

Gestão de Suprimentos na Construção Civil: Análise dos Riscos Associados à  
Aquisição de Materiais em uma Obra  
(será submetido à Revista Gestão e Produção)

**Eduardo Klein Couto – UFRGS – Engenharia de Produção**

kleincouto@gmail.com

**Rogério Miorando – UFRGS - Engenharia de Produção**

miorando@gmail.com

**Resumo**

*Obras de construção civil são conhecidas por baixa produtividade e atrasos. Com eficiência aquém da planejada, o Brasil vive à sombra dos países desenvolvidos quando o assunto é infraestrutura. Os suprimentos entram como peça chave para atender os prazos e objetivos das construtoras, porém eles são suscetíveis ao impacto de fatores de risco não monitorados. Surge, então, a oportunidade de analisar a variabilidade existente na área de suprimentos, uma vez que para a boa gestão de projeto os insumos devem estar presentes no momento certo para a execução. Assim, este trabalho apresenta uma análise de riscos para gestão de suprimentos, unindo impacto financeiro com probabilidade de ocorrência dos fatores de risco. O trabalho foi aplicado no projeto de um estádio de futebol para os itens de cobertura metálica, fachada e lajes alveolares com o intuito de analisar o comportamento do método em diferentes insumos. A execução das etapas propostas resultou na definição de fatores de riscos para um projeto de construção civil, no aprendizado com a condução da análise à empresa estudada e na priorização desses fatores passíveis de causar os maiores impactos financeiros, possibilitando a mitigação dos riscos através de planos de ação.*

**Palavras-chave:** Análise de riscos, Gestão de suprimentos, Gestão de projetos, Construção civil

**Abstract**

*Construction projects are known for low productivity and delays. With effectiveness short of planned, Brazil lives in the shadow of developed countries when it comes to infrastructure. The supplies go as key to meet deadlines and objectives of construction, but they are susceptible to the impact of risk factors not monitored. Then comes the opportunity to analyze the variability in the supply area, once for good project management inputs must be present at the right time to implement. Thus, this paper presents a risk analysis for supply management, combining financial impact with the probability of occurrence of risk factors. The method was applied in the project of a football stadium for the items of metal roof, facade and pre-cast concrete slab with intuited to analyze the behavior of the method on different inputs. The implementation of the proposed steps resulted in the definition of risk factors for a project construction, in learning to conducting the analysis the company studied and prioritization of these factors liable to cause the greatest financial impacts, enabling risk mitigation plans through action.*

**Keywords:** Risk Analysis, Supply Management, Project Management, Construction

## 1. Introdução

A indústria da construção civil é importante para o desenvolvimento social, por proporcionar avanço de infraestrutura e qualidade de vida. Em países emergentes, nota-se um apelo pelas necessidades básicas e, nos desenvolvidos, por melhorias urbanas ou empreendimentos de grande porte.

O desenvolvimento desse setor no Brasil tem apresentado maior foco em produção rápida do que em qualidade, devido às carências de infraestrutura, gerando índices de baixa eficiência. Segundo Mello & Amorim (2009), os Estados Unidos é referência no quesito de produtividade na construção civil no cenário mundial. Os autores mostram que a União Europeia apresenta 75% da eficiência americana e o Brasil apenas 15%. Isso ocorre devido ao baixo investimento em técnicas e otimizações dos processos no Brasil. O *gap* existente entre a indústria brasileira e a americana evidencia a oportunidade de trabalhos de melhoria no setor.

Segundo Colombo (2002), a construção civil tem diversas carências quanto à gestão, que corroboram para que deficiências como o desperdício de materiais, a baixa qualidade, retrabalhos e atrasos ocorram rotineiramente. El Debs (2000) compara a atividade do setor a uma indústria de manufatura e salienta o atraso perante os demais ramos industriais devido à ineficiência, morosidade e alto desperdício. O planejamento global dos projetos deveria contemplar a gestão de suprimentos e processos, atentando para a existência dos fatores de riscos que prejudicam a produtividade.

Quanto ao planejamento de obras civis no Brasil, estudos consideram-no precário com relação a prazos e controle de custos. Isso se torna uma das causas de baixa eficiência, pois se avalia que não há credibilidade nos dados e há dificuldade de retroalimentação para realização de análises corretivas nos projetos. A tomada de decisão dos gestores muitas vezes ocorre de maneira equivocada, devido ao fato de não considerarem informações relativas aos riscos em suas análises (HARRIS & McCAFFER, 1997).

A variabilidade existente no processo é de difícil controle, pois os riscos são proporcionais à complexidade do projeto. Para Ballard et al. (2001), os engenheiros têm tentado reduzir essa variabilidade através do desenvolvimento de sistemas de produção e otimização, através da melhoria do trabalho e alinhamento dos múltiplos interesses dos envolvidos no processo. Contudo, o binômio prazo e qualidade ainda demanda quebra de paradigmas. Conforme Koskela (2004), uma das maiores perdas decorrente da má produção é a chamada *make-do*

(fazer a qualquer custo), pois é catalizadora do surgimento das outras sete perdas definidas por Shingo (1981) – perda por superprodução, por espera, por transporte, por processamento em si, por estoques, por movimento e por elaboração de produtos defeituosos.

A gestão de suprimentos, em especial as políticas de aquisição de materiais, é pouco padronizada e se apoia no bom senso dos responsáveis. Para Howell & Koskela (2000), o gerenciamento é prejudicado por suposições erradas e teorias idealizadas. A análise dos fatores de risco existentes em um processo pode ser usada, então, para aprimorar o estudo dos dados.

Bertaglia (2003) complementa que é estratégico compreender o gerenciamento de materiais e estoques, e entender como eles afetam as organizações. Ballard e Howell (1998) descrevem que para entregar uma obra de construção civil e alcançar a estabilidade nos processos produtivos, a proteção da produção contra variabilidades e efeitos indesejáveis provenientes da relação entre fornecedor e gerentes é uma obrigação. Laufer & Tucker (1987) complementam que os gerentes de obras muitas vezes são otimistas e desconsideram incertezas e variabilidade.

A maior dificuldade para gerenciar materiais está em ponderar aspectos que são de difícil percepção, ou que não podem ser medidos monetariamente e que os tomadores de decisão consideram implicitamente em suas decisões. Os riscos inerentes ao processo não são incorporados aos estudos e o gerenciamento sai falho. O apoio à decisão realizado com o cruzamento de características definidas do processo e percepções subjetivas dos gestores tende a aprimorar o processo de gerenciamento da construção civil (SZAJUBOK et al., 2006).

A complexidade quanto à gestão de materiais em obras é alta e, quando negligenciada, desencadeia problemas como parada do processo produtivo, aquisição de materiais a custos altos e má qualidade, convergindo para o cenário final que é o atraso do projeto ou mesmo superfaturamento. Marsh (1985) concluiu que o investimento em termos de sistemas de suprimentos para administração de materiais da construção civil é aproximadamente sete vezes menor que na indústria de manufatura.

Justifica-se, portanto, aprimorar a gestão de suprimentos. Em particular, realizar a aquisição dos materiais com maior controle, incorporando análises qualitativas que considerem fatores de risco a essa atividade, visto que o impacto da desconsideração da importância dos materiais

em uma obra afeta diretamente o prazo, refletindo em multas, perda de credibilidade e imagem.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é realizar uma análise do risco associado na decisão de compra de materiais em uma obra de construção civil, como meio de melhorar o processo de gestão de suprimentos. Para tanto, busca-se quantificar a probabilidade de possíveis variações financeiras dos insumos com base em fatores de risco ajustados através de simulação estocástica. Serão identificados os principais fatores de risco envolvidos no processo de aquisição de materiais e os mesmos serão relacionados, quanto ao impacto financeiro e probabilidade de ocorrência, aos custos planejados para materiais no projeto. Assim, será possível verificar as potenciais variações econômicas para cada material e permitir a geração de um plano de ação para mitigar essa variabilidade.

