



SUMÁRIO

1. ASSUNTO	1
2. REFERÊNCIAS	1
3. DEFINIÇÕES	3
4. ELEMENTOS DE APOIO À ORIENTAÇÃO	6
5. ORIENTAÇÃO	9
6. METODOLOGIA APLICADA	10
7. COMO UTILIZAR ESTA METODOLOGIA NO SISTEMA DE OBRAS MILITARES.....	12
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	14

1. ASSUNTO

A presente Nota Técnica trata da quantificação dos riscos, também conhecida como taxa de risco, em contratação Integrada, Semi-Integrada e de Grande vulto, de acordo com a Lei 14.133/2021.

O Artigo 22 da legislação mencionada estipula que uma taxa de risco, considerada no valor da contratação, deve ser compatível com o escopo da licitação e os riscos atribuídos ao contratado. Nesse caso, essa taxa de risco deverá ser calculada conforme metodologia predefinida pelo ente federativo:

Art. 22. O edital poderá contemplar matriz de alocação de riscos entre o contratante e o contratado, hipótese em que o cálculo do valor estimado da contratação poderá considerar taxa de risco compatível com o objeto da licitação e com os riscos atribuídos ao contratado, de acordo com metodologia predefinida pelo ente federativo.

Dessa forma, o propósito deste estudo é apresentar uma metodologia para o cálculo da taxa de risco associada à contratação de obras, cujo valor é o produto dos seguintes fatores: a probabilidade de ocorrência do risco e o impacto resultante de sua concretização.

2. REFERÊNCIAS

1. ABNT. “NBR ISO 31000 - Gestão de riscos — Diretrizes”. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
2. ABNT. “NBR ISO/IEC 31010 - Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos”. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
3. Alencar, Antônio Juarez, e Schmitz, Eber Assis. Análise de Risco em Gerência de Projetos. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2012.

4. Araújo, Aldem Johnston Barbosa, e Leonardo Saraiva. Obras Públicas e Serviços de Engenharia na Nova Lei de Licitações e Contratos - 2021. Rio de Janeiro, RJ: Lumen Juris, 2021.
5. Brasil, Caixa Econômica Federal. SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil/ Caixa Econômica Federal. 9a Ed. Brasília, 2023.
6. Brasil, Tribunal de Contas da. Acórdão 2622/2013 - Plenário, Pub. L. No. Acórdão 2622/2013. Acesso em 19 de setembro de 2023. <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/%2520acordao%25202622%252F2013/%2520/DTRELEVANCIA%2520desc%252C%2520NUMACORDAOINT%2520desc/0>.
7. Brasil, Tribunal de Contas da. Acórdão 571/2013 - Plenário, Pub. L. No. Acórdão 571/2013 (2013). https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/documento/acordao-completo/*/KEY%253AACORDAO-COMPLETO-1259232/DTRELEVANCIA%2520desc/0/sinonimos%253Dfalse.
8. Brasil. LEI nº 14.133 - Lei de Licitações e Contratos Administrativos, Pub. L. No. 14133, Diário Oficial da União (2021). https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm.
9. Fernandes, Jorge Ulisses Jacoby, e Ana Luiza Jacoby Fernandes. Lei nº 14.113/2021: Lei de licitações e contratos administrativos. 2a edição. 1 vols. Belo Horizonte, MG: Fórum, 2023.
10. Filho, Marçal Justen. Comentários à Lei de Licitações e Contratações Administrativas. 1a. São Paulo: Revista Dos Tribunais, 2021.
11. Jelen, Bill, Tracy Syrstad, e Renan Amorim. Microsoft Excel 2019: VBA e Macros. 1a edição. Vol. 608. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.
12. Johnson, D. "Triangular approximations for continuous random variables in risk analysis". Journal of the Operational Research Society 53, no 4 (abril de 2002): 457–67. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601330>.
13. Keith Wm, KW Fairchild, Lalatendu Misra, e Shi Yilun. "Using Triangular Distribution for Business and Finance Simulations in Excel". Financial Education Association 42 (2016): 313–36.
14. Kendrick, Tom. Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-Proofing Your Project. 2ª Ed. New York, NY: AMACOM/American Management Association, 2009.
15. Mulcahy, Rita. Risk Management Tricks of the trade for Project Managers and Pmi-rmp Exam Prep Guide. 2a Ed. USA: Rmc Pubns Inc, 2010.
16. PMI, Project Management Institute. Practice Standard for Project Estimating – Second Edition. 2ª Ed. Pennsylvania: PMI, 2019.
17. PMI, Project Management Institute. The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects. 2o ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2019.
18. Pritchard, Carl L. Risk Management: Concepts and Guidance, Fifth Edition. 5ª Ed. Boca Raton: Auerbach Publications, 2015.
19. Stein, William E, e Matthew F Kebulis. "A New Method to Simulate the Triangular

Distribution”. Mathematical and Computer Modelling 49, no 1ª Ed (2009): 1143–47.

