

CALCULANDO CONTINGÊNCIAS EM ORÇAMENTOS DE OBRAS PÚBLICAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO – ESTUDO DE CASO DO ORÇAMENTO DE UMA QUADRA POLIESPORTIVA

André Pachioni Baeta/TCU/andrebaeta@hotmail.com

RESUMO

O presente texto apresenta uma metodologia de avaliação quantitativa dos riscos de construção, possibilitando a estimativa de uma taxa de contingência a ser utilizada no BDI dos orçamentos de obras públicas. O método aqui proposto é baseado no uso de Simulações de Monte Carlo e nos conceitos e definições presentes em normas da AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering International), entidade de classe de profissionais da área de Engenharia de Custos. A modelagem dos riscos realizada considera que as variações nos custos unitários dos serviços decorrem essencialmente das incertezas relacionadas ao consumo de materiais e à produtividade da mão de obra e dos equipamentos. Na falta de um banco de dados histórico com as produtividades e consumos obtidos nos diversos serviços da construção civil, pode-se recorrer aos parâmetros de produtividade variável divulgados pela Tabela de Composição de Preços para Orçamentos – TCPO, publicada pela Editora Pini. Com o objetivo de ilustrar a aplicação da metodologia, o orçamento para construção de uma quadra poliesportiva coberta foi adotado como estudo de caso

Palavras-chave: BDI, Simulações de Monte Carlo, Riscos, Contingências.

1. INTRODUÇÃO

No processo de formação de preço de uma obra, é necessário quantificar os riscos que podem impactar no custo de construção, incluindo-se no BDI uma taxa de incerteza para servir como reserva de contingência. A contingência é adicionada a uma estimativa de custos para permitir a cobertura de condições ou eventos cuja ocorrência ou efeito são incertos, mas que a experiência demonstra que provavelmente resultarão em custos adicionais.

Dentre outros fatores que causam o desvio no custo real de uma obra em relação ao valor inicialmente orçado, podem-se elencar as incertezas decorrentes de estimativas de custo do projeto imprecisas ou subestimadas, de variações nas condições climáticas, de quebra de equipamentos, de furtos e roubos de materiais, de acidentes diversos, de perda de produtividade da mão de obra, de descumprimento dos prazos contratuais e de consumo excessivo de materiais, bem como os riscos operacionais, de mercado (variação cambial, variação da taxa de juros etc.), político, legal, trabalhista e de crédito (inadimplência de fornecedores ou do órgão contratante).

A quantificação da contingência ganha relevância especial nas contratações integradas, novo regime de execução contratual instituído pelo RDC, em que são vedados os aditivos contratuais, a não ser em situações extraordinárias. Assim, é necessário quantificar os riscos que impactam a estimativa de custo da obra, incluindo no seu orçamento um adicional de risco, que servirá para remunerar o contratado pelos riscos a ele transferidos.



Nesse sentido, foi publicado o Decreto 8.080/2013, incluindo os §§ 1º e 2º no artigo 75º do Decreto 7.581/2011, admitindo-se a possibilidade de inserção do adicional de risco nos orçamentos das contratações integradas.

Existem alguns métodos para a mensuração de contingências contemplando tanto análises qualitativas - baseadas na experiência do estimador - como também avaliações quantitativas. A análise quantitativa de riscos tem a função de analisar numericamente a probabilidade de ocorrência de cada risco, identificando o seu impacto no custo da obra, conforme exemplificado na tabela seguinte:

Evento Relacionado ao Risco	Probabilidade de Ocorrência (%)	Impacto do Evento - Ganho ou Perda (R\$)	Valor Monetário do Evento de Risco
Evento 2	P2	I2	$R2 = P2 \times I2$
...
Total			$? Ri = ? Pi \times li$

Tabela 1 – Exemplo de tratamento quantitativo dos riscos.

Esse tipo de abordagem tem como limitações a subjetividade da análise e a dificuldade de serem obtidos dados históricos para estimar tanto a probabilidade quanto o impacto de cada risco. Também considera apenas um cenário entre os diversos possíveis.

Atualmente, as Simulações de Monte Carlo (SMC) são uma das melhores formas de abordagem dos riscos sob um enfoque quantitativo. Tais simulações representam um método de avaliação que possibilita uma análise probabilística do problema, tratando-se de uma ferramenta universal para a solução de problemas matemáticos. As SMC são utilizadas com frequência em várias áreas do conhecimento, tais como Física, Química e Finanças.