A contribuição do trabalho está centrada nos ajustes da metodologia de Miorando (2010) para aplicação em um projeto de construção civil, uma área distinta das demais áreas avaliadas por esta metodologia. A divisão da pesquisa no presente estudo está composta por quatro seções: (i) Introdução, (ii) Referencial teórico, (iii) Procedimentos Metodológicos, (iv) Aplicação do Modelo, e (v) Considerações finais.

## **2. Referencial Teórico**

Esta seção apresenta uma revisão da literatura sobre os seguintes tópicos relevantes para este trabalho: a gestão de suprimentos e aquisição de materiais, gestão de riscos e modelos probabilísticos para análise de riscos.

### **2.1 Gestão de Suprimentos e aquisição de materiais**

Segundo Slack et al. (2009), a gestão de suprimentos está associada à qualidade de atendimento produtivo de uma empresa. A atividade de compra, dada a importância estratégica no abastecimento produtivo, deve ser eficiente, atendendo os objetivos de desempenho da produção com rapidez, confiabilidade, flexibilidade, qualidade e custo. Devido à negligência na gestão de fornecedores e materiais, a ocorrência de perdas produtivas aparece. As perdas por espera (pela ausência de um insumo), assim como a perda por estoque, por produtos defeituosos, processamento e superprodução são exemplos das possíveis consequências geradas nesse processo (SHINGO, 1981; SLACK, 2009).

Conforme apresenta Homaid (2002), em setores de manufatura, os conceitos de planejamento de aquisição de materiais são comumente difundidos e extensamente estudados. Contudo, para a indústria da construção civil este estudo demanda desenvolvimento dado a importância e complexidade, visto que decisões nesse nível impactam diretamente nos resultados e objetivos das empresas. Em direção ao que elucidou El Debs (2000), que comparou o setor de construção à manufatura, Homaid (2002) apresenta que pode-se estender os conceitos de ramos industriais mais maduros a obras civis. A gestão de insumos necessários para fabricação de um produto na manufatura tradicional assemelha-se à demandada em um projeto de construção civil. A partir dessas semelhanças, pode-se dizer que a utilização de boas práticas para gerenciar a aquisição e monitoramento dos materiais, entrantes no processo produtivo, são úteis quando formalizados em projetos civis.

O setor da construção civil enfrenta dificuldades e está na fronteira da evolução. Os desperdícios de materiais, parada de produção pela falta de insumos, atrasos de entrega, aumento dos custos, dentre outros, são algumas características que evidenciam a problemática da gestão de projetos para obras. Conforme Mohamed e Tucker (1996), estudos apontam que grande parte das empresas de construção civil ainda opera no modo da revolução industrial. A investigação sobre a perda de tempo, gerando paradas na produção e conseqüentemente atraso e/ou geração de custo no montante final, revelou que a mão de obra dispense um considerável tempo de espera por recursos. Além disso, foi verificado que é possível aproximadamente 25% de economia de tempo com a correta gestão operativa. Apesar de existir a pesquisa sobre novas modalidades produtivas, como pré-moldados, automação, padronização, por exemplo, já corroboradas e bem sucedidas, estas fornecem soluções de melhorias finais do processo (*output*). Contudo, somente esses conceitos não se mostram eficazes no âmbito geral da construção civil. Portanto novas abordagens de reengenharia cuja aplicação englobe o *input* (com o estudo de materiais e projetos internos), em consonância com os métodos já estudados tende a evoluir práticas do setor (MOHAMED E TUCKER 1996; SZAJUBOK, 2006)

De acordo com Burgess (1998) a indústria da construção tem sido relativamente lenta para adotar práticas de gestão de fornecedores e suprimentos como uma estratégia de gestão. As construtoras têm dado maior foco para os clientes e suas necessidades, ao invés de dispender atenção aos fornecedores, parte fundamental para realização da produção. Formoso e Revelo (1998) salientam que muitos problemas ocorrentes operacionalmente não estão relacionados com o desempenho dos fornecedores e, sim, às ineficiências da organização, muitas vezes, relacionadas com fases anteriores de projeto. Devido ao mau alinhamento com fornecedores,

mapeando os potenciais problemas e incertezas da operação, aliado à falta de planejamento, a construtora demanda erroneamente seus fornecedores, levando-os a erros ou inconsistências. Assim, conforme Burgess (1998), a gestão de suprimentos gera uma vantagem competitiva em termos da minimização de incertezas, melhores prazos, atendimento, relacionamento e sinergia, indo de encontro com a qualidade posta por Slack (2009).

## **2.2 Gestão de risco**

Conforme apresentado por Tah e Carr (2001), os projetos da construção civil geralmente pecam em atrasos, gerando, por consequência, perdas financeiras. O critério experiência e/ou tempo hábil para executar planejamentos pelo contratante, assim como a escassez de materiais são algumas das principais dificuldades encontradas no setor. Flanagan e Norman (1993) apresentam que as obras civis são empreendimentos únicos, com muitas características únicas, um ciclo de vida definido, processos complicados, dificuldade de gestão de fornecedores, multiprojetos internos e estruturas organizacionais às vezes não bem definidas, o que dificulta a gestão, demandando uma dedicação à parte.

Desse processo, percebe-se o aparecimento de diferentes caminhos na previsão de solução dos problemas, incorrendo em risco e incertezas (ZOU et al. 2006). Para Lindroth e Norrman (2001), o interesse no gerenciamento de risco para fornecedores tem ganhado relevância pelo fato da grande incerteza das demandas, abastecimento e necessidade da não interrupção produtiva.

A definição de risco passa pela interpretação subjetiva e aplicação. Para Christopher e Peck (2004) é a variação de possíveis resultados aliado às possibilidades de ocorrência dos mesmos. Mark e Simons (1958) foram mais além e apropriaram a separação entre risco e incerteza. Este conceito corresponde a eventos com possibilidade de associação à determinada probabilidade, e aquela, a eventos cuja avaliação probabilística não é possível. O uso de hipóteses embasa o raciocínio para quantificar a análise de riscos (DAMODARAN, 2009). Para Vaughan (1997) o risco é uma condição na qual existe uma possibilidade de adversidade, com um desvio, comparado com a meta e associado a uma expectativa.

Segundo Smith (1999), com a ciência da existência desse risco iminente para projetos e da incapacidade de eliminação deles, os projetos bem sucedidos serão aqueles onde o risco for gerenciado. Conforme conclui Sheffi (2005), ganham competitividade as empresas que conseguem identificar os riscos e, por isso, tornam-se mais robustas perante às menos

preparadas. Isso é feito de forma eficaz a partir da identificação imediata de problemas, avaliação dos seus potenciais impactos gerados e minimização dos mesmos. Miorando (2010) apresenta uma concatenação das diferentes metodologias de gestão para projetos existentes e organiza, dentro dos gerenciadores de projetos, as etapas para identificação, análise qualitativa e/ou quantitativa, planejamento, monitoramento e controle de riscos, conforme Figura 1.

<i>Framework</i>	<i>Etapas</i>
PMBOK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento do gerenciamento de riscos</li> <li>- Identificação dos riscos e documentação de suas características</li> <li>- Análise qualitativa dos riscos e priorização por probabilidade de ocorrência e impacto</li> <li>- Análise quantitativa de riscos</li> <li>- Planejamento de respostas aos riscos buscando aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto</li> <li>- Monitoramento e controle dos riscos</li> </ul>
Tenstep	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criar um plano de gerenciamento de riscos</li> <li>- Identificar todos os possíveis riscos envolvidos no projeto</li> <li>- Determinar o nível de risco para cada possível risco identificado utilizando técnicas qualitativas</li> <li>- Determinar o nível de risco para cada possível risco identificado utilizando técnicas quantitativas</li> <li>- Criar um plano de resposta aos riscos</li> <li>- Criar um plano de contingência para o caso do plano de riscos falhar</li> <li>- Mover as atividades associadas ao plano de risco para o planejamento do projeto</li> <li>- Controlar os riscos durante o projeto e procurar por novos riscos</li> </ul>
Prince2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação e classificação dos riscos</li> <li>- Estimativa dos riscos quanto a sua importância</li> <li>- Avaliação dos riscos quanto a sua aceitabilidade e as necessidades para torná-los aceitáveis</li> <li>- Desenvolvimento de contramedidas para prevenção contra os riscos</li> <li>- Redução dos riscos buscando reduzir sua probabilidade de ocorrência</li> <li>- Transferência dos riscos a uma terceira parte (companhias de seguro, por exemplo)</li> <li>- Criação de um plano de contingência para os riscos</li> </ul>
COBIT 4.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alinhamento da gestão de riscos de TI e de Negócios</li> <li>- Estabelecimento do contexto de risco</li> <li>- Identificação de eventos com potencial impacto negativo nos objetivos ou nas operações da organização</li> <li>- Avaliação de probabilidade e impacto dos riscos utilizando métodos qualitativos e quantitativos</li> <li>- Desenvolvimento e manutenção de um processo de respostas aos riscos</li> <li>- Manutenção e Monitoramento do Plano de Ação de Risco</li> </ul>
ITIL v3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Na fase de Desenho de Serviços, aponta a necessidade de identificação dos possíveis riscos envolvidos e sugere alguns dos principais fatores.</li> </ul>