20. Stephan, David F., Kathryn A. Szabat, e David M. Levine. Estatística - Teoria e Aplicações usando MS Excel em português: Teoria e Aplicações: Usando o Microsoft Excel em português. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

3. DEFINIÇÕES

Alocação de riscos - é o ato de atribuir responsabilidades por determinados riscos a uma das partes contratantes, levando em consideração, em consonância com as obrigações e encargos estipulados no contrato, a natureza específica do risco, o beneficiário das prestações contratualmente vinculadas e a capacidade de cada parte em gerenciar eficientemente tal risco. Esta prática visa distribuir a responsabilidade pelos riscos à parte que apresenta maior probabilidade de prevenir sua ocorrência ou mitigar os seus efeitos.¹

Consequência - resultado de um evento que afeta os objetivos. Uma consequência pode ser certa ou incerta e pode ter efeitos positivos ou negativos, diretos ou indiretos, nos objetivos. As consequências podem ser expressas qualitativa ou quantitativamente. Qualquer consequência pode escalar por meio de efeitos cascata e cumulativos.²

Distribuição Triangular – A distribuição triangular é uma distribuição de probabilidade contínua caracterizada por ter um valor mínimo (a), um valor máximo (b) e uma moda (m). Sua função densidade de probabilidade é zero nos extremos (a e b), o que a faz assumir a forma de um triângulo em seu gráfico. Essa distribuição é particularmente útil e simples quando há poucos dados disponíveis. Conhecendo-se os valores mínimo (a), máximo (b) e mais provável (m), é possível criar uma distribuição triangular que oferece uma aproximação razoável das probabilidades de ocorrência do evento X. Parâmetros a, b, m. Limites $a \leq x \leq b$, $a < m$, $m < b$.^{3 4 5 6 7}

Densidade de Probabilidade:

$$f(x) = \frac{2 \cdot (x-a)}{(m-a) \cdot (b-a)} \quad \text{para } a \leq x < m \quad (\text{equação 01})$$

¹ FORTINI, Cristiana; OLIVEIRA, Rafael Sérgio Lima de; CAMARÃO, Tatiana, **Comentários à Lei de Licitações e Contratos Administrativos - Volume 2: Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**, 1ª Ed. Belo Horizonte, MG: Fórum, 2022, p. 322.

² ABNT, **NBR ISO 31000 - Gestão de riscos — Diretrizes**, Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

³ KENDRICK, Tom, **Identifying and Managing Project Risk: Essential Tools for Failure-Proofing Your Project**, 2ª Ed. New York, NY: AMACOM/American Management Association, 2009, p. 168–170.

⁴ JOO, Yongsung; CASELLA, George, Predictive distributions in risk analysis and estimation for the triangular distribution., **Environmetrics**, v. 12, n. 1ª, p. 647–658, 2001.

⁵ KEITH WM *et al*, Using Triangular Distribution for Business and Finance Simulations in Excel, **Financial Education Association**, v. 42, p. 313–336, 2016.

⁶ JOHNSON, D, Triangular approximations for continuous random variables in risk analysis, **Journal of the Operational Research Society**, v. 53, n. 4, p. 457–467, 2002.

⁷ STEIN, William E; KEBLIS, Matthew F, A new method to simulate the triangular distribution, **Mathematical and Computer Modelling**, v. 49, n. 1ª Ed, p. 1143–1147, 2009.

$$f(x) = \frac{2*(b-x)}{(b-m)*(b-a)} \quad \text{para } m \leq x \leq b \quad (\text{equação 02})$$

Média:

$$\mu = \frac{a+b+m}{3} \quad (\text{equação 03})$$

Variância:

$$Var(x) = \frac{a*(a-m)+b*(b-a)+m*(m-b)}{18} \quad (\text{equação 04})$$

Desvio Padrão:

$$\sigma(x) = \sqrt{\frac{a*(a-m)+b*(b-a)+m*(m-b)}{18}} \quad (\text{equação 05})$$

Evento - ocorrência ou mudança em um conjunto específico de circunstâncias. Um evento pode consistir em uma ou mais ocorrências e pode ter várias causas e várias consequências. Um evento pode também ser algo que é esperado, mas não acontece, ou algo que não é esperado, mas acontece. Um evento pode ser uma fonte de risco.⁸

Fonte de risco - elemento que, individualmente ou combinado, tem o potencial para dar origem ao risco.⁹

Função densidade de probabilidade – uma função densidade de probabilidade é a expressão matemática que define a distribuição dos valores de uma variável contínua.¹⁰

Impacto – refere-se às consequências ou magnitude dos danos que podem resultar se o evento ocorrer. Quanto maior o impacto, mais severas serão as consequências.

Matriz de riscos- cláusula contratual definidora de riscos e de responsabilidades entre as partes e caracterizadora do equilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato, em termos de ônus financeiro decorrente de eventos supervenientes à contratação, contendo, no mínimo, as seguintes informações:¹¹

a) listagem de possíveis eventos supervenientes à assinatura do contrato que possam causar impacto em seu equilíbrio econômico-financeiro e previsão de eventual necessidade de prolação de termo aditivo por ocasião de sua ocorrência;

b) no caso de obrigações de resultado, estabelecimento das frações do objeto com relação às quais haverá liberdade para os contratados inovarem em soluções metodológicas ou tecnológicas, em termos de modificação das soluções previamente delineadas no

⁸ PMI, Project Management Institute, **The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects**, 2. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2019, p. 25.

⁹ ABNT, **NBR ISO/IEC 31010 - Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos**, Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

¹⁰ STEPHAN, David F.; SZABAT, Kathryn A.; LEVINE, David M., **Estatística - Teoria e Aplicações usando MS Excel em Português: Teoria e Aplicações: Usando o Microsoft Excel em Português**, 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

¹¹ Lei 14133 - Lei de Licitações e Contratos Administrativos., p. Art. 6º.

anteprojeto ou no projeto básico; e

c) no caso de obrigações de meio, estabelecimento preciso das frações do objeto com relação às quais não haverá liberdade para os contratados inovarem em soluções metodológicas ou tecnológicas, devendo haver obrigação de aderência entre a execução e a solução predefinida no anteprojeto ou no projeto básico, consideradas as características do regime de execução no caso de obras e serviços de engenharia.

