



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

## **Formação inteligente do preço de referência em licitações brasileiras**

Dissertação de Mestrado

Eduardo Marques Braga de Faria



São Cristóvão – Sergipe

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Eduardo Marques Braga de Faria

**Formação inteligente do preço de referência em licitações  
brasileiras**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência da Computação.

Orientador(a): Gilton José Ferreira da Silva

São Cristóvão – Sergipe

2025

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

F224f Faria, Eduardo Marques Braga de.  
Formação inteligente do preço de referência em licitações  
brasileiras / Eduardo Marques Braga de Faria; orientador Gilton  
José Ferreira da Silva. – São Cristóvão, SE, 2025.  
192f.: il.

Dissertação (mestrado em Ciência da Computação) –  
Universidade Federal de Sergipe, 2025.

1. Engenharia de software. 2. Preços. 3. Licitação pública. I.  
Silva, Gilton José Ferreira da, orient. II. Título.

CDU 004.41:351.712.2.028



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Ata da Sessão Solene de Defesa da Dissertação do  
Curso de Mestrado em Ciência da Computação-UFS.  
Candidato: **EDUARDO MARQUES BRAGA DE FARIA**

Em 28 dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte cinco, com início às 09:00hs, realizou-se na Sala de Seminários do PROCC da Universidade Federal de Sergipe, na Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, a Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata **Eduardo Marques Braga de Faria** que desenvolveu o trabalho intitulado: “*Formação inteligente do preço de referência em licitações brasileiras*”, sob a orientação do Prof. Dr. **Gilton José Ferreira da Silva**. A Sessão foi presidida pelo Prof. Dr. **Gilton José Ferreira da Silva** (PROCC/UFS), que após a apresentação da dissertação passou a palavra aos outros membros da Banca Examinadora, o Dr. **Kleber Fernandes de Oliveira** (UFS) e, em seguida, Dr. **Michel dos Santos Soares** (PROCC/UFS). Após as discussões, a Banca Examinadora reuniu-se e considerou o mestrando (a ) APROVADO “(aprovado/reprovado)”. Atendidas as exigências da Instrução Normativa 05/2019/PROCC, do Regimento Interno do PROCC (Resolução 67/2014/CONEPE), e da Resolução nº 04/2021/CONEPE que regulamentam a Apresentação e Defesa de Dissertação, e nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou esta Ata que será assinada pelos seus membros e pelo mestrando.

Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos” 28 de julho de 2025.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** GILTON JOSE FERREIRA DA SILVA  
Data: 28/07/2025 11:17:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Gilton José Ferreira da Silva**  
(PROCC/UFS)  
Presidente

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** KLEBER FERNANDES DE OLIVEIRA  
Data: 29/07/2025 11:35:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr Kleber Fernandes de Oliveira**  
(UFS)  
Examinador Externo ao programa

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MICHEL DOS SANTOS SOARES  
Data: 29/07/2025 07:17:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Michel dos Santos Soares**  
(PROCC/UFS)  
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** EDUARDO MARQUES BRAGA DE FARIA  
Data: 28/07/2025 11:21:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Eduardo Marques Braga de Faria**  
Candidato

*Dedico este trabalho aos pregoeiros, gestores públicos e orçamentistas, que direta ou indiretamente vivenciam a temática do preço de referência. À minha filha Ayanne e à minha esposa Susana, que me confortam e me fortalecem nos desafios da vida.*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço ao meu Senhor e Deus, Criador do céu e da terra, pelo dom da vida, pelas bênçãos derramadas em minha vida, pelas misericórdias concedidas e pela saúde, foco e inteligência necessários para a conclusão deste árduo trabalho. Sem Ele nada disso seria possível, pois é Ele que abre o meu caminho, retira obstáculos e prepara um grande banquete para mim diante das adversidades.

Logo após, agradeço imensamente à minha Família pelos ensinamentos, amor, carinho, acolhimento e motivação nos dias bons e maus, com menção especial à minha Companheira e Esposa Susana, mulher maravilhosa e virtuosa, que ilumina a minha rotina e vivencia comigo todas as conquistas e dificuldades para juntos superarmos de mãos dadas.

À minha Filha Ayanne, inteligente e linda, razão dos meus esforços e constante empenho, por sempre me outorgar alegrias ontem, hoje e sempre. À minha mãe Edna, pelo profundo acolhimento incondicional; à minha Madrinha Cláudia, pelo amor, admiração e apoio; à minha Tia Neta, por sempre me receber de braços abertos.

À Universidade Federal de Sergipe, por me proporcionar um ambiente acadêmico acolhedor e bem estruturado para que eu pudesse desempenhar minhas pesquisas no mais elevado grau. Um agradecimento especial ao meu orientador Gilton, que me fez evoluir academicamente e soube me guiar a ser um pesquisador mais conciso. Ao Professor e Doutor Michel, por suas correções e sugestões que funcionaram como indutores para a minha melhoria técnica; ao Professor Doutor Kléber, por “emprestar” o seu conhecimento valioso na área estatística para revisar esta obra.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu desenvolvimento acadêmico, pessoal e profissional, que não podem ser mencionados com minúcias nestas finitas linhas. Meu sincero “Muito Obrigado!!!”.