O uso das Simulações de Monte Carlo será exemplificado no presente artigo mediante o cálculo taxa da contingência prevista em um orçamento de uma quadra poliesportiva coberta, cuja faixa “A” da curva ABC, contendo os serviços mais relevantes da obra, é apresentada na tabela a seguir:

Item	Descrição dos Serviços	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (Sem Risco)	Custo Total (Sem Risco)	(%) de Relevância
1	Estrutura Metálica em Arco - Vão de 30 metros	M2	1.289,20	78,17	R\$ 100.776,76	25,23%
2	Cobertura em Telha de Chapa Corrugada de Alumínio (E = 0,7 mm)	M2	1.289,20	35,46	R\$ 45.715,03	11,44%
3	Piso Industrial - Espessura 12mm, Inclusive Polimento	M2	679,00	58,79	R\$ 39.918,41	9,99%
4	Armadura em Aço CA-50A	KG	4.244,11	5,53	R\$ 23.469,93	5,87%
5	Concreto FCK = 20 MPa	M3	53,05	354,30	R\$ 18.795,62	4,70%
6	Pintura c/ Esmalte Sintético em Estrutura de Aço	M2	1.662,00	10,45	R\$ 17.367,90	4,35%
7	Alvenaria de Elemento Vazado de Concreto (50x50x6 cm) c/ Argamassa de Cimento e Areia 1:3	M2	256,13	60,52	R\$ 15.500,99	3,88%
8	Muro em Alvenaria de Bloco Cerâmico	M2	113,20	120,00	R\$ 13.584,00	3,40%
9	Lastro de Concreto, Incluindo Preparo e Lançamento	M3	41,50	291,63	R\$ 12.102,65	3,03%
10	Pintura c/ Primer Epoxi em Estrutura de Aço	M2	1.662,00	6,85	R\$ 11.384,70	2,85%
11	Alvenaria de Tijolinho Aparente 6,5 x 18 cm c/ Argamassa de Cimento e Areia 1:3	M2	143,52	75,65	R\$ 10.857,29	2,72%
12	Fôrma Plana - Chapa Compensada Plástica de 12 mm, 5 Utilizações	M2	308,30	34,49	R\$ 10.633,27	2,66%
Total da Curva ABC - Sem Risco					R\$ 320.106,54	80,13%

Tabela 2 – Curva ABC do Orçamento de uma Quadra Poliesportiva

2. AS SIMULAÇÕES DE MONTE CARLO (SMC)

Nas SMC, são realizadas aproximações numéricas de funções complexas, que envolvam a geração de observações aleatórias de valores possíveis para as variáveis de entrada, denominadas *inputs*, de modo que as probabilidades de ocorrência dos números sigam distribuições de frequências compatíveis com as observadas na realidade. Em cada uma das iterações da SMC, tais variáveis aleatórias produzirão um resultado de saída – o *output*, mediante o uso de uma relação matemática que o relacione com os *inputs*.

Realizando-se diversas iterações da simulação, será obtida uma distribuição de frequências dos *outputs*, permitindo uma análise probabilística dos resultados. Cada amostra de valores aleatórios dos parâmetros de entrada corresponde a uma iteração do método, ilustrado na figura a seguir:

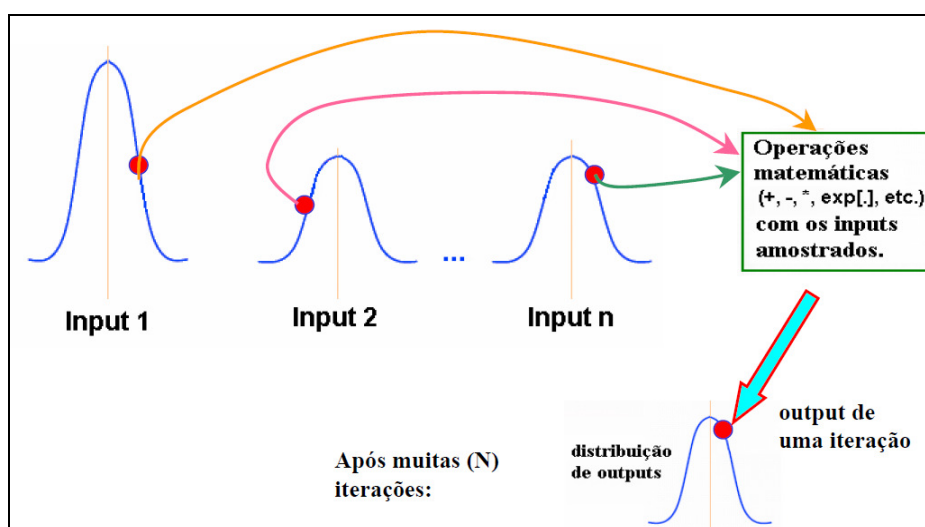


Figura 1 – Ilustração da Metodologia das Simulações de Monte Carlo (fonte: Dias, 2006)

Para modelar um orçamento de obra, o *output* de cada iteração é definido como o próprio valor total do orçamento (PV) ou da faixa “A” da curva ABC de serviços desse orçamento, caso se deseje limitar a análise apenas aos serviços mais relevantes, sendo a sua relação matemática com as variáveis aleatórias (*inputs*) obtida pela seguinte equação:

$$PV = \sum_{i=1}^N CU_i \times Q_i$$

As variáveis aleatórias de entrada CU_i e Q_i referem-se ao custo unitário e ao respectivo quantitativo do serviço “i” da planilha orçamentária, que vão receber valores randômicos segundo uma determinada distribuição de probabilidades. A quantidade de itens do orçamento avaliado (ou da curva ABC) é dada por N.