Método Delphi – A técnica de Delphi é um procedimento sistemático e interativo de previsão que envolve um painel de especialistas. Neste método, os especialistas participam de múltiplas rodadas, respondendo a questionários. Após cada rodada, um facilitador elabora um resumo anônimo das opiniões dos especialistas, incluindo suas previsões da rodada anterior e as justificativas fornecidas para suas avaliações. A finalidade da técnica de Delphi é alcançar um consenso em relação às possíveis soluções de um problema, aproveitando as contribuições individuais de vários especialistas que, em geral, participam de forma anônima. A premissa subjacente é que as informações fornecidas por especialistas são mais precisas em comparação com aquelas obtidas de grupos não adequadamente estruturados.^{12 13}

Probabilidade – é possibilidade de um evento ocorrer. chance de algo acontecer. A palavra “probabilidade” é utilizada para referir-se à chance de algo acontecer, não importando se definida, medida ou determinada, ainda que objetiva ou subjetivamente, qualitativa ou quantitativamente, e se descrita utilizando-se termos gerais ou matemáticos (como probabilidade ou frequência durante um determinado período). O termo em inglês “likelihood” não tem um equivalente direto em algumas línguas; em vez disso, o equivalente do termo “probability” é frequentemente utilizado. Em inglês, “probability” é muitas vezes interpretado estritamente como uma expressão matemática. Portanto, na terminologia de gestão de riscos, convém que “likelihood” seja utilizado com a ampla interpretação que o termo “probability” tem em muitos outros idiomas, além do inglês.¹⁴

Risco - é a avaliação da incerteza associada a um evento ou situação que pode afetar um sistema, projeto ou organização. Pode ser positivo, negativo ou ambos, e pode abordar, criar ou resultar em oportunidades e ameaças. Risco é normalmente expresso em termos de fontes de risco, eventos potenciais, probabilidades e impactos.^{15 16}

Simulação de Monte Carlo - técnica para modelar a distribuição probabilística de riscos associados a um determinado objetivo. O método estatístico em questão envolve a coleta de amostras de eventos para determinar o comportamento médio de um sistema ou modelo, sendo particularmente útil em situações caracterizadas por estimativas incertas. O propósito principal da simulação de Monte Carlo é reduzir o nível de incerteza por meio de uma grande quantidade de iterações simuladas, proporcionando uma abordagem robusta para a análise de riscos. A simulação de Monte Carlo é aplicada para examinar eventos incertos relacionados

¹² PRITCHARD, Carl L., **Risk Management: Concepts and Guidance, Fifth Edition**, 5ª Ed. Boca Raton: Auerbach Publications, 2015, p. 121.

¹³ PMI, Project Management Institute, **Practice Standard for Project Estimating – Second Edition**, 2. ed. Pennsylvania: PMI, 2019, p. 113.

¹⁴ ABNT, **NBR ISO 31000 - Gestão de riscos — Diretrizes**.

¹⁵ PRITCHARD, **Risk Management**, p. 7.

¹⁶ ABNT, **NBR ISO 31000 - Gestão de riscos — Diretrizes**.

a um objetivo específico (função objetivo). Para cada variável considerada, as simulações não produzem uma única estimativa, mas sim uma faixa de estimativas possíveis, associadas a cada evento, por meio de uma função densidade de probabilidade. Além disso, é atribuído a cada estimativa um nível de probabilidade, indicativo da precisão da estimativa (nível de confiança). Essa abordagem permite uma compreensão mais abrangente e realista da variação potencial nos resultados.^{17 18 19}

Taxa de risco - segundo o Instituto de Engenharia e referenciado no Acórdão 2369/2011 – Plenário, taxa de risco é aquela que se aplica a empreitadas por preço unitário, fixo, global ou integral, visando mitigar possíveis incertezas decorrentes de lacunas nos serviços, quantidades irrealistas ou insuficientes, deficiências em projetos ou especificações, bem como a falta de informações adequadas, tais como a ausência de sondagens do terreno, estudos hidrológicos, ambientais e geotécnicos. Destina-se a abranger uma parcela para a cobertura de custos relacionados a seguros, garantias e riscos.²⁰ Nesse contexto, a taxa de risco representa uma contrapartida proporcional à responsabilidade atribuída à contratada pelos riscos a ela designados. Portanto, o montante a ser remunerado à contratada, devido a essa alocação, é variável e leva em consideração os encargos que esta assume. Enquanto isso, os custos associados aos riscos atribuídos ao contratante são assumidos pela Administração Pública.²¹

4. ELEMENTOS DE APOIO À ORIENTAÇÃO

Nas situações em que a contratação integrada ou semi-integrada for aplicada, fica vedada a celebração de aditivos aos contratos originalmente estabelecidos, a menos que sejam necessários para restabelecer o equilíbrio econômico-financeiro devido a eventos imprevisíveis ou causas de força maior. Além disso, modificações no projeto ou nas especificações para melhor atender aos objetivos da contratação podem ser autorizadas pela administração pública, desde que não decorrentes de erros ou omissões por parte do contratado. (Art. 103 – Parágrafo 5º).²²

Dessa forma, nas contratações integradas ou semi-integradas, é necessário que sejam identificados e quantificados os riscos que afetam a estimativa de custos da obra, e que seja incorporado ao orçamento um valor adicional destinado a cobrir esses riscos, atuando como uma reserva de contingência. Esse montante visa a compensar o contratado pelos riscos que

¹⁷ ALENCAR, Antonio Juarez; SCHMITZ, Eber Assis, **Análise de Risco em Gerência de Projetos**, 3ª Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2012, p. 313.

