

# Processos Markovianos na Gestão da Construção Civil

Alexandre Costa, Etienne Costa, Pedro Costa, Rui Azevedo

Universidade do Minho – Campus Gualtar  
Mestrado Integrado em Engenharia Informática  
Prof. José Telhada

9 de Maio de 2020

## Resumo

Este documento orienta a resolução da segunda parte do trabalho prático. Detalha a aplicação de cadeias de Markov na resolução de um problema real, nomeadamente, a análise e previsão dos índices de probabilidades de estados relacionados com os riscos de impacto em obras de construção civil.

## 1 Introdução

Uma cadeia Markoviana é processo estocástico discreto, em que a distribuição de probabilidades de ocorrência de um estado( $X$ ) aleatório num determinado estágio( $n$ ) apenas depende da ocorrência anterior( $n-1$ ). A gestão de um empreendimento de construção civil remete para a concatenação de etapas com um grau significativo de independência. Isto significa que para atingir os prazos previamente estabelecidos, é necessário maximizar o desempenho da obra como um conjunto. Este tipo de projectos são mutáveis, incertos e complexos, beneficiando das teorias probabilísticas e estatísticas avançadas dos modelos de otimização estocásticos, capazes de prever e planificar eventuais riscos. Os riscos analisados englobam restrições de tempo, de custo e de qualidade, sendo o trabalho baseado no artigo citado.([ABREU; WOLFF, 2018](#))

## 2 Características

Gerir uma obra de construção civil acarreta não só a administração de recursos levando em consideração as restrições de tempo, de custo e de qualidade, como também deve satisfazer todos os agentes envolvidos. O ciclo de vida de uma obra comporta as seguintes fases:

- **Business Case:** fase de formalização de contratos e viabilidade legal do empreendimento;
- **Desenvolvimento:** fase que determina o fluxo de produção, a seleção dos processos construtivos e o planeamento temporal;
- **Implementação:** fase de aquisição de recursos, do estudo e aplicação dos mesmos de acordo com a fase de desenvolvimento;
- **Manutenção:** fase do pós edificação, marcada por uma rotina com a finalidade de preservar a obra, bem como a avaliação do desempenho do sistema.

Os riscos podem ser hierarquizados através da **Estrutura Analítica dos Riscos**. No contexto da análise qualitativa, as probabilidades e impactos dos riscos são avaliados recorrendo a uma matriz de classificação de probabilidades comportando dois critérios, probabilidade de ocorrência e impacto no projecto. Pelo método quantitativo analisa-se a probabilidade do risco se materializar, mediante a recolha de dados relacionados com o custo, a qualidade e perturbação temporal.

### 3 Gestão de Riscos

Existem fenômenos que podem impactar o planeamento em diferentes sectores da construção, destacam-se os **riscos** que podem ocorrer e os impactos consequentes associados a essa ocorrência. É de salientar que um risco é um evento ou uma condição incerta que, caso aconteça tem um efeito positivo ou negativo em pelo menos um objectivo do projecto.

Para garantir o sucesso da realização do projecto, a que ter em conta a probabilidade de ocorrência de um determinado risco sendo que quanto menor for a probabilidade de ocorrer um determinado risco menor será a probabilidade do projecto sofrer com impactos negativos e consequentemente garante o sucesso do projecto.

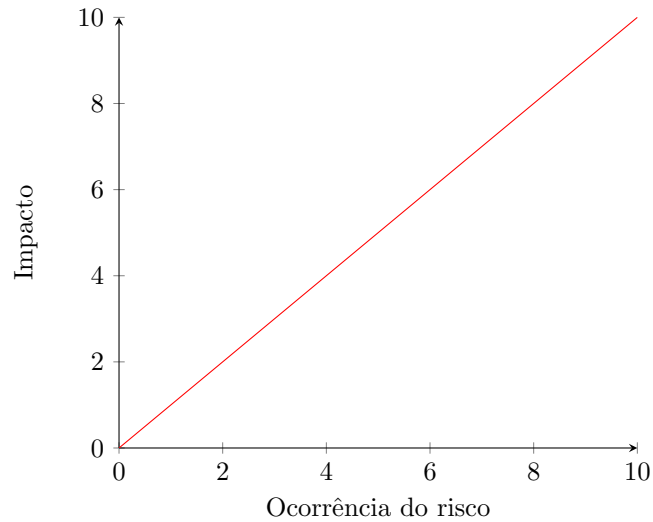


Figura 1: Ocorrência X Impacto.

A gestão de riscos em projectos é um conjunto de ações que tem como objectivo aumentar as chances de um projecto ser concluído com sucesso.

