)	0,066	0,076
15	Completar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.26)	BETASUBJ(12; 15; 14,67; 16)	0,058	0,048
16	Completar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.27)	BETASUBJ(11; 15; 14,50; 16)	0,053	0,088
17	Avaliar impactos regulatórios e ambientais/Duração (Dist.11)	BETASUBJ(9; 11; 10,83; 12)	0,044	0,058
18	Desenvolver estratégia de desempenho do projeto/Duração (Dist.5)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	0,079
19	Desenvolver modelo de gerenciamento e equipe de apoio/Duração (Dist.6)	BETASUBJ(4; 5; 5,17; 7)	0	0,001
20	Definir necessidades de utilidades/Duração (Dist.9)	BETASUBJ(11; 12; 12,33; 15)	0	-0,017
21	Identificar o local do projeto/Duração (Dist.10)	BETASUBJ(3; 5; 5,50; 10)	0	-0,027
22	Começar análise dos pontos principais/Duração (Dist.17)	BETASUBJ(1; 2; 2,17; 4)	0	-0,019
23	Completar a análise dos pontos principais e fazer recomendações/Duração (Dist.18)	BETASUBJ(10; 15; 14,50; 17)	0	0,001
24	Desenvolver escopo específico/Duração (Dist.19)	BETASUBJ(4; 5; 5,33; 8)	0	0,012
25	Preparar cronograma conceitual final/Duração (Dist.20)	BETASUBJ(6; 10; 9,50; 11)	0	0,013
26	Prover informação escrita sobre escopo/Duração (Dist.21)	BETASUBJ(5; 7; 7,33; 11)	0	0,01
27	Criar lista dos deliverables/Duração (Dist.22)	BETASUBJ(4; 6; 6,33; 10)	0	0,013
28	Iniciar planilhas de fluxo e critérios de design/Duração (Dist.23)	BETASUBJ(3; 5; 5,17; 8)	0	0,018
29	Iniciar desenhos técnicos e lista de equipamentos/Duração (Dist.24)	BETASUBJ(8; 11; 11,17; 15)	0	-0,003
30	Iniciar o layout conceitual/Duração (Dist.25)	BETASUBJ(7; 11; 10,67; 13)	0	0,072
	R-Squared=		0,8935546	