¹⁸ MULCAHY, Rita, **Risk Management Tricks of the Trade for Project Managers and Pmi-rmp Exam Prep Guide**, 2ª Ed. USA: Rmc Pubns Inc, 2010, p. 175–177.

¹⁹ PMI, **The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects**.

²⁰ BRASIL, Tribunal de Contas da, Acórdão 2369/2011 - Plenário.

²¹ JUSTEN FILHO, Marçal, **Comentários à Lei de Licitações e Contratações Administrativas**, 1ª Ed. São Paulo: Revista Dos Tribunais, 2021, p. 1272–1273.

²² FERNANDES, Jorge Ulisses Jacoby; FERNANDES, Ana Luiza Jacoby, **Lei nº 14.113/2021: Lei de licitações e contratos administrativos**, 2ª edição. Belo Horizonte, MG: Fórum, 2023.

lhes são transferidos.^{23 24}

ARAÚJO e SARAIVA (2021) entendem que se trata de um verdadeiro antídoto para evitar pleitos de reequilíbrio de contratos originados pela divergência na interpretação de qual partes deverá assumir determinados riscos do contrato.²⁵

O ponto de partida para uma análise quantitativa dessas incertezas é a matriz dos riscos, um instrumento contratual que lista e atribui entre as partes todos os eventos potenciais que possam afetar o empreendimento, especialmente no que diz respeito aos custos e prazos de execução.²⁶

Com base no orçamento estimado do empreendimento, em referências teóricas e em dados históricos, são produzidos cenários de risco com a respectiva probabilidade de ocorrência, de forma que possa ser definida uma reserva de contingência a ser utilizada em cada empreendimento.

Para possibilitar a avaliação quantitativa da probabilidade e do impacto com base nos riscos listados na Matriz de Riscos, é prática agrupar os riscos identificados nas principais etapas, ou fases da obra.²⁷

Com os dados de entrada, incluindo probabilidade, impacto e estimativa de orçamento por etapa, e após definir as distribuições de probabilidade pertinentes, procede-se à modelagem e simulação de cenários de risco. O objetivo das simulações é calcular, de forma efetiva, como as situações de incerteza afetam o orçamento global do projeto, permitindo, assim, a estimativa de uma reserva de contingência.

A alocação dos riscos contratuais será quantificada para fins de projeção dos reflexos de seus custos no valor estimado da contratação. A matriz de alocação de riscos definirá o equilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato em relação a eventos supervenientes e deverá ser observada na solução de eventuais pleitos das partes. Em outras palavras, as partes devem ter pleno conhecimento sobre a responsabilidade de cada uma em relação aos riscos associados a cada evento previsto na planilha de custos da obra.

Sempre que as condições estabelecidas no contrato e na matriz de distribuição de riscos forem satisfeitas, o equilíbrio econômico-financeiro será considerado mantido. Nesse contexto, as partes renunciam a buscar o restabelecimento do equilíbrio relacionado aos riscos assumidos, exceto nos casos de: I) alterações unilaterais determinadas pela Administração, conforme previsto no inciso I do caput do art. 124 desta Lei; e II) aumento ou redução, por legislação superveniente, dos tributos diretamente pagos pelo contratado em decorrência do contrato.²⁸

O Método de Monte Carlo é uma das ferramentas frequentemente empregadas em análises quantitativas de risco. Esse método gera milhares de iterações aleatórias possíveis

²³ JUSTEN FILHO, **Comentários à Lei de Licitações e Contratações Administrativas**, p. 1274–1277.

²⁴ ARAÚJO, Aldem Johnston Barbosa; SARAIVA, Leonardo, **Obras Públicas e Serviços de Engenharia na Nova Lei de Licitações e Contratos - 2021**, 1ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Lumen Juris, 2021, p. 104–105.

²⁵ *Ibid.*, p. 221.

²⁶ BRASIL, LEI nº 14.133 - Lei de Licitações e Contratos Administrativos, p. 14.

²⁷ BRASIL, Tribunal de Contas da, Acórdão 2622/2013 - Plenário.

²⁸ Lei 14133 - Lei de Licitações e Contratos Administrativos., p. Art. 103.

para cada risco, levando em consideração as distribuições de probabilidade associadas, resultando em uma amostra. Essa amostra serve como base para criar curvas de densidade de probabilidade do orçamento do projeto, e, portanto, possibilita o cálculo da probabilidade de ocorrência de diferentes cenários com diferentes intervalos de confiança estatística.²⁹

O teorema de KOLMOGOROV-SMIRNOV, muitas vezes chamado de teste de Kolmogorov-Smirnov (KS), é uma ferramenta estatística utilizada para avaliar se uma amostra segue uma determinada distribuição de probabilidade contínua. Esse teste compara a distribuição empírica dos dados (a distribuição observada na amostra) com uma distribuição teórica que se deseja testar (por exemplo, a distribuição triangular). O teorema determina o erro máximo cometido por uma aproximação à distribuição de frequência cumulativa obtida por amostragem é dependente do número de amostras e do nível de confiança desejado para este resultado³⁰. Para um nível de confiança de 95%, o módulo de erro permitido é:

$$\text{Módulo de Erro}_{95\%} = 1,36/\sqrt{n} \quad (\text{equação 06})$$

Onde n é o número de amostras.

