

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA**



**Luan Gabriel Silva Fernandes**

**ABORDAGEM PROBABILÍSTICA DO CÁLCULO  
DE BDI DE OBRAS PÚBLICAS**

Trabalho de Graduação  
2017

**Curso de Engenharia  
Civil-Aeronáutica**



**Luan Gabriel Silva Fernandes**

**ABORDAGEM PROBABILÍSTICA DO CÁLCULO  
DE BDI DE OBRAS PÚBLICAS**

Orientador

Maj Eng Frank Cabral de Freitas Amaral (CO-DCTA)

Coorientadora

1º Ten Eng Joice Faria Amaral (ITA)

**ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA**

**SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA**

2017

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

**Divisão de Informação e Documentação**

Fernandes, Luan Gabriel Silva

Abordagem Probabilística do Cálculo de BDI de Obras Públicas / Luan Gabriel Silva Fernandes.  
São José dos Campos, 2017.  
103f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica– Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2017. Orientador: Maj Eng Frank Cabral de Freitas Amaral. Coorientadora: 1º Ten Eng Joice Faria Amaral.

1. BDI: Benefícios e Despesas Indiretas. 2. Licitação. 3. Riscos. I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título.

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

FERNANDES, Luan Gabriel Silva. **Abordagem Probabilística do Cálculo de BDI de Obras Públicas**. 2017. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

**CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Luan Gabriel Silva Fernandes

TÍTULO DO TRABALHO: Abordagem Probabilística do Cálculo de BDI de Obras Públicas.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) / 2017

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Luan Gabriel Silva Fernandes

Av. Marquês de Herval, 507, ap. 101  
66.085-311 – Belém-PA

# ABORDAGEM PROBABILÍSTICA DO CÁLCULO DE BDI DE OBRAS PÚBLICAS

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



Luan Gabriel Silva Fernandes

Autor



Frank Cabral de Freitas Amaral (CO-DCTA)

Orientador



Joice Eria Amaral (ITA)

Coorientadora



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 20 de novembro de 2017.



Dedico este trabalho à minha família,  
que acreditou e investiu nos meus sonhos,  
me possibilitando não apenas finalizar a  
graduação neste Instituto, mas sair  
daqui com amizades eternas.



# Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha Mãe, Sônia, que desde cedo me incentivou a estudar e me ensinou os passos iniciais da disciplina e respeito.

A Deus, por me guiar em cada momento da minha vida, inclusive permitindo que eu conheça meus avós até o presente momento.

Ao meu avô, Sebastião, que, em sua luta para fugir do sertão, sempre me motiva a não desistir e perseverar nas adversidades da vida.

À minha vó, Expedita, por mostrar o quão doce, humilde e respeitosa as pessoas podem ser, me dando muitas esperanças.

Ao Major Eng Frank, meu orientador, pelos conselhos rígidos, mas extremamente necessários, e pela sua clara dedicação à Força Aérea Brasileira.

À 1º Ten Eng Joice, minha coorientadora, pela infinita prestatividade, bom humor e apoio.

À professora Maryângela, minha relatora, pelo grande apoio, prestatividade e pelas aulas interessantes.

À 1º Ten Eng Fernanda, pelo grande apoio no entendimento de orçamentos públicos e notória dedicação no trabalho, inclusive no cumprimento de expediente.

À Comissão de Obras do DCTA (CO-DCTA), pela oportunidade de estágio, onde conheci o ambiente de fiscalização aplicado ao novo FUND do ITA e fiz boas amizades.

Aos amigos das turmas T16 e T17, em especial aos amigos da Casa (Artur, Jefferson, Giovanni, Chicão, Márcio, Rogério, Mineirinho, Plaquinha e Toniolli), pelos incríveis tempo vividos no ITA.

Aos amigos de estágio na CO-DCTA, pela ótima convivência e apoio durante este último ano.

Às cadeiras de computação do ITA, que, apesar de terem sido rigorosas, foram essenciais para ter uma base sólida em um assunto tão moderno e aplicável a todas as áreas.



*É um prazer puro da alma espalhar pelo mundo  
o fruto de seus estudos e meditações,  
ainda sem outras remunerações  
que a consciência de fazer bem.  
(José Bonifácio de Andrada e Silva, Fundador do Brasil)*



# Resumo

Durante o orçamento de obras públicas, típico de licitações, o valor de venda (ou global) de uma determinada obra é composto não apenas pelos custos diretos da mesma, isto é, aqueles que ocorrem especificamente por conta da execução da obra, mas também por uma parcela indireta, denominada Benefícios e Despesas Indiretas (BDI ou *markup*), termo que em inglês se divide em despesas indiretas (*overhead*) e lucro. Por englobar alguns itens subjetivos, cujo custo só é possível por meio de estimativas e aproximações indiretas, o cálculo do BDI não segue um padrão único e é peculiar a cada obra, dificultando a criação de referências para o termo e, por conseguinte, impedindo uma análise precisa do seu impacto no valor de venda.

Nesse sentido, o presente trabalho propõe uma metodologia rigorosa para o cálculo de BDI, baseada na minimização de risco de perdas financeiras para a contratada em uma licitação (que se reflete em perdas para a Administração Pública) e na consideração de diversos atributos relevantes de obras no cálculo. Assim, o método proposto serve de parâmetro de decisão junto ao método vigente recomendado pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Para tornar o método mais prático, foi desenvolvido um aplicativo em *Python* que permite a aplicação da metodologia para uso direto pela Administração em orçamentos.

**Palavras-chave:** BDI: Benefício e Despesas Indiretas. Licitação. Preço de Venda. Obras Públicas. Riscos.



# Abstract

During the typical public bidding budget, the bid price of a particular work is composed not only by the direct costs, i.e, those that occur specifically on account of the execution of the work, but also by indirect costs, called Benefits and Indirect Costs (BDI), or markup, term that in English is divided into indirect costs (overhead) and profit. By including some subjective items, whose calculation is only possible through indirect estimates and approximations, the BDI calculation does not follow a single standard and is peculiar to each work, making it difficult to create references for the term, therefore, preventing a precise analysis of its impact on bid price.

Hence, the present work proposes a rigorous methodology for the calculation of BDI, based on minimizing the risk of financial losses for the contractor (which is reflected on losses for the Public Administration) and in the consideration of several relevant attributes of typical constructions. The proposed method serves as a decision parameter along with the current method recommended by the Brazilian Federal Court of Accounts (TCU). To make the method more practical, a application in *Python* was developed, allowing a direct usage of the methodology by the the Administration in public budgets.

**Keywords:** Bid. Markup. Overhead. Regression. Risk.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Quadro 13 do estudo do TCU. . . . .	62
Figura 2 – Estratégia básica de uma licitante. . . . .	64
Figura 3 – Exemplos de distribuição normal. . . . .	66
Figura 4 – Fluxograma do modelo proposto para determinar o BDI ideal. . . . .	68
Figura 5 – Determinação de $P_w$ para um valor de $BDI_{prop}$ . . . . .	70
Figura 6 – Determinação de $P_n$ para um valor de $BDI_{prop}$ . . . . .	72
Figura 7 – Uso prático do modelo a partir de <i>inputs</i> do gestor (usuário). . . . .	73
Figura 8 – Variação de BDI médio (sem tributos) com o número de licitantes. . . . .	74
Figura 9 – Variação de BDI médio (sem tributos) com o regime de execução. . . . .	75
Figura 10 – Variação de BDI médio (sem tributos) com a localização da obra. . . . .	75
Figura 11 – Variação de BDI médio (sem tributos) com o prazo de execução da obra. . . . .	76
Figura 12 – Correlação entre valor total de obras e seus valores corrigidos pelo INCC. . . . .	86
Figura 13 – Correlação entre custo direto de obras e seus valores corrigidos pelo INCC. . . . .	86
Figura 14 – Regressão de BDI considerando todos os atributos possíveis. . . . .	87
Figura 15 – Regressão de BDI considerando o filtro <i>tipocontrato</i> <sub>1</sub> e demais atributos possíveis. . . . .	88
Figura 16 – Regressão de BDI considerando o filtro <i>regime</i> <sub>3</sub> e demais atributos possíveis. . . . .	88
Figura 17 – Resíduos da regressão geral para BDI. . . . .	90
Figura 18 – Resíduos da regressão para BDI com o filtro <i>contrato</i> <sub>1</sub> . . . . .	90
Figura 19 – Resíduos da regressão para BDI com o filtro <i>regime</i> <sub>3</sub> . . . . .	91
Figura 20 – Probabilidades do modelo para um cenário ruim ( $P_o = 25\%$ e $L\% = 6,16\%$ ). . . . .	95
Figura 21 – Probabilidades do modelo para um cenário mediano ( $P_o = 50\%$ e $L\% = 7,40\%$ ). . . . .	95
Figura 22 – Probabilidades do modelo para um cenário ótimo ( $P_o = 75\%$ e $L\% = 8,96\%$ ). . . . .	96
Figura 23 – Comparação das probabilidades do modelo para os três cenários propostos. . . . .	96
Figura 24 – Tela de <i>inputs</i> do programa <i>BDIideal</i> . . . . .	98
Figura 25 – Tela de resultados do programa <i>BDIideal</i> . . . . .	99



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Classificação de Custos. . . . .	36
Tabela 2 – Taxas de Despesas Financeiras para vários prazos. . . . .	42
Tabela 3 – Características dos tributos componentes do BDI para obras públicas. . .	46
Tabela 4 – Classificação CNAE 2.0 para os tipos de obras do estudo do TCU. . . .	60
Tabela 5 – Atributos que podem influenciar o BDI de uma obra. . . . .	77
Tabela 6 – Correspondência entre nomes de variáveis e <i>labels</i> para classificação de obras. . . . .	87
Tabela 7 – Correspondência entre nomes de variáveis e <i>labels</i> para tipos de obras.	89
Tabela 8 – Correspondência entre nomes de variáveis e <i>labels</i> para tipos de contratos.	89
Tabela 9 – Correspondência entre nomes de variáveis e <i>labels</i> para tipos de regime.	89
Tabela 10 – Atributos do contrato de construção do novo Prédio de Ciências Funda- mentais do ITA. . . . .	93
Tabela 11 – Resultados da simulação do modelo de BDI ideal. . . . .	94



# Lista de Abreviaturas e Siglas

AACEI	<i>Association for the Advancement of Cost Engineering</i>
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CD	Custos Diretos
CI	Custos Indiretos
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
COFINS	Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social
CPMF	Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
CPRB	Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta
CUB	Custo Unitário Básico
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
IPCC	Índice Preço-Custo do Contrato
IRPJ	Imposto de Renda sobre Pessoas Jurídicas
ISS	Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza
PIS	Programa de Integração Social
SIAFI	Sistema Integrado de Administração Financeira
SIASG	Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais
SICONV	Sistema de Convênios
Sinduscon	Sindicato da Indústria da Construção Civil
TCU	Tribunal de Contas da União



# Sumário

	Introdução . . . . .	25
<b>I</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO DO BDI DE OBRAS PÚBLICAS</b>	<b>29</b>
1	PREÇOS DE VENDA E CLASSIFICAÇÃO DE CUSTOS . . . . .	31
1.1	Determinação de Preços de Venda . . . . .	31
1.2	Classificação de Custos . . . . .	34
2	COMPONENTES DO BDI . . . . .	37
2.1	Custos Indiretos . . . . .	37
2.1.1	Administração Central . . . . .	37
2.1.2	Riscos . . . . .	39
2.1.3	Seguros . . . . .	40
2.1.4	Garantias . . . . .	40
2.1.5	Despesas Financeiras . . . . .	41
2.2	Remuneração . . . . .	43
2.3	Tributos . . . . .	44
3	COMPONENTES QUE NÃO INTEGRAM O BDI . . . . .	47
3.1	Administração Local, Canteiro de Obras e Mobilização e Des- mobilização . . . . .	47
3.2	IRPJ e CSLL . . . . .	48
3.3	ICMS . . . . .	48
4	BDI DIFERENCIADO . . . . .	49
5	FÓRMULAS PARA O BDI DE OBRAS PÚBLICAS . . . . .	53
<b>II</b>	<b>ABORDAGEM PARA DECISÃO DO BDI IDEAL DE OBRAS PÚBLICAS</b>	<b>57</b>
6	O ESTUDO DO TCU SOBRE BDI DE OBRAS PÚBLICAS	59
6.1	Planejamento Amostral e Coleta de Dados . . . . .	59
6.2	Tratamento de Dados . . . . .	60
6.3	Resultados do Estudo . . . . .	61

7	ADAPTAÇÃO DO ESTUDO DE CHAO E KUO AO CASO DO BRASIL . . . . .	63
7.1	A Lógica da Licitação: Licitante <i>versus</i> Administração . . . . .	63
7.2	Proposta do Modelo . . . . .	65
7.3	Formulação do Modelo . . . . .	68
7.3.1	Cálculo de Probabilidades . . . . .	68
7.3.2	Atributos que Influenciam o BDI . . . . .	74
7.3.3	Formulação das Regressões Lineares . . . . .	77
7.3.3.1	Aspectos Gerais . . . . .	77
7.3.3.2	As Regressões do Modelo Proposto . . . . .	80
7.4	Coleta de Dados . . . . .	81
III	RESULTADOS	83
8	SELEÇÃO DAS REGRESSÕES DO MODELO . . . . .	85
8.1	Regressão para BDI . . . . .	86
8.2	Regressão para taxa de overhead . . . . .	92
9	SIMULAÇÃO DO MODELO . . . . .	93
10	APLICATIVO EM PYTHON PARA APLICAÇÃO DO MODELO . . . . .	97
	Conclusão . . . . .	101
	REFERÊNCIAS . . . . .	103

# Introdução

## Considerações Iniciais

A análise do planejamento e orçamento de obras públicas representa atualmente um dos temas de maior interesse não apenas dos órgãos da Administração Pública, mas também da sociedade como um todo, uma vez que as falhas em tais análises podem onerar significativamente, de maneira indevida (seja por falta de conhecimento técnico, seja por falta de moralidade, a exemplo da corrupção), os cofres públicos ou a qualidade das obras, causando inúmeras consequências orçamentárias (p. ex. sobrepreço, superfaturamento, obras inacabadas, aditivos contratuais etc), especialmente quando se trata de obras de grande porte. Nesse contexto, o tema se torna de grande importância para as Forças Armadas, uma vez que são elementos da Administração Pública Federal.

A composição do preço de venda (também chamado preço global) de uma obra ou serviço, tanto no ramo estritamente privado como no público-privado, é dada por dois componentes: custos diretos e o BDI. O primeiro termo é função do custeio dos materiais empregados e dos serviços operativos sobre os materiais, ambos estritamente relacionados à execução do serviço objeto do orçamento em questão. O segundo, uma sigla que significa Benefícios e Despesas Indiretas, e é um elemento orçamentário destinado a cobrir as despesas classificadas como indiretas (*overhead*) e também uma margem de remuneração (*markup*) pela execução da atividade em questão. Normalmente se expressa o BDI como percentual dos custos diretos.

## Importância do Tema

Os Entes Federados (União, Estados, Distrito Federal e Municípios) constituem os maiores compradores do Brasil, realizando compras de materiais físicos e contratações de empresas para execução de obras e prestação de serviços, os quais são todos imprescindíveis para o desenvolvimento estrutural da Administração Pública, o que, conseqüentemente, gera retornos na qualidade do Governo para a sociedade.

Neste prisma, o alicerce legal para a realização de tais compras é a licitação, que se trata de uma das formas de evitar a transformação do patrimônio público em privado, reprimindo o direcionamento de recursos de acordo com os interesses próprios dos gestores públicos, buscando sempre uma análise criteriosa dos custos e benefícios que gere eficiência na qualidade e economia ao erário.

A Lei 8.666 (BRASIL, 1993), complementada por outras leis e instrumentos poste-

riores, disciplina e regula as principais normas para licitações. Segundo esta lei:

Art. 3º A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a Administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável e será processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos.

Nota-se, portanto, a importância da plena concorrência que deve existir entre os interessados em prestar serviços à Administração, oferecendo não apenas menores preços, mas principalmente a qualidade exigida, de forma que o lucro não esteja no centro da licitação.

Dentro desse contexto, o tema BDI ainda suscita muitos questionamentos, pois não há um consenso consolidado (na literatura ou no mercado) nem para o seu cálculo, nem para os critérios de classificação de custos (diretos ou indiretos), sendo, portanto, um assunto que demanda bastante pesquisa e fundamentação.

A viabilidade técnica de identificar e mensurar o BDI por vezes encontra barreiras no custo (temporal, financeiro ou logístico) dessa mensuração, de forma que, em geral, a prática de mercado (inclusive no mercado internacional) é usar percentuais tradicionais, fixos ou genéricos sobre o custo direto da obra, baseados na experiência de cada gestor, o que pode representar um risco de incorrer em custos superestimados ou subestimados caso não se leve em conta a peculiaridade da obra — fato que fere um dos princípios fundamentais da Administração Pública: a Eficiência.

Para dar um exemplo, em uma obra hipotética de grande vulto com uma área construída de cerca de  $124\text{ m} \times 124\text{ m}$  ou  $15.352\text{ m}^2$  cujos custos diretos estimados sejam cerca de  $20.000.000,00$ <sup>1</sup>, uma alteração de um ponto percentual no BDI implica em um aumento ou diminuição no valor global da obra de cerca de  $0,01 \times 20.000.000,00 = \text{R\$ } 200.000,00$ .

Além disso, a preocupação com um valor coerente de BDI aumenta quando se nota que tal parcela representa, em geral, cerca de 20% a 30% dos custos diretos, gerando um desafio quando da licitação de obras públicas, especialmente pelo fato de não se conhecer a vencedora da licitação previamente.

Por um lado o BDI tem uma forte dependência com a contratada que executará a obra, desconhecida quando da fase de confecção da licitação; por outro, a licitação de uma obra pública só é possível após a elaboração do projeto básico e do seu orçamento prévio,

<sup>1</sup> Utilizando um Custo Unitário Básico (CUB) da construção civil de R\$ 1.302,76 R\$/m<sup>2</sup>, valor referente a fevereiro de 2017 e que é referente aos custos diretos. Fonte: Sinduscons Estaduais e Banco de Dados-CBIC.

porém detalhado, o qual deverá adotar um BDI que corresponda à realidade do objeto da licitação.

O sigilo que muitas empresas privadas do ramo mantêm sobre o cálculo detalhado do BDI dificulta ainda mais o entendimento acerca do tema. Dessa forma, torna-se imprescindível para a Administração Pública conhecer, estudar e adotar, nas licitações que celebra, um critério rigoroso e coerente para o cálculo do BDI, levando em conta a jurisprudência existente sobre o assunto, especialmente aquelas emitidas pelo Tribunal de Contas da União (TCU), as quais frequentemente procuram traçar valores referenciais de BDI, baseados em estudos organizados pelo próprio órgão.

Ademais, adotar um único percentual de BDI para a obra inteira sem observar, entretanto, as diferentes naturezas dos serviços e materiais envolvidos na obra é assumir outro risco de majorar o preço de venda demasiadamente, não refletindo a realidade dos custos. Isso porque existem materiais e equipamentos de natureza específica e acessória que demandam menor mobilidade da contratada, diminuindo a parcela de custos indiretos que recai sobre tais custos diretos, de forma que o BDI incidente deve ser diferenciado (e menor) para esses itens.

Dessa forma, o BDI é, a rigor, um percentual aplicável sobre cada item de serviço de um obra. Além disso, esse detalhamento se mostra também importante para posterior definição de preços de serviços que poderão ser executados em aditivos contratuais e que não estavam previstos na planilha orçamentária original do contrato.

## Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de cálculo de valores ideais de BDI de obras alternativa ao método recomendado pelo TCU, expresso no Manual do TCU de 2014, empregando um modelo mais rigoroso que leve em conta as peculiaridades de cada obra e uma abordagem probabilística dos riscos de perdas financeiras para a licitante, no sentido de tornar o orçamento mais realista e bem fundamentado, uma vez que os riscos para a licitante são também riscos para a Administração Pública, pois para se alcançar êxito em uma obra é necessário que ambas tenham sucesso.



## Parte I

# Referencial Teórico do BDI de Obras Públicas



# 1 Preços de Venda e Classificação de Custos

## 1.1 Determinação de Preços de Venda

No Brasil, quando da contratação de obras públicas ou quaisquer compras do Governo, a aplicação do método de formação de preços baseado nos custos é uma exigência legal, prevista, principalmente, na referida Lei 8.666 (BRASIL, 1993), nas Leis de Diretrizes Orçamentárias (elaboradas anualmente) e, mais recentemente, no Decreto 7.983 (BRASIL, 2013b), o qual define critérios e regras específicas para elaboração de orçamentos de referência de obras e serviços de engenharia, positivando diversos entendimentos consagrados pelo TCU.

Tal previsão se faz necessária para minorar os riscos de ocorrências de sobrepreços, superfaturamentos, abandono de obras, licitações desertas, execução com baixa qualidade etc; esses riscos são resultado da falta de correspondência entre a realidade da execução da obra e aquilo que foi previsto em contrato, e os equívocos na formulação do preço da obra se incluem na razão de tais riscos se concretizarem.

A exigência legal impõe a inclusão, nos editais de licitação, do detalhamento de custos unitários de serviços e também do BDI, identificando cada componente de custo, ato que confere transparência e facilidade de controle nas contratações, isto é, permite a verificação do que está sendo efetivamente contratado e se os valores estão de acordo com aqueles praticados pelo mercado. Nesse sentido, deve existir um equilíbrio entre os interesses da Administração Pública e das empresas contratadas, pois o preço contratado deve representar, ao mesmo tempo, uma remuneração justa pelo serviço executado e um valor compatível com o praticado pelo mercado.

O método tradicional usado na formulação de preços de venda de obras públicas (e privadas) abrange duas parcelas: custos diretos e custos indiretos. Conforme o Decreto 7.983, Art. 2º, VI (BRASIL, 2013b), o preço global de referência (será o parâmetro de julgamento das propostas) corresponde ao valor do custo global de referência acrescido do percentual referente ao BDI.

Ressalte-se ainda que, como se infere do mesmo decreto, por custo global de referência se entende “o valor resultante do somatório dos custos totais de referências de todos os serviços necessários à plena execução da obra ou serviço de engenharia” (Art 2º, IV), e por *referência* se entende aqueles valores previstos com base em sistemas de referências de custos ou pesquisa de mercado, isto é, são estimativas para custos que só serão efetivados no momento da execução de cada serviço.

Atualmente, tal decreto constitui como sistema de referência a ser observado o

Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), com exceção de itens de montagem industrial, que não são considerados itens de construção civil, porém sinaliza a possibilidade de os órgãos e entidades da Administração Pública desenvolverem outros sistemas de referência para os custos.

Dessa forma, o preço praticado, aquele efetivamente pago pela Administração pela execução do contrato, não necessariamente será aquele estimado como referência, pois existem diferentes modalidades e tipos de licitação previstos na Lei 8.666 (BRASIL, 1993). Com exceção das modalidades leilão, concurso e pregão, a modalidade é definida em função do valor estimado para a contratação, dividindo-se em três casos: convite, tomada de preços e concorrência.

Além das modalidades, há ainda os tipos de licitação, cada um com seus critérios de julgamento para selecionar a melhor proposta, diferenciando-se da modalidade por definir a metodologia a ser empregada na decisão da melhor proposta. Os tipos são: menor preço, melhor técnica e técnica e preço. Todas essas diferenciações podem fazer com que os padrões de preços praticados sejam distintos de acordo com a modalidade ou tipo.

Foge do escopo deste trabalho detalhar cada peculiaridade das modalidades e dos tipos de licitação, que estão mais associados ao critério de decisão a ser utilizado pela Administração Pública. Entretanto, uma vez que este trabalho tem como um dos objetivos a análise dos preços efetivamente adotados para execução obras públicas (para daí analisar as taxas de BDI efetivamente adotadas), o preço praticado pela Administração representa melhor o real preço global da obra, quando comparado preço global de referência.

O preço global de referência está mais intimamente ligado à capacidade da Administração Pública de compor um orçamento realista e preciso da obra, mas o preço efetivamente praticado (e percebido pelo mercado) será distinto e tão próximo do preço de referência quanto maior for a eficiência da Administração em orçar a obra em questão. Dessa forma, neste trabalho, entende-se preço de venda de uma obra como aquele preço percebido pelo mercado, isto é, o preço praticado nos contratos.