*“A vida irrefletida não vale a pena ser vivida”  
(Sócrates)*

# Resumo

**Contexto:** A ausência de diretrizes normativas detalhadas na formação do preço de referência gera estimativas imprecisas e vulneráveis a distorções de mercado. **Objetivo:** Demonstrar que a integração de métricas estatísticas clássicas e um classificador logístico treinado em larga escala reduz o desvio entre preços de referência calculados, além de identificar sobrepreço e subpreço com maior precisão. **Método:** Foram analisadas legislações e instrumentos normativos, coletados 4 875 registros de compras via dados abertos, e desenvolvido um software em arquitetura hexagonal que aplica árvore de decisão baseada em coeficiente de variação e Lei de Benford, complementada por regressão logística via aprendizado de máquina, com análise de 900 mil registros de licitações. **Resultados:** A solução alcançou Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE) de 2,53% contra 15,58% das estimativas oficiais e obteve acurácia de 70% na detecção de sobrepreço ou subpreço, além de representar menor desvio em relação à mediana do Painel de Preços nas três versões da solução, em comparação com os preços de referência estimados pelos próprios órgãos. **Conclusões:** A plataforma evidencia a viabilidade de elevar a precisão e a transparência no processo licitatório por meio da integração de estatística avançada e aprendizado de máquina, oferecendo base sólida para adoção em órgãos públicos e futuras extensões com técnicas de aprendizado de máquina.

**Palavras-chave:** Licitação, Preço de Referência. Engenharia de Software.

# Abstract

**Context:** The absence of detailed regulatory guidelines for the formation of the reference price generates inaccurate estimates that are vulnerable to market distortions. **Objective:** To demonstrate that the integration of classical statistical metrics and a large-scale trained logistic classifier reduces the deviation between calculated reference prices, in addition to identifying overpricing and underpricing with greater precision. **Method:** Legislation and regulatory instruments were analyzed, 4,875 purchase records were collected via open data, and a hexagonal architecture software was developed that applies a decision tree based on the coefficient of variation and Benford's Law, complemented by logistic regression via machine learning, with analysis of 900 thousand bidding records. **Results:** The solution achieved a Mean Average Percentage Error (MAPE) of 2.53% against 15.58% of official estimates and obtained an accuracy of 70% in detecting overpricing or underpricing, in addition to representing a smaller deviation in relation to the median of the Price Panel in the three versions of the solution, compared to the reference prices estimated by the agencies themselves. **Conclusions:** The platform demonstrates the feasibility of increasing accuracy and transparency in the bidding process through the integration of advanced statistics and machine learning, offering a solid basis for adoption in public agencies and future extensions with machine learning techniques.

**Keywords:** Public Bidding, Reference Price, Software Engineering.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Exemplo de utilização da Média Saneada . . . . .	29
Figura 2 – Dígitos e respectivas probabilidades esperadas, segundo a Lei de Benford . . .	30
Figura 3 – Função da distribuição qui-quadrado . . . . .	31
Figura 4 – Passo 1: Usuário digita parte do nome do item para encontrar o PDM . . . . .	41
Figura 5 – Passo 2: Usuário filtra as características do item e encontra o código CATMAT	42
Figura 6 – Montagem de parâmetros para pesquisa de preços com o CATMAT de interesse	43
Figura 7 – <i>Swagger</i> da API CNBS utilizado para obtenção do CATMAT e especificações técnicas . . . . .	44
Figura 8 – <i>Endpoint</i> E1 à esquerda retorna o código PDM, enquanto o E2 retorna o CATMAT . . . . .	44
Figura 9 – Portal WEB que se conecta à API no <i>back-end</i> fornecendo dados de atas de registros de preços . . . . .	46
Figura 10 – Requisição à API de Contratos é utilizada para gerar massa de dados e treinar versão ML do <i>software</i> . . . . .	47
Figura 11 – Passo 1: Campos da UASG e da licitação são preenchidos . . . . .	50
Figura 12 – Passo 2: Localiza-se o item para adquirir o preço de referência e anexá-lo ao <i>dataset</i> inicial . . . . .	50
Figura 13 – Obtenção do preço de referência pelo Consulta ATA do ComprasNET . . . . .	51
Figura 14 – Diagrama de atividades que representa o funcionamento de seleção algorítmica usado pelo <i>software</i> . . . . .	53
Figura 15 – Trabalhos relacionados por tipo de abordagem . . . . .	61
Figura 16 – Diagrama de pacotes do <i>software</i> . . . . .	72
Figura 17 – Diagrama de implantação do <i>software</i> . . . . .	74
Figura 18 – Diagrama de sequência — cálculo do preço de referência . . . . .	75
Figura 19 – Parâmetros de entrada para “nova cotação por CATMAT” . . . . .	77
Figura 20 – Parâmetros de entrada para “valor de referência <i>in loco</i> ” . . . . .	78
Figura 21 – Visão completa do controlador <code>PriceAuditController</code> . . . . .	79
Figura 22 – Função nativa codificada em C++ e chamada via JNI no <i>Spring Boot</i> . . . . .	80
Figura 23 – Geração do <i>header</i> em C++ com o <i>javac</i> incluso no JDK . . . . .	81
Figura 24 – Compilação da biblioteca dinâmica com o <i>CMake</i> no <i>Windows</i> com <i>script</i> de execução . . . . .	82
Figura 25 – O <i>software</i> armazenou 1 milhão de dados de licitações. Destes, 900 mil foram usados para treinamento de ML . . . . .	82
Figura 26 – Total de artigos selecionados e aceitos por fonte . . . . .	85