Nas empreitadas por preço unitário, embora os quantitativos variem, apenas as incertezas nos custos unitários representam risco para o construtor, devendo ser tratados como variáveis aleatórias. Já nas empreitadas por preço global, tanto as variações dos quantitativos como dos custos unitários podem onerar o construtor.

O Método de Monte Carlo realiza milhares de iterações, gerando vários cenários possíveis do

orçamento, permitindo que o montante da contingência a ser alocada no BDI seja quantificado monetariamente mediante o uso de técnicas de inferência estatística. Segundo Fernandes (2005), o erro total do método (ε) é dado por:

$$\varepsilon = \frac{3\sigma}{\sqrt{N}}$$

Em que σ é o desvio padrão da variável aleatória e N é o número de iterações. Ou seja, quanto maior o número de iterações, menor será o erro da SMC.

3. A MODELAGEM DOS RISCOS

No modelo desenvolvido, os riscos envolvidos na variação de custos unitários podem ser decompostos em três parcelas mais importantes: variação na produtividade da mão de obra, variação no consumo de materiais e variação na produtividade de equipamentos.

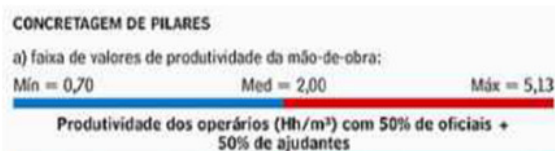
As incertezas nos valores dos salários e dos materiais, embora existam, não serão consideradas no exemplo exposto, pois têm seu impacto atenuado por reajustes contratuais e pela possibilidade de realização prévia de contratos com fornecedores. Outros tipos de risco podem ser segurados ou mitigados por instrumentos de hedge, de forma que os custos relativos a tais instrumentos sejam considerados em outras rubricas do orçamento, e não propriamente nas contingências.

É recomendável que a análise se concentre prioritariamente nos itens mais relevantes do orçamento, obtidos mediante a elaboração da curva ABC de serviços. Estender o processo para os demais serviços pode desviar a atenção para parcelas que não representam riscos significativos, comprometendo a adequada avaliação dos fatores de risco mais importantes.

A escolha do modelo de distribuição de frequências é uma importante etapa da SMC. O ideal é contar com uma base histórica de riscos verificados nos projetos do tipo que se quer orçar, permitindo o uso de métodos estatísticos, tais como testes de aderência ou programas de ajuste de curvas, para encontrar uma distribuição de probabilidade que melhor represente uma determinada variável.

A distribuição lognormal é uma alternativa para representar a distribuição de probabilidade dos custos unitários de cada serviço, pois costuma ser utilizada para modelar a duração de algum fenômeno físico, que não pode apresentar valores negativos. Além disso, como os custos dos serviços tendem a ser subestimados, a distribuição a ser adotada deve apresentar um cauda mais longa para a direita, a exemplo da distribuição lognormal. Outras distribuições podem ser utilizadas, tais como a distribuição beta ou a distribuição triangular, esta última quando não se dispõe de informações sobre o comportamento da variável a ser simulada.

Para modelar as incertezas nos custos unitários dos serviços, podem ser utilizados os parâmetros de produtividade variável presentes na TCPO, admitindo-se que a variação dos custos unitários dos serviços esteja diretamente atrelada à produtividade de mão de obra e ao consumo materiais. As figuras a seguir ilustram as variações verificadas no consumo de mão de obra e de concreto no serviço de concretagem de pilares.



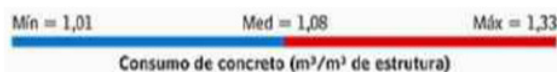


Figura 2 – Variação no consumo de mão de obra e de concreto no serviço de concretagem de pilares (fonte: TCPO/2010)

É possível ajustar uma distribuição lognormal aos parâmetros de produtividade da TCPO de forma que a média da distribuição coincida com o valor central observado na produtividade do serviço e que o desvio padrão da distribuição corresponda a um valor mediante o qual os extremos observados nas tabelas de produtividade variável TCPO não sejam ultrapassados, com determinado nível de confiança estatística, por exemplo, 90%.