Matematicamente, o método tradicional usado na formulação de preços de venda de uma obra se traduz pela equações 1.1 e 1.2:

$$PV = CD + CI + L \quad (1.1)$$

$$PV = CD(1 + BDI) \quad (1.2)$$

onde:

- $PV$ : preço de venda de uma obra;
- $CD$ : custo (global) direto de uma obra;

- *CI*: custo (global) indireto de uma obra;
- *L* : taxa percentual de benefícios (remuneração<sup>1</sup>) pelo serviço prestado;
- *BDI*: taxa percentual de Benefícios e Despesas Indiretas para a obra.

Dessa forma, tem-se que

$$CI + L = CD \cdot BDI$$

$$BDI = \frac{CI + L}{CD} \quad (1.3)$$

Ou seja, a equação 1.3 evidencia a própria definição de BDI como sendo a razão do binômio custo indireto + remuneração pelo custo direto de uma obra. Os capítulos seguintes detalharão as peculiaridades e confusões no uso dessa definição de BDI, mas ela resume o BDI efetivo de uma obra. Este método tradicional de formação de preços de venda está em consonância com aquele sugerido pela *Association for the Advancement of Cost Engineering*, associação americana de renome responsável por publicações técnicas relacionadas à Engenharia de Custos, conforme se nota pelo conceito de *markup* e *overhead*, definido pela entidade da seguinte forma (AACEI, 2016):

*Markup* — Da forma como é utilizado nas estimativas para a construção, esse percentual inclui *overhead*, lucro e outros custos indiretos. Quando o Mark-up é aplicado ao final de uma planilha de oferta para um item particular, sistema ou outros preços de construção, qualquer um ou todos os itens acima (ou mais) podem ser incluídos, dependendo da prática local (tradução livre).

*Overhead* — Um custo ou despesa inerente à execução de uma operação (p.ex. de engenharia, construção, operação ou manufatura) que não pode ser plenamente calculada ou atribuída a uma parte do serviço, produto ou ativo e, portanto, deve ser apropriada por meio de alguma base arbitrária que se acredita ser equitativa, ou tratada com uma despesa empresarial independente do volume de produção (tradução livre).

Portanto, no contexto dessas definições, o BDI é sinônimo de *markup* e, dentre os seus componentes, alguns custos indiretos classificam-se como *overhead*.

<sup>1</sup> remuneração (que às vezes chama-se margem de lucro) e lucro contábil não se confundem, porque enquanto aquele é uma contraprestação pelo serviço prestado e previsto em contrato, este é fruto do resultado financeiro da contratada, isto é, fruto de todas as atividades econômicas realizadas por ela durante seu exercício social. Como exemplo, uma empresa por aferir margens de lucro de vários contratos e ao fim do seu exercício social incorrer em prejuízo devido a sua má gestão das despesas e dívidas.

## 1.2 Classificação de Custos

Apesar do método tradicional para formular preços se basear na divisão intuitiva dos custos em diretos e indiretos, há uma carência de normas técnicas consolidadas em engenharia de custos para classificar e apropriar cada custo da obra na categoria direto ou indireto, o que abriu espaço para diversos critérios de classificação e dificultou a uniformização, embora haja uma tendência de padronização crescente.

Há algum tempo, a doutrina adotava como principal critério de classificação de custos de obras a existência de um vínculo direto entre o gasto em questão e cada serviço de engenharia previsto na composição de preços unitários (planilha orçamentária<sup>2</sup>). Em decorrência disso, itens como administração local, canteiro de obras, mobilização e desmobilização, dentre outros, não eram passíveis de vinculação direta aos serviços de engenharia da obra, devendo ser alocados nos custos indiretos (e portanto no BDI) por meio de estimativas (sendo a experiência de obra um base de arbitragem).

Entretanto, mais recentemente, diversos autores passaram a reconsiderar elementos de custos que, embora não estejam diretamente ligados a um serviço da obra, precisam ser planejados, identificados e mensurados, ou seja, tornam-se itens específicos e diretos do orçamento da obra. Dessa forma, itens como os descritos no parágrafo anterior tornam-se custos diretos, sendo discriminados na planilha orçamentária.

No Brasil, dois dos primeiros autores a propor uma revisão do critério de classificação antigo foram [Mendes e Bastos \(2001\)](#), que propuseram a abordagem dessa questão com base nos conceitos da doutrina contábil. Além desses autores, pode-se citar também [Martins e Rocha \(2010\)](#) como doutrinadores renomados que também sugerem o critério contábil como adequado para classificar os custos. Em resumo, a divisão proposta tem a seguinte forma:

- **custos diretos:** são aqueles que ocorrem especificamente por conta da execução do serviço objeto do orçamento em análise. São passíveis de identificação, individualização e mensuração, por meio de alguma unidade de medida característica (p. ex. quilogramas de cimento consumido, horas de mão-de-obra utilizadas etc);
- **custos indiretos:** são aqueles que não estão relacionados exclusivamente com a realização da obra em questão, e só podem ser atribuídos a objetos de custeio por meio de estimativas e aproximações. São custos gerais do setor de produção ou custos comuns a vários objetos de orçamento (p. ex. custos comuns a várias obras) e alocados indiretamente por meio de rateios.

<sup>2</sup> A planilha orçamentária elaborada antes do processo licitatório contém todos os custos de referência para cada serviço da obra, ou seja, contém todos os custos diretos discriminados.

Dessa forma, o critério contábil pode servir de base para delimitar tecnicamente quais itens compõem o BDI, uma vez delimitados os componentes dos custos indiretos. Esse também é o entendimento atualmente consolidado pelo TCU, no seu estudo sobre taxas referenciais de BDI (BRASIL, 2013c), o qual adota o critério contábil como referência.

No critério contábil, o principal objeto de referência para analisar se um custo é direto ou indireto deve ser o contrato de construção (ou seja, um custo é classificado de acordo com sua relação com serviços que estão previstos no contrato), conforme prevê o Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC), em convergência com padrões internacionais de contabilidade.

No mesmo sentido, o TCU vem adotando a mesma visão apresentada pelo CPC, e teve, por sua vez, sua visão positivada nas últimas Leis de Diretrizes Orçamentárias e no Decreto 7.983 (BRASIL, 2013b). Por isso, este trabalho adotará tal critério de classificação como o mais adequado. A Tabela 1 reúne as principais classificações, encontradas no CPC 17 (CPC, 2012) e na recente jurisprudência do TCU (BRASIL, 2011).

Tabela 1 – Classificação de Custos.

Custos Diretos	Custos Indiretos
- custos de mão-de-obra no local (salário, encargos sociais e complementares), incluindo supervisão local;	- prêmios de apólices de seguros;
- custos dos materiais usados na construção;	- custos de concepção e assistência técnica que não estejam relacionados a um contrato específico;
- depreciação de ativos fixos tangíveis utilizados no contrato;	- gastos gerais de construção (sinônimo de <i>overhead</i> ), incluindo elaboração e processamento de folha salarial dos envolvidos com a construção;
- custos de mobilização/desmobilização de ativos fixos tangíveis e materiais necessários à execução da obra	- administração central e supervisão geral de diversos contratos, as quais incluem custos e despesas (conceito mais amplo que <i>overhead</i> )
- custos de aluguel de instalações (p. ex. canteiro de obras) e equipamentos;	- custos gerais da atividade contratual, tais como custos de empréstimos;
- custos de concepção e assistência técnica diretamente ligados ao contrato;	- custos com provisão de riscos e garantias.
	- tributos incidentes sobre o faturamento do contrato

Fonte – CPC e TCU.

Nota – lista não exaustiva.

A preocupação com um critério sólido para alocação de custos de um orçamento de referência pode parecer, a priori, exagerada, mas é, pelo contrário, fundamental para harmonizar as terminologias usadas no meio técnico, garantindo transparência e eficiência na formação dos preços de produtos que a Administração Pública compra. Trata-se, portanto, de uma preocupação que vai ao encontro dos princípios fundamentais da Administração Pública. [Martins e Rocha \(2010, p. 32\)](#) complementam:

(...) a definição e o uso correto dos termos são de fundamental importância em todas as áreas do conhecimento humano, principalmente quando se trata de conhecimento científico e da sua aplicação prática. A taxionomia classifica, delimita, ajuda a diagnosticar, entender e explicar fenômenos, eventos, variáveis ou atributos sob investigação. Isso é necessário para que se possa construir uma estrutura conceitual forte, sobre bases conceituais sólidas.

## 2 Componentes do BDI

Como visto no capítulo anterior, o critério técnico-científico adotado para classificação de custos permite determinar os componentes do BDI, uma vez discriminados na planilha orçamentária todos os itens de custos diretos. Dessa forma, embora a taxa de BDI esteja, a rigor, dividida nos grupos custos indiretos e remuneração (como na equação 1.3, p. 33), a abordagem tradicional os separa em três grupos:

1. **Custos Indiretos**, compreendendo:
  - taxas de rateio da administração central;
  - riscos;
  - seguros;
  - garantias;
  - despesas financeiras;
2. **Remuneração** da empresa contratada;
3. **Tributos** incidentes sobre o faturamento do contrato

Vale ressaltar que os tributos são verdadeiros custos indiretos, mas o costume na literatura, jurisprudência e legislação brasileiras é estudá-los à parte dos outros custos indiretos, provavelmente por dois motivos: (i) uma questão didática, uma vez que os tributos podem ser diversos e seu cálculo é guiado essencialmente pela legislação tributária vigente, e menos pela engenharia de custos; e (ii) a legislação tributária brasileira varia bastante no tempo, por motivos não necessariamente ligados às atualizações no ramo da construção (tributos podem ser elevados ou diminuídos por motivos fiscais conforme a necessidade). A seguir, esses grupos serão comentados de forma resumida.

### 2.1 Custos Indiretos

#### 2.1.1 Administração Central

A taxa de administração central, comparada com as demais parcelas do BDI, é uma das mais difíceis de se precificar. Isso porque consiste em uma tentativa de estimar a média de gastos que não são plenamente identificáveis e divisíveis entre os contratos que a contratada executa em um dado momento, mas são indispensáveis para manter em operação a estrutura central da contratada.

Segundo [Mattos \(2006, p. 208-209\)](#), tal taxa corresponde à gastos da matriz e filiais da contratada, onde se encontra a estrutura necessária para execução de atividades de direção da empresa, incluídas aí as áreas administrativa, financeira, contábil, de suprimento, recursos humanos etc. De modo geral, esses gastos concentram-se em duas categorias:

- Supervisão geral, incluindo planejamento, consultoria, controle de qualidade e suporte aos contratos (engenharia, arquitetura etc);
- Serviços necessários à manutenção do funcionamento da estrutura administrativa da empresa (inclusive física) e que são úteis a vários contratos simultaneamente, constituindo itens como vigilância, segurança, água, telefone, luz, internet, mobiliário, veículos, alugueis de imóveis etc

Diversos fatores influenciam a taxa de administração central, os quais podem ser observados sob dois aspectos: (i) aspectos intrínsecos ao empreendimento, como o montante de custos diretos, prazo de execução e localização da obra; e (ii) aspectos intrínsecos da empresa contratada no que se refere à sua estrutura administrativa, estratégia de gestão e capacidade de operação.

Uma empresa bem estruturada e eficiente nas diversas áreas administrativas projeta-se melhor no mercado, conseguindo atrair maiores oportunidades de negócios, ou seja, acaba tendo menores gastos com administração central. Esse entendimento é corroborado pelo TCU, no relatório que antecede o Acórdão 2.369 ([BRASIL, 2011, p. 21](#)), o qual dispõe:

114. O rateio da Administração Central (...) é influenciado principalmente pelo custo direto da obra e pelo porte, faturamento e eficiência da empresa, cabendo à Administração Pública resguardar-se de taxas abusivas, pois o preço da obra não pode ser onerado por ineficiência operacional do executor.

115. Também a localização geográfica da obra produz efeitos sobre o item, já que para obras distantes da sede ou obras de porte superior ao padrão da organização, a empresa acaba por constituir uma administração local mais robusta desonerando a administração central. Trata-se, no entanto, de uma decisão estratégica de cada empresa, cabendo ao gestor, na elaboração do orçamento básico, considerar tal possibilidade e retratá-la na planilha orçamentária nos casos de maior relevância.

Em relação ao item 115 da citação anterior, como será visto adiante, a localização geográfica (urbana ou rural) e o porte/tipo da obra de fato têm um impacto significativo na taxa de administração central (p. ex. edificações comuns normalmente são obras de porte inferior à construção de estádios ou barragens).

O item 116 seguinte do relatório ainda sugere que uma metodologia interessante (porém de difícil aplicabilidade) é observar que administração central e local são inversamente proporcionais quando se trata de uma empresa executando apenas uma obra: obras que demandam administração local robusta irão desonerar a parcela central, e isso pode ajudar nos cálculos de tais custos.

Existem vários métodos para determinar o rateio da administração central, a exemplo daqueles sugeridos por [Silva \(2005, p. 51\)](#), [Tisaka \(2011, p. 98\)](#) e [Hubaide \(2012, p. 90\)](#), autores citados no referido estudo do TCU sobre taxas de BDI ([BRASIL, 2013c](#)). Entretanto, tais métodos são destinados às contratadas, pois dependem tanto das informações do contrato como da estrutura da própria contratada (a priori desconhecida na fase de orçamento da obra pela Administração Pública).

Ademais, as empresas têm liberdade para criar seus próprios critérios, desde que não sejam arbitrários, e portanto não cabe à Administração estabelecer uma fórmula ou método único para a taxa de rateio, mas sim buscar estimá-la com base no comportamento (atual e histórico) do mercado ou estudos específicos sobre o tema.

### 2.1.2 Riscos

Riscos estão presentes em diversas áreas do conhecimento, geralmente associados à ideia da incerteza futura de eventos que podem influenciar ou comprometer os objetivos considerados, e cuja probabilidade de ocorrência pode ser significativa, ainda que de difícil mensuração. Os riscos de ocorrência de tais eventos acompanham todo o período de vida do objeto em questão (no caso, uma obra), e podem resultar de problemas internos ou externos ao contexto obra (p. ex. acidentes de trabalho durante a obra ou destruição da mesma devido a um furacão).

Portanto, é impossível prever todos os possíveis eventos que representam um risco à uma obra, pois eventos como chuvas muito fortes e extraordinárias são quase sempre ocorrências do acaso. Entretanto, busca-se mapear o máximo possível dos riscos analisando fatores que podem servir de referência para cálculo (aumentando ou diminuindo o risco), tais como: prazo de execução, qualidade dos serviços prestados, preço de venda da obra, situação financeira da contratada, escopo do projeto etc.

Uma forma clássica de mapear os riscos que permeiam uma obra é montar uma matriz de riscos, a qual procura identificar e separar os riscos em categorias específicas, abrangendo o máximo de eventos possível. Uma vez montada, a matriz permite fácil identificação de eventos e ajuda no momento de decidir como mitigar os maiores riscos. A matriz de riscos é geralmente expressa nos seguintes itens — os detalhes de cada item podem ser consultados no estudo do TCU sobre taxas de BDI ([BRASIL, 2013c](#)):

1. Riscos de engenharia (associados à atividade empresarial, impactando execução, gerenciamento, produtividade da obra);
2. Riscos normais de projetos de engenharia (atividades não previstas que se tornaram necessárias à obra);

3. Riscos de erros de projetos de engenharia (falhas de orçamento, imperícia nas especificações técnicas etc);
4. Riscos associados a fatos da Administração <sup>1</sup>(risco de não liberação da obra, atraso de pagamentos, atraso na obtenção de licenças ambientais etc); e
5. Riscos associados à álea<sup>2</sup> extraordinária ou extracontratual (p. ex. terremotos, inundações imprevisíveis etc).

A mensuração dos riscos é uma tarefa complexa, que varia de acordo com as peculiaridades de cada obra (p. ex. riscos de se construir uma barragem ou um prédio diferem bastante) e envolve, a rigor, determinar a probabilidade da ocorrência de cada evento levantado na matriz de riscos. É uma tarefa que demanda muita habilidade e experiência do gestor que conduz o orçamento, além de demandar a disponibilidade de banco de dados e outras informações relevantes (projetos semelhantes anteriores que tiveram bom resultado).

Frente à tamanha complexidade, entende-se que adotar referenciais baseados em análises estatísticas de projetos semelhantes anteriores constitui um critério confiável, desde que a análise seja consistente e exclua aqueles projetos que claramente apresentarem falhas de orçamento.

### 2.1.3 Seguros

Os seguros estão muito associados aos riscos, pois são contratos que têm por objetivo a transferência a terceiros de alguns riscos típicos da execução de obras públicas, tais como os identificados na seção 2.1.2 anterior. Essa transferência se dá pelo pagamento antecipado de um prêmio que, junto à apólice, cria a obrigação ao segurador de reparar danos pela ocorrência dos eventos previstos na apólice. Assim, existe um forte vínculo entre a taxa de riscos e a taxa de seguros, pois na medida em que esta abrange vários riscos, aquela diminui.

Logo, a Administração deve avaliar os riscos e seguros conjuntamente, verificando quais riscos residuais não são cobertos pelos seguros, para então chegar a valores coerentes para compor o BDI.

### 2.1.4 Garantias

As garantias contratuais visam resguardar a Administração Pública contra eventuais prejuízos causados pela contratada em razão de inadimplemento de disposições contratuais.

<sup>1</sup> Entende-se que esses riscos não devem ser incluídos no BDI de obras públicas, por permitirem repactuação de preços através de aditivos contratuais (BRASIL, 2013c, p. 24)

<sup>2</sup> Álea é um termo jurídico que significa a possibilidade de prejuízo simultaneamente à de lucro - ou, em outras palavras, risco (HOUAISS, verbete “álea”).

Conforme a Lei 8.666 (BRASIL, 1993), não excederá 5% do valor do contrato administrativo e terá seu valor atualizado na mesma proporção do valor do contrato. Em casos de obras de grande vulto que exijam alta complexidade; porém, esse limite pode ser estendido para 10% conforme a referida lei.

Existem quatro modalidades de garantia previstas em lei: caução em dinheiro, caução em títulos da dívida pública, fiança bancária e seguro-garantia. Atualmente, o seguro-garantia é a modalidade mais acessível e econômica para a contratada, devido à redução do IOF para 0% com o Decreto 7.787, de 15 de agosto de 2012.

Nessa modalidade, o TCU entendeu, no relatório que antecedeu o Acórdão 325 - TCU - Plenário (BRASIL, 2007), que as referências de operadoras de seguros sugerem que a garantia esteja no intervalo de 0,45% a 4,00% ao ano sobre o valor da apólice de seguro. Para uma apólice de seguro de 5,0% do valor do contrato (máximo para obras que não envolvam alta complexidade), a garantia estaria na faixa de 0,0225% a 0,20%. Para obras de alta complexidade, com seguro de 10%, a faixa seria de 0,45% a 0,40%.

Dessa forma, os custos com garantias devem ser repassados ao preço de venda por meio da inserção no BDI, porém a cada celebração de aditivos de contrato tais garantias devem ser atualizadas.

### 2.1.5 Despesas Financeiras

São despesas relacionadas ao custo do capital em razão da necessidade de financiamentos para manter um fluxo de caixa adequado da obra (capital de giro). Tal necessidade surge na medida em que os desembolsos acumulados superam as receitas acumuladas, isto é, corresponde à perda monetária devido à defasagem entre desembolso efetivo da contratada e recebimento da medição dos serviços. Alguns exemplos dessas despesas são: décimo terceiro salário, férias e 1/3 de férias, ausências legais, aviso prévio etc).

Mattos (2006, p. 213) reitera que na maior parte dos contratos de construção a construtora realiza os serviços da obra com seus próprios recursos, e somente após alguns dias (ou meses) recebe o pagamento, sendo tal procedimento regra no caso de obras públicas. Assim, essa operação assemelha-se a um financiamento, onde a construtora arca primeiro com seus recursos para só depois receber o montante de volta.

Trata-se, portanto, do conceito de custo de oportunidade: pela defasagem de tempo entre desembolso e pagamento, o montante investido pela construtora poderia estar aplicado em outras formas de investimentos. Normalmente, tal custo de oportunidade é calculado com base na taxa de juros referencial da economia — Taxa Selic, conforme entendimento já firmado pelo TCU no referido Acórdão 325 - TCU (BRASIL, 2007).

O cálculo das despesas financeiras deve levar em consideração o prazo médio de financiamento da obra, ou seja, a defasagem de tempo entre as datas de desembolsos e

recebimentos correspondentes. Um exemplo de estimativa desse tempo é apresentado no relatório que antecede o Acórdão 2.369 (BRASIL, 2011), onde adotaram-se as seguintes faixas de prazo:

- mínimo: 11 dias úteis;
- médio: entre 12 e 22 dias úteis (média: 17);
- máximo: entre 23 e 33 dias úteis (média: 28).

Esse prazo médio está associado à eficácia de gestão operacional da contratada e das medições e pagamentos feitas pela Administração Pública. Portanto, quanto mais eficiente a gestão operacional e as medições, menor será a taxa relativa às despesas financeiras. O supracitado relatório entende que a seguinte expressão é razoável para estimar a taxa de despesas financeiras, incidentes sobre os custos da obra:

$$DF_{\%} = (1 + t_{selic})^{DU/252} - 1 \quad (2.1)$$

onde:

- $t_{selic}$ : taxa percentual Selic considerada;
- $DU$ : dias úteis correspondentes ao prazo médio considerado entre desembolso e pagamento;

Para exemplificar alguns valores de tais taxas, seja  $t_{selic} = 11,25\%$  a.a.<sup>3</sup>. A Tabela 2 mostra os valores médios para alguns prazos. Nota-se, assim, que quando o país está passando por um momento com juros altos (representados pela taxa Selic), qualquer variação nesse prazo irá onerar os custos com despesas financeiras, devendo a Administração evitar esse problema.

Tabela 2 – Taxas de Despesas Financeiras para vários prazos.

Prazo (dias úteis)	$DF_{\%}$
mínimo ( $DU = 11$ )	0,46%
médio ( $DU = 17$ )	0,72%
máximo ( $DU = 28$ )	1,18%
dois meses ( $DU \approx 42$ )	1,78%
três meses ( $DU \approx 63$ )	2,68%

Nota – valores para uma taxa Selic de 11,25% a.a.

<sup>3</sup> valor para o dia 05/05/2017, consultado no site do Banco Central Brasileiro através do seguinte link <<http://www3.bcb.gov.br/selic/consulta/taxaSelic.do?method=listarTaxaDiaria>>

## 2.2 Remuneração

Como discutido no tópico 1.1, os termos lucro contábil e remuneração como componente do BDI não se confundem: a primeira é um resultado das atividades econômicas de uma empresa; a segunda, estabelecida previamente à licitação, sendo vinculada ao objeto do orçamento em questão. Esse detalhe é importante, pois ao longo do trabalho a remuneração será denotada por  $L$  (e não  $R$ ), por ser mais comum na literatura brasileira. Apesar disso, as duas terminologias têm o mesmo significado prático: representam a justa contraprestação pela Administração à contratada pela prestação de serviços ou fornecimento de bens.