# Lista de quadros

Quadro 1 – Normas específicas sobre preço de referência . . . . .	36
Quadro 2 – Palavras-Chave utilizadas na <i>string</i> de busca . . . . .	37
Quadro 3 – <i>String</i> utilizada para realizar as buscas nas bases . . . . .	37
Quadro 4 – Quadro de critérios de seleção e exclusão de artigos . . . . .	38
Quadro 5 – Lista de <i>endpoints</i> usados da API de dados abertos de compras . . . . .	41
Quadro 6 – URL de consulta para pesquisa de preços do item Água Mineral, com o CATMAT informado . . . . .	42
Quadro 7 – Lista de <i>endpoints</i> da API CNBS usados no presente estudo . . . . .	45
Quadro 8 – <i>String</i> de <i>download</i> de Editais do ComprasNET foi usada para verificação manual do preço de referência em casos pontuais . . . . .	52
Quadro 9 – Materiais e infraestrutura utilizados para a realização do presente estudo . .	57
Quadro 10 – Principais <i>endpoints</i> da API . . . . .	73
Quadro 11 – Exemplo de montagem de requisição CURL para consumo do <i>endpoint</i> de ML	83
Quadro 12 – Resumo dos principais aspectos do mapeamento sistemático . . . . .	86
Quadro 13 – Comparativo de inovação frente aos Trabalhos Relacionados . . . . .	100

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Seleção de itens que compõem o <i>dataset</i> de testes do preço de referência, evidenciando alto volume de compra . . . . .	48
Tabela 2 – Tamanho das amostras após extração dos dados para cotação . . . . .	100
Tabela 3 – “Vitórias” (menor desvio absoluto) do preço de referência do <i>software</i> sobre o preço estimado pelos órgãos públicos . . . . .	101

# Lista de abreviaturas e siglas

API	Application Programming Interface
ARM	Advanced RISC Machine
ARP	Ata de Registro de Preços
art.	Artigo
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CATMAT	Catálogo de Materiais
CNBS	Cadastro Nacional de Bens e Serviços
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CGU	Controladoria-Geral da União
CSV	Comma Separated Values
CV	Coefficiente de Variação
DLL	Dynamic-link library
DMA	Desvio Médio Absoluto
DOU	Diário Oficial da União
ERP	Enterprise Resource Planning
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IA	Inteligência Artificial
ICARO	Identificação de Comportamento Atípico na Aplicação dos Recursos Orçamentários
ID	Identificador
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
IN	Instrução Normativa
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial

JDK	Java Development Kit
JNI	Java Native Interface
JSON	JavaScript Object Notation
LAI	Lei de Acesso à Informação
LB	Lei de Benford
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LOF	Local Outlier Factor
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
Md	Mediana
ME	Ministério da Economia
MGI	Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos
ML	Machine Learning
Monica	Monitoramento Integrado para o Controle de Aquisições
MS	Média Saneada
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OSA	Serenata de Amor
PDM	Produto Descritivo Básico
RAM	Random Access Memory
REST	Representational State Transfer
RF	Requisito Funcional
RNF	Requisito Não Funcional
SEGES	Secretaria de Gestão da Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital
SERPRO	Serviço Federal de Processamento de Dados
STJ	Superior Tribunal de Justiça
TB	Terabyte

TCE-PE	Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco
TCU	Tribunal de Contas da União
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TRE-CE	Tribunal Regional Eleitoral do Ceará
UASG	Unidade Administrativa de Serviços Gerais
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
WEB	World Wide Web

# Lista de símbolos

$\alpha$	Letra grega Alpha
$\beta$	Letra grega Beta
$\Gamma$	Letra grega Gama
$\epsilon$	Letra grega Epsilon
$\zeta$	Letra grega minúscula zeta
$\Lambda$	Lambda
$\mu$	Letra grega Mi
$\nu$	Letra grega Ni
$\sigma$	Letra grega Sigma
$\phi$	Letra grega Fi
$\chi$	Letra grega Chi
$\mu_H$	Média harmônica
$\mu_G$	Média geométrica
$\sum_{i=1}^n$	Somatório das quantidades de amostras
$\in$	Pertence
$\leq$	Menor ou igual a

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>20</b>
1.1	Contextualização	20
1.2	Objetivos	21
1.2.1	Objetivo Geral	22
1.2.2	Objetivos Específicos	22
1.3	Estrutura da Dissertação	22
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>24</b>
2.1	Licitação Brasileira	24
2.2	Preço de Referência	25
2.3	Avanços Contra a Corrupção	25
2.4	Legislações e Normas	26
2.5	Estratégias Matemáticas Tradicionalmente Utilizadas	27
2.6	Estratégias Matemáticas Ainda Não Exploradas	30
2.7	Engenharia de <i>Software</i>	33
<b>3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>35</b>
3.1	Enquadramento Doutrinário e Mapeamento Sistemático	35
3.2	APIs Utilizadas	40
3.2.1	Compras Dados Abertos	40
3.2.2	Catálogo Nacional de Bens e Serviços	43
3.2.3	Portal de Transparência de Contratos Administrativos	45
3.3	Bases de Dados e Outros Recursos Usados	47
3.3.1	Painel de Preços	47
3.3.2	Detalhamento de Licitações - 2024 em diante	49
3.3.3	Consulta de Atas - Anterior a 2024	51
3.3.4	Consulta a Editais de Licitação	51
3.4	<i>Design</i> Algorítmico e Arquitetural	52
3.4.1	Algoritmo de Decisão	53
3.4.2	Versão ML: Classificador Logístico	54
3.4.3	Arquitetura de Software	54
3.5	Materiais e Infraestrutura	56
3.5.1	<i>Dataset</i> de Teste	56
3.5.2	Procedimento <i>AS-IS/TO-BE</i>	56
3.5.3	Métricas e Testes Estatísticos	58
3.6	Validação Multimodal	58