De acordo com o **PMBOK** o ciclo de vida na gestão de riscos é o seguinte:

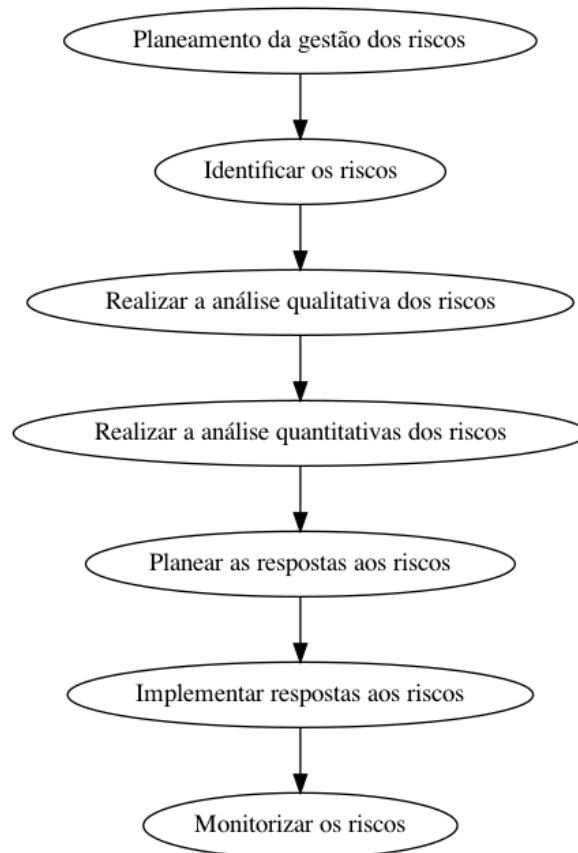


Figura 2: Ciclo de vida na gestão de riscos.

Entre os processos para gestão de riscos destacam-se os seguintes:

- **Análise qualitativa dos riscos:** Consiste em priorizar os riscos individuais identificados, considerando a sua probabilidade de ocorrência e os seus impactos nos objectivos do projecto. Com estas probabilidades pode-se avaliar e classificar a priorização dos riscos tirando partido de uma matriz que determinará o quão exposto estamos a um determinado risco.

Tendo em conta a probabilidade de ocorrência e os impactos que estes riscos podem causar podem ser classificados como:

- Baixos;
- Médios;
- Altos;

Sendo assim é de salientar que quanto maior for a probabilidade maior será a necessidade de implementar respostas aos riscos.

- **Análise quantitativa dos riscos:** Consiste em avaliar, em números, quais os impactos que os riscos individuais priorizados anteriormente podem causar nos objectivos do projecto. Para realização desta análise é necessário obter dados de alta qualidade e um grande esforço de gestão.
- **Análise semi-quantitativa dos riscos:** Consiste em criar índices para situações de risco salientadas e são elaborados planos de actuação para hierarquizar o risco.

Embora sejam os processos que destacam-se na gestão de riscos, os mesmos apresentam um conjunto de vantagens e desvantagens sendo que cabe ao gestor do projecto tomar a decisão mais adequada na utilização dos mesmos.

Métodos	Vantagens	Desvantagens
Qualitativos	Simples e não requerem quantificações; Permitem o envolvimento de diferentes elementos da organização	São subjectivos e dependem da experiência dos avaliadores; Não permitem efectuar análise custo-benefício
Quantitativos	Proporcionam resultados mensuráveis; Permitem a análise de medidas de controlo de risco	Os cálculos são complexos, dispendiosos e morosos; necessitam de metodologias estruturadas e bases de dados fiáveis
Semi-Quantitativos	Relativamente simples; Identificam as prioridades de intervenção através da identificação dos riscos	Dependem dos descritores inseridos e da experiência dos avaliadores

Identificados os possíveis riscos associados ao projecto surge a necessidade de implementar respostas aos riscos, sendo que para isso tira-se partido de metodologias como:

- **Método de Avaliação de Riscos de Acidentes de Trabalho:** Esta metodologia permite determinar o nível de riscos existentes e consequentemente ordená-los de forma coerente de acordo a estabelecer prioridades de intervenção sobre os mesmos riscos. É de salientar que **MARAT** é um método orientador, em que se pode estabelecer uma comparação entre a probabilidade de uma falha detectada com o nível de probabilidade estimado tendo como pressuposto registos de acidentes e métodos estatísticos. O método possui uma estrutura simples e sistemática em todo processo de avaliação.

De seguida é apresentada uma breve descrição dos elementos pertencentes a estrutura:

- **Grau de Exposição:** é a medida da frequência com que se dá exposição ao risco.
- **Grau de Deficiência:** é definido como sendo a grandeza da relação considerados e a sua relação casual com o possível acidente.
- **Probabilidade:** representa o produto do grau de deficiência das mediads de prevenção e do grau de exposição da obra ao risco.
- **Grau de Rigidez:** permite considerar níveis correspondentes a lesões e a danos materias para efectuar a classificação do grau de risco.
- **Grau de Risco:** representa o produto do grau de rigidez e a probabilidade.
- **Grau de Intervenção.**

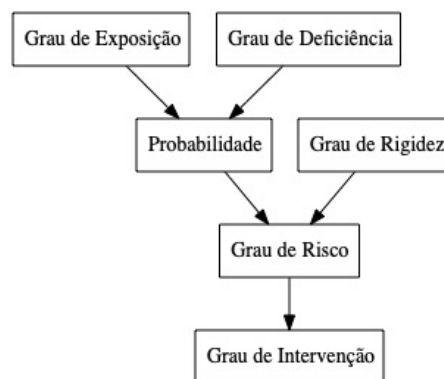


Figura 3: Estrutura do método.