Antes do ciclo da obra iniciar-se, o preço de venda estimado e referencial de uma obra pode ser visto como dado pela equação 2.2, onde nota-se que, após estimar os custos diretos e indiretos (as barras representam variáveis estimadas), é preciso definir alguma remuneração referencial  $L_{ref}$  para compor o preço de venda referencial  $\overline{PV}_{referencial}$ :

$$\overline{PV}_{referencial} = \underbrace{\overline{CD} + \overline{CI}}_{\text{custos estimados}} + L_{ref} \quad (2.2)$$

$$L_{ref} = \overline{PV}_{referencial} - (\overline{CD} + \overline{CI}) \quad (2.3)$$

Analogamente, ao fim da execução da obra, a equação anterior tem o seguinte formato:

$$PV_{efetivo} = \underbrace{CD + CI}_{\text{custos efetivos}} + L_{efetiva} \quad (2.4)$$

Nesse caso,  $PV_{efetivo}$  é o valor fechado no contrato administrativo após a fase de licitação e contratação (um valor menor ou igual a  $\overline{PV}_{referencial}$ , resultado do desconto  $D = \overline{PV}_{referencial} - PV_{efetivo}$  dado pela contratada que venceu a licitação<sup>4</sup>, e por isso a remuneração efetiva da contratada  $L_{efetiva}$  será

$$L_{efetiva} = PV_{efetivo} - (CD + CI) \quad (2.5)$$

Substituindo a relação  $PV_{efetivo} = \overline{PV}_{referencial} - D$  e a equação 2.2, chega-se à equação 2.6 a seguir:

$$L_{efetiva} = L_{ref} - D + \underbrace{\overline{CD} + \overline{CI}}_{\text{custos estimados}} - \underbrace{(CD + CI)}_{\text{custos efetivos}} \quad (2.6)$$

<sup>4</sup> No Brasil, o desconto é analisado através do Índice Preço-Custo do Contrato (IPCC), ou seja:  $IPCC = D/\overline{PV}_{referencial}$ . Há um estudo interessante de Lima (2010) mostrando que, no DNIT, quanto mais disputada é a licitação, maiores são os descontos  $D$  obtidos, ou seja, menor o índice IPCC. A razão é intuitiva: maior competitividade leva às empresas a diminuírem suas margens de lucro e “apertarem” seus custos na formação do preço global.

Portanto, a equação 2.6 mostra que, para a contratada, a verdadeira margem de lucro da obra — após o seu início — dependerá exclusivamente da sua eficiência em diminuir os custos efetivos sem comprometer a qualidade exigida no contrato. Se a sua gestão resultar em custos efetivos significativamente superiores aos estimados, sua remuneração efetiva será muito inferior à estimada com o desconto dado, o que pode representar uma perda financeira crucial para a empresa.

Se uma empresa adotar uma estratégia única de oferecer um desconto  $D$  muito alto, de forma que a obra seja inexecutável com esse desconto, e a Administração, equivocadamente, torná-la vencedora da licitação, a empresa provavelmente incorrerá em perdas financeiras, pois não conseguirá pagar os custos efetivos, sendo obrigada a usar suas próprias reservas para pagar a obra, e disso provavelmente resultarão obras inacabadas, atrasos ou queda drástica de qualidade (cortando os custos efetivos).

Nesse sentido, o Art. 48 da Lei 8.666 (BRASIL, 1993) prevê a possibilidade de desclassificação de uma proposta pro preço inexecutável, com base em critérios objetivos de julgamento da Administração para comprovar tal inviabilidade.

## 2.3 Tributos

Os tributos incidentes sobre a *execução* da prestação contratual são, a rigor, componentes dos custos indiretos do objeto do contrato. Como discutido no início deste capítulo, a divisão que se faz é uma questão didática, principalmente porque a legislação tributária brasileira é bastante variável<sup>5</sup>.

Assim, os tributos que compõem o BDI são aqueles incidentes sobre o faturamento (receita bruta) da contratada ao executar uma obra pública, e atualmente compreendem os seguintes:

- Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS);
- Programa de Integração Social (PIS);
- Contribuição Social para Financiamento da Seguridade Social (COFINS); e
- Contribuição Previdenciária sobre a Receita Bruta (CPRB);

De maneira genérica, o valor pecuniário de um tributo tem dois componentes: base de cálculo e alíquota (percentual). Denotando esses componentes por  $BC$  e  $T\%$ ,

<sup>5</sup> Um exemplo de tributo que já não vigora é a Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira (CPMF), a qual foi aplicada de 1997 a 2007 com variadas taxas nesse período.

respectivamente, um tributo terá seu valor  $T$  dado pela equação 2.7:

$$T = BC \times T_{\%} \quad (2.7)$$

No caso dos tributos que compõem o BDI, a base de cálculo é o próprio faturamento da obra, isto é,  $\overline{PV}_{referencial}$  (fase de orçamento da obra, o que leva ao tributo estimado) ou  $PV_{efetivo}$  (após efetivação do contrato, o que leva ao tributo efetivo).

Alguns tributos do BDI permitem deduções da base de cálculo (p. ex. ISS), de forma que uma dedução percentual de  $d_{\%}$  leva ao um custo tributário dado pela seguinte equação:

$$T = BC \times (1 - d_{\%}) \times T_{\%} \quad (2.8)$$

Seja  $T_{ef,\%} = (1 - d_{\%}) \times T_{\%}$  a alíquota efetiva do tributo, de forma que as equações 2.9, 2.10 e 2.11 resumem o custo de qualquer tributo do BDI, sejam estimados ou efetivos:

$$T = BC \times T_{ef,\%} \quad (2.9)$$

$$\overline{T} = \overline{PV}_{referencial} \times T_{ef,\%} \quad (2.10)$$

$$T = PV_{efetivo} \times T_{ef,\%} \quad (2.11)$$

Portanto, o valor do tributo estimado na fase de orçamento da obra depende da estimativa do seu preço de venda, porém a alíquota efetiva é, em geral, um valor conhecido nessa fase (a menos que um tributo venha a definir a alíquota como função do faturamento da obra, o que não é o caso de nenhum dos tributos mencionados<sup>6</sup>).

Na literatura, é comum representar por  $T$  o total das alíquotas efetivas na hora de compor o BDI. Para não gerar confusão com notações, neste trabalho o total de tributos que compõem o BDI será denotado por  $T_{total}$  (e o total de alíquotas efetivas, por  $T_{total,ef,\%}$ ) de acordo com a seguinte equação, válida para  $N$  tributos componentes do BDI (lembrar que todos possuem a mesma base de cálculo):

$$T_{total} = \sum_{i=1}^N T_i = BC \sum_{i=1}^N T_{i,ef,\%} = BC \cdot T_{total,ef,\%} \quad (2.12)$$

Cada tributo tem suas peculiaridades para determinar as deduções da base de cálculo e a alíquota, porquanto foge ao escopo deste trabalho detalhar cada tributo e suas atualizações devido às mudanças na legislação ou jurisprudência. Além disso, as

<sup>6</sup> A título de exemplo, o Imposto de Renda é um tributo cuja alíquota varia de acordo com faixas de base de cálculo.

microempresas e empresas de pequeno porte que vencerem uma licitação poderão adotar o regime tributário do Simples Nacional, o qual traz uma série de simplificações em matéria tributária. A Tabela 3 traz algumas características principais dos tributos mencionados.

Os descontos permitidos para o ISS é a dedução dos custos com material da base de cálculo do mesmo, pois esse imposto incide essencialmente sobre os serviços. Em geral, os custos com material representam mais de 50% do custo total da obra ( $CD + CI$ ). Logo, adotando uma dedução de  $d\% = 50\%$  como exemplo, nota-se da Tabela 3 que as alíquotas efetivas dos tributos, somadas, podem variar entre 9,15% e 10,65%.

Tabela 3 – Características dos tributos componentes do BDI para obras públicas.

Tributo	Alíquota	Permite Descontos na BC?	Legislação Referencial	Atualização
ISS	variável	Sim	Competência Municipal	-
PIS	0,65%	Não	Lei 10.833/2003, Art. 10, XX	Lei 13.043/2014
COFINS	3,00%	Não	Lei 10.833/2003, Art. 10, XX	Lei 13.043/2014
CPRB	4,50%	Não	Lei 12.546/2011, Art. 7º-A	Lei 13.161/2015

Fonte – Produzido pelo autor.

Nota – A alíquota do ISS varia conforme legislação municipal, mas deve estar entre 2,00% e 5,00%, conforme Art. 8º, II, e Art. 8º-A da Lei Complementar 116/2003. Entretanto, as deduções podem vir a reduzir a alíquota efetiva para um valor menor que 2,00%.

Nota – A Lei 10.833, no dispositivo citado, mantém o tratamento previsto da Lei 9.718/1998 para o caso de “execução por administração, empreitada ou subempreitada, de obras de construção civil”.

Nota – No caso da CPRB, recentemente a Medida Provisória 774/2017 excluiu vários setores da possibilidade de adotar tal contribuição para desonerar a folha de pagamento dos empregados, porém não excluiu a categoria da construção civil.

## 3 Componentes que não integram o BDI

Como discutido na seção 1.2, um dos problemas na determinação do BDI é a classificação equivocada de custos como diretos ou indiretos. Assim, o estudo do TCU sobre BDI de obras públicas (BRASIL, 2013c) se preocupou em listar alguns itens que não compõe o BDI, mas frequentemente geram dúvidas. Essencialmente, tais itens são passíveis de mensuração, identificação e individualização, de modo que devem ser incluídos nos custos diretos da obra. A seguir, passa-se à explicação resumida desses itens.

### 3.1 Administração Local, Canteiro de Obras e Mobilização e Desmobilização

O TCU continua mantendo a definição já positivada no Acórdão 2.369 - Plenário (BRASIL, 2011) quanto à administração local, canteiro de obras e mobilização e desmobilização, conforme o seguinte trecho do referido Acórdão (item 27, p. 4):

- a) o item Administração Local contemplará, dentre outros, as despesas para atender as necessidades da obra com pessoal técnico, administrativo e de apoio, compreendendo o supervisor, o engenheiro responsável pela obra, engenheiros setoriais, o mestre de obra, encarregados, técnico de produção, apontador, almoxarife, motorista, porteiro, equipe de escritório, vigias e serventes de canteiro, mecânicos de manutenção, a equipe de topografia, a equipe de medicina e segurança do trabalho, etc., bem como os equipamentos de proteção individual e coletiva de toda a obra, as ferramentas manuais, a alimentação e o transporte de todos os funcionários e o controle tecnológico de qualidade dos materiais e da obra;
- b) o item Instalação de Canteiro de Obra remunerará, dentre outras, as despesas com a infraestrutura física da obra necessária ao perfeito desenvolvimento da execução composta de construção provisória, compatível com a utilização, para escritório da obra, sanitários, oficinas, centrais de fôrma, armação, instalações industriais, cozinha/refeitório, vestiários, alojamentos, tapumes, bandeja salva-vida, estradas de acesso, placas da obra e instalações provisórias de água, esgoto, telefone e energia;
- c) o item Mobilização e Desmobilização se restringirá a cobrir as despesas com transporte, carga e descarga necessários à mobilização e à desmobilização dos equipamentos e mão de obra utilizados no canteiro.

Em relação à administração local, como discutido na seção 2.1.1, a localização da obra tem relevância significativa, pois obras feitas no interior (regiões não metropolitanas) acabam por demandar administração local, canteiro de obras e mobilização/desmobilização mais robustos do que obras realizadas em regiões metropolitanas, onde a contratada tem maior facilidade de logística. Como ilustrado na Figura 1 do referido estudo do TCU (BRASIL, 2013c, p. 44), feita com a amostra obtida, o valor da obra ou prazo da mesma

têm pouca correlação com o custo com administração local, embora, em tese, o prazo influencie na mesma por aumentar o custo com salários.

## 3.2 IRPJ e CSLL

Os tributos Imposto de Renda sobre Pessoa Jurídica (IRPJ) e Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL) incidem, respectivamente, sobre a renda e lucro líquido da contratada. Têm, portanto, natureza direta e personalística com a empresa, pois enquanto o primeiro depende de toda a renda auferida pela empresa durante o seu exercício social (fruto de várias atividades, e não apenas de um contrato específico), o segundo depende do seu resultado financeiro nesse período (fruto de diversas receitas e despesas relacionadas a várias atividades, e não apenas de um contrato específico). Portanto, tais tributos não devem ser incluídos no BDI, por não incidirem exclusivamente sobre o faturamento previsto no contrato de uma obra específica.

Nesse sentido, o TCU já possui o entendimento de que tais tributos já estão embutidos no componente remuneração do BDI, pois trata-se de uma repercussão econômica desses tributos, onde quem de fato paga por eles é a Administração, já que a justa remuneração pelo execução da obra deve ser suficiente para que, deduzidos esses tributos, reste um valor justo que represente a margem de lucro obtida pela empresa. Por isso, ao realizar o estudo que embasou o Acórdão 2.622, o TCU entendeu que, nos contratos onde estavam discriminados, tais tributos deveriam ser incorporados ao item remuneração.

## 3.3 ICMS

Esse é outro item que causa bastante confusão nos orçamentos, principalmente com o crescente número de construções pré-fabricadas. Quando a contratada adquire insumos junto a seus fornecedores para efetuar um serviço na obra em questão, paga ICMS na própria etapa de compra e, portanto, é um custo que já está embutido no preço de referência dos insumos, não havendo necessidade de considerá-lo uma despesa indireta. Em compensação, pagará ISS apenas sobre a parcela associada ao serviço que empregou os insumos na obra.

Quando, por exemplo, a contratada produz seu próprio material, a situação se inverte. Ela não poderá fazer a compensação no ISS, pois a produção do material faz parte do serviço prestado por ela especificamente para a obra. Por outro lado, ela não pagará ICMS, uma vez que não há relação comercial na produção do insumo.

Em ambos os casos, o ICMS não constitui despesa indireta, não devendo ser inserido como componente do BDI.

## 4 BDI Diferenciado

Quando se adota uma única taxa de BDI para a obra inteira para compor o preço de venda estimado, está pressuposto que todos os componentes do BDI citados anteriormente (custos indiretos, remuneração e tributos) estão igualmente divididos entre os serviços discriminados na planilha orçamentária. Entretanto, na prática, podem existir serviços diferenciados que demandam significativamente menos de algum dos itens do BDI, tais como fornecimento de materiais e equipamentos relevantes de natureza específica como, por exemplo:

- materiais betuminosos para obras rodoviárias;
- tubos de ferro fundido ou PVC para obras de abastecimento de água;
- elevadores;
- escadas rolantes especiais para obras aeroportuárias (e outros equipamentos de apoio no pátio); e
- equipamentos de ar-condicionado e suas variantes (centrais de ar etc);

Esses fornecimentos justificam a adoção de taxas menores de BDI quando são contratados diretamente do fabricantes ou de fornecedor com especialidade própria e distinta daquela da contratada principal da obra, onde a contratada principal constitui mera intermediária na execução de tais serviços. Isso porque os custos indiretos com essas atividades demandam menos mobilização e complexidade por parte da contratada, o que justifica também menor remuneração à mesma por esses serviços e ainda isenção de ISS para a contratada nesse caso, uma vez que a contratada não está executando um serviço, mas apenas servindo de intermediária para outra empresa fornecer um produto (em “compensação”, o ICMS já está embutido no preço).

Esse conceito possui respaldo pacificado pelo TCU na Súmula 253/2010<sup>1</sup> (e reiterada no recente Manual de Fiscalização do TCU (BRASIL, 2014) ), que diz:

Comprovada a **inviabilidade técnico-econômica de parcelamento do objeto da licitação**, nos termos da legislação em vigor, os itens de fornecimento de materiais e equipamentos de natureza específica que possam ser fornecidos por empresas com **especialidades próprias e diversas** e que **representem percentual significativo do preço global da obra** devem apresentar incidência de taxa de Bonificação e Despesas Indiretas - BDI **reduzida** em relação à taxa aplicável aos demais itens. (grifos do autor)

<sup>1</sup> <[www.agu.gov.br/page/download/index/id/2826656](http://www.agu.gov.br/page/download/index/id/2826656)>

Conforme o reiterado estudo do TCU sobre taxas de BDI (BRASIL, 2013c, p. 53, item 287), sobre a necessidade do valor desses serviços serem significativos perante o preço global da obra, não há referência consolidada, pois já houve casos em que este Tribunal considerou 3,0% como relevante, e outro onde o fez para uma representatividade de 12,40% (BRASIL, 2013c). Caberá ao gestor aplicar essas diferenciações, caso a caso, com as devidas justificativas.

O estudo do TCU discute ainda o caso em que é possível separar o mero fornecimento de materiais e equipamentos relevantes dos respectivos serviços de engenharia que os empregarão na obra, caso que é considerado regra geral pelo TCU. Nessa situação, o BDI diferenciado aplica-se somente sobre o mero fornecimento, aplicando-se o BDI “comum” aos serviços de engenharia correspondentes.

É nesse sentido que o TCU afirma que é importante separar ao máximo os serviços do fornecimento, independentemente da complexidade, de forma a buscar a devida transparência. Isso inclui discriminar, na planilha orçamentária, itens como serviços de recebimento, controle de qualidade, manuseio, montagem, assentamento, transporte e armazenamento, dentro outros, relativos aos materiais e equipamentos relevantes, pois entende-se que esses itens são passíveis de atribuição, mensuração e identificação, conforme já discutido na seção 1.2.

Um outro caso não coberto pelo estudo do TCU sobre BDI diferenciado é qual taxa usar para um serviço cujo custo foi orçado mediante cotação externa, por não ter sido possível compor o custo usando bases referenciais tais como o SINAPI. Nesse caso, o autor entende que, ao obter um orçamento direto com a empresa que oferece aquele serviço, o custo informado é um preço de venda para a empresa, ou seja, já é composto pelo próprio *markup* e *overhead*, portanto o BDI incidente sobre esse preço deve ser diferenciado e inferior ao “comum” aplicado aos demais serviços da obra.

Essa redução no BDI se dá nos efetivos custos indiretos e remuneração à contratada por tais serviços, de forma que, se fosse mantido o BDI “comum”, a Administração estaria incorrendo em um fenômeno conhecido como *bis in idem* — que, no Direito Tributário, significa tributar mais de uma vez baseado em um mesmo fato gerador (neste caso, o faturamento pelo serviço), de forma que, conceitualmente, deve-se evitar tal repetição, pois nesse caso a Administração é quem paga os tributos de fato, na posição de cliente<sup>2</sup>. Além disso, nesse caso não há isenção de ISS, uma vez que não se trata de mero fornecimento.

Neste trabalho, a menos que se diga expressamente, considera-se que todos os itens discriminados na planilha orçamentária de uma obra terão a mesma incidência de BDI, ou

---

<sup>2</sup> Embora a vedação do *bis in idem* não esteja expressa na Constituição Brasileira de 1988, a doutrina e jurisprudência brasileiras ainda não são unânimes em reconhecer tal vedação na esfera tributária. Na esfera penal, porém, esse princípio já é tido como fundamental há bastante tempo, podendo ser visto como proibição de dupla penalização por uma mesma conduta ilícita.

seja, que não há BDI diferenciado ou não há como separar fornecimentos do respectivos serviços.

Essa será uma hipótese do modelo proposto neste trabalho para decisão do BDI ideal de uma obra, de forma que o modelo poderá ser adaptado posteriormente para o caso do BDI diferenciado, que torna o problema mais complexo, uma vez que se em  $M$  e  $N$  itens da obra incidem o BDI “comum” ( $BDI_{comum}$ ) e o BDI diferenciado ( $BDI_{difer.}$ ), respectivamente, a equação básica 1.2, p. 32, se tornaria:

$$\overline{PV}_{referencial} = \sum_{i=1}^M \overline{CD}_i \cdot (1 + BDI_{comum}) + \sum_{j=1}^N \overline{CD}_j \cdot (1 + BDI_{difer.}) \quad (4.1)$$

Nesse caso, comparando-se esta última equação com a equação 1.2, a taxa de BDI que é aplicado sobre todos os custos diretos da obra é, na realidade, a média ponderada das taxas de BDI “comum” e diferenciado pelos respectivos custos diretos, ou seja:

$$BDI = \frac{1}{\sum_{k=1}^{M+N} \overline{CD}_k} \cdot \left[ \sum_{i=1}^M \overline{CD}_i \cdot BDI_{comum} + \sum_{j=1}^N \overline{CD}_j \cdot BDI_{difer.} \right] \quad (4.2)$$

Dessa forma, na presença de itens com BDI diferenciado, deveria-se recorrer última equação para encontrar o BDI do orçamento como um todo, ou seja, aquele que compõe o preço de venda referencial da obra na forma  $\overline{PV}_{referencial} = \overline{CD} \cdot (1 + BDI)$ . A mesma análise se aplica aos valores efetivados em contrato.

Ademais, o problema pode se tornar ainda mais complexo, se o gestor admite que diversos serviços distintos possuem diferentes valores de BDI diferenciado. Contudo, na medida em que se detalha o problema dessa forma, na tentativa de precificar corretamente, o gestor certamente incorrerá em um custo maior de tempo e precisará de maior precisão de dados para orçar (algo difícil de se obter), o que pode comprometer a praticidade do orçamento.



## 5 Fórmulas para o BDI de Obras Públicas

Apesar das especificidades na classificação de custos para compor o preço de venda, discutidas no capítulo ??, a equação 1.2 é consensual na engenharia de custos de construção, sendo a expressão básica para formar o preço de venda referencial de uma obra. Já a equação 1.3 define o BDI apenas conceitualmente pois, como visto no capítulo 2, o BDI possui vários componentes, cada qual com critérios distintos de estimação.

Sem uma consolidação dos métodos de estimação dos componentes, é natural que existam diversas formas adotadas pelas empresas de diversos ramos para melhor calcular a taxa de BDI, pois trata-se de uma decisão estratégica (essa ideia será usada adiante para a abordagem de cálculo proposta neste trabalho) de cada empresa no sentido de buscar precisão nesse cálculo, pois adotar uma taxa genérica pode lhe trazer grandes riscos financeiros.

Vai ao encontro desse raciocínio o fato de o estudo do TCU ter encontrado mais de 20 fórmulas distintas para a taxa de BDI (BRASIL, 2013c, p. 56). Durante a revisão bibliográfica feita para este trabalho, em trabalhos internacionais não se observou a utilização de fórmulas tais como se usa no Brasil. A principal fórmula utilizada no Brasil, adotada como referencial pelo TCU, é a seguinte:

$$BDI = \frac{(1 + AC\% + R\% + S\% + G\%) (1 + DF\%) (1 + L\%)}{1 - T_{total,ef,\%}} - 1 \quad (5.1)$$

Onde (taxas percentuais):

- $AC\%$ : taxa representativa de despesas de rateio da administração central;
- $R\%$ : taxa representativa de riscos;
- $S\%$ : taxa representativa de seguros;
- $G\%$ : taxa representativa de garantias;
- $DF\%$ : taxa representativa de despesas financeiras;
- $L\%$ : taxa representativa de remuneração; e
- $T_{total,ef,\%}$ : taxa representativa das alíquotas efetivas dos tributos incidentes sobre o faturamento da obra.

Nesta equação, optou-se por usar a notação  $T_{total,ef,\%}$  no lugar de apenas  $T$  (comum na literatura) para dar ênfase ao fato de que trata-se do total de taxas percentuais efetivas, pois assim todos os casos de tributos são abrangidos. Essa fórmula já foi alterada algumas

vezes: anteriormente, o Acórdão 325 do TCU (BRASIL, 2007) considerava o numerador da fração igual a  $(1 + AC)(1 + DF)(1 + R)(1 + L)$ , de forma que embutia nos riscos os seguros e garantias. Esta última notação faz com que a taxa de risco incida sobre os gastos com administração central (um equívoco, pois esses riscos são apenas os inerentes à execução do obra), e por isso o TCU julgou que seria melhor dispor a fórmula tal como a equação 5.1.

Outros exemplos de diferenciação na fórmula são citados no estudo do TCU sobre BDI de obras públicas (BRASIL, 2013c, p. 57): Tisaka (2011, p. 95) e o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (IBEC) entendem que, na fórmula do BDI, a remuneração deve estar no denominador.

Na equação 5.1, os tributos estão no denominador pela seguinte razão: incidem sobre o preço de venda da obra, e não sobre os custos diretos. Ao substituir a equação 5.1 na equação 1.2, pode-se obter a expressão básica da equação 1.1 com os seguintes passos:

$$PV = CD \frac{(1 + AC\% + R\% + S\% + G\%)(1 + DF\%)(1 + L\%)}{1 - T_{total,ef,\%}} \quad (5.2)$$

$$PV(1 - T_{total,ef,\%}) = CD(1 + AC\% + R\% + S\% + G\%)(1 + DF\%)(1 + L\%) \quad (5.3)$$

$$PV = \underbrace{PV}_{=BC} \cdot T_{total,ef,\%} + CD(1 + AC\% + R\% + S\% + G\%)(1 + DF\%)(1 + L\%) \quad (5.4)$$

$$PV = CD + \underbrace{PV \cdot T_{total,ef,\%} + CD[(1 + AC\% + R\% + S\% + G\%)(1 + DF\%)(1 + L\%) - 1]}_{=CI+L} \quad (5.5)$$

$$PV = CD + CI + L$$

Como destacado no desenvolvimento acima, o fato da base de cálculo  $BC$  dos tributos ser o faturamento da obra faz com que as alíquotas venham a ficar no denominador da fórmula do BDI.