Dessa forma, torna-se necessário gerar milhares de cenários, sendo os resultados sistematicamente organizados em um histograma. A integral da curva do histograma totaliza 1 (um), refletindo a normalização da distribuição de probabilidade. A porção sob a curva nesse histograma, em uma específica abscissa, corresponde à probabilidade de ocorrência do evento desejado.

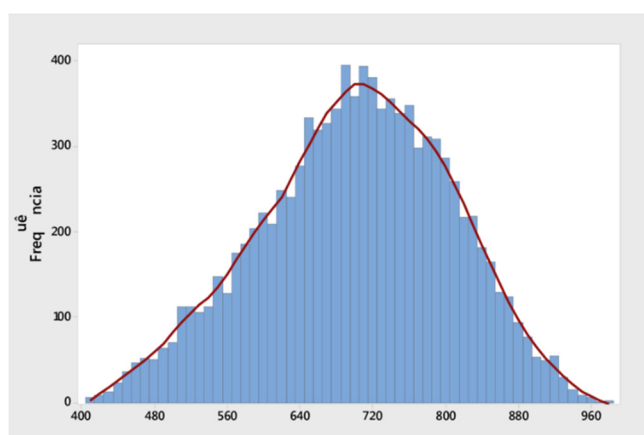


Figura 01: Distribuição de probabilidade triangular contínua (407; 978; 690) obtida em: (<https://www.researchgate.net/profile/Marcus-Vinicius-Braga-Rodrigues-Nunes>)

O Acórdão nº 571/2013-TCU-Plenário³¹ estabelece que seja elevada em 50% a probabilidade de que o valor estimado com essa contingência seja superior ao custo real do empreendimento, ou seja, será buscado o valor da abscissa no gráfico que corresponda a 50% dos eventos tabulados (ou 50% da área sob a curva).

Assim, uma reserva de contingência deverá ser acrescida ao orçamento estimado, com vistas a remunerar a transferência dos riscos ao contratado:

$$OCR = OE + RC \quad (\text{equação 07})$$

²⁹ PMI, **The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects**.

³⁰ ALENCAR; SCHMITZ, **Análise de Risco em Gerência de Projetos**, p. 218.

³¹ BRASIL, Tribunal de Contas da, Acórdão 571/2013 - Plenário.

Onde:

OCR = Orçamento Com Risco;

OE = Orçamento Estimado; e

RC = Reserva de Contingência.

5. ORIENTAÇÃO

Tendo-se por balizas a fundamentação teórica apresentada e buscando formalizar uma metodologia para a análise quantitativa de taxa de risco, ou reserva de contingência, de obras militares, contratadas sob os regimes de contratação integrada ou semi-integrada, é proposta a seguinte **orientação**:

Calcular o risco orçamentário de sobrepreço, alocado à empresa contratada, considerando a probabilidade de ocorrência e o impacto no custo estimado.

Para isso, sugere-se a seguinte marcha de cálculo:

a. Elaboração do orçamento estimativo da obra, categorizando-o em fases, conforme estabelecido no SINAPI;

b. Elaboração da Matriz de Alocação dos Riscos, definindo as responsabilidades para as partes: CONTRATADA e CONTRATANTE;

c. Realização de uma pesquisa com os especialistas do Sistema de Obras Militares (SOM), utilizando a metodologia Delphi, a fim de obter, por etapa de obra prevista no SINAPI³², os seguintes parâmetros de uma distribuição triangular:

1) O valor otimista para o risco, alocado à contratada, de sobrepreço por etapa ou fase;
2) O valor mais provável para o risco, alocado à contratada, de sobrepreço por etapa ou fase;

3) O valor pessimista para o risco, alocado à contratada, de sobrepreço por etapa ou fase;

d. Calcular o orçamento estimado da obra ;

4) Calcular a Função-Objetivo “Risco” que é o produto da probabilidade de ocorrência pelo impacto:

$$Risco(i) = \sum_{i=1}^n Triang(a, m, b, i) * rand(x) * OE(i) \quad (\text{equação } 08)$$

Onde:

– Triang (a,m,b,i) é a função triangular (equações 01 e 02) para cada etapa ou fase da obra (i);

– Rand(x) é a função aleatório do Excel, que retorna valores aleatórios entre 0 e 1;

– OE (i) é o orçamento estimado da etapa ou fase da obra (i), cujo risco foi alocado à contratada na matriz de alocação dos riscos; e

³² BRASIL, Caixa Econômica Federal, **SINAPI - Metodologias e Conceitos**, 9ª Ed. Brasília: CEF, 2023, p. 58.

– n é o número de fases; e

e. Geração de, pelo menos, 3.000 cenários da Função-Objetivo.

f. Tabulação da Função-Objetivo em um Histograma, onde os valores da função-objetivo são as abcissas e as frequências de ocorrência são as ordenadas; e

g. Escolha do valor da taxa de risco que corresponda à frequência acumulada de 50% dos cenários consolidados no histograma.

Os valores da pesquisa Delphi com os especialistas poderão ser aplicados em outras estimativas. As variáveis que irão diferir para cada situação serão os valores relativos aos impactos, correspondentes aos Orçamentos Estimativos de cada etapa, cujo risco será alocado à Contratada.