Figura 1 – Relação das etapas para análise de risco (MIORANDO, 2010)

### 2.3 Modelos Probabilísticos para análise de riscos

Segundo Tah e Carr (2001), para atender a necessidade de incorporar a incerteza sobre as previsões iniciais em modelos de risco, propõem o uso de distribuições probabilísticas, porém não há garantia de sucesso, dependendo, assim, da metodologia aplicada para obter tais

resultados. Outra característica de estudo, é a dificuldade de definir as previsões, por estar trabalhando com informações subjetivas, como paradas, perdas, condições climáticas, etc.

A modelagem probabilística é suporte para mensurar os riscos e, posteriormente, embasar o estudo de controle dessas possibilidades. Segundo Clemons (1995), a análise de cenários é uma ferramenta que propõem a determinação de possibilidades otimistas e pessimistas para um determinado fator. Com a intenção de visualizar o efeito sobre o valor, estimam-se propostas para situações distintas. A medida de risco tomada para decisão é dada pela diferença entre os cenários antagônicos.

Outro método para análise probabilística é a Árvore de decisão. Segundo Quinlan (1987), para situações cujo risco é sequencial, com um incremento a cada etapa, o uso dessa metodologia é interessante. A árvore é composta por uma raiz que irradia caminhos para as diferentes hipóteses de seguimento.

A cada parada, surge um nó que necessariamente associará uma probabilidade de ocorrência. Ainda há a distinção entre nós de decisão e nós de fim. Este último representa o resultado para determinada hipótese. Michie (1986) salienta que o método descrito anteriormente é uma representação simples para execução, contudo pode se tornar algo complexo, dependendo dos *inputs* associados.

Contudo, a Simulação de Monte Carlo é aquela que possibilita estudar o efeito contínuo do risco que proporciona a um estudo mais completo do impacto do risco no projeto. O método trabalha com a simulação por exaustão, varrendo toda a área de uma distribuição associada a uma variabilidade. A partir da estimativa de probabilidades para um fator de risco em análise, obtêm-se um conjunto único de valores que definem o comportamento aproximado para aquele item. (LAW e KELTON, 2000).

Com várias rodadas, é possível aproximar o resultado daquilo que potencialmente acontecerá. As etapas para execução do método são: (I) determinar as variáveis probabilísticas; (II) definir as distribuições probabilísticas para essas variáveis; (III) verificar a correlação entre as variáveis; (IV) executar a simulação. O erro da estimativa do método é diretamente proporcional ao número de repetições (LAW e KELTON, 2000; DAMODARAN, 2009; MIORANDO, 2010).

### 3. Procedimentos Metodológicos

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho, e está dividida nos seguintes tópicos: Caracterização do método de pesquisa e método de trabalho.

#### 3.1 Caracterização do método de pesquisa

O projeto proposto é de natureza aplicada, pois visa a direta aplicação dos conhecimentos desenvolvidos para análise dos fatores de riscos na aquisição de materiais. A abordagem da pesquisa é mista, apropriando aspectos qualitativos e quantitativos na definição da magnitude dos riscos e suas probabilidades. Quanto aos objetivos, a pesquisa é definida como exploratória e explicativa, pois pretende-se acrescentar estudos à área de riscos na construção civil e explicar a relação desses fenômenos. Os procedimentos finais da pesquisa usarão um estudo de caso para aplicar o estudo desenvolvido.

#### 3.2 Caracterização do método de trabalho

A metodologia aplicada para esse estudo fundamenta-se no método proposto por Miorando (2010), ajustado para a aplicação em obras de construção civil. O presente estudo contará com quatro etapas, conforme apresentado na Figura 2.

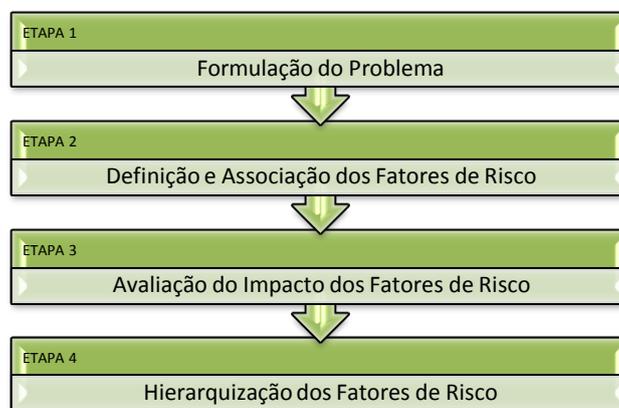


Figura 2 – Modelo do método de pesquisa.

Fonte: Adaptado de Miorando (2010)

A primeira etapa é a Formulação do Problema, que investiga a particularidade de aplicação da análise de riscos no caso que se pretende estudar. Para o estudo da aquisição de materiais o processo de análise, inicialmente, deve delimitar os itens de fornecimento que serão avaliados quanto ao risco. Assim, deve-se estruturar os valores econômicos (orçamentos) planejados para a aquisição dos materiais em estudo, conforme exemplo da Tabela 1.

A segunda etapa do método é composta de duas partes: (i) a definição dos fatores de risco relacionados, e (ii) a associação dos fatores de risco ao orçamento de aquisição. A definição dos fatores de risco e sua associação à aquisição de materiais gera o formulário de avaliação dos riscos.

<b>Itens de Fornecimento Avaliados</b>	<b>(Valor monetário)</b>
Fornecimento de lajes pré-moldadas	41.443.200,00
Fornecimento de itens da ventilação e climatização	23.311.800,00
Fornecimento das cadeiras/assentos	10.360.800,00
Fornecimento do telão	5.180.400,00
Fornecimento dos elevadores	5.180.400,00
Fornecimento das portas	5.180.400,00
Fornecimento de luminárias	3.885.300,00
Fornecimento das louças e metais	3.885.300,00
Fornecimento de transformadores	2.590.200,00
...	...\$\$\$
...	...\$\$\$
<b>TOTAL FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>101.017.800,00</b>

Tabela 1 – Exemplo dos orçamentos dos insumos

A identificação dos fatores de risco, relacionados ao item em estudo, foi realizada com um estudo da literatura. Este estudo foi posteriormente validado por especialistas, que complementam a lista com os fatores presentes no ambiente específico do projeto e que poderiam impactar no seu sucesso. A validação dos especialistas foi realizada por meio de entrevistas individuais, recuperando as experiências com projetos similares.

Com os fatores de risco identificados na terceira etapa levantou-se o impacto que os fatores poderiam gerar no custo da aquisição dos materiais, através do questionário de avaliação (Tabela 2). O questionário foi preenchido com (i) o possível impacto econômico dos fatores de risco a determinado fornecimento, (ii) a avaliação da probabilidade de ocorrência desse risco, (iii) o registro de conhecimento do analista sobre cada fator de risco e (iv) a linha de raciocínio para tal avaliação. A conclusão dessa etapa levou a obtenção dos valores individuais dos impactos causados pelos fatores de risco e as probabilidades de ocorrência associadas a cada fator.