O desenvolvimento acima evidencia ainda alguns detalhes: ao tentar desenvolver os termos da parcela  $CI + L$  destacada na equação 5.5, infere-se que a taxa de lucros incide sobre o custo total da obra  $CD + CI$ , incidindo portanto sobre todos os custos indiretos (por isso a taxa de lucros  $1 + L\%$  multiplica todos os outros componentes, à exceção dos tributos).

No caso da taxa de despesas financeiras, a fórmula atual pressupõe que há gastos de despesas financeiras embutidos nos custos administração central, riscos, seguros e garantias, uma vez que a parcela  $1 + DF\%$  incide sobre esses componentes na fórmula. Isso pode levantar dúvidas pois, como visto na seção 2.1.5, as despesas financeiras estão relacionadas

ao custo do capital quando da necessidade da contratada fazer financiamentos, devido à defasagem de fluxo de caixa entre desembolso e pagamento de serviços da obra. Entretanto, uma interpretação possível é entender que a contratada primeiramente paga por esses componentes indiretos para depois receber por eles.

O tipo de dúvida levantado no parágrafo anterior mostra que tentar fixar uma única fórmula de BDI não é uma tarefa trivial pois, ao adotá-la, pode-se onerar ou subavaliar os componentes devido à abordagem na fórmula. Além disso, distancia-se da realidade das empresas, as quais não usam uma única fórmula justamente por se tratar de decisões estratégicas. Na opinião do autor, o TCU decidiu adotar, na falta de outra metodologia, uma fórmula que, dentre várias, fosse aquela de maior consenso no Brasil, para então criar uma referência na qual pudesse julgar os orçamentos feitos pela Administração.



## Parte II

# Abordagem para Decisão do BDI Ideal de Obras Públicas



# 6 O Estudo do TCU sobre BDI de Obras Públicas

## 6.1 Planejamento Amostral e Coleta de Dados

Buscando criar referências para taxas de BDI de obras públicas, o TCU organizou um estudo técnico (BRASIL, 2013c) já citado nos capítulos anteriores. O estudo teve como objetivo propor faixas de valores referenciais de BDI para diversos tipos de obras públicas e também para o caso específico do BDI diferenciado. Para isso, o TCU efetuou uma extensa pesquisa quantitativa de dados de diversas obras no âmbito federal, cuja análise se deu tanto por meio de estatística descritiva como por meio de estatística inferencial.

Apesar das recentes iniciativas do Governo para tornar públicos os dados de compras governamentais, os principais portais *online* (como o SIAFI, SIASG e SICONV, todos de âmbito federal) têm limitações quando se trata de acessar, de forma direta, dados como custo direto de obras ou taxas de BDI. Essa limitação fez com que a fonte de dados do estudo fosse constituída apenas de contratos celebrados por órgãos federais (população acessível do estudo), excluindo-se assim editais de licitação, contratos de obras privadas, contratos de âmbito estadual e municipal e outras referências bibliográficas acerca do tema do BDI (todos os tipos de contratos constituiriam a população alvo do estudo).

O TCU possuía em seu cadastro 10.002 elementos para a população acessível. Dessa forma, a partir do recurso estatístico das amostras estratificadas, o órgão selecionou aleatoriamente diversos contratos e fez requerimentos a vários órgãos para que lhe enviassem dados relevantes das obras selecionadas para a pesquisa. Desses ofícios, 529 foram respondidos corretamente, de forma que essa quantidade constitui o total da amostra obtida pelo TCU.

No planejamento amostral, o principal item adotado como variável explicativa do BDI foi a classificação dos tipos de obras por meio da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), versão 2.0<sup>1</sup>, a qual divide os setores de atividades econômicas em diversas seções (21 categorias), divisões (87), grupos (283) e classes (669). Dentre todas as classes, o escopo do estudo foi sobre 5 delas relacionadas à construção civil, as quais foram novamente divididas em onze tipos para compor as amostras estratificadas, conforme a Tabela 4.

Para compor as amostras, o TCU dividiu os contratos de cada tipo de obra em faixas de valor, definindo-se assim extratos (Quadro 11 do referido estudo), dos quais foram retiradas as amostras de forma aleatória. A seguir, alguns aspectos principais do

<sup>1</sup> O CNAE é gerido pelo IBGE, e a sua versão 2.0 foi divulgada em 2007.

Tabela 4 – Classificação CNAE 2.0 para os tipos de obras do estudo do TCU.

Classificação CNAE 2.0	Tipo de Obra (Amostral)
Construção de Edifícios	Obras de Edificação - Construção Obras de Edificação - Reforma Obras Aeroportuárias - Terminais
Construção de Rodovias e Ferrovias	Obras Rodoviárias Obras Ferroviárias Obras Aeroportuárias - Pátio e Pista
Construção de Redes de Abastecimento de Água, Coleta de Esgoto e Construções Correlatas	Obras de Saneamento Ambiental Obras Hídricas - Irrigação Barragens e Canais
Construção e Manutenção de Estações e Redes de Distribuição de Energia Elétrica	Obras de Linha de Transmissão /Distribuição de Energia
Obras Portuárias, Marítimas e Fluviais	Obras Portuárias - Estruturas Obras de Derrocamento e Dragagem

Fonte – Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

estudo serão comentados.

## 6.2 Tratamento de Dados

Após definir o escopo da população e obter os dados de contratos, o órgão passou à etapa de saneamento dos dados, para uniformizar as comparações e retirar quaisquer inconformidades. Os itens comentados na seção 3, que não integram o BDI, foram retirados manualmente das composições do BDI, com exceção dos tributos IRPJ e CSLL. Nesse caso, nos contratos onde eles estavam explicitamente informados na composição do BDI (de forma indevida, pelas razões comentadas na seção 3.2), suas alíquotas efetivas foram somadas na fórmula do BDI e, quando inexistentes, subtendeu-se que já estão embutidos na taxa de remuneração.

Para o TCU, o fato de se encontrarem mais de 20 fórmulas diferentes para o cálculo do BDI leva à necessidade de se padronizar as taxas de BDI mediante alguma conversão nas fórmulas. Assim, o método de conversão adotado foi estabelecer a fórmula da equação 5.1 como referência e alterar, nos contratos com fórmula distinta, os componentes do BDI para que, aplicados na fórmula de referência, resultassem no BDI informado pelo respectivo contrato.

O estudo do Tribunal se preocupou em eliminar *outliers* da mesma, através de um procedimento clássico chamado *Box Plot* onde o intervalo de valores da amostra que não são considerados *outliers* suspeitos é dado por  $(Q_1 - 1,5AIQ; Q_3 + 1,5AIQ)$ , onde  $Q_1$  e  $Q_3$  são o primeiro e terceiro quartis, respectivamente, e  $AIQ = Q_3 - Q_1$  é o intervalo interquartílico.

## 6.3 Resultados do Estudo

Para garantir maior rigor técnico-científico, o TCU adotou amostras estratificadas e população finita, dividindo a população acessível nos tipos de obras (11 tipos mostrados na Tabela 4) e em faixas de valores de obra que o Tribunal julgou coerentes, conforme explicado nos itens 6 e 7 do estudo. Com base nisso, aplicando-se as fórmulas de estatística inferencial foi possível inferir o BDI médio populacional, e o intervalo de confiança associado, para cada uma das 5 classes de obra, como pode ser observado no Quadro 12 do estudo.

Destaque-se que o intervalo de confiança definido no estudo não se confunde com valores aceitáveis de BDI; seu significado é de que a probabilidade da média populacional do BDI estar dentro desse intervalo é de 90%. Por isso, a fim de estabelecer de fato limites admissíveis para o BDI, o estudo conjecturou a possibilidade dos dados da amostra terem uma distribuição de probabilidade normal para cada tipo de obra. A partir disso, poderia-se calcular estatísticas dos dados amostrais para inferir a faixa dentro da qual haveria uma probabilidade pré-definida de ocorrência do valor de BDI.

Assim, estudo do TCU fez um teste de hipótese para avaliar tal normalidade, através do método *Shapiro Wilk*<sup>2</sup>. Das cinco classes de obra delimitadas no estudo, duas não passaram no teste e, por isso, o TCU decidiu não utilizar a hipótese de distribuição normal para as amostras. Ao invés disso, optou por um critério mais simples: definir as faixas do BDI usando como limitantes o primeiro e terceiro quartis das amostras (Quadro 13 do estudo).

Ao adotar tal abordagem, os limites aceitáveis têm o seguinte raciocínio: entre o primeiro e terceiro quartis estão 50% de todos os valores de BDI amostrais (mas não populacionais). Apesar da faixa, o estudo frisa que se deve dar uma importância maior ao valor médio de BDI, o qual deve ser o parâmetro objetivo do gestor que conduz o orçamento e representa, em tese, a estimativa do valor adotado no mercado.

Em seguida, o estudo utiliza a mesma abordagem descrita nos parágrafos anteriores para determinar as faixas admissíveis para cada um dos componentes do BDI e para o BDI diferenciado. O Quadro 13 do estudo, representado na Figura 1, mostra os valores da faixa para cada tipo de obra.

---

<sup>2</sup> Existem vários testes de normalidade, tais como: *D'Agostino's K-squared test*, *Anderson-Darling test*, *Kolmogorov-Smirnov test* etc. Em 2011, um estudo concluiu que o teste de *Shapiro Wilk* tem a melhor potência estatística para uma dada significância (RAZALI; WAH et al., 2011).

Figura 1 – Quadro 13 do estudo do TCU.

VALORES DO BDI POR TIPO DE OBRA - 1º QUARTIL, MÉDIO E 3º QUARTIL			
TIPOS DE OBRA	1º Quartil	Médio	3º Quartil
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	20,34%	22,12%	25,00%
CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS E FERROVIAS	19,60%	20,97%	24,23%
CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, COLETA DE ESGOTO E CONSTRUÇÕES CORRELATAS	20,76%	24,18%	26,44%
CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	24,00%	25,84%	27,86%
OBRAS PORTUÁRIAS, MARÍTIMAS E FLUVIAIS	22,80%	27,48%	30,95%

# 7 Adaptação do Estudo de Chao e Kuo ao Caso do Brasil

Atualmente, no Brasil, as decisões de taxas de BDI devem seguir as diretrizes do Acórdão 2.622 (BRASIL, 2013a), embasado no estudo comentado no Capítulo 6 anterior. Como exposto nos objetivos deste trabalho, busca-se ampliar e aumentar o rigor empregado no estudo do TCU, a fim de melhorar o apoio à decisão da taxa ideal de BDI.

Fez-se uma pesquisa por trabalhos internacionais sobre o tema; porém, apesar da evidente importância do mesmo, não parece haver muitos estudos abordando a seleção da taxa ideal de BDI. Um estudo recente de Chao e Kuo (2016), autores com várias contribuições nos temas associados à construção, traz uma abordagem interessante do problema da decisão da taxa de BDI, do ponto de vista de uma empresa que participa de uma licitação, a qual leva em conta, principalmente, o balanço entre o risco associado ao lance ofertado pela empresa e a chance da mesma vencer a licitação.

Chao e Kuo mencionam, no referido artigo, que existem alguns estudos interessantes sobre o tema, utilizando diferentes ferramentas de análise, tais como lógica *fuzzy*, modelos de utilidade multiatributo, modelos que utilizam *clusters*, regressões etc. Entretanto, segundo eles, tais estudos, embora bem fundamentados matematicamente, carecem de uma abordagem racional que leve pelo menos em conta a ideia de competitividade de mercado, uma característica intrínseca ao processo licitatório.

Outros estudos citados no artigo não levam em conta as despesas indiretas (*overhead*) ou os atributos relevantes do projeto ou alguma abordagem probabilística para tratar os riscos e chances associados à licitação. A fim de preencher essa lacuna, Chao e Kuo realizaram um estudo recente (CHAO; KUO, 2016), criando um modelo que levasse em conta todos esses aspectos.

Diante disso, este trabalho pretende adaptar esse estudo de Chao e Kuo ao caso do Brasil, modificando o ponto de vista para a Administração Pública e fazendo as devidas alterações para aproveitar a base de dados obtida pelo TCU. As seções a seguir descrevem tal abordagem, incluindo a proposição para obtenção de uma base de dados adequada ao modelo.

## 7.1 A Lógica da Licitação: Licitante versus Administração

As compras efetuadas pela Administração Pública são, em sua essência, similares às aquelas realizadas pelas pessoas físicas ou jurídicas: trata-se de uma relação entre vendedor

(contratada) e comprador (Administração), onde este busca minimizar seu gasto garantindo um nível razoável de satisfação ou qualidade, enquanto aquele procura maximizar sua margem de lucro sobre a venda do produto desejado.

Por esse ângulo, é muito improvável que uma decisão que beneficie uma das partes venha a beneficiar, na mesma proporção, a outra, já que os interesses são frequentemente opostos. Logo, sob o prisma da eficiência e impessoalidade, a Administração deve priorizar o menor gasto público possível (atendidas as especificações e qualidades exigidas), sem atender a interesses exclusivos do administrado (supremacia do interesse público perante o privado); sob o prisma da moralidade, razoabilidade e proporcionalidade, também cabe à Administração pagar um valor coerente e justo pelas suas compras, pois aí está parte da finalidade da conduta pública, qual seja o bem comum, pois certamente as compras governamentais servem à manutenção das atividades do Estado.

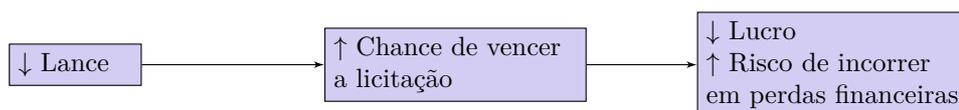
Assim, a Administração se depara com dois prismas opostos, aqui resumidos pela relação

$$\textit{eficiência} \times \textit{moralidade},$$

e, portanto, terá que alcançar um equilíbrio entre esses princípios quando da fase de orçamento de uma obra pública. Mais especificamente, esse equilíbrio deverá ser alcançado tanto na precificação dos custos diretos como dos indiretos e remuneração, tendo, portanto, impacto na decisão do BDI adotado para a obra.

Do ponto de vista da contratada, a estratégia básica da licitação pode ser avaliada com base nas relações mostradas na Figura 2, onde o risco de perdas financeiras está associado ao fato de que um lance muito baixo (desconto alto em relação ao valor referencial), apesar de aumentar as chances de vencer a licitação, pode fazer com que a ofertante ganhe a licitação mas não consiga executar plenamente a obra com os recursos públicos repassados, o que pode levar a atrasos na obra ou mesmo incentivar a diminuição da qualidade exigida no contrato (fato a ser evitado por meio da fiscalização da obra), a fim de a contratada diminuir os custos e recuperar alguma margem de lucro dentro de uma margem que já é pequena.

Figura 2 – Estratégia básica de uma licitante.



Ainda sim, como discutido em detalhes na seção 2.2, uma empresa com pouca experiência que oferte um valor muito abaixo do mercado e ganhe a licitação (assumindo que o custo direto estimado  $\overline{CD}$  da obra é bastante preciso, essa diminuição recai sobre o BDI), sem contudo ter condições reais de diminuir  $\overline{CD}$  ou as despesas indiretas estimadas

$\overline{CI}$  até valores que julgou poder executar, terá que remanejar parte da sua remuneração efetiva  $L_{efetiva}$  para cobrir essas parcelas, incorrendo portanto em uma perda financeira (porque deixou de ganhar a parcela remanejada). Em um caso extremo, após remanejar toda a remuneração, a empresa teria que usar dos próprios recursos para completar a obra.

Assim, caberá à Administração, buscando o equilíbrio no orçamento, excluir aquelas propostas cujos lances sejam não-realistas nos dois sentidos, isto é, por serem baixos demais ou altos demais. Sobre este último caso, basta imaginar as relações opostas na Figura 2: lances muito altos têm menos chance de vencer a licitação; se o fizerem por hipótese, levarão a maiores margens de lucro e menor risco de perdas financeiras para a contratada, caso em que há diminuição da eficiência da Administração.

## 7.2 Proposta do Modelo

Após as devidas estimativas dos custos  $\overline{CD}$ , a decisão final para compor o preço de venda referencial  $\overline{PV}_{referencial}$  recai exclusivamente sobre o  $BDI_{ref}$  (referencial), conforme obtém-se da combinação das equações 1.2 e 2.2:

$$\overline{PV}_{referencial} = \overline{CD}(1 + BDI_{ref}) \quad (7.1)$$

Analogamente, para o preço de venda fechado no contrato, as equações 1.2 e 2.4 levam a:

$$PV_{efetivo} = CD(1 + BDI_{ef}) \quad (7.2)$$

Nesta última equação, note-se que antes da execução completa da obra não se conhecem os custos efetivos  $CD$ , porquanto  $BDI_{ef}$  não tem muita utilidade, servindo apenas para posterior comparação com o BDI decidido. A ideia principal do modelo proposto por [Chao e Kuo \(2016\)](#) é avaliar qual a probabilidade de uma ofertante não incorrer em perdas financeiras ao propor um BDI ( $BDI_{prop}$ ) sobre os custos diretos já estimados na fase de orçamento, levando a um preço de oferta  $b$  (*bid* para “lance”, em inglês) na fase de licitação dado por

$$b = \overline{CD}(1 + BDI_{prop}). \quad (7.3)$$

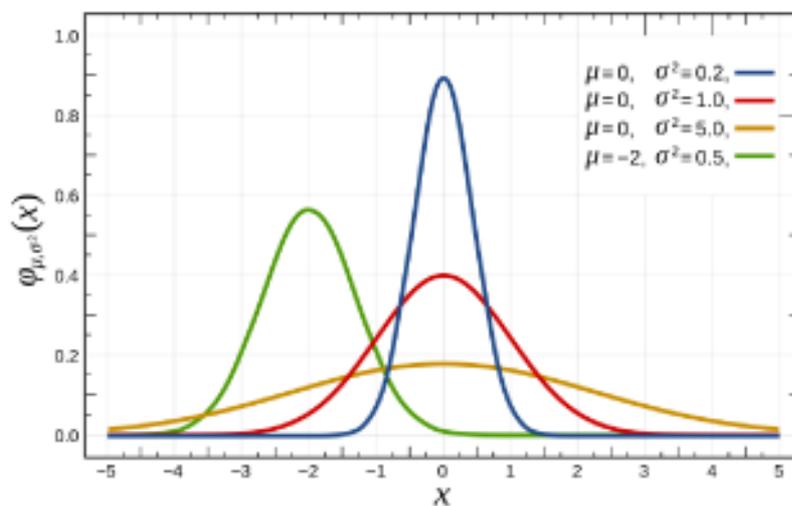
Naturalmente, no Brasil, tem-se  $b \leq \overline{PV}_{referencial}$ <sup>1</sup>. A estimativa dessa probabilidade ( $\bar{P}$ ) está associada a duas ocorrências disjuntas:

1. Estimativa da probabilidade da empresa **vencer** a licitação ( $P_w$ ) e completá-la **não incorrendo** em perdas financeiras ( $P_n$ ), se adotar  $BDI_{prop}$ ; e
2. Estimativa da probabilidade da empresa **não vencer** a licitação ( $1 - P_w$ ) e também **não incorrer** em perdas financeiras ( $P_o$ ), se adotar  $BDI_{prop}$ .

<sup>1</sup> Nos EUA, admite-se lances superiores ao orçamento referencial.

Os autores afirmam que existem alguns métodos que levam em conta essa probabilidade que, como se observa pela definição acima, está bastante vinculada ao nível esperado de competição do mercado em um dado momento, ou seja: um mercado altamente competitivo diminui a probabilidade da empresa vencer a licitação, para um mesmo  $BDI_{prop}$ . Uma das abordagens propostas, e utilizadas no trabalho deles, é assumir que a população de ofertas vencedoras ou as mínimas ofertadas  $b^*$  tem uma distribuição normal tal como ilustrado na Figura 3, fato que permite aproveitar todas as propriedades já consagradas dessa distribuição.

Figura 3 – Exemplos de distribuição normal.



Fonte *Wikimedia Commons*.

Nota O eixo horizontal representa a variável aleatória  $\chi$ , enquanto o vertical representa a sua função densidade de probabilidade.

Como discutido na seção 6.3, o grupo de trabalho do TCU verificou que duas das cinco classes de obras delimitadas tiveram suas hipóteses de normalidade rejeitadas para as amostras de  $\widehat{BDI}^2$ . Entretanto, neste trabalho será assumido como hipótese básica a normalidade para  $b^*$  (no caso da base de dados do TCU, esses valores são exatamente as ofertas vencedoras informadas nos contratos, coincidindo, nesse caso, com  $PV_{efetivo}$ ), o que resulta em  $b^*/\overline{CD} = 1 + \widehat{BDI}$ , ou seja, os valores de BDI amostrais também têm distribuição normal segundo essa hipótese, facilitando o uso das propriedades dessa distribuição.

Assim, a partir de uma base de dados de contratos — como a obtida pelo TCU (BRASIL, 2013c), pode-se montar um modelo de regressão linear que mapeie  $\overline{CD}$  e atributos relevantes dos projetos para a taxa de BDI médio associada àquele contrato,

<sup>2</sup> Será usado o símbolo “ $\hat{\cdot}$ ” para denotar parâmetros amostrais obtidos de projetos anteriores. Essa notação é relevante para explicitá-la no modelo a ser descrito em detalhes nas próximas páginas.

aqui denotada por  $\overline{BDI}$  (*output* da regressão). O desempenho da regressão (que medirá se  $\widehat{BDI}$  é bem estimado por  $\overline{BDI}$ ) pode ser avaliado de várias formas, como será visto adiante. Similarmente, outra regressão poderá ser criada para mapear os mesmos atributos à taxa que corresponde apenas à parcelas de custos indiretos, denotada por  $\bar{r}_o = \overline{CI}/\overline{CD}$  (“o” para *overhead*), cujo uso no modelo também será detalhado na próxima seção. Nesse caso, as taxas amostrais do modelo serão denotadas por  $\hat{r}_o$ .