Recomenda-se que, anualmente, seja realizada uma nova pesquisa DELPHI, a fim de atualizar as estimativas e compará-las com dados históricos de taxas de risco. Tal pesquisa deverá se difundir no SOM.

6. METODOLOGIA APLICADA

Nesta seção, descreve-se a validação do processo teórico por meio da combinação da metodologia de pesquisa DELPHI com a simulação de Monte Carlo, empregando os resultados obtidos para alimentar um modelo matemático extraído da referência em estudo (Macro CORISCO). A fim de comparar os resultados teóricos com valores históricos reais, optou-se por empregar um orçamento referente a uma obra fictícia, cujos parâmetros foram cuidadosamente ajustados para refletir de maneira próxima a dinâmica de um empreendimento real.

A descrição detalhada do processo de validação é apresentada a seguir, fornecendo uma visão passo-a-passo das etapas envolvidas na aplicação da metodologia DELPHI em conjunto com a simulação de Monte Carlo. Este estudo busca contribuir para a robustez e confiabilidade do processo teórico em questão, destacando a importância da integração de métodos consagrados para a obtenção de resultados mais precisos e aplicáveis no contexto de análises matemáticas e simulações práticas. O processo é descrito abaixo:

a. O orçamento da obra fictícia a ser estudada foi subdividido em 27 fases, seguindo a abordagem preconizada pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), conforme descrito em "SINAPI: Metodologias e Conceitos", publicação da Caixa Econômica Federal. Os valores das fases, cuja responsabilidade do risco foi alocada à contratada, foram lançados na pasta do Excel ANEXO2 – Metodologia, na planilha Entrada de Dados.

b. Realizou-se uma pesquisa junto a especialistas do SOM empregando a metodologia DELPHI. A indagação dirigida aos especialistas foi a seguinte: com base em sua expertise técnica, qual é a probabilidade, expressa em valores percentuais, da ocorrência de aditivos ao contrato em cada uma das 27 fases da obra. Solicitou-se a apresentação de três estimativas: o valor otimista (% mínimo de aditivo), o valor mais provável (% médio de aditivo) e o valor pessimista (% máximo de aditivo).

c. Neste estudo, foram coletadas mais de cinquenta respostas durante o período de pesquisa compreendido entre 12/12/2023 e 18/01/2024. Cada resposta incluiu as três estimativas já mencionadas para cada fase analisada.

d. A obtenção desses dados contou com a participação de especialistas, engenheiros e arquitetos, provenientes das Seções Técnicas das Comissões Regionais de Obras (CRO), Serviços Regionais de Obras (SRO), Comandos dos Grupamentos de Engenharia (Cmdo Gpt E), Prefeitura Militar Acadêmica (PMA) e da Diretoria de Obras Militares (DOM).

e. Essa base de dados coletada foi organizada e apresentada na forma da tabela, intitulada AMOSTRA ORIGINAL. Subsequentemente, realizou-se um processo de depuração dessa amostra original, no qual foram removidos os valores inferiores à Média - Desvio-Padrão ($\mu - \sigma$), assim como aqueles superiores à Média + Desvio-Padrão ($\mu + \sigma$). O desfecho desse saneamento da amostra resultou na criação de uma segunda tabela, denominada AMOSTRA SANEADA.

f. Os parâmetros característicos da função de distribuição de probabilidade triangular, que modela o risco de aditivo em cada uma das fases, foram determinados por meio do cálculo da média das respostas presentes na AMOSTRA SANEADA. Os valores da pesquisa estão tabulados no ANEXO 1 – Consolidação da pesquisa, sendo a página 1 o resumo da amostra saneada.

g. A taxa de risco foi calculada por meio do somatório do produto da probabilidade de ocorrência do aditivo de cada fase, obtida da função densidade de probabilidade de uma distribuição triangular, multiplicada pelo valor do custo de cada uma das fases da obra em estudo, cujo risco tenha sido alocado à contratada. Esta expressão foi formalizada como a "Função Objetivo".

h. A Função Objetivo foi construída através de uma análise abrangente de 3.000 cenários, utilizando a macro do Excel *CORISCO*, disponibilizada por ALENCAR e SHIMITZ (2008)³³, com cada um caracterizado por um Módulo de Erro fixado em 2,5%, com um intervalo de confiança de 95%. Esses cenários foram posteriormente agrupados em um histograma, o qual foi dividido em 32 compartimentos de valores, abrangendo intervalos de R\$ 50.000,00 cada.

i. O Anexo 2 – Metodologia, na pasta Simulação Monte Carlo apresenta os dados de entrada dos parâmetros da distribuição triangular, o resultado da função-objetivo para cada um dos 3.000 cenários (a página impressa apresenta apenas os 35 primeiros cenários) e o histograma com o resultado das 3.000 simulações, com a respectiva frequência absoluta, dividida em 32 intervalos.

j. Em conformidade com o Acórdão nº 571/2013-TCU- Plenário, o modelo realizou, de forma automática, o cálculo da probabilidade de que 50% do montante estimado com a contingência seja ultrapassado pelo custo real do empreendimento. Em outras palavras, busca-se o valor da abscissa no gráfico que corresponda a 50% dos eventos tabulados no histograma, ou 50% da área sob a curva.

k. O Anexo 2 – Metodologia, na pasta Entrada de Dados, é apresentado o valor do percentual de cenários. **Este é o valor a ser considerado como Taxa de Risco do contrato.**

$$T = \text{INV.NORM.N}(x; \mu; \sigma) \quad (\text{equação 09})$$

Onde - T é a taxa que se busca calcular, a área sob a curva ou a integral da curva;

- x é a abscissa do histograma;

³³ ALENCAR; SCHMITZ, *Análise de Risco em Gerência de Projetos*.