3.7	Ética e Confiabilidade	59
<b>4</b>	<b>Trabalhos Relacionados</b>	<b>61</b>
4.1	Abordagens Algorítmicas e Teóricas	62
4.2	A Lei de Benford	64
4.3	Sistemas de Informação em Licitações	65
4.4	O Aprendizado de Máquina	66
<b>5</b>	<b>Implementação do Formador de Preços de Referência em Licitações</b>	<b>69</b>
5.1	Requisitos Funcionais e Não Funcionais	69
5.2	O Modelo de Visões “4+1”	71
5.2.1	Visão Lógica	71
5.2.2	Visão de Processo	72
5.2.3	Visão de Desenvolvimento	73
5.2.4	Visão Física	73
5.2.5	Visão de Cenários (o “+1”)	74
5.3	Padrões, Princípios e Boas Práticas	75
5.4	<i>Back-end Java em Spring Boot</i>	76
5.4.1	Funcionamento do <code>CotacaoEndPoint</code>	76
5.4.2	Funcionamento do <code>PriceAuditController</code>	78
5.5	Integração <code>JNI-TensorFlow</code>	79
<b>6</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>84</b>
6.1	Resultados do Mapeamento Sistemático	84
6.2	Resposta às questões do mapeamento sistemático	85
6.2.1	Resposta da questão de pesquisa 1	86
6.2.2	Resposta da questão de pesquisa 2	86
6.2.3	Resposta da questão de pesquisa 3	88
6.2.4	Resposta da questão de pesquisa 4	89
6.2.5	Resposta da questão de pesquisa 5	89
6.3	Discussões a respeito de Normativos	90
6.4	Discussões a respeito das publicações	91
6.4.1	Abordagens Algorítmicas e Teóricas	91
6.4.2	A Lei de Benford	93
6.4.3	Sistemas de Informação Em Licitações	95
6.4.4	O Aprendizado de Máquina	96
6.4.5	Outras Considerações sobre as Discussões	97
6.5	Inovações do Presente Trabalho	98
6.6	Resultados da Solução Proposta	99
6.6.1	Preparação e Estatísticas Descritivas	99

6.6.2	Desempenho Comparado . . . . .	101
6.6.3	Discussão dos Resultados . . . . .	102
6.6.4	Prevenção de insucesso licitatório . . . . .	102
6.7	Validação . . . . .	103
6.7.1	Balanceamento da Base de Dados . . . . .	104
6.8	Ameaças à Validade . . . . .	104
6.9	Síntese . . . . .	105
<b>7</b>	<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>106</b>
7.1	Limitações . . . . .	106
7.2	Trabalhos Futuros . . . . .	107
7.3	Passos para Adoção em Ambiente Universitário . . . . .	108
7.4	Palavras Finais . . . . .	109
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>110</b>
	 <b>Apêndices</b>	 <b>118</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>Requisição de Exemplo do <i>Endpoint</i> da API de Transparência de Contratos Administrativos . . . . .</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE B</b>	<b><i>Dataset</i> de Testes no <i>Software</i> do Item Água - CATMAT 445485 - Sem a Lei de Benford (<i>Flag</i> Desativada no <i>Header</i>) . . . . .</b>	<b>122</b>
<b>APÊNDICE C</b>	<b><i>Dataset</i> de Testes no <i>Software</i> do Item Água - CATMAT 445485 - Com a Lei de Benford (<i>Flag</i> Ativada no <i>Header</i>) . . . . .</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICE D</b>	<b><i>Dataset</i> de Testes no <i>Software</i> do Item Água - CATMAT 445485 - Com ML . . . . .</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE E</b>	<b><i>Dataset</i> de Testes no <i>Software</i> do Item Café - CATMAT 463594 - Sem a Lei de Benford (<i>Flag</i> Desativada no <i>Header</i>) . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICE F</b>	<b><i>Dataset</i> de Testes no <i>Software</i> do Item Café - CATMAT 463594 - Com a Lei de Benford (<i>Flag</i> Ativada no <i>Header</i>) . . . . .</b>	<b>134</b>
<b>APÊNDICE G</b>	<b><i>Dataset</i> de Testes no <i>Software</i> do Item Café - CATMAT 463594 - Com ML . . . . .</b>	<b>137</b>