A partir dos dois modelos de regressão linear, para um dado projeto em fase de licitação, com custos estimados já levantados, as probabilidades discutidas anteriormente nesta seção terão as seguintes relações:

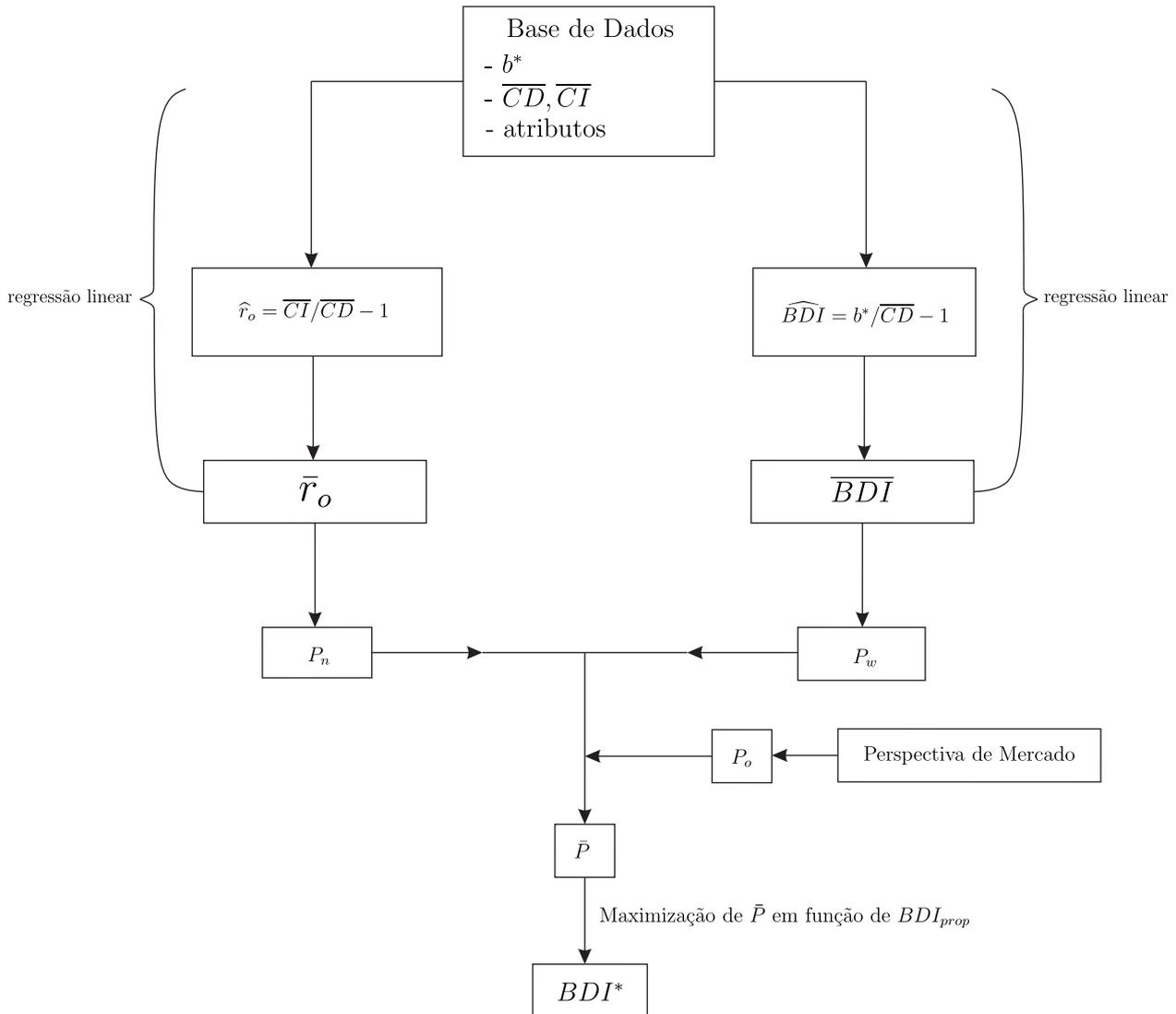
- a probabilidade de vencer a licitação ( $P_w$ ) está associada à variável aleatória  $BDI_{prop}$  a ser decidida e com o *output*  $\overline{BDI}$  do primeiro modelo de regressão; e
- a probabilidade de, uma vez vencida a licitação, não incorrer em perdas financeiras ( $P_n$ ) está associada à variável aleatória  $BDI_{prop}$  e com o *output*  $\bar{r}_o$  do segundo modelo de regressão.
- a probabilidade de, uma vez perdida a licitação, não incorrer em perdas financeiras ( $P_o$ ) está associada à perspectiva do mercado para a empresa.

Por fim, dessas três probabilidades se extrai a probabilidade  $\bar{P}$  de a empresa licitante não incorrer em perdas financeiras em quaisquer dos casos no âmbito do projeto em questão, e então o BDI ideal a ser adotado na oferta dessa empresa, denotado por  $BDI^*$ , está vinculado à **maximização** de  $\bar{P}$ .

Quanto aos atributos relevantes de um projeto a serem incluídos nas regressões como *inputs*, serão discutidos na seção a seguir, mas vale ressaltar que aqui há bastante espaço para alterar o modelo, pois, a fim de obter regressões bem ajustadas, esses atributos deverão, de fato, ter alguma correspondência significativa com os custos do projeto, fato que pode ser investigado por meio de estudos específicos (p. ex. avaliar o impacto isolado da localização geográfica nas taxas de BDI praticadas) para determinar os atributos que serão inclusos no modelo. Assim, essa análise prévia contribuirá para montar regressões realistas e que modelem bem os dados.

Finalmente, a Figura 4 ilustra um fluxograma que resume as etapas do modelo proposto, segundo as notações discutidas nesta seção.

Figura 4 – Fluxograma do modelo proposto para determinar o BDI ideal.



Fonte – Autor.

## 7.3 Formulação do Modelo

### 7.3.1 Cálculo de Probabilidades

Um primeiro atributo importante a se levar em conta no modelo é a duração esperada do projeto ( $D$ ), sugerida pela Administração na licitação, com base na experiência do gestor. É sobre esse tempo que, por exemplo, a probabilidade  $P_o$  é avaliada, ou seja, deve-se avaliar a perspectiva de mercado a curto, médio ou longo prazo, conforme o valor de  $D$ .

Como explicado na seção anterior, a licitante, ao ofertar um lance  $b$  para uma dada licitação, tem chance  $P_w$  de vencê-la (“w” para *win*) e, se o fizer (lance vencedor  $b^*$ ), tem chance  $P_n$  de completar o projeto sem incorrer em perdas financeiras, caso os

custos efetivos do projeto sejam inferiores aos previstos. Se a empresa ofertante não vence a licitação, ela continuará procurando por outros projetos no período  $D$ , para compensar o custo de oportunidade  $b$  da licitação perdida. Assim, a probabilidade de ela conseguir não incorrer em perdas financeiras nesse caso é  $P_o$ .

Portanto, a probabilidade de a empresa não incorrer em perdas financeiras em quaisquer dos casos pode ser dada pela equação 7.4:

$$\bar{P} = P_w P_n + (1 - P_w) P_o \quad (7.4)$$

Logo, uma vez definidos os atributos relevantes do projeto e estimados os custos diretos,  $\bar{P}$  se torna função apenas do BDI a ser proposto pela Administração ( $BDI_{prop}$ ), ou seja,  $\bar{P} = f(BDI_{prop})$ , e portanto deve-se maximizar essa função para obter o BDI ideal.

A regressão linear proposta para estimar os valores de BDI amostrais ( $\widehat{BDI}$ ) através do *output*  $\overline{BDI}$  terá seu desempenho avaliado através da *Raiz do Erro Quadrático Médio* (*RMSE*, do inglês), segundo a equação 7.5:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\overline{BDI}_i - \widehat{BDI}_i)^2} \quad (7.5)$$

Onde  $n$  é o número de projetos da base de dados,  $\overline{BDI}_i$  é o valor de  $\overline{BDI}$  para o projeto  $i$  e  $\widehat{BDI}_i$  é o valor de  $\widehat{BDI}$  para o projeto  $i$ .

Analogamente, para a regressão que estima a taxa  $\bar{r}_o$  o desempenho será avaliado por meio da equação 7.6

$$RMSE_{r_o} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{r}_{o,i} - \hat{r}_{o,i})^2} \quad (7.6)$$

Assim, o *output*  $\overline{BDI}$  pode ser usado para estimar a média de  $b^*/\overline{CD}$  em  $1 + \overline{BDI}$ . Seguindo o modelo de [Chao e Kuo \(2016\)](#), assumindo que  $\widehat{BDI}$  é normalmente distribuído ao redor de  $\overline{BDI}$  (pois são amostras da população de BDI com lances vencedores ou mínimos), e sendo a variância de  $b^*/\overline{CD}$  igual a

$$\text{Var}(b^*/\overline{CD}) = \text{Var}(1 + \overline{BDI}) = \text{Var}(\overline{BDI}) = RMSE^2,$$

pode-se estimar o desvio padrão de  $b^*/\overline{CD}$  através de *RMSE*. Com esse resultado, a probabilidade  $P_w$  para um lance proposto com  $b/\overline{CD} = 1 + BDI_{prop}$  pode ser estimada pela equação 7.7:

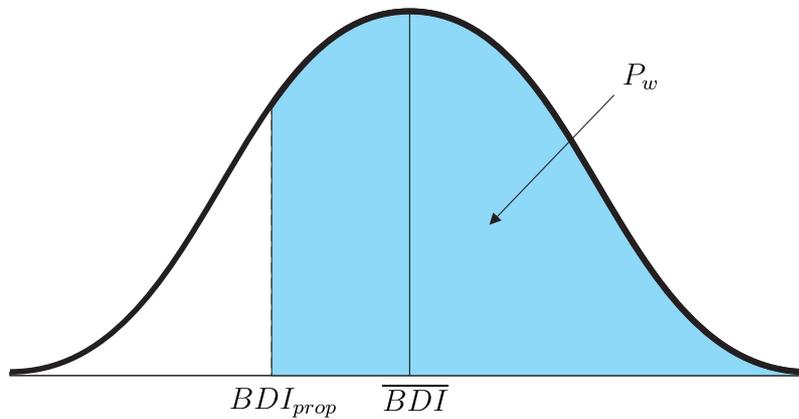
$$P_w = 1 - \Phi\left(1 + BDI_{prop}, 1 + \overline{BDI}, RMSE\right) \quad (7.7)$$

$$P_w = \frac{1}{\sqrt{2\pi RMSE^2}} \int_{BDI_{prop}}^{\infty} e^{-\frac{(x - \overline{BDI})^2}{2RMSE^2}} dx \quad (7.8)$$

onde  $\Phi$  representa a função distribuição acumulada<sup>3</sup> para a variável aleatória  $1 + BDI_{prop}$ , cuja média e desvio padrão são  $1 + \overline{BDI}$  e  $EQM_r$ , respectivamente. A Figura 5 ilustra o significado desta estimativa, no sentido de que a probabilidade é maior quanto menor for o valor proposto.

O raciocínio dessa probabilidade é o seguinte: após o gestor estimar os custos diretos com precisão, os lances dependerão do BDI, e se por hipótese os lances têm uma distribuição normal, os valores de BDI também terão. Assim, a licitante que pretende vencer com um valor proposto  $BDI_{prop}$  terá uma chance de vencer medida por  $P(BDI_{prop} < BDI_{concorr.})$ , onde  $BDI_{concorr.}$  é qualquer valor de BDI ofertado na concorrência (é a variável aleatória), e por isso o uso da probabilidade acumulada acima.

Figura 5 – Determinação de  $P_w$  para um valor de  $BDI_{prop}$ .



Para o cálculo de  $P_n$ , deve-se analisar os custos estimados totais da obra  $\overline{C}$  sem a respectiva remuneração, de onde se obtém:

$$\begin{aligned}\overline{C} &= \overline{CD} + \overline{CI} \\ \overline{C} &= \overline{CD} \left(1 + \overline{CI}/\overline{CD}\right) \\ \overline{C} &= \overline{CD} (1 + \overline{r}_o)\end{aligned}\tag{7.9}$$

Na equação 7.9,  $\overline{r}_o$  é *output* do outro modelo de regressão proposto. Na prática, haverá um custo efetivo total dado por

$$C = CD (1 + r_{o,ef}),\tag{7.10}$$

Observando-se que os custos diretos são agregados de muitos itens e serviços, mesmo para um só projeto, pode-se aplicar o teorema do limite central para aproximar

<sup>3</sup> Essa função é a integral, de  $-\infty$  a  $X$ , da função densidade de probabilidade, ou seja, representa a probabilidade acumulada de uma variável aleatória  $\chi$  assumir qualquer valor entre  $-\infty$  e  $X$ .

a distribuição de  $CD$  como normal, o mesmo aplicando-se à  $r_{o,ef}$ , e logo  $C$  também tem distribuição normal nesta hipótese. Por isso, a média de  $C$  será estimada por meio de  $\bar{C}$ .

Nesse caso, dado que a licitante venceu com seu lance, a chance de não incorrer em perdas financeiras pode ser medida por  $P(r_{o,ef} < \bar{r}_o)$ , ou seja, pela chance do custo total da obra ser inferior ao estimado (caso seja superior, irá tomar parte do lucro previsto, e portanto é uma perda financeira). Admite-se, analogamente, uma distribuição normal para a variável aleatória  $r_{o,ef}$  em torno do valor estimado.

Quanto à variância, uma vez que, usualmente, segundo Chao,  $CD$  e  $r_{o,ef}$  não estão linearmente correlacionados<sup>4</sup>, a variância de  $C$  pode ser estimada pela equação 7.11:

$$\begin{aligned} \text{Var}(C) &= \text{Var}(CD(1 + r_{o,ef})) \\ \text{Var}(C) &= \mu_{CD}^2 \text{Var}(1 + r_{o,ef}) + \mu_{1+r_{o,ef}}^2 \text{Var}(CD) + \text{Var}(CD)\text{Var}(1 + r_{o,ef}) \\ \text{Var}(C) &= \mu_{CD}^2 \text{Var}(r_{o,ef}) + (1 + \mu_{ro})^2 \text{Var}(CD) + \text{Var}(CD)\text{Var}(r_{o,ef}), \end{aligned} \quad (7.11)$$

onde

- $\mu_{CD}$ : média de  $CD$ ;
- $\mu_{ro}$ : média de  $r_{o,ef}$ ;
- $\text{Var}(r_{o,ef})$ : variância de  $r_{o,ef}$ ; e
- $\text{Var}(CD)$ : variância de  $CD$ .

Na equação 7.11, os termos podem ser calculados da seguinte forma:  $\mu_{CD}$  e  $\text{Var}(CD)$  podem ser obtidos a partir dos custos discriminados na planilha orçamentária do projeto para cada serviço previsto, resultando em  $\bar{CD}$  e  $\bar{\sigma}_{CD}^2$ ;  $r_{o,ef}$  pode ser estimado através do *output* da regressão para  $\bar{r}_o$ , enquanto  $\text{Var}(r_{o,ef})$  é estimado com  $REQM_{r_o}^2$ .

Normalizando  $C$  por  $\bar{CD}$ , a probabilidade  $P_n$  para o lance proposto pela Administração  $b/\bar{CD} = 1 + BDI_{prop}$  pode ser estimada pela seguinte equação:

$$P_n = \Phi(1 + BDI_{prop}, 1 + \bar{r}_o, \sigma_n) \quad (7.12)$$

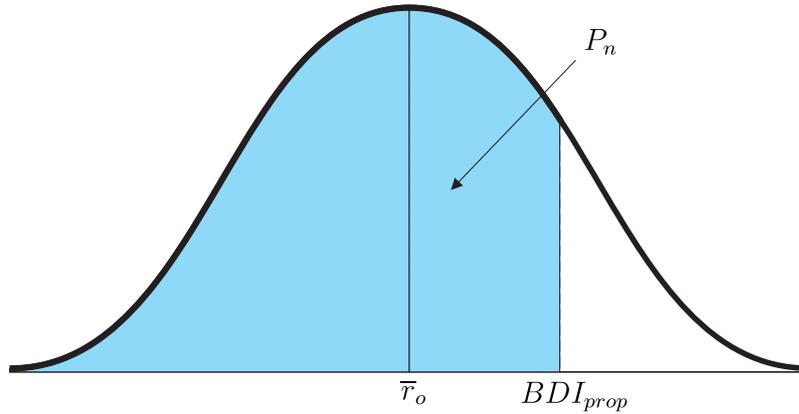
$$P_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \int_{-\infty}^{BDI_{prop}} e^{-\frac{(x-\bar{r}_o)^2}{2\sigma_n^2}} dx \quad (7.13)$$

onde

$$\sigma_n = \left[ \frac{1}{\bar{CD}^2} \left( \bar{CD}^2 \cdot RMSE_{r_o}^2 + (1 + \bar{r}_o)^2 \cdot \bar{\sigma}_{CD}^2 + \bar{\sigma}_{CD}^2 \cdot RMSE_{r_o}^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7.14)$$

A Figura 6 ilustra a interpretação da equação 7.12, no sentido de que a probabilidade  $P_n$  é maior quanto maior for o valor de  $BDI$  proposto.

<sup>4</sup> Os componentes dos custos indiretos tem outras influências mais significativas que o porte da obra  $C$ . Vide a seção 2.1.

Figura 6 – Determinação de  $P_n$  para um valor de  $BDI_{prop}$ .

Por fim, o termo restante da equação 7.4,  $P_o$ , seguindo o modelo de Chao, deve ser avaliado segundo a experiência do gestor público em conhecer o estado atual do mercado. Aqui há grande espaço para incorporar diversos modelos, utilizando, por exemplo, índices de inflação, estimativas de número de concorrentes na área etc. Como abordagem inicial, a abordagem deste trabalho será dada pela equação 7.15 a seguir:

$$P_o = \begin{cases} 0,25, & \text{para perspectiva de mercado ruim} \\ 0,50, & \text{para perspectiva de mercado média} \\ 0,75, & \text{para perspectiva de mercado ótima} \end{cases} \quad (7.15)$$

Esta última equação tem o seguinte raciocínio: valores próximos de zero ilustram casos onde se vislumbra poucas oportunidades de projetos no mercado e licitações cujos lances estão diminuindo, aumentando-se os riscos; valores próximos de 1 representam muitas oportunidades no mercado e licitações com valores estáveis ou crescentes, evitando maiores riscos. Neste trabalho será adotada a equação 7.15, porém maiores detalhes para determinação de  $P_o$  são descritos por Chao e Liou em outro trabalho citado no modelo de Chao e Kuo (CHAO; LIOU, 2007).

Uma vez descritos os cálculos de  $P_w$ ,  $P_n$  e  $P_o$ , e em posse da base de dados de contratos, tem-se finalmente que  $\bar{P}$ , dado na equação 7.4, será função exclusiva de  $BDI_{prop}$ , segundo a forma

$$\bar{P} = P_w(BDI_{prop}) \cdot P_n(BDI_{prop}) + (1 - P_w(BDI_{prop})) \cdot P_o \quad (7.16)$$

$$\bar{P} = f(BDI_{prop}). \quad (7.17)$$

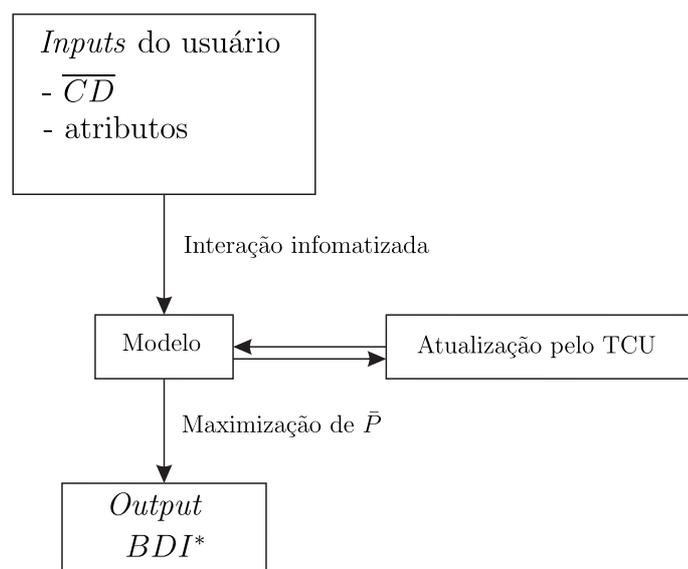
Dessa forma, o problema de obter o BDI ideal para um novo projeto se reduz à maximização de  $\bar{P}$ , ou seja:

$$BDI^* = \max(\bar{P}) \quad \text{para } 0 \leq BDI_{prop} \leq 1 \quad (7.18)$$

Aqui há diversas formas de maximizar tal função, por meio de *softwares* (p. ex. *Matlab*, *Solver* do *Excel*, programas executáveis etc) e uso de métodos de maximização de funções (nesse caso, uma função escalar de uma variável real). Entretanto, na medida em que este trabalho procura não só criar um modelo mais rigoroso para decidir o BDI, mas também torná-lo prático, observou-se a possibilidade de criar uma planilha em *Excel*, com uso de macros, para que o usuário insira os *inputs*  $\overline{CD}$  e atributos do projeto em questão para obter o BDI ideal como *output*. A limitação, nesse caso, está no fato de que nem todos os órgãos da Administração têm acesso ao *Excel*. Porém, outros trabalhos futuros ou o próprio TCU podem criar programas executáveis para serem interpretados diretamente pelos sistemas operacionais.

Vale ressaltar que o modelo tem o seguinte uso prático: o gestor, buscando determinar o BDI ideal para uma dada obra, informará para o modelo apenas  $\overline{CD}$  e os atributos relevantes do projeto, obtendo, como *output*, o valor de  $BDI^*$ . Nesse momento, as regressões lineares, que dependem da base dados, já foram previamente analisadas e as outras variáveis de  $\bar{P}$  já estão incluídas no modelo. Isso permite ao TCU, enquanto órgão-guia dos orçamentos, atualizar a base de dados com alguma frequência, buscando representar a realidade do mercado até o momento do orçamento, pois o mesmo é bastante volátil e seria um erro determinar o BDI com base em dados muito antigos. A Figura 7 resume a proposta deste trabalho para o uso do modelo pelo usuário (gestor do orçamento).

Figura 7 – Uso prático do modelo a partir de *inputs* do gestor (usuário).



Nesse sentido, caso o TCU adotasse tal modelo, teria que fazer uma análise da série temporal dos contratos firmados pela Administração, a fim de identificar a partir de que ano deve considerar os contratos. É claro que, devido às limitações técnicas (p. ex. falta de dados recentes, por atraso dos órgãos em informá-los, ou dificuldade de obter uma

quantidade razoável de dados para o período considerado), o TCU teria que considerar dados mais antigos para a base de dados para não comprometer a análise estatística.

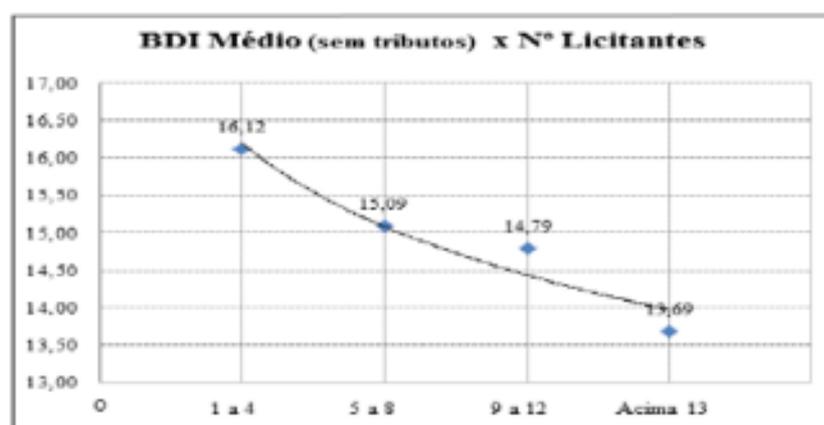
### 7.3.2 Atributos que Influenciam o BDI

Até este ponto do trabalho, os *atributos* de projetos a serem usados no modelo ainda não foram detalhados. Isso ocorreu pela seguinte razão: são muitos os atributos que interferem no BDI de obras públicas, em diferentes graus, o que torna impossível qualquer tentativa de quantificar ou estimar todos os fatores de influência. Destarte, o TCU assim justifica no seu estudo a admissão da variabilidade que pode existir na determinação do BDI, refletida na *faixa admissível* de valores de BDI criados pelo estudo (BRASIL, 2013c, p. 71).

Assim, como já mencionado na seção 6.1, o estudo do TCU considerou o *tipo de obra* como o fator de maior influência no BDI. Apesar disso, para fins de registro, o TCU levantou análises para investigar possíveis correlações entre BDI e outros fatores.

As Figuras 8 a 11 apresentam a variação do BDI (sem tributos) com os seguintes atributos: número de licitantes, regime de execução, localização (metropolitana ou interiorana) e prazo de execução em dias <sup>5</sup>, segundo levantamento do próprio estudo do TCU. A exclusão dos tributos da análise se dá porque são variáveis independentes da obra de engenharia em si; dependem da legislação tributária em vigor, e podem ser alterados por diversos motivos políticos.

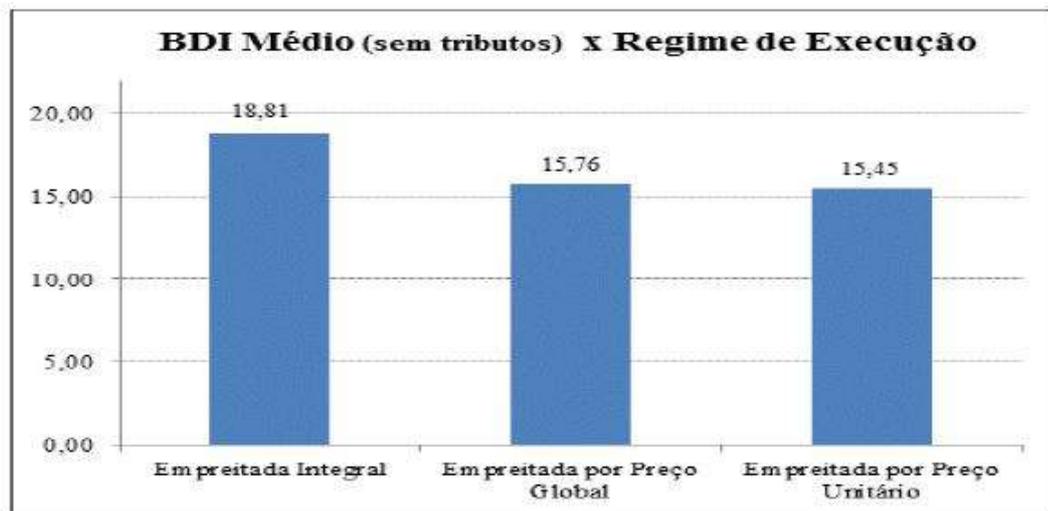
Figura 8 – Variação de BDI médio (sem tributos) com o número de licitantes.