Repetindo-se o procedimento em todos os itens materialmente relevantes da planilha tomada como exemplo, obtém-se tabela a seguir, em que se admitiu que a contratação será realizada no regime de preços unitários:

Item	Descrição dos Serviços	(% de Mão de Obra	Variação no Consumo de Mão de Obra			(% de Materiais	Variação no Consumo de Materiais		
			Min	Med	Max		Min	Med	Max
1	Estrutura Metálica em Arco - Vão de 30 metros	21,82%	1,000	2,000	6,000	78,18%	12,000	15,000	20,000
2	Cobertura em Telha de Chapa Corrugada de Alumínio (E = 0,7 mm)	13,71%	0,500	0,700	1,500	86,29%	1,050	1,100	1,200
3	Piso Industrial - Espessura 12mm, Inclusive Polimento	47,25%	3,000	4,070	6,000	52,75%	22,000	36,300	84,700
4	Armadura em Aço CA-50A	31,97%	29,000	39,000	85,000	68,03%	1,040	1,100	1,160
5	Concreto FCK = 20 MPa	11,38%	1,080	1,650	2,580	88,62%	1,010	1,080	1,330
6	Pintura c/ Esmalte Sintético em Estrutura de Aço	28,67%	0,200	0,330	0,750	71,33%	0,150	0,176	0,250
7	Alvenaria de Elemento Vazado de Concreto (50x50x6 cm) c/ Argamassa de Cimento e Areia 1:3	20,68%	1,355	1,700	1,966	79,32%	4,000	4,100	4,400
8	Muro em Alvenaria de Bloco Cerâmico	52,52%	0,510	0,640	0,740	47,48%	25,750	27,750	31,250
9	Lastro de Concreto, Incluindo Preparo e Lançamento	58,62%	0,130	0,260	0,400	41,38%	20,000	33,000	77,000
10	Pintura c/ Primer Epoxi em Estrutura de Aço	18,45%	0,080	0,120	0,300	81,55%	0,028	0,033	0,047
11	Alvenaria de Tijolo aparente 6,5 x 18 cm c/ Argamassa de Cimento e Areia 1:3	60,50%	0,900	1,520	2,600	39,50%	68,750	71,875	92,500
12	Fôrma Plana - Chapa Compensada Plástica de 12 mm, 5 Utilizações	26,67%	0,690	1,020	1,950	73,33%	0,220	0,230	0,260
Total da Curva ABC - Sem Risco		28,33%				71,67%			

Tabela 3 – Modelagem da variação na produtividade da mão de obra e no consumo de materiais para os itens da curva ABC do orçamento da quadra poliesportiva

No exemplo considerado, ao todo foram realizadas dez mil iterações na SMC, que necessitaram da geração de vinte mil números aleatórios para cada item da curva ABC, sendo metade para simular a variação na produtividade da mão de obra e o restante para avaliar alterações dos índices de consumo dos materiais. As incertezas nos custos com equipamentos são irrelevantes no exemplo apresentado, sendo desconsideradas na análise. Após a realização da SMC, obtém-se a planilha apresentada de forma abreviada a seguir, com diferentes cenários de curva ABC, cujos valores receberão tratamento estatístico.

Item	Descrição dos Serviços	Iteração nº 1	Iteração nº 2	(...)	Iteração nº 10.000
1	Estrutura Metálica em Arco - Vão de 30 metros	R\$ 92.925,86	R\$ 80.587,33	(...)	R\$ 89.883,16
2	Cobertura em Telha de Chapa Corrugada de Alumínio (E = 0,7 mm)	R\$ 44.414,58	R\$ 48.699,55	(...)	R\$ 48.931,85
3	Piso Industrial - Espessura 12mm, Inclusive Polimento	R\$ 47.079,63	R\$ 45.532,71	(...)	R\$ 31.146,66
4	Armadura em Aço CA-50A	R\$ 28.885,74	R\$ 26.226,28	(...)	R\$ 28.392,09
5	Concreto FCK = 20 MPa	R\$ 17.444,98	R\$ 18.264,18	(...)	R\$ 22.211,27
6	Pintura c/ Esmalte Sintético em Estrutura de Aço	R\$ 19.015,79	R\$ 14.265,85	(...)	R\$ 18.812,25
7	Alvenaria de Elemento Vazado de Concreto (50x50x6 cm) c/ Argamassa de Cimento e Areia 1:3	R\$ 14.744,13	R\$ 16.323,13	(...)	R\$ 15.816,47
8	Muro em Alvenaria de Bloco Cerâmico	R\$ 14.246,58	R\$ 14.289,70	(...)	R\$ 13.649,50
9	Lastro de Concreto, Incluindo Preparo e Lançamento	R\$ 14.132,26	R\$ 9.822,73	(...)	R\$ 16.815,83
10	Pintura c/ Primer Epoxi em Estrutura de Aço	R\$ 12.358,49	R\$ 6.959,67	(...)	R\$ 11.591,85
11	Alvenaria de Tijolinho Aparente 6,5 x 18 cm c/ Argamassa de Cimento e Areia 1:3	R\$ 17.423,90	R\$ 12.402,99	(...)	R\$ 15.222,96
12	Fôrma Plana - Chapa Compensada Plástica de 12 mm, 5 Utilizações	R\$ 9.696,73	R\$ 11.034,59	(...)	R\$ 11.022,96
Total da Curva ABC		R\$ 332.368,66	R\$ 304.408,69	(...)	R\$ 323.496,84

Tabela 4 – Tabela esquemática ilustrando as 10 mil iterações da Simulação de Monte Carlo

4. CÁLCULO DA CONTINGÊNCIA

A AACE possui um arcabouço de procedimentos (chamadas de práticas recomendadas ou IRPs - abreviação de “Internacional Recommended Practices”) abordando diversos assuntos relacionados às estimativas de custos, destacando-se as práticas recomendadas 40R-08, 41R-08, 42R-08, 43R-08 e 44R-08, que tratam das metodologias de cálculo de contingências.