A etapa de preenchimento da Tabela 2 iniciou com a opinião do analista sobre o maior impacto econômico negativo que cada fator de risco poderia acarretar sobre o valor do item avaliado. Sequencialmente, realizou-se o mesmo raciocínio para o maior impacto positivo. Após, o modelo calculou quatro valores intermediários que formaram os intervalos para a análise de probabilidade da fase seguinte, conforme as equações de 1 a 6 (Tabela 3).

Realizada a análise para o impacto, o especialista apontou as probabilidades associadas a cada intervalo de valores com base na sua experiência. O processo de preenchimento foi finalizado com o registro da linha de raciocínio para entendimento futuro dos motivos pelos quais cada valor foi atribuído.

Item de Fornecimento	Pior Situação	Impacto \$				Melhor Situação	Pior Situação	Probabilidade				Melhor Situação	Conhecimento			Linha de Raciocínio
	(-)					(+)	(-)					(+)	Alto	Médio	Baixo	
Fator de Risco 1																
Fator de Risco 2																
...																
Valor do Fornecimento		\$\$\$...					Probabilidade acumulada...									

Tabela 1 – Estrutura de avaliação de riscos

<i>Intervalo 1 = Pior situação</i>	(1)
<i>Intervalo 2 = 3/5 da pior situação</i>	(2)
<i>Intervalo 3 = 1/5 da pior situação</i>	(3)
<i>Intervalo 4 = 1/5 da melhor situação</i>	(4)
<i>Intervalo 5 = 3/5 da melhor situação</i>	(5)
<i>Intervalo 6 = Melhor situação</i>	(6)

Tabela 3 – Equações para a construção dos valores probabilísticos

Para se obter o valor do item ajustado ao risco, utilizou-se os valores médios de cada intervalo de impacto financeiro e as probabilidades respectivas, construindo uma distribuição de probabilidade do impacto financeiro para aquele item, que traduziu o risco associado àquele fator. Essa distribuição apresentou probabilisticamente o resultado do impacto de um fator de risco sobre o valor econômico daquele item estudado. Caso sejam usadas mais de uma entrevista, a média dos valores de impacto para cada fator é ajustada pela utilização do grau de conhecimento do analista seguindo os critérios de Alto =1,5 , Médio =1 e Baixo=0,5.

A soma das distribuições de probabilidade dos diversos fatores de risco, que estão relacionadas aos impactos financeiros, segue uma distribuição normal. O valor final do item de fornecimento avaliado foi o resultado de uma simulação estocástica do somatório das distribuições de probabilidade dos fatores de risco e do valor determinístico financeiro que foi definido para cada material como meta.

Com o uso da Simulação de Monte Carlo, foi obtida a probabilidade acumulada do efeito dos fatores de risco, e o impacto sobre o custo do material, entendendo o intervalo de variação possível daquele valor econômico para o item de fornecimento em estudo e o impacto provável pela possível negligência aos riscos.

Na quarta etapa foi realizada a Hierarquização dos Fatores de Risco associados aos itens de fornecimento, possibilitando entender quais riscos mais impactam nos custos para aquisição de materiais. Com isso, foi possível definir onde deve haver maior atenção, gerando um plano de ação (mitigação dos fatores) para contenção dos potenciais problemas.

#### **4. Aplicação do Modelo**

Esta seção apresenta a aplicação do trabalho e divide-se em descrição do cenário e aplicação.

##### **4.1 Descrição do Cenário**

A empresa em estudo figura entre as cinco maiores empresas de infraestrutura do Brasil, atuando no ramo da infraestrutura pesada em obras de grande porte. Faz parte de um grupo detentor de diversos negócios no modelo de holding, entre eles: concessões, soluções ambientais, segurança, energia, óleo e gás. Dentre seus projetos constam diversos modelos de obras da engenharia, partindo de shoppings, pontes estaiadas, portos, aeroportos, metrô, refinarias, estradas e estádios de futebol.

De um modo geral, pode-se dividir os produtos da construtora em dois grupos: empreendimentos comerciais e infraestrutura. O primeiro visa o desenvolvimento no âmbito da modelagem, casando a administração futura do negócio com a execução propriamente dita. Com as concessões, a empresa desenvolve o projeto da maneira que futuramente irá explorar. Na parte de infraestrutura, os clientes mais significativos são os governos municipais, estaduais e federal, conquistando o direito de execução de obras através de licitações ou Parceria público-privada (PPP).

O corpo técnico da companhia é importante para o sucesso dos empreendimentos. Com mão de obra especializada e jovem, é possível obter resultados distintos com o binômio dedicação e qualidade. O método produtivo é composto por diversas ciências. Engenharias elétrica, química, civil, materiais, metalúrgica, produção, dentre outras, encontram espaço para atuação nesse setor.

As obras são gerenciadas de forma descentralizada visto que tem autonomia para aquisição de materiais, pagamento de contas e aplicação de metodologia específica de trabalho. Isso ocorre porque cada região onde é executado um projeto é particular. Assim, minimiza-se os travamentos por burocracias para agilizar os prazos e tarefas.

A área de suprimentos, responsável por contratar os fornecedores e gerenciar esses contratos, define seus métodos de trabalho, uma vez que tem a liberdade descentralizada de atuação. Devido à quantidade de insumos únicos que demandam estudos de aquisição, a área de suprimentos atua em orçamentação e previsões. Deste modo, torna-se importante e útil a análise dos riscos inerentes a esse processo. Assim, a aplicação do presente trabalho será destinada a obras civis complexas de concreto armado (shoppings, arenas multiuso, aeroportos, estações de trem/metrô).

## 4.2 Aplicação

Após definirem-se as etapas que caracterizam a metodologia proposta, partiu-se para a aplicação. Durante dois meses, percorreram-se as quatro fases descritas anteriormente. Para as definições iniciais e aplicação dos questionários foram entrevistados dois engenheiros do projeto com experiência em obras de grande porte, mas com diferentes níveis de conhecimento sobre a área de suprimentos. A análise foi realizada pós-fato, contudo os entrevistados foram instruídos a realizar as avaliações baseados nas condições que antecederam o início do projeto.

Na Formulação do Problema (Etapa 1) foram identificados os itens mais significativos para estudo no projeto construtivo. Os dados foram levantados junto ao orçamento do projeto, conforme apresentado na Tabela 4 (todos os valores foram multiplicados por uma constante para manter o sigilo dos dados).

Itens de Fornecimento Avaliados	Valor Contratado (R\$)
Cobertura Metálica	44.904.384,00
Fachada em vidro temperado	15.136.000,00
Fornecimento de Lajes Alveolares	11.046.349,06
Mármore para Escadarias e Banheiros	5.555.668,44
Fornecimento do Forro Metálico do tipo colméia	5.009.465,60
Fornecimento Elevadores	2.614.400,00
Comunicação Visual	1.857.600,00
<b>TOTAL</b>	<b>86.123.867,11</b>

Tabela 4 – Itens de Fornecimento para Estudo

Nessa escolha, priorizaram-se dois aspectos: Valor de contrato e Volume. Isso foi feito com intuito de observar, com itens piloto, a possível variabilidade existente na área de fornecimento de materiais. Posteriormente, esse estudo pode ser expandido para todos os itens de fornecimento.

Na segunda etapa – Definição e Associação dos Fatores de Risco – foram definido os fatores de risco que seriam avaliados para cada item de fornecimento. Essa busca contou com uma revisão da literatura e entrevistas com profissionais da área (os mesmos engenheiros entrevistados durante a etapa 1). Assim, foram identificados os riscos que impactariam o valor contratado, tanto negativamente como positivamente (Tabela 5).