Fonte: Estudo do TCU (BRASIL, 2013c, p. 72).

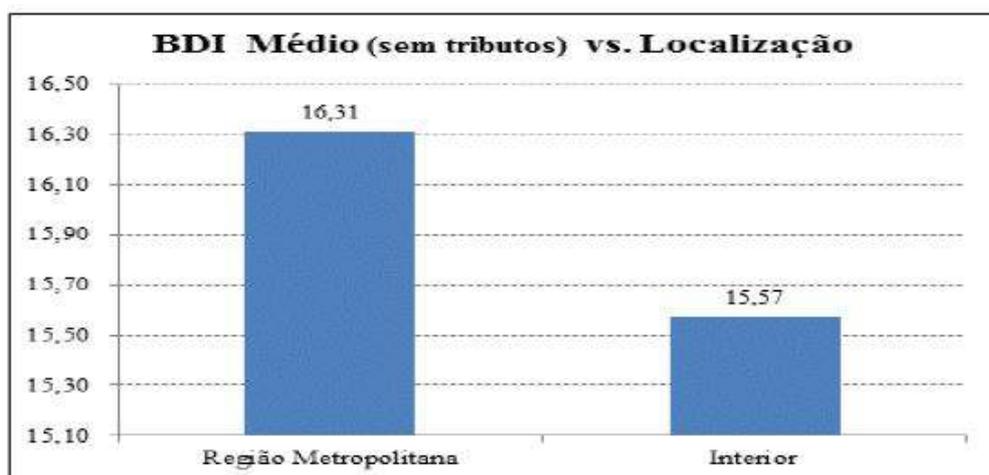
<sup>5</sup> O estudo não especifica se esse prazo é o previsto na licitação ou efetivado no contrato. Considera-se como efetivado, pois o número de licitantes, por exemplo, só é conhecido após a ocorrência da licitação.

Figura 9 – Variação de BDI médio (sem tributos) com o regime de execução.



Fonte – Estudo do TCU (BRASIL, 2013c, p. 72).

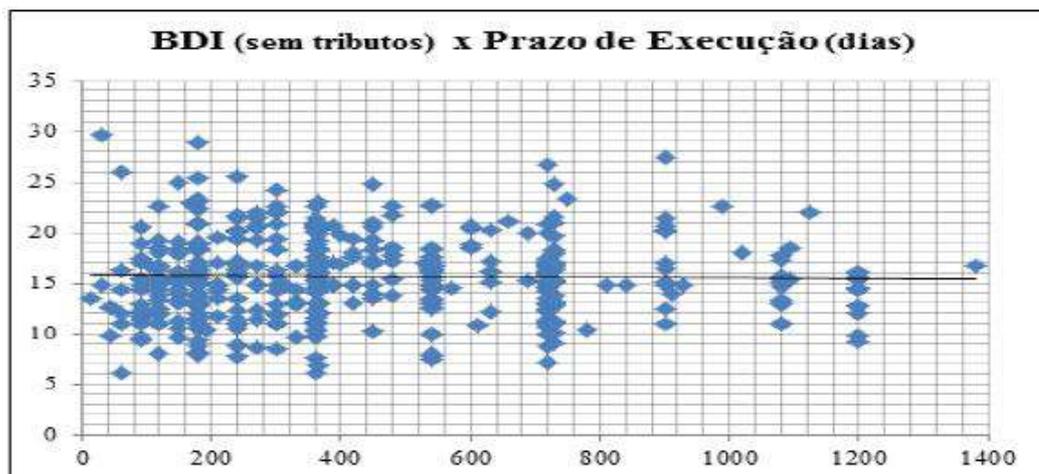
Figura 10 – Variação de BDI médio (sem tributos) com a localização da obra.



Fonte – Estudo do TCU (BRASIL, 2013c, p. 72).

Dessas figuras, nota-se que o fator com influência mais significativa é o número de licitantes, que representa, de fato, uma *proxy* para avaliar o nível de *competitividade* de uma dada licitação. Como citado na seção 2.2, p. 43, esse comportamento está associado ao fato de que licitações mais competitivas levam as empresas a darem maiores descontos sobre o preço de venda referencial, diminuindo suas margens de lucro e, portanto, o BDI efetivado no contrato. O estudo do TCU também cita, nesse sentido, o estudo de Pereira (2002), no qual o autor demonstra que o Índice Preço Custo do Contrato (IPCC), métrica igual a  $1 - D/PV$ , diminui com o aumento de licitantes (conclusão semelhante à obtida

Figura 11 – Variação de BDI médio (sem tributos) com o prazo de execução da obra.



Fonte – Estudo do TCU (BRASIL, 2013c, p. 72).

por Lima (2010) para obras do DNIT).

Apesar da notável correlação, o número de licitantes é desconhecido quando da fase de orçamento, tornando impossível ao gestor do orçamento incluir essa variável como explicativa do BDI no modelo proposto neste trabalho. Para incluir essa variável, seria necessário prever, com base na base de dados, valores esperados de licitantes, o que foge ao escopo deste trabalho e pode ser fruto de estudos futuros.

Em relação ao regime de execução, a Figura 9 mostra uma significativa variação entre o regime de empreitada integral e os outros dois (por preço global ou preço unitário), de cerca de 18%. Isso pode ser justificado pelo fato de que a contratada está sujeita a um risco maior se a contratação é feita por empreitada integral, onde se contrata e se paga de uma vez todas as etapas da obra após a entrega integral da mesma, já em condições de plena operação, compreendendo todos os seus itens, inclusive projeto executivo, e passa-se total responsabilidade à contratada (esse regime é mais comum às obras de grande complexidade).

A localização da obra, ilustrada na Figura 10, como discutido na seção 2.1.1, p. 37, tem influência direta na taxa de administração central e, portanto, no BDI. Isso acontece porque, nas regiões interioranas, a obra demanda uma maior robustez da administração local, diminuindo a administração central. Nos centros metropolitanos, a lógica é inversa: a falta de espaço físico para implementar um canteiro de obras mais robusto faz com que a dependência com o escritório central da contratada seja maior. Em relação ao prazo de execução, a Figura 11 denota que a variação do BDI é pouco significativa, não havendo uma tendência notável. O estudo do TCU cita que Pereira (2002, p. 67-68) também chegou a uma conclusão semelhante ao comparar o prazo de execução com o IPCC, de forma que

o prazo não impacta diretamente na competitividade da licitação.

Por fim, a Tabela 5 resume as tendências observadas nesta seção para os atributos que podem ter influência no BDI, com uma coluna informando se o atributo é do tipo contínuo/numérico ou categórico (detalhes na seção seguinte). Os atributos Custo Direto e Tipo de Obra foram inseridos para tentar agrupar o máximo de atributos notáveis que possam impactar o BDI, embora o TCU não tenha levantado uma análise gráfica similar para o Custo Direto. Para o Tipo de Obra, porém, é evidente a influência: basta observar a variação do BDI médio no Quadro 13 do estudo do TCU (BRASIL, 2013c).

Ressalte-se que cada atributo discutido tem impacto sobre algum dos componentes do BDI (seção 2), de forma que uma boa escolha de atributos no modelo deste trabalho deve resultar em um bom desempenho das regressões. Essa medida facilitaria o trabalho do gestor, pois atualmente ele deve escolher diferentes valores de componentes do BDI dentro da faixa admissível do TCU sem outras referências para guiá-lo nessa decisão, com exceção da sua experiência.

Na seção a seguir, detalha-se a montagem das regressões lineares do modelo deste trabalho, levando em conta os atributos listados na Tabela 5.

Tabela 5 – Atributos que podem influenciar o BDI de uma obra.

Atributo	Influência	Observação	Tipo
Valor do Contrato	pouco significativa	não há correlação evidente	Contínuo
Número de licitantes	significativa	há correlação negativa	Contínuo
Regime de execução	significativa	variação de até 22%	Categórico
Localização	significativa	variação de 4,7%	Categórico
Prazo de execução	pouco significativa	não há correlação evidente	Contínuo
Custo direto			Contínuo
Tipo de obra	significativa	variação de até 31%	Categórico
Tributos			Contínuo

Nota – As variações foram calculadas entre valores máximos e mínimos da análise levantada pelo TCU. Quanto ao custo direto e tributos, não há dados prévios para predizer alguma influência.

Nota – As influências e observações acima são conclusões do autor em relação ao que foi levantado *a priori*.

### 7.3.3 Formulação das Regressões Lineares

#### 7.3.3.1 Aspectos Gerais

Um modelo de regressão linear múltipla, que relaciona a variável aleatória e dependente  $Y$  a  $k$  variáveis independentes ou explicativas  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , não aleatórias, é dado pela seguinte equação (DEVORE, 2015):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (7.19)$$

Onde:

- $\varepsilon$ : variável aleatória residual (erro), onde se inclui todas as influências no comportamento de  $Y$  que não podem ser explicadas linearmente pelas variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , incluindo erros de medição. Admite-se que essa variável tem valor médio ou esperado 0 e variância  $\sigma_0^2$ ;
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ : parâmetros desconhecidos do modelo (a serem estimados); e
- $Y$ : variável aleatória explicada ou dependente.

Para realizar a regressão, são necessárias observações amostrais, as quais, neste estudo, são extraídas de uma base de dados de contratos. Seja  $n$  o número de observações válidas da base dados. Para cada contrato  $j, 1 \leq j \leq n$ ,  $x_{ij}$  são os valores observados das variáveis aleatórias independentes  $X_i, 1 \leq i \leq k$ , ou seja,

$$x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{kj},$$

e o valor observado  $\hat{y}_j$  (“^” para valor observado) da variável aleatória dependente  $Y_j$ , de forma que

$$\begin{aligned} \hat{y}_1 &= \beta_0 + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{21} + \dots + \beta_k x_{k1} + \varepsilon_1 \\ &\vdots \\ \hat{y}_n &= \beta_0 + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \dots + \beta_k x_{kn} + \varepsilon_n \end{aligned} \quad (7.20)$$

Assim, como o valor esperado (média) dos erros é zero, a média de  $Y_j$  é obtida com

$$\mu_{Y_j} = \beta_0 + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_k x_{kj}, \quad (7.21)$$

e a sua variância é  $\sigma_0^2$ . Dessa forma, cada valor observado de uma variável aleatória  $\hat{y}_j$  difere de sua média  $\mu_{Y_j}$  por uma quantidade aleatória  $\varepsilon_j$ .

Ajustar o modelo de regressão significa substituir os parâmetros  $\beta_i$  por suas estimativas  $b_i$ , para obter a equação de regressão estimada,

$$\bar{y}_j = b_0 + b_1 x_{1j} + b_2 x_{2j} + \dots + b_k x_{kj} \quad (7.22)$$

O método tradicional para estimativa dos parâmetros, a ser utilizado neste trabalho através do *software Stata*, para as duas regressões propostas é o Método dos Resíduos Quadrados, onde se deseja minimizar a média da soma dos quadrados dos resíduos  $d_j = \hat{y}_j - \bar{y}_j$ , isto é,  $SQ_{res}$  (Soma dos Quadrados dos Resíduos, do inglês) dada por

$$SQ_{res} = \sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - \bar{y}_j)^2, \quad (7.23)$$

sendo este o principal critério de desempenho da regressão. A minimização dos resíduos se faz derivando-se  $SQ_{res}$  em relação a cada parâmetro  $b_i$  estimado e igualando-se a zero, de onde se obtém um sistema linear. A solução desse sistema leva aos parâmetros estimados  $b_i$ .

A qualidade do ajuste é tradicionalmente avaliada por meio de uma razão chamada coeficiente de determinação  $R^2$ . Sendo  $\mu_y$  a média dos valores de  $\hat{y}_j$  observados, pode-se definir  $SQ_{tot}$  (Soma Total dos Quadrados, do inglês),

$$SQ_{tot} = \sum_{j=1}^n (\hat{y}_j - \mu_y)^2, \quad (7.24)$$

e então  $R^2$  é o grau em que as previsões do estimador  $\bar{y}_j$  superam a qualidade das previsões com base apenas na média  $\mu_y$ , dado por

$$R^2 = 1 - \frac{SQ_{res}}{SQ_{tot}} \quad (7.25)$$

Valores de  $R^2$  próximos de 1 em módulo significam que grande parte da variação de  $Y$  é explicada linearmente pelas variáveis independentes  $X_j$  (a relação linear pode ser positiva ou negativa, conforme o sinal de  $R^2$ ); valores próximos de zero mostram que grande parte da variação de  $Y$  não é explicada pelas variáveis independentes. Há um ajuste que pode ser feito em  $R^2$  para levar em conta o número de preditores  $k$ , pois pode-se mostrar que, à medida em que se incluem preditores na regressão, necessariamente  $R^2$  aumenta, ainda que os preditores incluídos não sejam significativos. Assim, o principal critério de desempenho para as regressões deste trabalho será o  $R^2$  ajustado, dado por

$$R_{adj.}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-k-1} (1 - R^2), \quad (7.26)$$

cujo valor também segue a interpretação de  $R^2$

Por meio do *software Stata*, os dados de cada contratos são inseridos como *inputs* e, ao configurar quais atributos deseja-se incluir no modelo, o programa responde com a análise do ajuste de regressão, de onde pode-se avaliar, dentre outros fatores, o  $R^2$  para decidir se o ajuste está satisfatório. Outros detalhes gerais sobre regressões lineares podem ser vistos na obra de Devore (2015).

Por fim, note-se pela Tabela 5 que há atributos do tipo categóricos ou qualitativos que influenciam o BDI. Assim, para incluir no modelo de regressão esse tipo de variável, recorre-se às variáveis binárias ou *dummies*, que só podem assumir como valores 0 ou 1. É o caso, por exemplo, da localização da obra, onde pode-se usar 0 para regiões metropolitanas e 1 para interioranas. Neste caso, basta inserir uma variável independente para representar estes dois casos. Analogamente, se um atributo assume  $t$  valores qualitativos (p. ex. o regime de contratação), o ideal é incluir  $t - 1$  variáveis *dummies* no modelo.

### 7.3.3.2 As Regressões do Modelo Proposto

No estudo de Chao e Kuo, as regressões lineares para determinar  $\overline{BDI}$  e  $\bar{r}_o$  tiveram como variáveis dependentes as seguintes:

- $\overline{BDI}$ : custo direto estimado  $\overline{CD}$ , Prazo da Obra  $D$ , Localização (região de Taipei, outras cidades ou áreas remotas) e Tipo de Obra (6 tipos: canalização, canteiro de obras, rodovias, pontes, edifícios e portos);
- $\bar{r}_o$ : Localização e Tipo de Obra.

Para a primeira regressão, Chao e Kuo obtiveram um desempenho de  $R^2 = 0,283$  e  $RMSE = 0,07265$  (erro menor que o desvio padrão de 0,086 da base de dados amostral usada por eles). A segunda regressão foi estimada com base em um modelo anterior elaborado por Chao (2010), para qual  $RMSE_o = 0,00116$ . Assim, o modelo simulado pelos autores não obteve um ajuste tão alto. Ao analisar a primeira regressão, nota-se da Tabela 5 que o uso do Prazo da Obra  $D$  não é adequado para inclusão no modelo, um possível motivo de  $R^2$  ter sido baixo. A Localização e Tipo de Obra, porém, têm impactos significativos no BDI, e por isso seriam adequadas no modelo.

Acerca do porte da obra, representado pelo custo direto estimado, não se pode afirmar nada com base em análise gráfica, mas pode-se recorrer ao seguinte raciocínio: se  $\overline{CD}$  e  $BDI$  tivessem correlação positiva, o aumento do  $BDI$  levaria a um aumento de  $\overline{CD}$ , e portanto um aumento em  $\overline{PV} = \overline{CD}(1 + BDI)$ , o que poderia indicar um aumento nos valores firmados  $PV_{efetivo}$ . Entretanto, como nota-se da Figura ??, não há uma correlação evidente entre os valores contratados e os valores de BDI efetivados. Assim, tem-se uma indeterminação sobre o impacto de  $\overline{CD}$  no  $BDI$ .

Os tributos serão variáveis por um termo  $t$  não linear com  $BDI$ , dado pela equação 2.11, que representa o comportamento real dessa variável com o preço de venda.

$$t = 1/(1 - T_{ef,\%}) \quad (7.27)$$

Para o modelo proposto neste trabalho, só serão consideradas como variáveis explicativas aquelas para as quais já se sabe que há impacto significativo no BDI, as quais estão listadas na Tabela 5, com exceção do custo direto, que será incluído no modelo para análise da significância estatística na estimativa do BDI. Portanto, serão montadas várias regressões considerando todas as combinações possíveis entre as variáveis Custo Direto, Regime de Contratação, Localização e Tipo de Obra, desde uma variável explicativa até todas as quatro citadas (ao todo, 26 regressões possíveis).

Assim, o modelo proposto neste trabalho, se ajustado adequadamente, terá uma precisão justificada para apoiar a decisão do BDI com base em *inputs* mais facilmente

elencáveis pelo gestor (p. ex. Tipo de Obra). É de esperar, ainda, que o BDI ideal resultante do modelo deste trabalho esteja dentro da faixa admissível para o BDI e que as regressões com mais variáveis explicativas produzam melhores estimativas do que aquelas com apenas uma variável explicativa.

## 7.4 Coleta de Dados

Para coletar os dados utilizados no estudo do TCU, fez-se o contato com a ouvidoria do mesmo, que possui um portal dedicado à diversas solicitações, incluindo aquelas de Pedido de Acesso à Informação, regida pela Lei N° 12.527/2011. A resposta foi enviada na seguinte forma:

- duas planilhas de resumo (em formato xls), enviadas por *email*, contendo, para cada obra, os diversos dados requeridos pelo estudo (características da licitação, valor total, localização, composição detalhada de BDI do contrato, ajustes no BDI etc);
- cinco CD's, contendo, para cada obra, cópias dos contratos (em formato pdf) e outras cópias específicas de relatórios, cartas (também em pdf) ou planilhas relevantes para cada obra.

Assim, os dados necessários ao presente trabalho estavam diretamente listados nas planilhas de resumo enviadas, permitindo importação direta para o *software Stata*.



Parte III

Resultados



## 8 Seleção das Regressões do Modelo

Foram feitas diversas tentativas de regressões a fim de encontrar aquelas com os melhores desempenhos, tendo sempre como variável dependente o valor de BDI, e diversas variáveis independentes possíveis, seguindo o seguinte raciocínio:

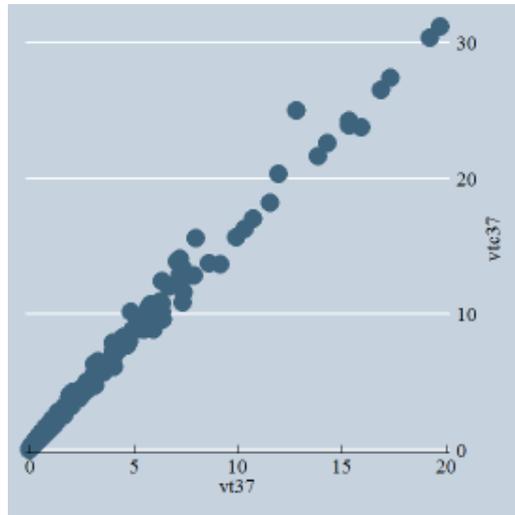
- regressão para BDI considerando todos os atributos possíveis, ou seja: custo direto (e variantes como  $\ln CD$ ), tributos, classes CNAE (5 classes), prazo, tipo de obra (11 tipos), tipo de contrato (4), tipo de regime (3) e local (2);
- regressões para BDI usando o filtro de classe CNAE 2.0 (5 regressões);
- regressões para BDI usando o filtro de tipo de obra (11 regressões, não sendo necessário usar a variável classe CNAE);
- regressões para BDI usando o filtro de tipo de contrato (4 regressões);
- regressões para BDI usando o filtro de tipo de regime (3 regressões);
- regressões para BDI usando o filtro de local (2 regressões)

Esse raciocínio leva a um total de 26 possíveis regressões. Adicionalmente, para cada regressão, fez-se outra, trocando a variável dependente por  $\ln BDI$ , aumentando o número de regressões feitas para 52.

Testou-se também a influência da correção dos valores de custo direto pelos índices INCC (valores mensais divulgados pela FGV), o que se mostrou pouco relevante, pois os valores corrigidos tinham alta correlação com os valores originais, como se nota pelas Figuras 12 e 13, onde os nomes das variáveis são: valor total ( $vt$ ), custo direto ( $cd$ ), valor total corrigido normalizado ( $vtc37$ ) e custo direto normalizado ( $cdc37$ ). Essa normalização se refere ao valor correspondente a obras de grande vulto, de R\$ 37.500.000,00, conforme Art. 6º, V, da Lei Nº 8.666/1993.

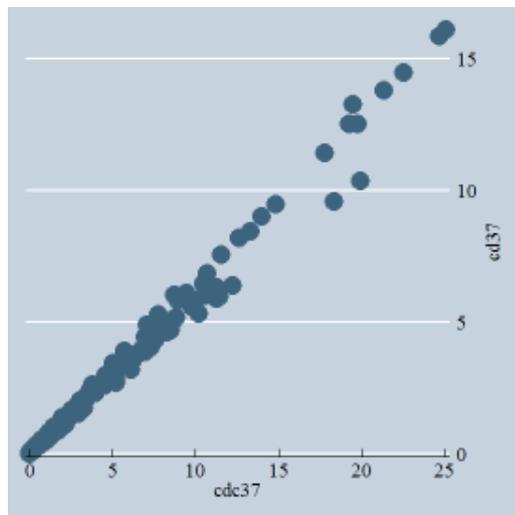
O mesmo raciocínio se aplica para procurar uma relação entre a taxa de *overhead*  $\bar{r}_o$ . Assim, para fins de obter modelos que predizem bem a variável dependente, avalia-se o desempenho em cada regressão pelo  $R^2$  e, principalmente, seu valor ajustado (pois penaliza o indicador pelo simples acréscimo de novos dados), bem como pelo *p-value* do modelo como um todo (dado pelo *output* Prob > F no *Stata*), o qual, sendo menor que um nível de significância  $\alpha$  (5% usualmente), permite a seguinte conclusão: “Sim, as variáveis independentes predizem com significância suficiente a variável dependente”.

Figura 12 – Correlação entre valor total de obras e seus valores corrigidos pelo INCC.



Nota – Correlação de 0,9962.

Figura 13 – Correlação entre custo direto de obras e seus valores corrigidos pelo INCC.



Nota – Correlação de 0,9961.

## 8.1 Regressão para BDI

Em geral, as regressões não alcançaram valores de  $R^2$  ou  $R^2$  ajustado altos. Entre as regressões com filtros, as que tiveram maiores desempenhos para BDI foram obtidas com os seguintes filtros: tipo de contrato administrativo e regime por EPU. Na análise, além da retirada dos *outliers*, retiram-se as obras para as quais não havia dados disponíveis de tipo de regime e prazo, resultando em 377 contratos válidos para amostra. Em seguida, em alguns casos, removeram-se de cada regressão aqueles atributos cujos coeficientes

se mostraram muito longe de serem estatisticamente significantes, fato verificado pela distância entre o *p-value* do coeficiente e 5% (para casos com *p-value* não muito acima de 5%, e nos quais a retirada do coeficiente diminuía o  $R^2$ , optou-se por manter o coeficiente, priorizando o desempenho do modelo como um todo).

As Figuras 14, 15 e 16 resumem três regressões realizadas no *software Stata*, selecionadas para o modelo dentre as demais: a de caráter geral (sem filtros) e as duas melhores obtidas com filtros, onde a correspondência entre cada variável e seu verdadeiro nome estão nas Tabelas 6, 7, 8, 9, que mostram também a frequência de cada atributo na amostra.