A referida entidade define contingência como um valor adicional à estimativa de custos, que cobre, dentre outros fatores, erros e omissões de planejamento e de estimativa de custo, pequenas flutuações de custos, variações de mercado e de condições climáticas. Seu gasto é considerado esperado.

Uma das formas de calcular a contingência é atribuir a ela um valor tal que, se adicionado à estimativa de custos original, eleva para 50% a probabilidade de que o valor estimado com essa contingência seja superior ao custo real do empreendimento (tradução livre constante do relatório que embasou o Acórdão TCU nº 571/2013-Plenário).

No exemplo apresentado, a mediana das simulações resultou em R\$ 331.629,89, montante que representa o valor total da curva ABC com risco, **apresentando um acréscimo de 3,6% sobre o valor total da curva ABC sem risco. Esse seria o percentual de contingência, que, se extrapolado para o restante do orçamento, deveria ser adotado na definição do BDI.** A figura a seguir apresenta o histograma com a distribuição das frequências dos 10 mil diferentes cenários simulados, ilustrando graficamente a definição da contingência, segundo definição da AACE:

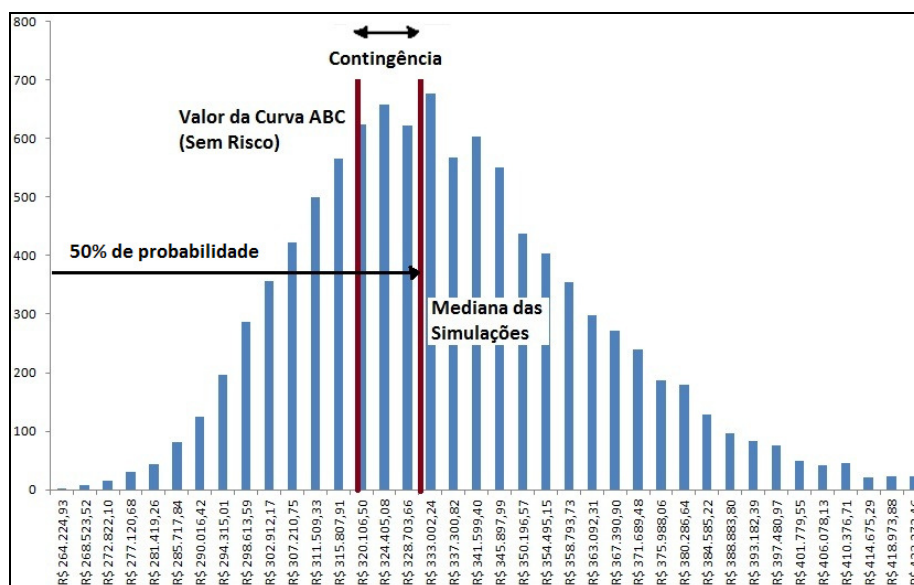


Figura 3 – Histograma com a distribuição de frequência das simulações realizadas demonstrando a definição de contingência sugerida pela AACE

5. OBSERVAÇÕES FINAIS

Nem toda imprecisão de uma estimativa de custos é necessariamente risco do contratado. Como já exemplificado, em uma empreitada por preço unitário a possibilidade de variação de quantitativos dos serviços é um risco exclusivo do contratante. Assim, embora o valor da obra possa oscilar em função da variação dos quantitativos de serviços, o construtor não deve considerar tal possibilidade no cálculo de sua reserva de contingência.

Além disso, as demais questões que ensejarem aditamentos contratuais para a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro do ajuste, bem como riscos alocados exclusivamente ao órgão contratante na matriz de riscos não devem ser consideradas na estimativa da contingência, pois não serão arcados pelo construtor.

Ante o exposto, existe uma diferença entre escopo da estimativa de custos e escopo do contrato. O primeiro refere-se à definição do objeto como um todo, contemplando todos os itens necessários para a consecução do seu projeto e que constam dos cálculos da estimativa de custos. Já o segundo refere-se à definição do objeto de um contrato (este pode estar relacionado somente à parte de uma estimativa) e determina a divisão de riscos entre o contratante e o contratado. Por esses motivos, a Orientação Técnica IBR 004/2012 do Ibraop deixou consignado que a simples imprecisão do orçamento não deve ser considerada como risco ou contingências do construtor, sendo indevida sua inclusão no BDI do orçamento de obras públicas.