GRUPO DE RISCO	FATORES DE RISCO
<b>Avaliação do risco associado à orçamentação</b>	Custos subestimados/superestimados por limitações no processo de estimação
<b>Avaliação do risco operacional</b>	Risco de retrabalhos/perdas subestimados/superestimados Risco de roubos/avarias no canteiro de obra Risco de paralisação por greve ou órgãos de controle
<b>Avaliação do risco logístico</b>	Impacto do atraso de entrega Complexidade do produto: riscos com importação* Impacto de acidente ou roubo no trajeto fornecedor - obra
<b>Avaliação do risco do fornecimento</b>	Quanto à definição/escolha de apenas um fornecedor para fabricação Múltiplas alterações de projeto Falta de comunicação com construtora-fornecedor Quanto à capacidade de produção e entrega pelo fornecedor Quanto à ausência de cadeia produtiva definida pelo fabricante Quanto à robustez e credibilidade da empresa
<b>Avaliação do risco em relação à qualidade</b>	Perda de qualidade devido à pressões de cronograma

Tabela 5 – Definição dos Fatores de Risco

*\*fator de risco associado somente ao item Cobertura Metálica*

Na Tabela 5, pode-se verificar que foram identificados os mesmos fatores de riscos para todos os itens, à exceção do ‘risco de importação’, específico para o caso da Cobertura Metálica. A associação dos fatores de risco aos itens de fornecimento ocorre com a fusão das Tabelas 2, 4 e 5. Com isso, gera-se o questionário para avaliação dos riscos, apresentado na Tabela 6.

A Avaliação do Impacto dos Fatores de Risco (Etapa 3) foi realizada para os itens Cobertura, Fachada e Fornecimento de Lajes Alveolares. Conforme descrito no método, o primeiro passo é a definição do pior e melhor cenário do orçamento junto aos entrevistados. A partir disso, são calculados quatro valores equidistantes, conforme pode ser visto na Tabela 6. Para o caso estudado, o melhor cenário muitas vezes é um valor negativo. Isso ocorre, porque há a possibilidade de ocorrerem descontos pelo fato da diminuição de etapas de execução ou mesmo agilização do processo.

Após o preenchimento dos cenários para os três itens de fornecimento estudados, os entrevistados indicaram a probabilidade de ocorrência dos intervalos. Para a cobertura, por exemplo, o fator de risco ‘Custos subestimados/superestimados por limitações no processo de estimação’ apresentou a probabilidade de 17,5% para um impacto entre o intervalo de R\$ 4.191.076,00 e R\$ 2.514.646,00 e assim por diante (Tabela 7).

Cobertura Metálica		Valores em milhares					Melhor Situação (+)
		Pior Situação (-)	Impacto \$				
A	Custos subestimados/superestimados por limitações no processo de estimação	4.191,08	2.514,65	838,22	- 449,04	-1.347,13	- 2.245,22
B	Risco de retrabalhos/perdas subestimados/superestimados	3.592,35	2.155,41	718,47	-	-	-
C	Risco de roubos/avarias no canteiro de obra	1.047,77	628,66	209,55	-	-	-
D	Risco de paralisação por greve ou órgãos de controle	4.490,44	2.694,26	898,09	-	-	-
E	Impacto do atraso de entrega	3.442,67	2.065,60	688,53	- 1.047,77	-3.143,31	- 5.238,84
F	Complexidade do produto: riscos com importação	5.987,25	3.592,35	1.197,45	-	-	-
G	Impacto de acidente ou roubo no trajeto fornecedor - obra	3.292,99	1.975,79	658,60	-	-	-
H	Quanto à definição/escolha de apenas um fornecedor para fabricação	3.682,16	2.209,30	736,43	-	-	-
I	Multiplas alterações de projeto	8.382,15	5.029,29	1.676,43	- 748,41	-2.245,22	- 3.742,03
J	Falta de comunicação com construtora-fornecedor	3.083,43	1.850,06	616,69	-	-	-
K	Quanto à capacidade de produção e entrega pelo fornecedor	2.843,94	1.706,37	568,79	- 568,79	-1.706,37	- 2.843,94
L	Quanto à ausência de cadeia produtiva definida pelo fabricante	3.292,99	1.975,79	658,60	- 898,09	-2.694,26	- 4.490,44
M	Quanto a possibilidade de abandonar o projeto	4.490,44	2.694,26	898,09	- 957,96	-2.873,88	- 4.789,80
N	Perda de qualidade devido à pressões de cronograma	5.837,57	3.502,54	1.167,51	-	-	-
Valor do Fornecimento							44.904,4

Tabela 6 – Avaliação do Impacto dos Fatores de Risco para Cobertura Metálica

	Valores em milhares						Melhor Situação (+)	Probabilidade				
	Pior Situação (-)	Impacto \$				Melhor Situação (+)		(-)				(+)
A	4.191,08	2.514,65	838,22	- 449,04	-1.347,13	- 2.245,22	17,5%	33,3%	73,3%	53,3%	13,0%	
B	3.592,35	2.155,41	718,47	-	-	-	23,3%	36,7%	70,0%	53,3%	0,0%	
C	1.047,77	628,66	209,55	-	-	-	21,7%	30,0%	33,3%	31,7%	0,0%	
D	4.490,44	2.694,26	898,09	-	-	-	9,5%	13,3%	30,0%	21,7%	0,0%	
E	3.442,67	2.065,60	688,53	- 1.047,77	-3.143,31	- 5.238,84	18,0%	23,3%	36,7%	30,0%	12,0%	
F	5.987,25	3.592,35	1.197,45	-	-	-	3,5%	5,0%	11,7%	8,3%	0,0%	
G	3.292,99	1.975,79	658,60	-	-	-	25,0%	23,3%	26,7%	25,0%	0,0%	
H	3.682,16	2.209,30	736,43	-	-	-	15,0%	12,5%	27,5%	20,0%	0,0%	
I	8.382,15	5.029,29	1.676,43	- 748,41	-2.245,22	- 3.742,03	6,3%	11,7%	15,0%	13,3%	4,7%	
J	3.083,43	1.850,06	616,69	-	-	-	8,0%	11,7%	21,7%	16,7%	0,0%	
K	2.843,94	1.706,37	568,79	- 568,79	-1.706,37	- 2.843,94	4,2%	6,0%	11,3%	8,7%	3,0%	
L	3.292,99	1.975,79	658,60	- 898,09	-2.694,26	- 4.490,44	7,8%	16,7%	24,7%	20,7%	12,3%	
M	4.490,44	2.694,26	898,09	- 957,96	-2.873,88	- 4.789,80	3,0%	5,0%	11,7%	8,3%	3,0%	
N	5.837,57	3.502,54	1.167,51	-	-	-	21,7%	23,3%	24,7%	22,0%	15,0%	
Valor do Fornecimento		44.904,4										

Tabela 7 – Avaliação do Impacto dos Fatores de Risco – preenchimento probabilidades

Com as respostas anteriores, pode-se criar as distribuições probabilística para cada fator de risco. A Tabela 7 apresenta as respostas para o item Cobertura Metálica e as respostas dos entrevistados. O questionário também registra a linha de raciocínio utilizada no momento da definição, para que depois possa ser verificado o motivo pelo qual se adotou aquelas probabilidades (Apêndice A).

Com as duas avaliações preenchidas pelos técnicos para três itens de fornecimento, a compilação foi dada pela média ponderada das respostas, adotando-se o peso de 1,5 para o Gerente de Suprimentos e 1 para o Engenheiro de Produção da obra. O raciocínio deveria ser registrado separadamente para cada entrevistado. Em caso de divergência ou conflito, buscou-se um consenso entre as opiniões.

Para a realização da simulação estocástica, utilizou-se o software @Risk para o cálculo. Com dez mil interações, foi possível compor, com as distribuições de cada risco associado, a curva de distribuição para cada item de fornecimento, conforme Figura 4.