- μ é o valor médio dos cenários gerados; e
- σ é o desvio-padrão dos cenários gerados.

I. No modelo proposto, utilizando os dados fictícios de uma obra, a taxa de risco alocada à contratada foi calculada, considerando 50% da amostra, com um erro máximo cometido por uma aproximação à distribuição de frequência cumulativa obtida por amostragem de 2,5%, para um nível de confiança de 95%, foi encontrado uma taxa de risco no valor de **R\$ 4.761.534,15**, que representa um percentual de **6,15%** em relação ao valor orçado, cujo risco foi atribuído à contratada, ficando bastante coerente com dados históricos dos contratos de obras de construção, praticados no SOM.

7. COMO UTILIZAR ESTA METODOLOGIA NO SISTEMA DE OBRAS MILITARES

O propósito desta Nota Técnica consiste em disseminar a metodologia proposta nas Organizações Militares do SOM.

Para alcançar esse objetivo, empregou-se uma planilha que será disponibilizada, e que, por meio de um esforço mínimo na inserção de dados, resultará no cálculo da taxa de risco, individualizada para cada obra em consideração.

Essa abordagem visa promover a adoção consistente e eficiente da metodologia proposta, proporcionando uma ferramenta acessível e de fácil utilização para a determinação da taxa de risco em contextos específicos de Obras Militares.

Com o intuito de viabilizar tal procedimento, será disponibilizada, com a esta Nota Técnica, uma planilha em formato Excel intitulada ANEXO 2 – Metodologia.xlsm.

A extensão de arquivo "xlsm" sugere a presença de uma macro ou programa em VBA (*Visual Basic for Applications*) incorporado. Especificamente, refere-se à Macro *CORISCO*, desenvolvida e disponibilizada pelos autores ALENCAR e SHIMITZ³⁴ em seu livro, a qual requer execução para a geração dos cenários.

Desde o incidente provocado pelo vírus *MELISSA*, a Microsoft implementou alterações nas configurações padrão de seus softwares, visando evitar a execução de macros maliciosas. Nesse contexto, torna-se imperativo adotar precauções específicas ao executar a planilha em sua área de trabalho.³⁵

Duas medidas essenciais incluem: (1) realizar a execução da planilha ANEXO 2 – Metodologia.xlsm em um ambiente local, evitando a utilização em rede; e (2) ao abrir a planilha, um aviso de segurança será apresentado acima da barra de fórmulas, solicitando a permissão para habilitar macros. O usuário deve responder afirmativamente a essa solicitação, pressionando o botão denominado "HABILITAR CONTEÚDO".

Uma vez superada essa camada de segurança, a planilha estará pronta para ser utilizada de maneira segura, adotando a seguinte sequência:

1. Com a planilha aberta, escolha a aba denominada "ENTRADA DE DADOS". Nela, proceda a inserção dos valores correspondentes ao resumo das 27 fases da obra, nos quais os

³⁴ *Ibid.*

³⁵ JELEN, Bill; SYRSTAD, Tracy; AMORIM, Renan, **Microsoft Excel 2019: VBA e Macros**, 1ª edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021, p. 6–8.

riscos tenham sido atribuídos à contratada na matriz de alocação dos riscos. Esses valores representarão no modelo os impactos dos riscos alocados à contratada. Se porventura o risco de uma fase inteira tenha sido alocado à CONTRATANTE, é necessário que a linha da fase seja mantida e o valor da fase conste como zero (R\$ 0,00).

D	E	F	G		H
Amostra Saneada			Valor da Fase (R\$)	% Obra	
% Mín	% Méd	% Max			
1,37	3,31	5,65	R\$	1.000.000,00	1,29%
1,92	3,58	5,67	R\$	900.000,00	1,16%
1,64	4,33	5,96	R\$	1.500.000,00	1,94%
2,43	5,25	7,76	R\$	3.000.000,00	3,88%
1,39	3,97	5,94	R\$	2.800.000,00	3,62%
1,14	1,70	2,80	R\$	800.000,00	1,03%
1,19	3,80	6,04	R\$	1.000.000,00	1,29%
5,26	9,09	12,27	R\$	3.500.000,00	4,52%
3,34	6,41	10,71	R\$	2.500.000,00	3,23%
1,84	4,44	6,94	R\$	1.700.000,00	2,20%
1,29	4,68	6,37	R\$	2.500.000,00	3,23%
3,47	5,43	8,42	R\$	2.500.000,00	3,23%
5,38	9,39	12,57	R\$	11.000.000,00	14,21%
0,90	4,00	6,36	R\$	4.000.000,00	5,17%
2,98	5,66	8,55	R\$	3.500.000,00	4,52%
3,38	6,52	9,23	R\$	4.500.000,00	5,81%
3,56	6,95	9,21	R\$	3.500.000,00	4,52%
2,79	5,32	7,30	R\$	4.500.000,00	5,81%
3,32	6,63	8,95	R\$	2.300.000,00	2,97%
2,82	6,10	8,61	R\$	1.500.000,00	1,94%
2,21	4,87	7,31	R\$	2.800.000,00	3,62%
3,00	5,84	8,36	R\$	3.800.000,00	4,91%
3,63	6,36	9,24	R\$	3.000.000,00	3,88%
2,86	5,36	8,10	R\$	1.800.000,00	2,33%
3,15	6,07	8,94	R\$	1.500.000,00	1,94%
3,19	6,78	9,51	R\$	3.500.000,00	4,52%
3,00	5,67	7,84	R\$	2.500.000,00	3,23%
			R\$	77.400.000,00	100,00%
					4.672.785,79