Por fim, o modelo apresentado exige que as variáveis aleatórias sejam independentes, de forma que o valor de um serviço não influencie no resultado de outro item. Quando os *inputs* não puderem ser considerados independentes entre si, a modelagem do risco pelo método de Monte Carlo deverá utilizar uma matriz de covariância entre os dados de entrada, apresentando as relações de dependência entre as diversas variáveis aleatórias.

6. CONCLUSÃO

A Simulação de Monte Carlo é uma ferramenta poderosa para a quantificação dos riscos de

construção, possibilitando a estimativa de um percentual de contingência para compor a taxa do BDI do orçamento.

O modelo proposto para simulação do orçamento trata os custos unitários e os quantitativos de cada serviço como variáveis aleatórias (*inputs*), atribuindo-lhes valores aleatórios segundo uma distribuição de frequência pré-determinada. O resultado de cada iteração do método produz o custo total do orçamento (ou de sua curva ABC), denominado *output* da simulação.

Para que seja obtido um parâmetro confiável de contingência, o número de iterações deve ser suficientemente grande, bem como baseado em dados históricos ou em informações sobre as variações observadas nos custos unitários dos serviços. Na falta desses dados, pode-se recorrer ao uso dos parâmetros de produtividade variável da TCPO.

De posse do histograma dos valores de saída (*outputs*), a contingência é calculada de forma que exista 50% de probabilidade de que o valor do orçamento estimado com essa contingência seja superior ao custo real do empreendimento e que haja idêntica probabilidade de que o orçamento final da obra seja inferior ao valor da estimativa de custo com contingência. Assim, a definição de contingência utilizada estipula um percentual estatisticamente justo de remuneração para o construtor em função dos riscos por ele assumidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACE INTERNATIONAL. **Recommended Practice N° 17R-97: Cost Estimate Classification System**. Estados Unidos: 2003.

_____. **Recommended Practice N° 18R-97: Cost Estimate Classification System – as Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries**. Estados Unidos: 2005.

_____. **Recommended Practice N° 40R-08: Contingency Estimating – General Principles**. Estados Unidos: 2008.

_____. **Recommended Practice N° 41R-08: Risk Analysis and Contingency Determination Using Range Estimating**. Estados Unidos: 2008.

_____. **Recommended Practice N° 42R-08: Risk Analysis and Contingency Determination Using Parametric Estimating**. Estados Unidos: 2009.

_____. **Recommended Practice N° 43R-08: Risk Analysis and Contingency Determination Using Parametric Estimating – Example Models as Applied for the Process Industries**. Estados Unidos: 2009.

_____. **Recommended Practice N° 44R-08: Risk Analysis and Contingency Determination Using Expected Value**. Estados Unidos: 2009.

BAETA, André Pachioni, **Orçamento e Controle de Preços de Obras Públicas**. São Paulo: Editora Pini, 2012.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão TCU nº 571/2013 - Plenário**. Relator: Ministro Benjamin Zymler. Ata nº 9/2013, sessão de 20/03/2013.

_____. Tribunal de Contas da União. **Acórdão TCU nº 2.622/2013 - Plenário**. Relator: Ministro Marcos Bemquerer. Ata nº 37/2013, sessão de 25/09/2013.

_____. **Decreto Federal nº 8.080, de 20 de agosto de 2013**. Altera o Decreto nº 7.581, de 11 de outubro de 2011, que regulamenta o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC, de que trata a Lei nº 12.462, de 5 de agosto de 2011.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Guia de Gerenciamento de Riscos de Obras Rodoviárias – Fundamentos**, 1ª Edição, Brasília, 2013.

DIAS, Marco Antônio Guimarães, Apresentação “**Análise de Investimentos com Opções Reais – Simulação de Monte Carlo e Uso em Derivativos/Opções Reais**”. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://marcoagd.usuarios.rdc.puc-rio.br/pdf/or_ind2072_parte_5.pdf, acesso em 17/3/2014.



“Desafios da infraestrutura: do planejamento à execução.”

19 a 23 de maio de 2014



FERNANDES, César Augusto Becker de Araújo. **Gerenciamento de Riscos em Projetos: Como usar o Microsoft Excel para Realizar uma Simulação de Monte Carlo**. Dezembro/2005. Disponível em: http://www.bbbrothers.com.br/files/pdfs/artigos/simul_monte_carlo.pdf (acesso em 29/1/2014).

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS - IBRAOP. **Orientação Técnica nº 4/2012 - OT - IBR 004/2012, Precisão do Orçamento de Obras Públicas**, 2012. Disponível em <http://www.ibraop.org.br>.

Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos – TCPO, Editora Pini, 2010.

ANEXOS

Anexo 1 - Orçamento completo da quadra poliesportiva

Anexo 2 – Geração de Números Aleatórios com o Software Microsoft Excel



Realização



Apoio



Associação dos Municípios do Interior de Santa Catarina



CREA-SC

Anexo 1 - Orçamento completo da quadra poliesportiva (data-base: out/2011).