Figura 14 – Regressão de BDI considerando todos os atributos possíveis.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 377		
Model	.174462247	8	.021807781	F( 8, 368) =	16.55	
Residual	.484913992	368	.001317701	Prob > F =	0.0000	
Total	.659376239	376	.00175366	R-squared =	0.2646	
				Adj R-squared =	0.2486	
				Root MSE =	.0363	

bdi	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lnod	.0028741	.0009748	2.95	0.003	.0009572	.0047909
t	.3819964	.1142998	3.34	0.001	.1572337	.6067591
cnae_3	-.0267711	.0050924	-5.26	0.000	-.0367849	-.0167573
tipoobra_1	.0311671	.0084594	3.68	0.000	.0145323	.0478019
tipoobra_3	.0671417	.0107211	6.26	0.000	.0460593	.0882241
tipoobra_8	.0270173	.0075875	3.56	0.000	.0120969	.0419377
tipoobra_9	-.0191259	.0065811	-2.91	0.004	-.0320673	-.0061845
tipocontrato_2	.020571	.007356	2.80	0.005	.006106	.0350361
_cons	-.2216288	.12507	-1.77	0.077	-.4675702	.0243127

Tabela 6 – Correspondência entre nomes de variáveis e *labels* para classificação de obras.

Classificação CNAE 2.0	label	Frequência
Construção de Edifícios	<i>cnae<sub>1</sub></i>	139
Construção de Redes de Abastecimento de Água, Coleta de Esgoto e Construções Correlatas	<i>cnae<sub>2</sub></i>	109
Construção de Rodovias e Ferrovias	<i>cnae<sub>3</sub></i>	183
Obras de Geração e Distribuição de Energia	<i>cnae<sub>4</sub></i>	48
Obras Portuárias, Marítimas e Fluviais	<i>cnae<sub>5</sub></i>	36
Total		515

Nota foram retirados 14 *outliers* dos 529 contratos.

Figura 15 – Regressão de BDI considerando o filtro *tipocontrato*<sub>1</sub> e demais atributos possíveis.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 295		
Model	.188823955	10	.018882396	F( 10, 284) = 15.65		
Residual	.342587561	284	.001206294	Prob > F = 0.0000		
Total	.531411517	294	.001807522	R-squared = 0.3553		
				Adj R-squared = 0.3326		
				Root MSE = .03473		
bdi	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lncd	.0026919	.001058	2.54	0.011	.0006094	.0047744
t	.5323135	.1281301	4.15	0.000	.2801083	.7845187
tipobra_1	.0296171	.0086818	3.41	0.001	.0125284	.0467059
tipobra_2	.0321449	.0092526	3.47	0.001	.0139325	.0503572
tipobra_3	.0955707	.0104685	9.13	0.000	.074965	.1161763
tipobra_4	.0163085	.0062314	2.62	0.009	.004043	.0285741
tipobra_5	.025322	.0073643	3.44	0.001	.0108264	.0398176
tipobra_6	.0543833	.0084635	6.43	0.000	.0377241	.0710425
tipobra_8	.0293795	.0072545	4.05	0.000	.0151002	.0436589
tipobra_10	.046513	.0128084	3.63	0.000	.0213014	.0717245
_cons	-.4091248	.1411627	-2.90	0.004	-.6869827	-.1312669

Figura 16 – Regressão de BDI considerando o filtro *regime*<sub>3</sub> e demais atributos possíveis.

Source	SS	df	MS	Number of obs = 264		
Model	.177258295	9	.019695366	F( 9, 254) = 16.53		
Residual	.302551561	254	.001191148	Prob > F = 0.0000		
Total	.479809856	263	.001824372	R-squared = 0.3694		
				Adj R-squared = 0.3471		
				Root MSE = .03451		
bdi	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
lncd	.0028951	.0011316	2.56	0.011	.0006666	.0051237
t	.412755	.1386621	2.98	0.003	.1396812	.6858288
tipobra_1	.0304841	.0080696	3.78	0.000	.0145923	.0463759
tipobra_2	.0266831	.0092225	2.89	0.004	.0085208	.0448455
tipobra_3	.0914359	.0106327	8.60	0.000	.0704964	.1123755
tipobra_6	.0513306	.0092962	5.52	0.000	.0330231	.0696381
tipobra_7	.018703	.0097484	1.92	0.056	-.000495	.037901
tipobra_8	.0252427	.0068972	3.66	0.000	.0116598	.0388257
tipocontrato_2	.042537	.0089134	4.77	0.000	.0249833	.0600907
_cons	-.2804409	.1523767	-1.84	0.067	-.5805235	.0196417

Tabela 7 – Correspondência entre nomes de variáveis e *labels* para tipos de obras.

Tipo de Obra (CNAE 2.0)	<i>label</i>	Frequência
Obras Aeroportuárias - Pátio E Pista	<i>tipoobra</i> <sub>1</sub>	28
Obras Aeroportuárias - Terminais	<i>tipoobra</i> <sub>2</sub>	28
Obras De Derrocamento e Dragagem	<i>tipoobra</i> <sub>3</sub>	16
Obras De Edificação - Construção	<i>tipoobra</i> <sub>4</sub>	69
Obras De Edificação - Reforma	<i>tipoobra</i> <sub>5</sub>	42
Obras De Linha De Transmissão/Distribuição De Energia	<i>tipoobra</i> <sub>6</sub>	48
Obras De Saneamento Ambiental	<i>tipoobra</i> <sub>7</sub>	55
Obras Ferroviárias	<i>tipoobra</i> <sub>8</sub>	38
Obras Hídricas - Irrigação, Barragens e Canais	<i>tipoobra</i> <sub>9</sub>	54
Obras Portuárias - Estruturas	<i>tipoobra</i> <sub>10</sub>	20
Obras Rodoviárias	<i>tipoobra</i> <sub>11</sub>	117
Total		515

Nota – foram retirados 14 *outliers* dos 529 contratos.

Tabela 8 – Correspondência entre nomes de variáveis e *labels* para tipos de contratos.

Tipo de Contrato	<i>label</i>	Frequência
Contrato Administrativo	<i>tipocontrato</i> <sub>1</sub>	381
Contrato de Repasse	<i>tipocontrato</i> <sub>2</sub>	39
Convênios	<i>tipocontrato</i> <sub>3</sub>	50
Termo de Compromisso	<i>tipocontrato</i> <sub>4</sub>	45
Total		515

Nota – foram retirados 14 *outliers* dos 529 contratos.

Tabela 9 – Correspondência entre nomes de variáveis e *labels* para tipos de regime.

Tipo de Regime	<i>label</i>	Frequência
Empreitada Integral (EI)	<i>regime</i> <sub>1</sub>	12
Empreitada por Preço Global (EPG)	<i>regime</i> <sub>2</sub>	118
Empreitada por Preço Unitário (EPU)	<i>regime</i> <sub>3</sub>	321
Sem dados		64
Total		515

Nota – foram retirados 14 *outliers* dos 529 contratos, e os 64 contratos sem dados de regime foram retirados nas regressões que usarem esse atributo como *input*.

Para verificar a hipótese de que os resíduos dos modelos têm distribuição com média zero e desvio padrão uniforme (hipótese básica de um modelo de regressão linear), traçaram-se as Figuras 17, 18 e 19, que mostram os resíduos das regressões selecionadas *versus* os valores estimados. Verifica-se, nos três casos, que o comportamento dos resíduos está, de fato, com desvio padrão relativamente uniforme em torno de uma média próxima

de zero, indicando que a hipótese está adequada.

Figura 17 – Resíduos da regressão geral para BDI.

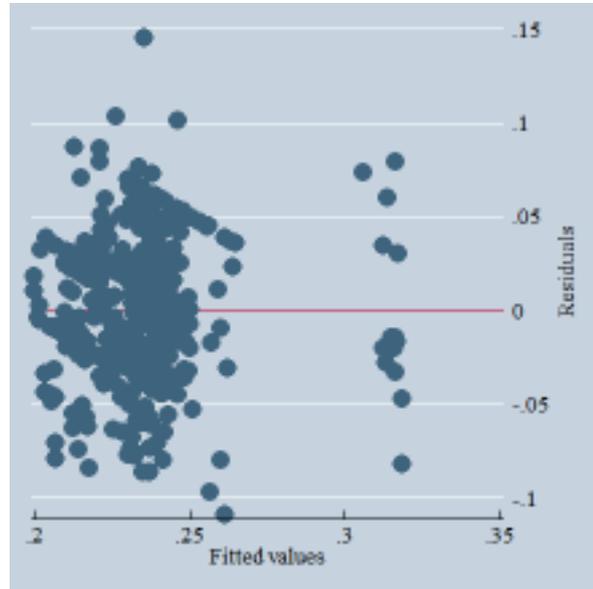
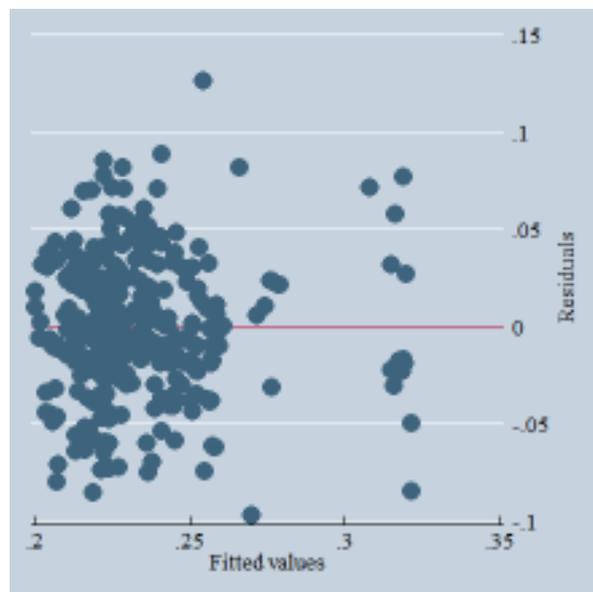
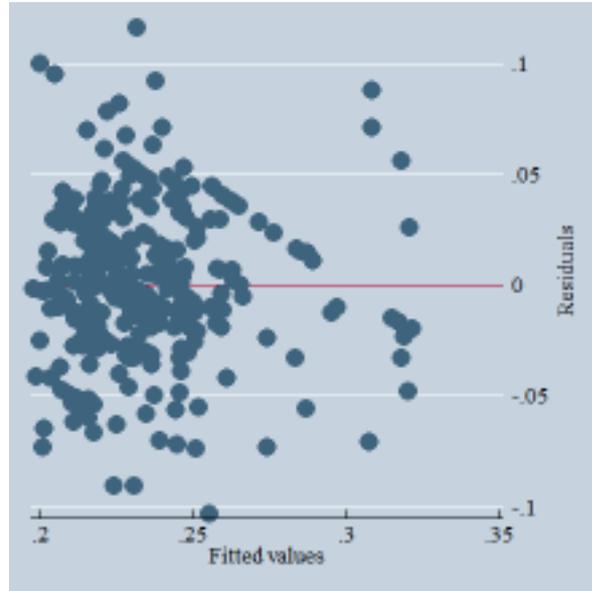


Figura 18 – Resíduos da regressão para BDI com o filtro  $contrato_1$ .



Além disso, a hipótese de que os atributos das regressões selecionadas predizem com significância o BDI é fortemente aceita pelo  $p$ -value do modelo como um todo, como se nota pelos valores em  $\text{Prob} > F$  menores que 5% nas regressões ilustradas, mas os baixos valores de  $R^2$  e  $R^2_{adj}$  mostram que faltam dados para melhorar o desempenho das regressões.

Figura 19 – Resíduos da regressão para BDI com o filtro *regime<sub>3</sub>*.

Tomando os coeficientes estimados  $b_i$ , as regressões estimadas serão (a escala para BDI está de zero a um) dadas pelas equações 8.1, 8.2 e 8.3. Os valores de  $RMSE$  (usados no cálculo das probabilidades) são, respectivamente, de 0,0363, 0,03473 e 0,03451, mostrando erros menores em relação ao resultado de 0,07265 obtido por Chao.

$$\begin{aligned} \overline{BDI}(\text{geral}) = & 10^{-3}(2,87 \ln(\overline{CD}) + 382,00 \frac{1}{1 - T_{\%,ef}} - 26,77 \cdot cnae_3 \\ & + 31,17 \cdot tipobra_1 + 67,14 \cdot tipobra_3 + 27,02 \cdot tipobra_8 \\ & + 19,13 \cdot tipobra_9 + 20,57 \cdot tipocontrato_2 - 221,63) \end{aligned} \quad (8.1)$$

$$\begin{aligned} \overline{BDI}(\text{contr. adm.}) = & 10^{-3}(2,69 \cdot \ln(\overline{CD}) + 532,31 \frac{1}{1 - T_{\%,ef}} + 29,61 \cdot tipobra_1 \\ & + 32,15 \cdot tipobra_2 + 95,57 \cdot tipobra_3 + 16,31 \cdot tipobra_4 \\ & + 25,32 \cdot tipobra_5 + 54,38 \cdot tipobra_6 + 29,38 \cdot tipobra_8 \\ & + 45,51 \cdot tipobra_{10} - 409,12) \end{aligned} \quad (8.2)$$

$$\begin{aligned} \overline{BDI}(\text{regime EPU}) = & 10^{-3}(2,89 \cdot \ln(\overline{CD}) + 412,75 \frac{1}{1 - T_{\%,ef}} + 30,48 \cdot tipobra_1 \\ & + 26,68 \cdot tipobra_2 + 91,44 \cdot tipobra_3 + 51,33 \cdot tipobra_6 \\ & + 18,70 \cdot tipobra_7 + 25,24 \cdot tipobra_8 \\ & + 42,54 \cdot tipocontrato_2 - 280,44) \end{aligned} \quad (8.3)$$

## 8.2 Regressão para taxa de overhead

Analogamente, proceder-se-ia aos testes de diversas regressões para determinar aquelas com maiores desempenhos. Porém, neste caso deve-se seguir os mesmos filtros selecionados no tópico anterior, caso contrário o modelo não seria aplicável a uma determinada obra. Exemplo: se uma regressão se mostrar bem modelada para prever  $r_o$  para uma obra com tipo de contrato por repasse, não seria possível prever o BDI sem tributos para a mesma, pois a regressão selecionada para BDI sem tributos foi para contratos administrativos ou convênios.

Os resultados mostraram que as regressões lineares não modelam bem  $r_o$ , gerando valores de  $R^2$  e  $R^2$  ajustado ainda menores do que no caso anterior, apesar dos testes de  $p$ -value dos modelos como um todo indicarem que os atributos têm significância para prever  $r_o$ . Na maioria dos casos, a maioria dos coeficientes também se mostrou pouco significativa estatisticamente. Para exemplificar, a Figura XXX mostra a regressão geral para  $r_o$ , onde se nota o baixo valor de  $R^2$  a despeito da alta significância da maioria dos coeficientes e de Prob > F ser menor que 0,05%.

Portanto, optou-se por outra abordagem para prever as taxas  $r_o$ : assume-se um lucro esperado ( $L\%$ ) para a obra de acordo com a conjuntura macroeconômica no país e, sabendo-se o BDI mapeado da regressão, obtém-se  $r_o$  diretamente pela equação 8.4. Em uma hipótese simplificada, aqui adotada e criada pelo autor, consideram-se três cenários, que determinam também  $P_o$ :

1. Perspectiva ruim ( $P_o = 25\%$  e  $L\% = 6,16\%$ , valor do 1º Quartil da faixa admissível do TCU);
2. Perspectiva média ( $P_o = 50\%$  e  $L\% = 7,40\%$ , valor médio da mesma faixa); e
3. Perspectiva ótima ( $P_o = 75\%$  e  $L\% = 8,96\%$ , valor do 3º Quartil da mesma faixa)

$$\begin{aligned} \overline{CD}(1 + BDI) &= \overline{CD}(1 + \bar{r}_o) + \overline{CD}(1 + L\%) \\ \bar{r}_o &= \frac{BDI - L\%}{1 + L\%} \end{aligned} \quad (8.4)$$

Assim, pode-se prosseguir no modelo tendo-se apenas  $BDI_{prop}$  como incógnita.

## 9 Simulação do Modelo

Relembrando o fluxograma básico do modelo, na Figura 4, após definir as melhores regressões para mapear os valores médios de BDI e taxas de *overhead*, e uma vez propostas as formulações para as probabilidades, pode-se finalmente completar o modelo e aplicá-lo.

Para simular o modelo com uma amostra de fora da base de dados, tome-se como obra analisada a construção do novo Prédio de Ciências Fundamentais do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), localizado em São José dos Campos, São Paulo, que teve início em 2014, cujos atributos relevantes para a simulação estão na Tabela 10.

Nessa tabela, diferencia-se BDI contratado ( $BDI_{contr.,pond.}$ ) de BDI de serviços comuns contratados ( $BDI_{contr.,comum}$ ) pois, como discutido na seção 4, na presença de itens que demandem abordagem diferenciada para compor os respectivos custos indiretos, haverá um BDI diferenciado (e menor) associado. No caso da presente obra, houve três tipos de BDI: para itens comuns (22, 47%); materiais e equipamentos instalados (13, 24%); estruturas metálicas (13, 10%). Assim, como o modelo deste trabalho não avalia itens com BDI diferenciado, o valor de custo direto e preço de venda informados refere-se apenas às parcelas de itens comuns, pois assim será possível traçar uma comparação do *output* do modelo com o BDI contratado nesses itens.

Tabela 10 – Atributos do contrato de construção do novo Prédio de Ciências Fundamentais do ITA.

Atributo	Valor
$\overline{CD}$ (R\$)	21.092.997,49
$\overline{PV}$ (R\$)	25.833.450,12
Classe de Obra	Constr. de Edif. ( $cnae_1$ )
Tipo de Obra	Obras de Edif. - Constr. ( $tipobra_4$ )
Tipo de Contrato	Contr. Adm. ( $tipocontrato_1$ )
Regime	EPG ( $regime_2$ )
Local	Interior ( $local_1$ )
Prazo (dias)	360
$BDI_{contr.,pond.}$	17,81%
$BDI_{contr.,comum}$	22,47%

Nota – Valores de custo direto e preço de venda referentes apenas a itens com BDI comum.

Para determinar  $\sigma_n$ , é necessário estimar  $\sigma_{CD}$ . Na falta de dados sobre a variância de todos os custos diretos dos serviços da planilha orçamentária da obra, [Chao e Kuo \(2016\)](#) sugerem usar 5% de  $\overline{CD}$ . Mesmo em posse da planilha orçamentária da obra em questão, não se pode obter essa variância com maior precisão, pois, para cada serviço, seria necessário levantar valores médios, máximos e mínimos encontrados em bases de dados,

enquanto a planilha só contém os valores médios retirados do SINAPI. Assim, toma-se a sugestão de Chao na estimativa de  $\sigma_n$ .

Com esta última estimativa, calcula-se as probabilidades descritas nas equações 7.4, 7.7, 7.15 e 7.12 em função do  $BDI_{prop}$  e procede-se à otimização de  $\bar{P}$  via *Solver* do *Excel*. As Figuras 20, 21 e 22 mostram os valores ideais de BDI (que maximizam  $\bar{P}$ ), BDI contratado apenas nos serviços comuns e faixa admissível do TCU para esse caso (20,34% a 25,00%), mostrando também a variação dessas probabilidades.

A Figura 23 resume os três cenários, mostrando a variação de  $\bar{P}$  em torno dos valores ideais. Nota-se que a melhora na perspectiva econômica eleva o valor de BDI ideal proposto, elevando também os valores de  $\bar{P}(BDI_{ideal})$ , ou seja, diminuindo o risco mínimo de perdas financeiras para a licitante, o que está de acordo com a definição de  $P_o$ . Além disso, percebe-se que, em todos os cenários, os valores de BDI ideal situaram-se dentro da faixa admissível, o que já era esperado e faz com que a metodologia proposta sirva de parâmetro de decisão para o gestor.

A Tabela 11 resume diversos valores relevantes da simulação. Em todos os cenários, o valor de BDI contratado nos itens comuns foi superior ao valor ideal encontrado, ainda que por um valor pequeno. Porém, o aumento dos riscos relativos  $\Delta R$  (em relação ao BDI de itens comuns), dado pela equação 9.1, é significativo quando o cenário é considerado ruim ou mediano, demonstrando a sensibilidade do risco com a variação de BDI em cenários de pior perspectiva de mercado.

$$\Delta R_{comum} = \frac{1 - \bar{P}(BDI_{contr.,comum})}{1 - \bar{P}(BDI_{prop})} - 1 \quad (9.1)$$

Vale ressaltar que esta obra se iniciou em 2014, em uma época de crise no Brasil, razão pela qual seria mais coerente adotar a hipótese de um cenário ruim para as licitantes. Nesse cenário, o BDI contratado nos itens comuns da obra foi cerca de 9,06% superior ao ideal, correspondendo a um aumento de risco da ordem de  $\Delta R = 10,63\%$  em relação à situação ideal prevista, em que o risco absoluto seria  $1 - \bar{P}(BDI_{prop}) = 35,38\%$ .

Tabela 11 – Resultados da simulação do modelo de BDI ideal.

	Cenário ruim	Cenário mediano	Cenário Ótimo
$\overline{BDI}$ (eq. 8.2)	23,03%	23,03%	23,03%
$\bar{r}_o$	16,36%	15,02%	13,37%
$P_w(BDI_{ideal})$	80,00%	75,58%	67,54%
$P_n(BDI_{ideal})$	74,53%	83,10%	91,34%
$P_o$	25,00%	50,00%	75,00%
$\bar{P}(BDI_{ideal})$	64,62%	75,01%	86,03%
$\overline{BDI}_{prop}$	20,61%	21,12%	21,95%
$\Delta R_{comum}$	10,63%	6,16%	1,05%

Figura 20 – Probabilidades do modelo para um cenário ruim ( $P_o = 25\%$  e  $L\% = 6,16\%$ ).

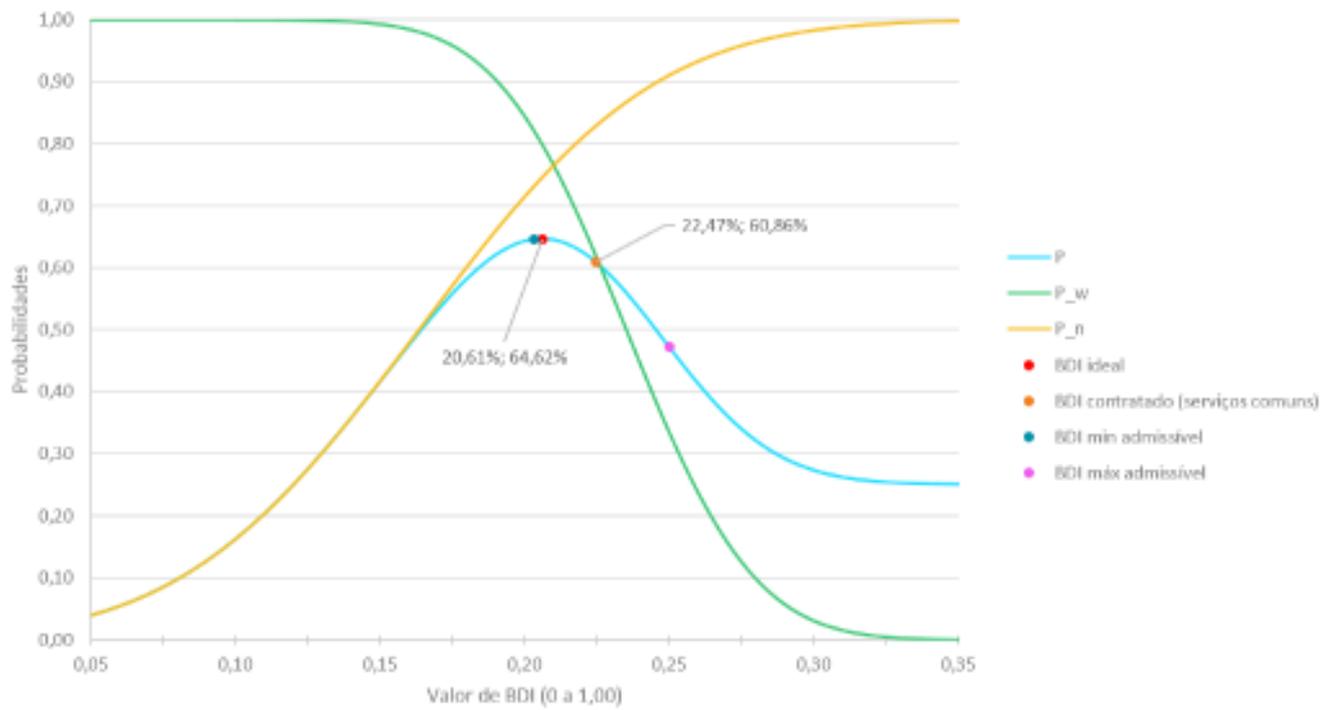


Figura 21 – Probabilidades do modelo para um cenário mediano ( $P_o = 50\%$  e  $L\% = 7,40\%$ ).