APÊNDICE H	<i>Dataset de Testes no Software do Item Açúcar - CATMAT 603269 - Sem a Lei de Benford (Flag Desativada no Header)</i> . . . . .	140
APÊNDICE I	<i>Dataset de Testes no Software do Item Açúcar - CATMAT 603269 - Com a Lei de Benford (Flag Ativada no Header)</i> . . . . .	142
APÊNDICE J	<i>Dataset de Testes no Software do Item Açúcar - CATMAT 603269 - Com ML</i> . . . . .	144
APÊNDICE K	<i>Dataset de Testes no Software do Item Sal - CATMAT 461092 - Sem a Lei de Benford (Flag Desativada no Header)</i> . . . . .	146
APÊNDICE L	<i>Dataset de Testes no Software do Item Sal - CATMAT 461092 - Com a Lei de Benford (Flag Ativada no Header)</i> . . . . .	149
APÊNDICE M	<i>Dataset de Testes no Software do Item Sal - CATMAT 461092 - Com ML</i> . . . . .	152
APÊNDICE N	<i>Dataset de Testes no Software do Item Caneta - CATMAT 21769 - Sem a Lei de Benford (Flag Desativada no Header)</i> . . . . .	155
APÊNDICE O	<i>Dataset de Testes no Software do Item Caneta - CATMAT 21769 - Com a Lei de Benford (Flag Ativada no Header)</i> . . . . .	158
APÊNDICE P	<i>Dataset de Testes no Software do Item Caneta - CATMAT 21769 - Com ML</i> . . . . .	161
APÊNDICE Q	<i>Codificação em Java da classe auxiliar “Auditor”, responsável por aplicar as regras de decisão</i> . . . . .	164
APÊNDICE R	<i>Codificação em Java do serviço “Estatísticas”, responsável por aplicar os algoritmos estatísticos e de Benford</i> . . . . .	167
APÊNDICE S	<i>Codificação em C++ da integração do <i>Tensorflow</i> com o Spring Boot, responsável por agregar o aprendizado de máquina à Aplicação</i> . .	173
<b>Anexos</b>		<b>176</b>
ANEXO A	<i>Exemplo de Resposta do <i>endpoint</i> de Pesquisa de Preços da API de Dados Abertos de Compras para o CATMAT “445485”</i> . . . . .	177
ANEXO B	<i>Exemplo de Resposta da API de Transparência de Contratos</i> . . . . .	187

# 1

## Introdução

Este capítulo fornece ao leitor da presente obra um entendimento acerca do problema enfrentado, situando-o no contexto que serve de base para a elaboração da solução. Desse modo, a presente pesquisa possui objetivos gerais para elaboração da solução, com objetivos mais específicos que visam à concretização da solução e, ao final, é elaborado um roteiro de como está estruturada a presente obra, garantindo ao leitor uma fluidez na leitura dos tópicos e concatenamento de informações.

### 1.1 Contextualização

Segundo [Di Pietro \(2018\)](#), a licitação consiste num rito procedimental em que o poder público, definidas previamente as regras da competição, convida eventuais interessados a apresentar propostas e, dentre elas, seleciona aquela que melhor atende ao interesse da entidade pública; no entanto, essa escolha só faz sentido se houver um parâmetro confiável contra o qual as ofertas possam ser confrontadas. O preço de referência cumpre exatamente esse papel, balizando a análise de exequibilidade e limitando o sobrepreço, como se depreende nos estudos de [Brasil \(2019\)](#) e [Gris González \(2023\)](#).

Apesar da importância reconhecida, gestores continuam a recorrer a métricas matemáticas, como média aritmética ou mediana, que se mostram frágeis diante de *outliers*, assimetria e heterogeneidade setorial ([BRASIL, 2019](#); [BRASIL, 2018](#)). A literatura de governança pública reforça que métodos probabilísticos, quando empregados, reduzem tanto a dispersão dos valores contratados quanto o risco de responsabilização posterior ([FARIA; SILVA; SOARES, 2025](#)).

O artigo (art.) 6º, inciso LVI, da lei de licitações, assim caracteriza o termo “sobrepreço”:

Preço orçado para licitação ou contratado em valor expressivamente superior aos preços referenciais de mercado, seja de apenas 1 (um) item, se a licitação ou a contratação for por preços unitários de serviço, seja do valor global do objeto,

se a licitação ou a contratação for por tarefa, empreitada por preço global ou empreitada integral, semi-integrada ou integrada (BRASIL, 2021).

Nesse contexto, o sobrepreço é um dos problemas que podem ser causados na licitação por estimação de valores imprecisos, maiores do que os preços de mercado, conforme apontado no estudo de Bugarin e Cunha (2017). Abreu, Pereira e Gomes-Jr. (2024) agregam ainda que o sobrepreço também é apenas um dentre vários meios existentes com que se pode fraudar uma licitação.

Além do problema do sobrepreço, o subpreço, gerado quando ocorre uma contratação muito abaixo do preço de mercado, também gera prejuízos ao órgão público<sup>1</sup>. Signor et al. (2022) afirmam que a Lei 14.133/2021 busca simultaneamente evitar sobrepreços e preços inexequíveis, mas argumentam que, ao tentar prevenir o primeiro (sobrepreço), a norma pode acabar promovendo o segundo (subpreço), já que uma de suas diretrizes tende a pressionar os preços para níveis mínimos, resultando na chamada maldição do vencedor.

Outro problema identificado por Ponce Zambrano e Looz Colamarco (2020) é a diferença desequilibrada entre os preços estimados e os efetivamente realizados em licitações, especialmente quando da subestimação de preços de referência. Os autores destacam que tal problema verificado tem relação direta com sucessivas alterações contratuais na fase de execução do contrato, o que gera um aumento estimado de 15% em relação ao valor orçado.