ITEM	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	CUSTO UNIT	PREÇO UNIT	TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1	ABRIGO PROVISÓRIO C/1 PAVIMENTO P/ALOJAMENTO E DEPÓSITO	M2	12,00	156,00	192,91	2.314,92
1.2	PLACA PADRÃO DE OBRA, TIPO BANNER	M2	12,00	289,18	357,60	4.291,20
1.3	LOCAÇÃO DA OBRA - EXECUÇÃO DE GABARITO	M2	1.135,00	5,13	6,34	7.200,17
1.4	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE ESGOTO	UN	1,00	425,32	525,95	525,95
1.5	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE LUZ, FORÇA, TELEFONE E LÓGICA	UN	1,00	935,29	1.156,58	1.156,58
1.6	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS DE ÁGUA	UN	1,00	657,30	812,82	812,82
	Subtotal item 1					16.301,63
2	MOVIMENTO DE TERRA					
2.1	ESCAVAÇÃO MANUAL SOLO DE 1A. CAT. PROF. ATÉ 1.50m	M3	259,47	21,59	26,70	6.927,38
2.2	ATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL S/CONTROLE MAT. C/AQUISIÇÃO	M3	458,70	2,04	2,52	1.157,15
2.3	REATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL S/CONTROLE MATERIAL DA VALA	M3	73,71	21,59	26,70	1.967,92
2.4	CARGA MANUAL DE ENTULHO EM CAMINHÃO BASCULANTE	M3	29,93	10,90	13,48	403,42
2.5	TRANSPORTE DE MATERIAL, EXCETO ROCHA EM CAMINHÃO ATÉ 10KM	M3	29,93	3,16	3,91	116,96
	Subtotal item 2					10.572,83
3	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS					
3.1	FORMA DE TÁBUAS DE 1" DE SA. P/FUNDAÇÕES UTIL. 5 X	M2	191,52	29,17	36,07	6.908,44
3.2	FORMA PLANA CHAPA COMPENSA DA PLASTIFICADA, ESP.=12mm UTIL. 5X	M2	308,30	34,49	42,65	13.149,10
3.3	ARMA DURA CA-50A MÉDIA D= 6,3 A 10,0mm	KG	4.244,11	5,53	6,84	29.022,91
3.4	CONCRETO P/VIABIL. FCK 20 MPa COM AGREGADO ADQUIRIDO	M3	53,05	354,30	438,13	23.242,66
3.5	LANÇAMENTO E APLICAÇÃO DE CONCRETO C/ ELEVAÇÃO	M3	25,69	104,59	129,34	3.322,64
3.6	LANÇAMENTO E APLICAÇÃO DE CONCRETO S/ ELEVAÇÃO	M3	27,36	104,59	129,34	3.538,63
	Subtotal item 3					79.184,38
4	PAREDES E PAINÉIS					
4.1	MURO CONTORNO DE ALVENARIA. E CONCRETO (PLA R+QINTA), INCLUSIVE PINTURA	M2	113,20	120,00	148,39	16.797,97
4.2	ALVENARIA DE ELEMENTO VAZADO DE CONCRETO (50X50X6cm) C/ARG. CIMENTO E AREIA TRAÇO 1:3 ANTI-CHUVA	M2	256,13	60,52	74,84	19.168,52
	Subtotal item 4					35.966,50
5	COBERTURA					
5.1	ESTRUTURA DE AÇO EM ARCO VÃO DE 30m	M2	1.289,20	78,17	96,67	124.620,55
5.2	CHAPA CORRUGADA DE ALUMÍNIO E=0.7MM	M2	1.289,20	35,46	43,85	56.531,21
	Subtotal item 5					181.151,75
6	REVESTIMENTOS					
6.1	CHAPISCO C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA S/PENEIRAR TRAÇO 1:3 ESP.=5mm P/ PAREDE	M2	199,86	5,70	7,05	1.408,74
6.2	EMBOCO C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA S/ PENEIRAR, TRAÇO 1:7	M2	143,52	12,01	14,85	2.131,50
6.3	REBOCO C/ ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA, ADESIVO DE ALTA RESISTÊNCIA P/TINTA EPOXI ESP.= 5mm P/PAREDE	M2	56,34	11,89	14,70	828,38
6.4	TUOLINHO APARENTE 6,50x18cm C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA 1:3	M2	143,52	75,65	93,55	13.426,12
	Subtotal item 6					17.794,73
7	PISOS					
7.1	LASTRO DE CONCRETO INCLUINDO PREPARO E LANÇAMENTO	M3	41,50	291,63	360,63	14.966,13
7.2	RISO CIMENTADO C/ ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA S/ PENEIRAR, TRAÇO 1:4, ESP.= 1.5cm	M2	97,30	24,36	30,12	2.931,02