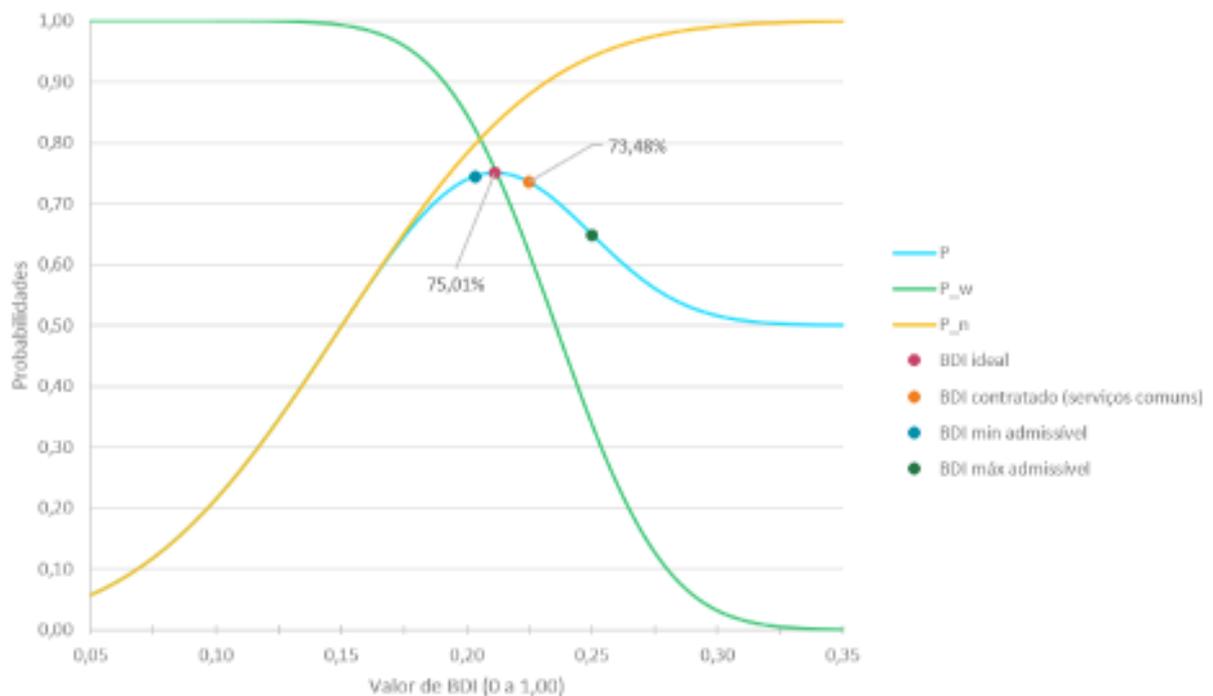


Figura 22 – Probabilidades do modelo para um cenário ótimo ( $P_o = 75\%$  e  $L_o = 8,96\%$ ).

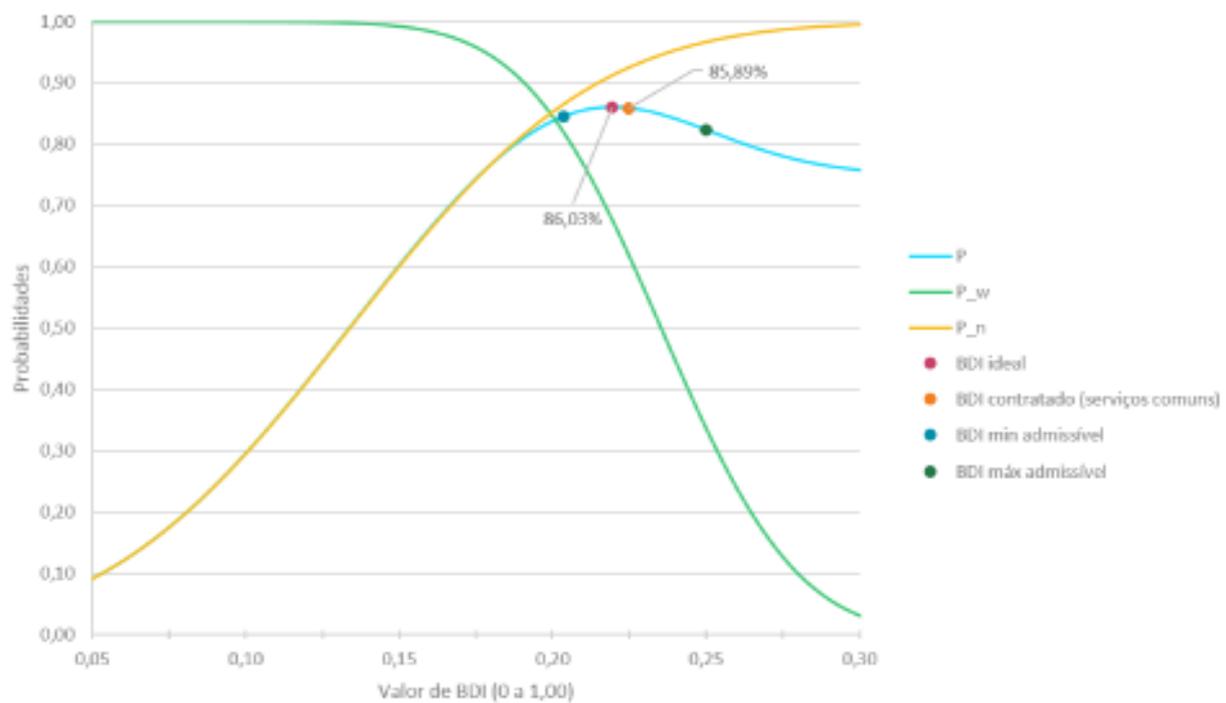
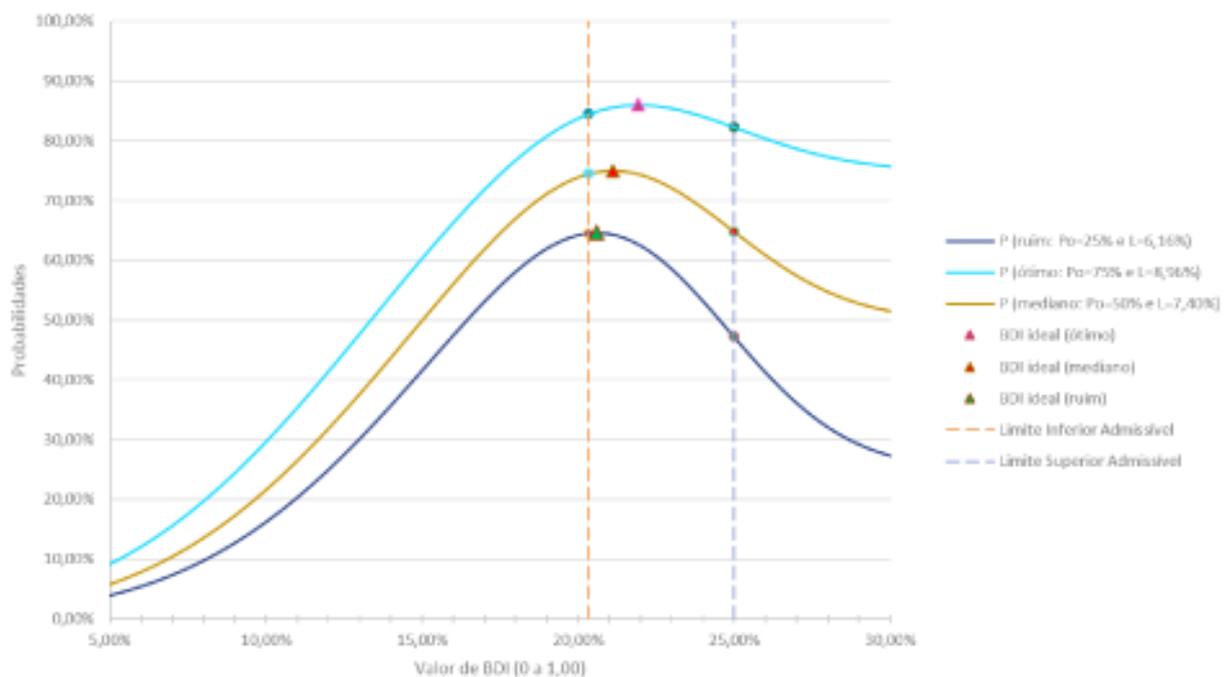


Figura 23 – Comparação das probabilidades do modelo para os três cenários propostos.



## 10 Aplicativo em Python para aplicação do modelo

Para facilitar o uso da metodologia proposta pela Administração, foi proposto um programa em *Python* para criar uma interface gráfica onde o usuário interage, inserindo dados relevantes da obra e de perspectiva de mercado, obtendo como resultado o valor de BDI ideal e a probabilidade  $P$  associada, bem como o gráfico de  $P$ . Além disso, o usuário pode salvar o gráfico e revisar os *inputs* colocados.

As Figuras 24 e 25 mostram a versão 1.0 feita durante a produção deste trabalho, chamado de *BDIdeal*. Como versão inicial, o programa cumpre o objetivo de gerar os resultados do modelo proposto e, sendo um executável, pode ser utilizados em vários sistemas operacionais (Windows, MAC, Linux etc).

Há várias melhorias que podem ser feitas sobre esta versão para torná-la mais agradável ao usuário, e futuros trabalhos que melhorem a metodologia proposta podem ser facilmente implementados dentro do corpo do programa, o qual está em anexo à versão eletrônica deste TG, na pasta “Suplementos”. O código aberto do programa pode ser consultado no repositório *Github*, no endereço <<https://github.com/lgabs/BDIdeal.git>>, onde futuras alterações serão feitas e contribuições serão bem vindas.

Figura 24 – Tela de *inputs* do programa *BDIdeal*.

BDIdeal

Insira dados de entrada da obra nos campos:

Nome:

Custo Direto (R\$):

Classificação CNAE 2.0:

Tipo da Obra (CNAE 2.0):

Tipo de Contrato:

Regime de Contrato:

Localidade:

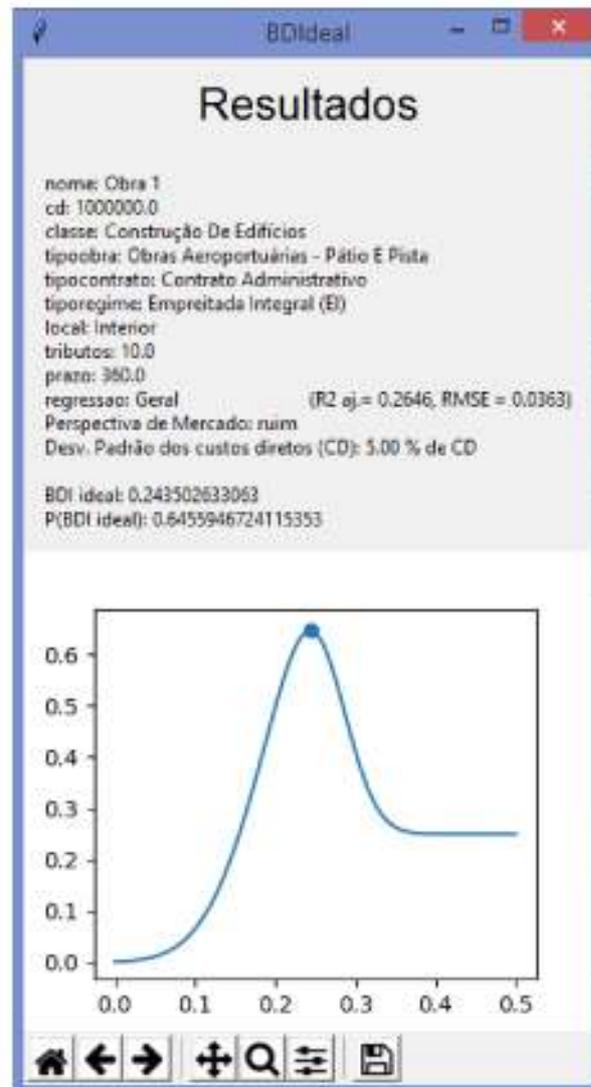
Tributos efetivos (%) (com deduções aplicáveis):

Prazo da obra (dias):

Escolha a regressão desejada:

Perspectiva de Mercado (ruim/média/ótima):

Desvio padrão dos custos diretos (CD) como % de CD (default: 5.00%):

Figura 25 – Tela de resultados do programa *BDIdeal*.



# Conclusão

O BDI representa, por natureza, uma parcela de difícil determinação quando do orçamento de obras, por compor custos indiretos, que só podem ser calculados com base em hipóteses e aproximações, sendo importante a busca por metodologias de cálculo mais analíticas e fundamentadas, para que nem a Administração nem a licitante vencedora se submetam a maiores riscos. Nesse sentido, este trabalho propôs um modelo que determina um valor ideal de BDI a ser adotado no orçamento, minimizando o risco de a licitante ter perdas financeiras e, simultaneamente, não comprometendo a competitividade da oferta e levando em conta atributos relevantes da obra.

Como esperado, os valores ideais da simulação ficaram dentro da faixa admissível. Assim, o modelo pode servir de parâmetro de decisão na medida em que identifica o grau de risco dentro da faixa admissível definida pelo TCU, de forma que pode-se adotar o menor risco ou limitá-lo em torno do valor mínimo, evitando a atual arbitrariedade na escolha de um valor da faixa. Dentro desse aspecto, o objetivo deste trabalho foi alcançado.

A criação das faixas admissíveis é recente e vem sofrendo várias alterações, de forma que os valores entre 2007 e 2011 têm diversas divergências na composição de BDI, principalmente em relação à jurisprudência para classificação de custos (p. ex. contratos classificando erroneamente custos de administração local como indiretos). Isso pode explicar o baixo desempenho das regressões propostas, por isso é preciso buscar outras formas de mapear valores médios de BDI e taxa de *overhead*, a exemplo da inserção de outros *inputs* relevantes (p. ex. flutuações nos custos de materiais, complexidade do projeto, imprecisão do contrato quanto a prazos de vigência/execução).

Para efeito de comparação, há abordagens similares desta questão na literatura com valores de  $R^2$  que alcançam, por exemplo, 0,987 (POLAT et al., 2016). Neste caso, trata-se de um estudo que analisa contratos na Turquia, por isso não é possível adotar uma comparação direta, uma vez que se trata de outro país, com diferentes legislações tributárias, métodos de classificação de custos etc.

Outro fato que pode evidenciar a falta de padrão nos contratos brasileiros é a hipótese fraca de que a variância dos custos diretos é de 5%. Sabe-se que a forma de construir orçamentos no Brasil ainda é bastante ineficiente, gerando muitas incertezas no cálculo dos custos diretos, de forma que muitas vezes o valor de BDI adotado acaba servindo de complemento para um orçamento previamente alocado para uma dada obra.

Soma-se a isso o fato de que, no Brasil, as licitações podem ser feitas apenas com um projeto básico, os quais muitas vezes carecem de detalhes importantes ou têm estimativas pouco fundamentadas, podendo comprometer o orçamento e o próprio planejamento da

obra, o que dá margem para sobrepreços, atrasos, aditivos, ou paralisações durante a execução, tal como se observa em diversas obras pelo país. Há, ainda, problemas graves com a fiscalização das mesmas e os numerosos casos de corrupção. Todos esses fatores contribuem para projetos deficientes, e com isso orçamentos mal feitos.

Do ponto de vista da contratada, para obter sucesso é necessário saber previamente o que se quer contratar. Deve-se definir previamente características como dimensões, quantidade, funcionalidade, especificação técnica, desempenho, vida útil, forma de operação, garantias, facilidade e disponibilidade de componentes para manutenção, assistência técnica, compatibilização com as normas vigentes entre outros aspectos. A maturidade, consistência, qualidade e objetividade dessas informações é que levam à construção de orçamentos mais realistas.

Portanto, uma sugestão importante para o modelo proposto é atualizar a base de dados, na tentativa de representar tanto a situação atual do mercado como obras mais bem orçadas, em virtude da crescente jurisprudência e aspectos legais sobre o assunto no Brasil, que somente são assimilados pelo mercado com o tempo.

Sugerem-se também abordagens mais fundamentadas para o cálculo de  $P_o$ , como já proposto por [Chao e Liou \(2007\)](#) ou utilizando-se índices macroeconômicos como *proxy* para definir o grau de aquecimento do mercado. Outras sugestões são: fazer adaptações para incorporar custos de itens diferenciados, que diminuem o BDI ponderado a ser proposto; propor outra distribuição de BDI e taxa de *overhead* (p. ex. distribuição *Beta*), devido à alta rejeição da hipótese de normalidade evidenciada pelo teste *Shapiro Wilk* sobre a amostra.

O processo de determinação do BDI pode ser comparado ao *Valuation* de empresas: tentar gerar um *output* que represente um valor justo ou real de um empreendimento, com base em uma série de informações do mesmo e hipóteses passíveis de teste, não sendo de forma alguma um modelo totalmente objetivo, mas também subjetivo, ou seja, incorpora naturalmente diversas dúvidas e erros. Tais erros são impossíveis de serem eliminados, mas podem ser reduzidos à medida em que o modelo adota hipóteses mais fortes, trata melhor as informações disponíveis e adota cenários mais realistas.

## Referências

ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF COST ENGINEERING. *International Recommended Practice 10S-90 — Cost Engineering Terminology*. [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://www.aacei.org/terminology/>>. Acesso em: 30 de abril de 2017. Citado na página 33.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 21 jun. 1993. Disponível em: <<https://goo.gl/5sXiQh>>. Acesso em: 22 de abril de 2017. Citado 5 vezes nas páginas 25, 31, 32, 41 e 44.

BRASIL. *Acórdão 325*. Brasília, DF: Tribunal de Contas da União, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 54.

BRASIL. *Acórdão 2.369*. Brasília, DF: Tribunal de Contas da União, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/h8fazV>>. Acesso em: 10 de abril de 2017. Citado 4 vezes nas páginas 35, 38, 42 e 47.

BRASIL. *Acórdão 2.622*. Brasília, DF: Tribunal de Contas da União, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/dHQdVu>>. Acesso em: 25 de setembro de 2017. Citado na página 63.

BRASIL. Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 8 abr. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/RGnDzj>>. Acesso em: 8 de abril de 2017. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 35.

BRASIL. *Estudo sobre taxas referenciais de BDI de obras públicas e de materiais e equipamentos relevantes*. Brasília, DF: Tribunal de Contas da União, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/VsgUUv>>. Acesso em: 8 de abril de 2017. Citado 13 vezes nas páginas 35, 39, 40, 47, 50, 53, 54, 59, 66, 74, 75, 76 e 77.

BRASIL. *Orientações para Elaboração de Planilhas Orçamentárias de Obras Públicas*. Brasília, DF: Tribunal de Contas da União, 2014. Acesso em: 10 de abril de 2017. Citado na página 49.

CHAO, L.-C. Estimating project overhead rate in bidding: Dss approach using neural networks. *Construction Management and Economics*, Taylor & Francis, v. 28, n. 3, p. 287–299, 2010. Citado na página 80.

CHAO, L.-C.; KUO, C.-P. Probabilistic approach to determining overhead-cum-markup rate in bid price. *Procedia Engineering*, Elsevier, v. 164, n. 1, p. 243–250, 2016. Citado 4 vezes nas páginas 63, 65, 69 e 93.

CHAO, L.-C.; LIOU, C.-N. Risk-minimizing approach to bid-cutting limit determination. *Construction Management and Economics*, Taylor & Francis, v. 25, n. 8, p. 835–843, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 72 e 102.

COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. *Contratos de Construção*. [S.l.], 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/p9ZivX>>. Acesso em: 15 de abril de 2017. Citado na página 35.

- DEVORE, J. L. *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*. Stamford, EUA: Cengage Learning, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 77 e 79.
- HUBAIDE, E. J. Estudo do bdi sobre o preço de obras empreitadas. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2012. Citado na página 39.
- LIMA, M. C. Comparação de custos referenciais do dnit e licitações bem sucedidas. Revista do TCU, Brasília, DF, n. 118, p. 61–66, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 76.
- MARTINS, E.; ROCHA, W. *Métodos de custeio comparados: custos e margens analisados sob diferentes perspectivas*. São Paulo, SP: Atlas, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 36.
- MATTOS, A. D. *Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos*. São Paulo, SP: Pini, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 41.
- MENDES, A. L.; BASTOS, P. R. L. Um aspecto polêmico dos orçamentos de obras públicas: Benefícios e despesas indiretas (bdi). *Revista do Tribunal de Contas da União*, Brasília, DF, abr/jun 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/S46GGJ>>. Acesso em: 8 de abril de 2017. Citado na página 34.
- PEREIRA, G. P. da C. O mercado da construção civil para obras públicas como instrumento de auditoria. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2002, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 75 e 76.
- POLAT, G. et al. Comparison of ANN and MRA approaches to estimate bid mark-up size in public construction projects. *Procedia Engineering*, ScienceDirect, n. 164, p. 331–338, 2016. Citado na página 101.
- RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. et al. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, v. 2, n. 1, p. 21–33, 2011. Citado na página 61.
- SILVA, M. B. da. *Manual de BDI: como incluir benefícios e despesas indiretas em orçamentos de obras de construção civil*. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2005. Citado na página 39.
- TISAKA, M. *Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução*. 2. ed. São Paulo, SP: Pini, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 54.

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 20 de novembro de 2017	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/TC-051/2017	4. Nº DE PÁGINAS 103
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Abordagem Probabilística do Cálculo de BDI de Obras Públicas			
6. AUTOR(ES): <b>Luan Gabriel Silva Fernandes</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: BDI: Benefícios e Despesas Indiretas; Licitação; Obras Públicas; Análise de Riscos.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Obras Públicas; Despesas; Licitações; Administração Pública; Administração			
10. APRESENTAÇÃO: <span style="float: right;"><input checked="" type="checkbox"/> Nacional    <input type="checkbox"/> Internacional</span> ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Frank Cabral de Freitas Amaral. Coorientadora: Joice Faria Amaral. Publicado em 2017.			
11. RESUMO: <p>Durante o orçamento de obras públicas, típico de licitações, o valor de venda (ou global) de uma determinada obra é composto não apenas pelos custos diretos da mesma, isto é, aqueles que ocorrem especificamente por conta da execução da obra, mas também por uma parcela indireta, denominada Benefícios e Despesas Indiretas (BDI ou <i>markup</i>), termo que em inglês se divide em despesas indiretas (<i>overhead</i>) e lucro. Por englobar alguns itens subjetivos, cujo custo só é possível por meio de estimativas e aproximações indiretas, o cálculo do BDI não segue um padrão único e é peculiar a cada obra, dificultando a criação de referências para o termo e, por conseguinte, impedindo uma análise precisa do seu impacto no valor de venda.</p> <p>Nesse sentido, o presente trabalho propõe uma metodologia rigorosa para o cálculo de BDI, baseada na minimização de risco de perdas financeiras para a contratada em uma licitação e na consideração de diversos atributos relevantes de obras no cálculo. Assim, o método proposto serve de parâmetro de decisão junto ao método vigente recomendado pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Para tornar o método mais prático, foi desenvolvido um aplicativo em <i>Python</i> que permite a aplicação da metodologia para uso direto pela Administração em orçamentos.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> OSTENSIVO</span> <span><input type="checkbox"/> RESERVADO</span> <span><input type="checkbox"/> SECRETO</span> </div>			