A lacuna entre teoria estatística e prática administrativa persiste, em parte porque a maioria dos órgãos carece de ferramentas que automatizem a escolha do algoritmo mais adequado ao perfil de cada conjunto de cotações, como se depreende dos estudos de Brasil (2019) e Amorim, Costa e Santos (2024), que destacam a escassez de estudos e ferramentas na área de licitações públicas, especialmente quando da elaboração do preço de referência. Este cenário motivou o desenvolvimento da solução apresentada nesta dissertação, capaz de operar em três modos evolutivos: estatística, estatística combinada com o Teste da Lei de Benford e aprendizagem de máquina.

## 1.2 Objetivos

O propósito desta pesquisa é desenvolver uma abordagem que una métodos quantitativos, engenharia de software e aprendizagem de máquina para calcular preços de referência em licitações, mitigando sobrepreços ou preços inexequíveis e aprimorando a eficiência da fase interna do certame.

<sup>1</sup> A lei de licitações define subpreço como preço inexequível, cósioante art. 11, III: “art.11 O processo licitatório tem por objetivos: III - evitar contratações com sobrepreço ou com preços manifestamente inexequíveis e superfaturamento na execução dos contratos (BRASIL, 2021).”

### 1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar e validar uma plataforma de precificação que ofereça alternativas metodológicas aos métodos empregados, facultando aos gestores a escolha entre níveis crescentes de sofisticação analítica.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

O presente estudo também propõe objetivos específicos, delineados para um contexto de agregar valor à solução proposta:

1. Investigar técnicas estatísticas que possam aprimorar a elaboração do preço de referência na Administração Pública.
2. Propor um método forense para detecção de padrões numéricos atípicos que oriente ajustes no algoritmo de cálculo quando houver inconformidades.
3. Desenvolver e validar um mecanismo automatizado de seleção de algoritmos capaz de escolher, de forma adaptativa, o tratamento estatístico mais adequado a cada conjunto de dados.
4. Estabelecer um fluxo de integração reproduzível com bases abertas de licitações, assegurando a rastreabilidade dos dados utilizados.
5. Avaliar o efeito de um verificador adicional, baseado em aprendizado de máquina, na identificação de sobrepreço e subpreço.
6. Analisar, sob critérios éticos e legais, a usabilidade e o impacto prático da solução quando aplicada a dados reais de licitações públicas.
7. Comparar empiricamente a acurácia das três versões evolutivas da plataforma, medindo o desvio absoluto de seus preços estimados em relação a uma medida de referência.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

O trabalho organiza-se em oito capítulos interdependentes. O Capítulo 2 discute fundamentos teóricos de licitação, estatística, Lei de Benford e aprendizado de máquina. No Capítulo 3 descreve-se o delineamento experimental, incluindo o funcionamento do algoritmo implementado em módulo específico no sistema proposto. O Capítulo 4 sintetiza estudos que abordam auditoria de preços e sistemas de apoio à decisão em compras públicas.

O Capítulo 5 apresenta a implementação da solução proposta e o consequente desenvolvimento do projeto de *software*, destacando o uso da arquitetura “4+1” e evidenciando a arquitetura hexagonal em *Spring Boot*, assim como a integração com o *TensorFlow* e banco

de dados não relacional, exibindo trechos de código, diagramas e detalhes de compilação da biblioteca dinâmica nativa. As discussões dos trabalhos relacionados e resultados comparativos da presente proposta são analisados no Capítulo 6, enquanto o Capítulo 7 apresenta conclusões, limitações e trabalhos futuros. Esse encadeamento garante que o leitor compreenda o problema exposto, a solução técnica proposta e a evidência empírica de sua efetividade.

Para fins de entendimento do domínio, entenda-se “preço de referencia”<sup>2</sup> como: “valor-baliza”, “preço-baliza”, “valor de referência”, “orçamento estimativo”, “orçamento” e “valor estimado”. Outrossim, no âmbito da engenharia de *software*, considerem-se como sinônimos de *software*: “programa”, “solução”, “aplicativo”, “aplicação”, “*app*” e “sistema”.

---

<sup>2</sup> O termo usado na lei de licitações é “orçamento estimado”, conforme art. 18, IV, da Lei de Licitações (BRASIL, 2021). No entanto, a diversidade de nomenclatura na literatura é ampla.

# 2

## Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica explicita o conceito de licitação pública no Brasil e faz um comparativo entre a legislação antiga, que perdurou durante muitos anos, até a entrada em vigor da lei que a revogaria. Nesse sentido, é exposto o significado do preço de referência, abordagem importante na fase interna da licitação, que contribui para que o erário realize uma contratação de maneira organizada e planejada, ao passo que possibilita aos licitantes que irão participar do certame um melhor balizamento de suas propostas, seguindo-se com a definição de estratégias matemáticas tradicionalmente usadas para o preço de referência e as estratégias inexploradas nessa etapa específica da licitação.

### 2.1 Licitação Brasileira

[Carvalho Filho \(2018\)](#) define que a licitação não ocorre de forma imediata, exigindo, ao contrário, uma sucessão ordenada de etapas formalizadas, envolvendo tanto a Administração quanto os participantes, até que se alcance o resultado almejado. De acordo com a opinião defendida pelo autor, não basta apenas o órgão público querer contratar um objeto em razão de sua necessidade, pois deve ser respeitada uma série de atos para que a sua realização seja feita conforme o planejado.