Figura 02: Tela da Planilha ANEXO 2 – Metodologia.xlsm -> Entrada de Dados

- Navegue para a aba Simulação Monte Carlo e execute a Macro Corisco, acionando o botão Macros ou a tecla de atalho ALT+F8.
- Execute a Macro CORISCO.

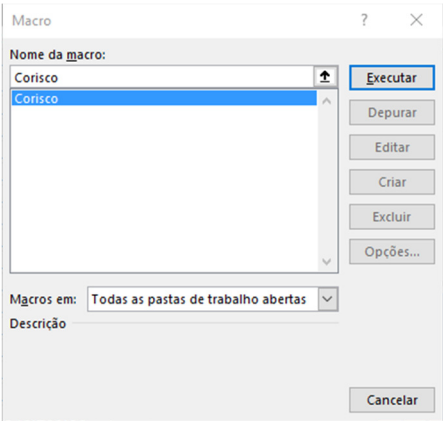


Figura 03: Tela da Macro CORISCO

- Será apresentada uma tela, indicando a geração de 3000 cenários. Aceitar.

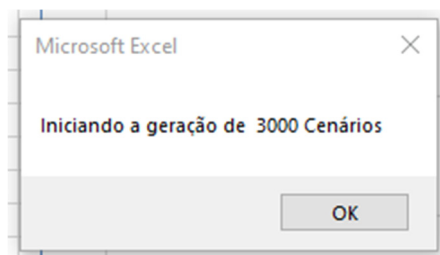


Figura 04: Tela de informação da geração de cenários.

4. Após a iniciação da Macro, será apresentada uma tela, indicando a geração de 3000 cenários. Aceitar.

5. O processamento da Macro demora algum tempo (depende da capacidade do computador). Ao final, é apresentada uma tela, indicando o fim do processamento. Aceitar.

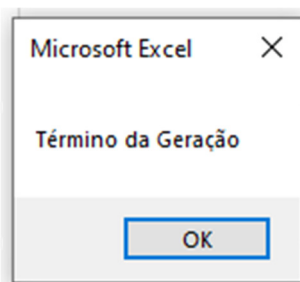


Figura 05: Tela de término da geração de cenários.

6. Posterior à conclusão do processamento, observa-se que o histograma se ajusta automaticamente ao novo conjunto de cenários. No caso de o usuário manifestar o interesse em modificar as configurações do histograma, é suficiente efetuar um duplo clique na área de dados, momento no qual o software Excel disponibilizará uma variedade de opções relacionadas a configurações de gráficos, legendas e dados.

7. Após a execução da Macro CORISCO, retorne à aba Entrada de Dados e visualize o valor da Taxa de Risco alocado à contratada, bem como o percentual em relação ao orçamento estimado. É importante destacar que esse percentual é determinado pelo produto da %probabilidade e o valor do custo da fase (impacto), de responsabilidade da contratada.

ação	3,19	6,78	9,51	R\$	3.500.000,00	4,52%
ção	3,00	5,67	7,84	R\$	2.500.000,00	3,23%
Valor orçado da obra				R\$	77.400.000,00	100,00%
Valor médio dos cenários:					4.670.904,74	
Desvio-Padrão dos Cenários:					232.634,09	
Taxa de Risco Alocada à CONTRATADA (valor de 50% das ocorrências dos eventos)				R\$	4.670.904,74	6,03%

Figura 06: Tela de resultado da Taxa de Risco.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia proposta viabilizará o cumprimento das diretrizes estabelecidas pelo Artigo 22 da Lei 14.133/21 para as Organizações Militares integrantes do SOM, especialmente em contratações que incluam a previsão de alocação e taxa de risco.

Os resultados provenientes da pesquisa DELPHI envolvendo especialistas, que visa a antecipação dos percentuais de aditivos por fase de obra, poderão ser empregados ao longo do ano vigente para a elaboração dos cálculos da taxa de risco nas contratações do SOM.

A taxa de risco dos contratos, derivada do modelo atual, demonstra compatibilidade com a natureza da licitação e os riscos atribuídos à contratada, tornando-se, portanto, específica e adequada para cada situação contratual.

Recomenda-se que a pesquisa DELPHI para a previsão de percentuais de aditivos por fase de obra seja realizada anualmente, no âmbito do SOM, incorporando, em pesquisas subsequentes, os dados históricos das taxas de riscos praticadas em anos anteriores.

Esta é a **Orientação Técnica**.



Gen Bda R/1 GIUSEPPE HENRIQUES GOUVEIA DANTAS
Assessor de Planejamento e Gestão do DEC

Aprovação:

- (x) Concordo com as orientações exaradas nesta Nota Técnica.
- (x) Publique-se em Boletim Interno.
- (x) Encaminhe-se a todo o Sistema de Obras Militares.

Gen Bda FRANCISCO EDUARDO LIMA DE MEDEIROS
Diretor de Obras Militares