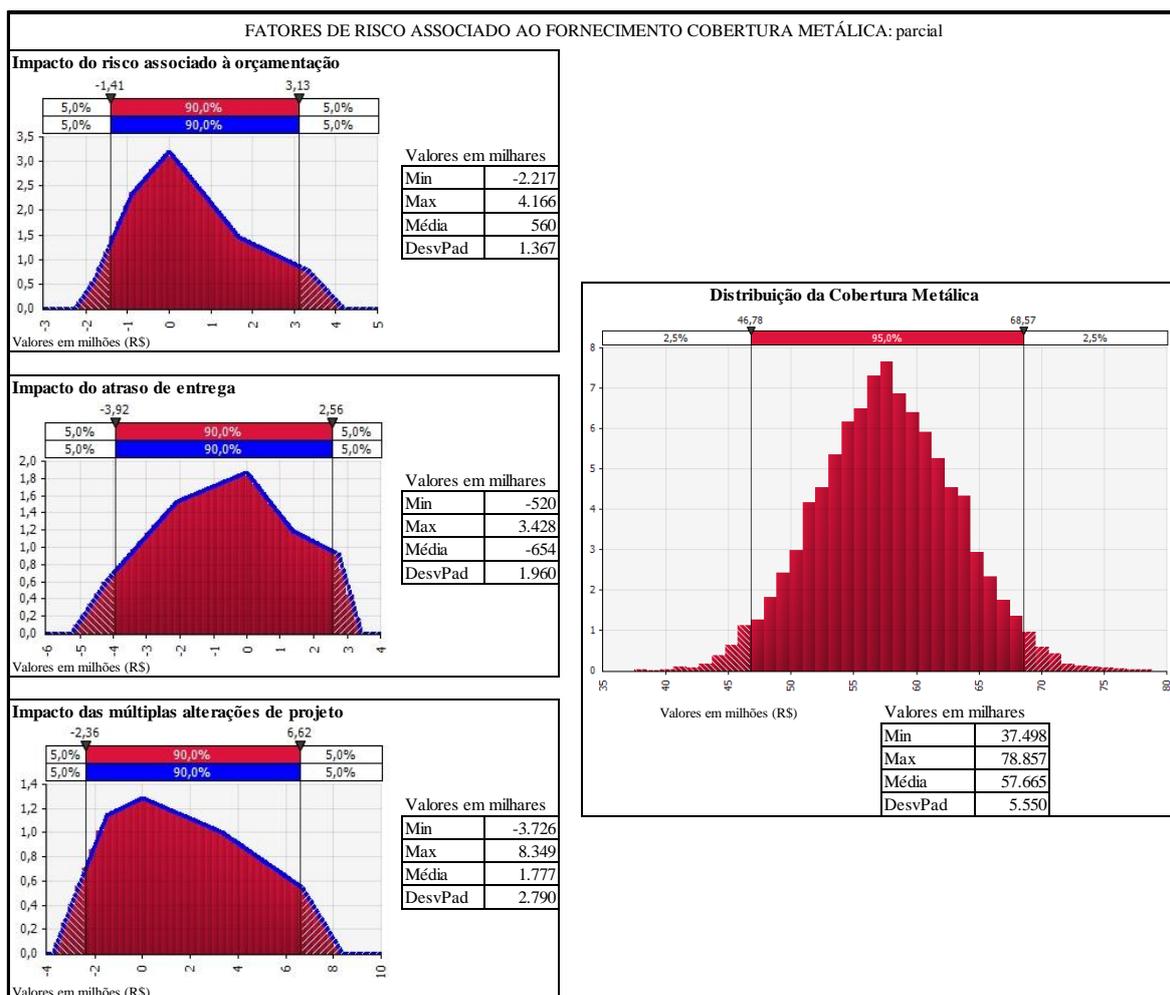


Figura 4 – Composição das curvas de distribuição para Cobertura: 3 dos 14 fatores

A última etapa da metodologia foi a hierarquização dos fatores de risco. Para base de cálculo, utilizou-se a relação entre impacto e probabilidade de ocorrência através dos coeficientes de regressão. O objetivo foi entender os fatores de risco que mais se destacaram e discuti-los em relação aos demais insumos estudados. Assim, pode-se analisar se os fatores de risco impactavam os insumos de forma igual ou tinham um comportamento particular para cada insumo. A priorização foi realizada para cada um dos três insumos avaliados.

### 4.3 Resultados para o fornecimento da Cobertura

O projeto da Cobertura Metálica foi realizado em outro país. Sendo assim, os riscos que entraram nessa análise levaram em consideração a distância e a forma de trabalho do fornecedor. Após a composição da distribuição da orçamentação deste insumo, é possível verificar que haveria uma probabilidade de 95% de seu custo variar entre 46 e 68 milhões de reais.

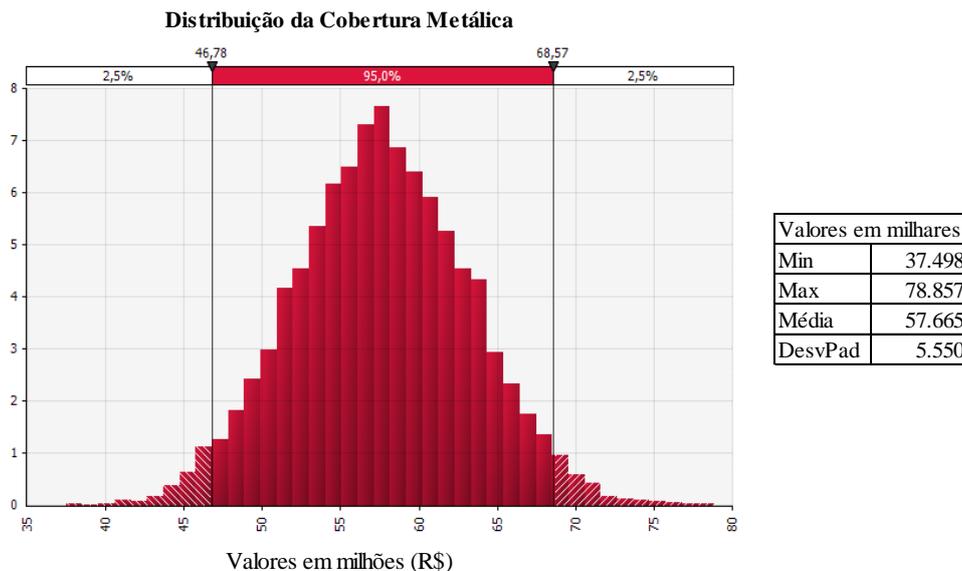


Figura 5 – Distribuição Probabilística para Fornecimento da Cobertura

A cobertura, inicialmente, foi orçada em aproximadamente 45 milhões de reais. Assim, nota-se que se fosse introduzida a análise de riscos associados a esse material no início do projeto, provavelmente deveria-se alterar o orçamento desse insumo, prevendo que seria possível um gasto maior. A partir da priorização dos fatores de risco que mais impactaram (Figura 6), nota-se que as múltiplas alterações de projeto foram significativamente mais relevantes que os demais. Isso ocorre devido ao fato de que em projetos robustos e à distância, como o referido, uma mudança no projeto incorreria em retrabalho (muitas vezes algo que já foi executado),

em uma nova fabricação, transporte das novas peças, custo de matéria-prima transferido ao cliente, aumento dos custos diretos (horas de guindastes, caminhões, guas, pessoal especializado), dentre outros. Com isso, o segundo risco mais relevante (Impacto do atraso de entrega) é potencializado. Esse fator é importante pois gera um impacto em muitas frentes de serviço. Atrasando a cobertura, por exemplo, frentes de iluminação e sistemas pluviométricos seriam comprometidos.



Figura 6 – Hierarquização dos Fatores de Risco para Cobertura

A estimativa de possíveis cenários levou à verificação de que, para uma variação em aproximadamente mais 4,5 milhões do preço orçado, a probabilidade seria de 93,2%. A variação em mais 9 milhões teria uma probabilidade de 74,6%. Conforme discutido anteriormente, com o presente estudo poderíamos apontar que uma variação do orçamento em até 53,88 milhões ocorreria se não houvesse mitigação dos riscos relacionados. Assim, torna-se interessante, inclusive, investir financeiramente para mitigar esses riscos, uma vez que o estudo demonstra a possibilidade de variações elevadas na ausência de controles. Com base nos dados históricos fornecimentos pela empresa, o contrato de fornecimento da cobertura teve mais de cinco aditivos.

#### 4.4 Resultados para o fornecimento da Fachada

A fachada foi um projeto único e muito diferenciado no projeto do estádio. Analisando a distribuição resultante do estudo, nota-se que, acrescentando ao orçamento os fatores de risco, existiria uma probabilidade de 95% para a variação entre 18,20 e 26,92 milhões de reais (Figura 7).