Analisando a função social e econômica da licitação, [Souza e Araujo Junior \(2024\)](#) argumentam que com a ampliação e o refinamento das atribuições estatais, a licitação deixou de figurar como mera formalidade destinada à contratação de bens, serviços ou obras e passou a desempenhar função estratégica, graças ao volume expressivo de compras realizadas pelos entes federativos, reconheceu-se seu potencial como instrumento de indução de mudanças sociais e econômicas.

[Mota e Pelisson \(2024\)](#) também destacam que os procedimentos de contratação pública no âmbito federativo brasileiro são disciplinados por instrumentos normativos que buscam

salvaguardar os princípios jurídico-legais e assegurar a fiscalização eficiente das despesas estatais.

Conforme [Di Pietro \(2018\)](#), o desinteresse em uma licitação ocorre quando nenhum participante manifesta vontade de contratar, nem mesmo respondendo à convocação, ou quando os proponentes presentes são considerados inidôneos. Nesses casos, a autora evidencia que tais situações são denominadas de licitação deserta e licitação frustrada, indicando que o procedimento não alcançou seu objetivo central de selecionar a proposta mais vantajosa.

## 2.2 Preço de Referência

Segundo [Brasil \(2019\)](#), o preço de referência constitui a base para o julgamento do certame, pois dele deriva o valor da contratação. Esse valor serve a múltiplos propósitos: orientar a previsão orçamentária da despesa, determinar a modalidade de licitação, fixar limites de aceitabilidade das propostas, comprovar a economicidade da aquisição ou da prorrogação contratual e fundamentar a utilização de procedimentos específicos.

[Castro e Ribeiro \(2024\)](#) definem que a fixação do valor de referência demanda estrito alinhamento às disposições legais, aliado à análise minuciosa dos projetos e de suas especificações técnicas. Nesse processo, a planilha orçamentária constitui peça essencial e deve acompanhar o edital de licitação como anexo obrigatório.

O Superior Tribunal de Justiça (STJ) possui um manual de orientação de pesquisa de preços, usado como guia referencial de boas práticas na Administração Pública, e nele dispõe que a estimativa de preços tem a função de orientar a comparação e avaliação das propostas apresentadas durante a licitação, além de indicar o valor que a Administração considera adequado para a contratação ([SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA, 2021](#)).

## 2.3 Avanços Contra a Corrupção

[Dantas \(2024\)](#) afirma que o Tribunal de Contas da União (TCU) tem avançado no combate à corrupção ao difundir metodologias de gestão de riscos e executando avaliação de controles preventivos e detecção de fraudes, maiores exigências de órgãos públicos após fiscalizações e apontamento de fragilidades em programas governamentais. Os autores também destacam que o TCU atua de forma tempestiva, como nas auditorias sobre grandes transações financeiras e remessas ao exterior.

[Oliveira e Lima \(2021\)](#) destacam que as ações do TCU em auditorias de conformidade, operacionais, financeiras e em áreas como regulação de serviços públicos, desestatização, contas de governo, gestão de riscos, políticas públicas, meio ambiente e energia têm avançado com o apoio de parcerias internacionais. Colaborações com entidades como o Banco Mundial e a

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) trouxeram metodologias e técnicas inovadoras que elevaram a qualidade das auditorias realizadas pelo Tribunal.

[Dantas e Martins \(2022\)](#) analisam a eficácia e a eficiência do uso de ferramentas de inteligência artificial, que servem de base para ações de prevenção e combate à corrupção. Segundo os autores, o sistema Alice foi criado pela Controladoria-Geral da União em 2014 com o propósito de apoiar auditorias, oferecendo recursos de busca, categorização e análise automatizada de editais, termos de referência e outros documentos publicados nas plataformas de licitações, enquanto que o Monitoramento Integrado para o Controle de Aquisições (Monica), desenvolvido pelo TCU, é um painel que contempla informações relativas às aquisições efetuadas pela esfera federal.

## 2.4 Legislações e Normas

A Lei 8.666/1993, lei de licitações antiga, declarava no artigo sétimo, parágrafo segundo, incisos II e III, que deveriam existir orçamentos em planilhas e uma previsão de recursos para que o ente público pudesse realizar a contratação seguindo o rito legal ([BRASIL, 1993](#)). Apesar de não ser explícita, a lei anterior, que já foi revogada, condiciona a abertura de um processo licitatório externo a um cotejo do valor de mercado, de modo a que o gestor público possa realizar a contratação de forma preventiva.

A Lei 14.133/2021 chegou a regulamentar no próprio texto legal o procedimento de cotação de preços, precisamente no artigo 23, onde enumera as fontes de preços que o gestor público pode utilizar para o posterior cálculo de referência, como o Portal Nacional de Contas Públicas, contratações similares da administração pública realizadas em um lapso temporal de até um ano, utilização de pesquisa de preço realizada em mídia especializada e pesquisa direta com fornecedores ([BRASIL, 2021](#)).

A Instrução Normativa (IN) da Secretaria de Gestão da Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital (SEGES) do Ministério da Economia (ME) 65/2021<sup>1</sup>, editada no ano de 2021 pelo então Ministério da Economia (ME), veio a suprir a lacuna do tema “preço de referência” na Administração Pública brasileira no nível federal e destaca com mais detalhes os procedimentos a serem observados nessa fase ([MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021](#)).