7.3	RISO INDUSTRIAL NATURAL ESP.= 12mm, INCLUS. POLIMENTO (INTERNO)	M2	679,00	58,79	72,70	49.363,11
	Subtotal item 7					67.260,26
8	PINTURA					
8.1	REVESTIMENTO TEXTURIZADO EM PAREDES INTERNA/EXTERNA C/ROLO	M2	573,08	11,97	14,80	8.482,79
8.2	EMULSÃO DE PAREDES INTERNAS OU CONCRETO 2 DEMÃOS DE RESINA ACRÍLICA	M2	125,58	32,84	40,61	5.099,80
8.3	DEMARCAÇÃO DE QUADRA TIPO ESCOLAR C/TINTA ACRÍLICA	M	360,00	4,72	5,84	2.101,23
8.4	PINTURA C/ PRIMER EPOXI EM ESTRUTURA DE AÇO CARBONO 25 MCRA C/REVÓLVER	M2	1.662,00	6,85	8,47	14.078,32
8.5	ESMALTE SINTÉTICO EM ESTRUTURA DE AÇO CARBONO 50 MCRA C/REVÓLVER	M2	1.662,00	10,45	12,92	21.477,15
	Subtotal item 8					51.239,28
9	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM GERAIS					
9.1	ELETRODUTO PVC ROSC. INCL. CONEXÕES D= 50mm (2")	M	30,00	21,13	26,13	783,88
9.2	ELETRODUTO PVC ROSC. INCL. CONEXÕES D= 25mm (3/4")	M	112,00	5,32	6,58	736,82
9.3	CABO ISOLADO PVC 750V 4MM2	M	510,00	3,77	4,66	2.377,61
9.4	CABO EM PVC 1000V 16MM2	M	150,00	9,66	11,95	1.791,83
9.5	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE LUZ EMBUTIR ATÉ 24 DIVISÕES 332X332X95mm, C/BARRAMENTO	UN	1,00	328,14	405,78	405,78
9.6	DISJUNTOR TRIPOLAR EM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO 40A	UN	2,00	57,53	71,14	142,28
9.7	DISJUNTOR MONOPOLAR EM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO 20A	UN	7,00	8,68	10,73	75,14
9.8	DISJUNTOR MONOPOLAR EM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO 10A	UN	4,00	8,68	10,73	42,93
9.9	DUTO PERFURADO - ELETROCALHA DE CHAPA DE AÇO (50X100)mm, com tampa	M	25,00	20,83	25,76	643,96
9.10	PROJETOR EXTERNO P/ LÂMPADA DE VAPOR DE MERCÚRIO DE 250 OU 400 W	UN	20,00	238,10	294,43	5.888,69
9.11	CAIXA DE LIGAÇÃO EM CHAPA AÇO ESTAMPADA, 3"X3", 4"X2", 4"X4"	UN	20,00	8,90	11,01	220,11
9.12	CAIXA DE PISO EM LA TÃO P/ DUAS TOMADAS DIAM.=2"	UN	2,00	7,01	8,67	17,34
9.13	CAIXA ALVENARIA/REBOCO C/TAMPA CONCRETO FUNDO BRITA 60x60x60cm	UN	1,00	90,72	112,18	112,18
	Subtotal item 9					13.238,56
10	SERVIÇOS DIVERSOS					
10.1	ALAMBRA DO P/QUADRA ESPORTIVA ALTURA 4M	M	93,20	99,72	123,31	11.492,84
10.2	ESTRUTURA METÁLICA DE TRAVES DE FUTSAL	CJ	1,00	2.103,71	2.601,45	2.601,45
10.3	ESTRUTURA METÁLICA P/ REDE DE VOLEY	CJ	1,00	654,94	809,90	809,90
10.4	ESTRUTURA METÁLICA C/ TABELAS DE BASQUETE	CJ	1,00	1.122,46	1.388,03	1.388,03
10.5	LIMPEZA FINAL DA OBRA	M2	1.135,20	1,26	1,56	1.768,77
10.6	BANCO EM ALVENARIA, TAMPO EM CONCRETO, C/ENCOSTO H=80cm (PINTADO)	M	15,00	175,00	216,41	3.246,08
	Subtotal item 10					21.307,07
	PREÇO TOTAL					494.016,99

Anexo 2 – Geração de Números Aleatórios com o Software Microsoft Excel

Usa-se a função “Aleatório ()” para gerar um número entre 0 e 1 uniformemente distribuído. Para gerar outras distribuições de probabilidade, pode-se recorrer aos comandos a seguir:

- Distribuição normal (com média “ μ ” e desvio padrão “ σ ”)
=INV.NORM(ALEATÓRIO(), μ , σ)

- Distribuição triangular simétrica (de “a” e “b”)
= a + (b – a)*(ALEATÓRIO() + ALEATÓRIO ()) / 2

- Distribuição triangular assimétrica (de moda “b”, mínimo “a” e máximo “c”)
Célula “x” = ALEATÓRIO()
=SE(x<((b-a)/(c-a));a+(x*(b-a)*(c-a))^0,5;c-((1-x)*(c-b)*(c-a))^0,5)

- Distribuição lognormal (com média “ μ ” e desvio padrão “ σ ”)
=INVLOG(ALEATÓRIO(); LN(μ); LN(σ))