O custo inicial previsto para a execução da fachada era de aproximadamente 15 milhões. Com a priorização dos riscos que mais impactaram na distribuição probabilística desse insumo, nota-se o impacto do atraso da entrega (Figura 8) e a possibilidade de abandono do projeto. Esse último é relevante, pois em um projeto particular, como a específica fachada, a

construtora fica dependente dos fornecedores, uma vez que toda a expectativa de sucesso está atrelada com a capacidade do terceiro. Nota-se que, em caso de abandono, variáveis como tempo e preço iriam disparar descontroladamente.

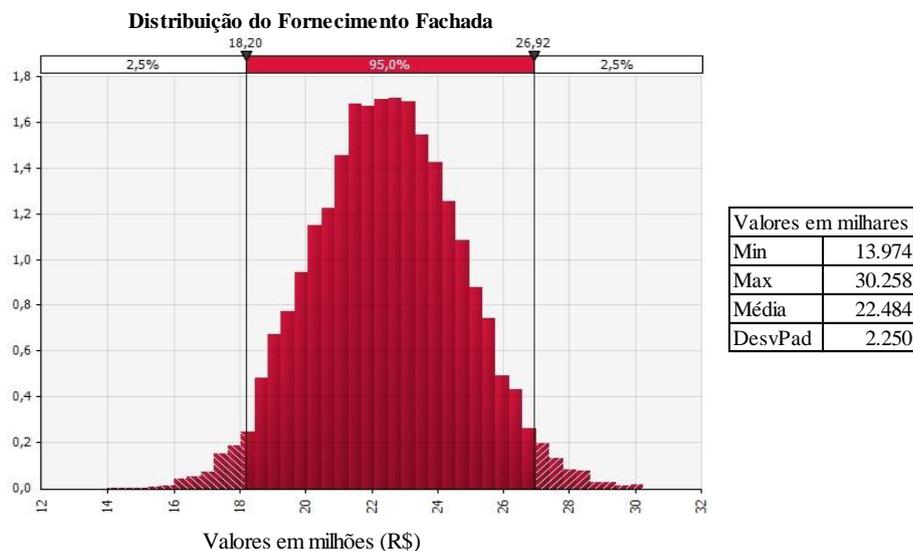


Figura 7 – Distribuição Probabilística para Fornecimento da Fachada

De outra forma, encontrar alguma outra empresa capaz de assumir a parte já executada ou mesmo necessitando tempo para compreensão do projeto prejudicariam toda a construção. Soluções, como pulverização do projeto para fornecedores menores, poderiam impactar em diferença de qualidade, uma vez que cada um produziria e executaria diferentemente.

Assim, nota-se a importância do correto estudo prévio, bem como dispendir tempo suficiente para garantir o sucesso desse contrato. Somente multas e outras formas triviais de garantia não adiantariam sob a ótica global da obra, pois os impactos periféricos seriam robustos demais, comprometendo outras frentes de serviço e, provavelmente, o orçamento da construção como um todo.

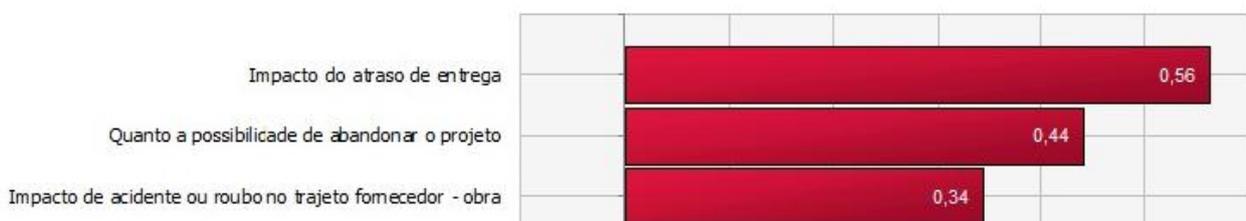


Figura 8 – Hierarquização dos Fatores de Risco para Fachada

Na construção de possíveis cenários, verificou-se que para uma variação em mais 1,5 milhões do preço orçado, a probabilidade seria de 99,70% e para um aumento de 3 milhões, 97,7%. Com os dados da empresa pode-se verificar que a fachada foi um dos suprimentos mais

problemáticos e que demandaram maior atenção, pois além de falta de capacidade de produção, ainda houveram problemas de produção (por exemplo, quebra de vidros já instalados). O custo desse insumo teve uma variação muito significativa, superando até o encontrado nesse estudo, corroborando para a necessidade de mitigação desses fatores de risco.

#### 4.5 Resultados para o fornecimento das Lajes Alveolares

Como o estádio continha uma grande área construída, muitas peças de lajes faziam parte do projeto. A partir do estudo dos fatores de risco, obteve-se a distribuição probabilística encontrada na Figura 9. Com o acréscimo dos fatores de risco, foi ditada uma probabilidade de 95% pra a variação do orçamento de 11,11 a 16,24 milhões de reais.

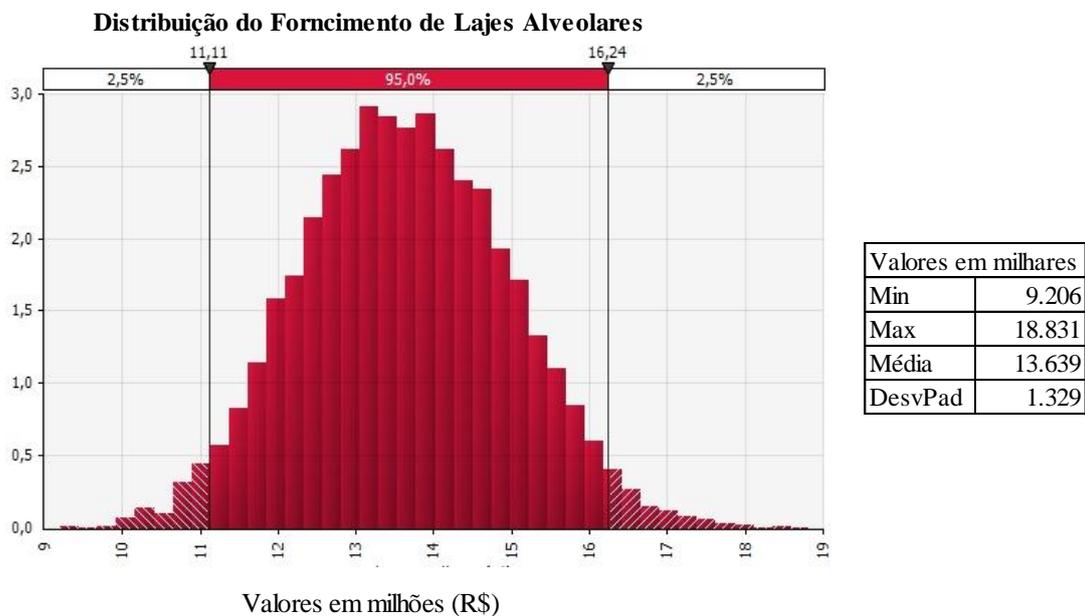


Figura 9 – Distribuição Probabilística para Fornecimento das Lajes Alveolares

O orçamento para o fornecimento das lajes pré-moldadas foi de aproximadamente 11 milhões de reais. Após a análise dos impactos dos fatores de risco e priorização dos mais impactantes, verificou-se a possibilidade de vínculo entre os três mais destacados (Figura 10). O principal foi a questão de subestimação ou superestimação do orçamento. Isso apareceu, pois em todo projeto de construção civil, muitas vezes a obra inicia sem a última revisão de projeto estar concluída. Quando começa a ocorrer interferências (hidráulica, elétrica, ...), iniciam-se os ajustes. Isso faz com que o orçamento também varie e surjam os aditivos.

Pode-se notar que os outros dois fatores mais impactantes estão diretamente relacionados com o anterior. O impacto do atraso de entrega, bem como as múltiplas alterações de projeto, fazem com que uma série de custos diretos aumentem, sendo eles: mobilização de mão de obra, guindastes, gruas, caminhões e segurança.



Figura 10 – Hierarquização dos Fatores de Risco para Fornecimento das Lajes Alveolares

Com a previsão de aumentos de orçamento, verificou-se que para uma possível elevação de 1,1 milhões do orçado, haveria uma probabilidade de 86,6%. Um aumento de 2,2 milhões representaria probabilidade de 60,2% do orçado. Sendo assim, a partir do valor inicial de aproximadamente 11 milhões, as chances de um incremento de 10% no orçamento seriam prováveis.