- **Método de Matriz Simples de Sommerville:** Esta metodologia permite de forma expedita resultados mensuráveis dos quais se extraem prioridades de intervenção através da identificação dos principais riscos. Este método recorre ao uso de uma matriz simples composta por duas variáveis expressas por escalas de 3 níveis, sendo que uma estimativa ao risco é calculada através do produto da **Probabilidade de Materialização** e **Gravidade do Risco**.

$$R = P \times G$$

Gravidade(G)		Probabilidade(P)	
A	Baixo	A	Baixo
B	Médio	B	Médio
C	Alto	C	Alto

R=G x P		Probabilidade(P)		
		A	B	C
Gravidade(G)	A			
	B			
	C			

Figura 4: Relação entre as variáveis P x G.

## 4 Condições de Aplicação

Analizados métodos para estimar a ocorrência de riscos e combinando estes riscos a utilização de processos markovianos, verificou-se que uma boa gestão associada a estes processos resulta na realização de uma obra com bons resultados positivos, englobando todas as fases de um empreendimento de construção civil.

Em obras existem inúmeros setores que podem ser comprometidos caso surjam alguns riscos relacionados a **custo**, **cronograma** e **qualidade**. Sendo assim definem-se 3 níveis de estados  $\{X_b : \text{baixo}, X_m : \text{médio}, X_a : \text{alto}\}$  que representam o impacto causado em uma obra.

Factores	$X_b$	$X_m$	$X_a$
Custo	Pouco impacto	Cerca de 3% de aumento	Cerca de 3% de aumento
Cronograma	Pouca alteração	Alteração de até 30 dias	Alteração de mais de 30 dias
Qualidade	Baixo impacto	Redução da qualidade	Grande redução na qualidade

Tabela 1: Impactos em uma obra.

As probabilidades de acontecimentos de impactos estão baseadas no método de matriz simples de sommerville e levam em consideração os impactos de riscos estabelecidos inicialmente.

Os valores das probabilidades de ocorrências dos 3 estados actuais são:

- $X_b : \frac{2}{5}$
- $X_m : \frac{3}{10}$
- $X_a : \frac{3}{10}$

De seguida é representada a matriz de probabilidades (P) de mudança a partir de um estado para qualquer outro estado, num determinado passo do processo.

$$P = \begin{bmatrix} \frac{3}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} \\ \frac{3}{10} & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} \\ \frac{3}{10} & \frac{3}{10} & \frac{2}{5} \end{bmatrix}$$

Figura 5: Matriz de Transição.

Com base no que foi definido anteriormente é possível definir um modelo que relaciona as probabilidades de acontecimentos de impactos e a matriz de transição, de modo a calcular as alterações das probabilidades mensais. Sendo assim como variáveis do modelo final temos o seguinte :

- **Matriz de transição:**  $P = \begin{bmatrix} \frac{3}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} \\ \frac{3}{10} & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} \\ \frac{3}{10} & \frac{3}{10} & \frac{2}{5} \end{bmatrix}$
- **N:** Número de meses.
- **IMPC:** Probabilidades de acontecimentos de impactos =  $[\frac{2}{5}, \frac{3}{10}, \frac{3}{10}]$

Como modelo final temos a seguinte fórmula:  $\mathbf{R} = \mathbf{IMPC} \times \mathbf{P}^N$ , sendo que o mesmo dá como resposta as alterações das probabilidades após N períodos mensais podendo com isso identificar os possíveis impactos que teriam na execução do empreendimento de construção civil. É de resalvar que estes valores são estimativas e servem exclusivamente como mecanismos de suporte associado ao planeamento de respostas aos riscos.

Estados	$P^{(1)}$	$P^{(14)}$	$P^{(16)}$
$X_b$	0.420	0.429	0.429
$X_m$	0.320	0.321	0.321
$X_a$	0.260	0.25	0.25

Tabela 2: Resultados em 3 períodos aleatórios.

É possível constatar que com o passar dos meses a probabilidade de termos baixo impacto em uma obra é maior, podendo ser um bom indicador que o projecto vai bem encaminhado, relativamente aos outros estados não se verificam modificações visto que foi atingida a matriz estacionária.

## 5 Conclusão

A gestão de risco é um processo dinâmico, e muita das vezes é focado na análise sistemática de identificação e avaliação dos fatores de risco que podem contribuir com um certo impacto em um empreendimento na construção civil. No contexto deste trabalho a utilização exclusiva de processos markovianos seria algo diminuto, sendo assim, tirou-se partido do método de matriz simples de sommerville e combinando a utilização de ambos permite-nos fazer uma gestão melhor de modo a ser possível reduzir o impacto em diversos sectores.

## Referências

ABREU, A. V.; WOLFF, M. P. M. DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS MARKOVIANOS NA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL [ Development of Markovian Process in the management of civil construction ]. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 15, n. 1, p. 891–921, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/51835>.