## 5. Considerações Finais

Nessa seção, serão apresentadas as conclusões sobre o método, os resultados obtidos e sugestões para atividades futuras a serem realizadas.

### 5.1 Conclusões sobre o método e os resultados

A gestão de um projeto está atrelada à verificação da influência dos fatores de risco. A ineficiência resultante por retrabalhos, atrasos, dentre outros problemas em obras de construção civil surgem constantemente, e os créditos para essa ocorrência muitas vezes é atribuído ao azar. Para mensurar o possível impacto financeiro que essa variabilidade poderia acarretar ao fornecimento de alguns insumos, o presente trabalho objetivou analisar como poderiam ser vinculados e estudados esses dados, ajustando os fatores de risco por meio de uma simulação estocástica aos insumos, construindo uma curva para análise e possível mitigação dos fatores de risco mais relevantes.

Quanto ao método, pode-se dizer que ele teve um custo operacional alto, contudo a curva de aprendizado no preenchimento auxiliou a sua sistematização. A definição dos fatores de risco

foi um ganho para o projeto, porém, percebe-se que a discussão com os engenheiros foi algo que prospectou análises e alertou-os para esse senso crítico. O legado que fica, no trabalho desenvolvido, também é essa análise de diferentes cenários que não necessariamente haviam sido discutidas na etapa de orçamentação.

A análise completa demonstrou que alguns fatores de risco aparecem de uma forma mais agressiva em diversos insumos, por exemplo, ‘impacto no atraso de entrega’ e ‘múltiplas alterações de projeto’. Esses fatores receberam grande destaque porque nota-se que ambos impactam colateralmente outras áreas do projeto. O ‘atraso’ aumenta os custos diretos e indiretos, bem como retarda outras frentes que estariam atreladas a essa etapa. Assim, torna-se importante gerar planos de ação com metas bem estabelecidas para que as etapas de entrega ou mesmo montagem estejam dentro do acordado. O importante desse estudo foi entender que, se não é possível atuar em todas as frentes de variabilidade, então deve-se agir nas mais impactantes.

Quanto ao caso dos três insumos estudados, foi possível entender que o processo de fornecimento das lajes poderia sofrer alterações, porém com uma probabilidade menor que as demais. Isso ocorre porque esse material é mais estável que os demais e sua complexidade tecnológica diferenciada tamb. Tanto a cobertura quanto a fachada são projetos à parte, pois foram exclusivos para essa obra. Já as lajes alveolares existem em quase toda obra de grande porte e há um maior número de fornecedores. Percebe-se, então, que esse estudo de riscos justifica-se para o fornecimento de itens com maior complexidade uma vez que a análise demanda esforço de toda equipe.

## **5.2 Propostas futuras de estudo**

O estudo foi realizado apenas para alguns itens de fornecimento, com o intuito de observar e validar seus resultados. Sendo assim, recomenda-se para próximos trabalhos o uso dessa metodologia em uma obra completa (sendo esta de menor porte) para rastrear a variabilidade de todo o processo de suprimentos.

A metodologia é versátil e pode ser aplicada em outras áreas de um projeto de construção. Sugere-se expandir o estudo para o processo produtivo, como fundações, por exemplo, explorando outros riscos que possam impactar prazo e produtividade.

## Referencias Bibliográficas

- BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. **Production system design: work structuring revisited**. *Lean construction institute white paper*, v.11. 2001.
- BERTAGLIA, P. R. *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento*. Saraiva, São Paulo. 509p, 2003.
- BURGESS, R., **Avoiding supply chain management failure: lessons from business process re-engineering**. *International Journal of Logistics Management*. v. 9. p.15-23, 1998.
- CLEMONS, E. K. **Using Scenario Analysis to Manage the Strategic of Risks of Reengineering**. *Slon Management Review*, v. 36, n 4, p. 61-71, 1995.
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. **The Five Principles of Supply Chain Resilience**. *Logistics Europe*, v. 12, n. 1, p. 16-21, Feb. 2004.
- COLOMBO, C.R. **Desperdício na construção civil e a questão habitacional**. *Dissertação de pós-graduação*. UFSC, Florianópolis, 30p. 2002.
- DAMODARAN, A. **Gestão Estratégica do Risco**. Porto Alegre, 2009
- EL DEBS, M. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. Publicação eesc-usp. v.1 São carlos, 2000.
- FLANAGAN R.; NORMAN G. **Risk management and construction**. Victoria, Australia: Blackwell Science Pty Ltd; 1993.
- FORMOSO, C. T.; REVELO, V. H. **Improving the materials supply system in small-sized building firms**. *Automation in Construction* v. 8. p. 663–670, 1999.
- HARRIS, F. & MCCAFFER, R. **Modern construction management**. London: Blackwell Science. 1997.
- HOMAIID, N. T. I. **A Comparative Evaluation of Construction and Manufacturing materials management**. *International Journal of Project Management*. v. 20. p. 263-270, 2002.
- HOWELL, G.; KOSKELA, L. **Reforming project management: the role of lean construction**. *8th annual conference of the international group for lean construction (Iglc-8)*. Brighton. Reino Unido. 2000.
- KOSKELA, L. **Making do – the eighth category of waste**. *Proc. Annual conference of the international groupfor lean construction (iglc-12)*, Elsignore, Denmark. 2004.
- LAUFER, A.; TUCKER, R.L. **Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process**. *Construction management and economics*, v. 5. p. 243-266, 1987.
- LAW, A.L.; KELTON, D. W. **Simulation Modeling and Analysis**. 3rd ed, McGraw-Hill, Boston, 2000.

LINDROTH, R.; NORRMAN, A. **Supply Chain Risk and Risk Sharing Instruments - An Illustration from the Telecommunications Industry**. In: VI Logistics Research Network Conference. 2001

MARCH, J.G.; SIMONS, H.A. **Cognitive limits on rationality**. Organizations. New York: John Wiley & Sons, p. 137-172, 1958.

MARSH, J.W. **Materials management: practical application in the construction industry**. *Cost engineering*. v. 27. p. 18-28, 1985.

MELLO, L.C.B.B.; AMORIM, S.R.L. **O subsector de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. *Revista Produção*. 19(2). p.388-399. São Paulo. 2009.

MICHIE, D. **Current developments in expert systems**. Proceedings of the Second Australian Conference on Applications of Expert Systems. Sydney. 1986.

MIORANDO, R. F. **Modelo Econômico-Probabilístico de Análises de Risco em Projetos de TI**. 123f, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). 2010

MOHAMED, S.; TUCKER, S. **Options for applying BPR in the Australian Construction Industry**. International Journal of Project Management. v. 14. p. 379-385, 1996.

QUINLAN, J. R. **Simplifying Decision Trees**. International Journal of Man-Machine, v. 27, n 3, p. 221-234, 1987.

SHEFFI, Y. **Weathering the storm**. CPO Agenda home - Winter .London, 2005. Disponível em: < [http://web.mit.edu/sheffi/www/documents/cpo\\_weatheringstorm.pdf](http://web.mit.edu/sheffi/www/documents/cpo_weatheringstorm.pdf)>. Acesso em: mai. 2013.

SHINGO, S. **A study of toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Japan management association. Toquio. 1981.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução Henrique Luiz Corrêa. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMITH N. J. **Managing risk in construction projects**. Oxford: Blackwell; 1999.

SZAJUBOK, N.K.; MOTA, C.M.M.; ALMEIDA A.T. **Uso do método multicritério electre tri para classificação de estoques na construção civil**. Revista Pesquisa Operacional, v. 26. p. 625-648, 2006.

TAH, J. H. M.; CARR, V. **Towards a Framework for Project Risk Knowledge Management in the Construction Supply Chain**. Advances in Engineering Software. v. 32. p. 835-846, 2001.

ZOU, P. X. W.; ZHANG, G.; WANG, J. **Understanding the key risks in construction projects in China**. International Journal of Project Management. v. 25. p. 601-614. 2007