Desse modo, o artigo (art.) sexto da mencionada instrução normativa detalha explicitamente a metodologia a ser empregada para obtenção do preço estimado:

Art. 6º. Serão utilizados, como métodos para obtenção do preço estimado, a média, a mediana ou o menor dos valores obtidos na pesquisa de preços, desde

<sup>1</sup> A adoção obrigatória da IN SEGES/ME 65/2021, via de regra, é apenas para órgãos da Administração Pública Federal, como consta do normativo. Estados e municípios, por exemplo, podem criar seus próprios normativos, observando a Lei de Licitações, sendo a adesão à IN SEGES/ME 65/2021 facultativa.

que o cálculo incida sobre um conjunto de três ou mais preços, oriundos de um ou mais dos parâmetros de que trata o artigo 5º, desconsiderados os valores inexequíveis, inconsistentes e os excessivamente elevados.

§ 1º Poderão ser utilizados outros critérios ou métodos, desde que devidamente justificados nos autos pelo gestor responsável e aprovados pela autoridade competente.

§ 2º Com base no tratamento de que trata o caput, o preço estimado da contratação poderá ser obtido, ainda, acrescentando ou subtraindo determinado percentual, de forma a aliar a atratividade do mercado e mitigar o risco de sobrepreço.

§ 3º Para desconsideração dos valores inexequíveis, inconsistentes ou excessivamente elevados, deverão ser adotados critérios fundamentados e descritos no processo administrativo.

§ 4º Os preços coletados devem ser analisados de forma crítica, em especial, quando houver grande variação entre os valores apresentados.

§ 5º Excepcionalmente, será admitida a determinação de preço estimado com base em menos de três preços, desde que devidamente justificada nos autos pelo gestor responsável e aprovada pela autoridade competente.

§ 6º Quando o preço estimado for obtido com base única no inciso I do art. 5º, o valor não poderá ser superior à mediana do item nos sistemas consultados ([MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021](#)).

## 2.5 Estratégias Matemáticas Tradicionalmente Utilizadas

[Chaves \(2017\)](#) destaca que durante muitos anos, a ausência de regulamentação explícita levou a que a definição do método de pesquisa de preços na fase interna da contratação ficasse ao critério discricionário dos próprios agentes públicos — gestores, compradores e até pareceristas jurídicos.

Contudo, a despeito da evidente falta de regulamentação destacada pelo autor, procedimentos matemáticos são usados para o cálculo do preço de referência. O próprio manual do STJ esclarece que o preço de referência deve ser realizado com o uso da média aritmética, mediana ou menor preço ([SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA, 2021](#)); admitindo-se também o emprego de outras metodologias, como destacado na IN SEGES/ME 65/2021 ([MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021](#)).

A média aritmética, calculada pela Equação 2.1, possui um contexto de uso e algumas propriedades que devem ser consideradas. [Amaral e Brandão \(2023\)](#) informam que a média é uma medida representativa que se posiciona entre os valores extremos de um conjunto de dados, podendo ser influenciada por eles, sendo inteira ou decimal, dependendo do fenômeno analisado e a soma dos desvios em relação a ela é igual a zero.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.1)$$

Desse modo, cada preço coletado é somado aos outros preços e, ao final, toma-se a divisão do resultado pela quantidade total de preços coletados.

Cazorla, Utsumi e Magina (2023) aduzem que a mediana é a medida que separa o conjunto de dados em duas partes iguais, de modo que 50% dos valores são menores ou iguais a ela, enquanto os outros 50% são maiores ou iguais.

Quando da utilização da mediana, Cox (2017) enaltece que a mediana se trata de uma medida de tendência central cuja principal característica é separar o conjunto de dados em duas metades iguais. Desse modo, a fórmula para o cálculo mediana (Md), mediante o conceito de separação de dados trazida pelo autor, é a representada na Fórmula 2.2, para uma amostra de preços com quantidade par:

$$Md = \frac{X_{\frac{n}{2}} + (X_{\frac{n}{2}+1})}{2} \quad (2.2)$$

Divide-se por 2 a amostra de preços ordenada para achar a posição do primeiro elemento da soma e, em seguida, soma-se uma unidade para encontrar a posição posterior e, ao final, os números das posições calculadas são divididos por 2. Para amostras ímpares, basta dividir o total da amostra por 2 e somar 1 (uma) unidade para encontrar o preço que representa a posição indicada.

A nova Lei de Licitações esclarece no artigo 23, parágrafo 1º, inciso I, que a mediana deve ser o valor máximo a ser colocado no preço de referência<sup>2</sup>, se o correspondente painel para consulta de preços for escolhido como critério para formação do preço de referência da licitação (BRASIL, 2021).

Em sua abordagem, Brasil (2019) explica o uso da média saneada (MS)<sup>3</sup>, conforme Figura 1, citando como exemplos a Dataprev e o Tribunal Regional Federal da 4ª Região, órgãos públicos brasileiros que usam tal medida, a qual seria uma espécie de média aritmética simples calculada após a retirada dos limites superior, calculado conforme Fórmula 2.3 e inferior, calculado conforme a Fórmula 2.4, recomendando o seu uso sempre que o coeficiente de variação dos preços for superior a 25%.

$$LS = \mu + \sigma \quad (2.3)$$

$$LI = \mu - \sigma \quad (2.4)$$

Sobre o coeficiente de variação (CV), usado na média saneada, Tatis, Corrente e Fumes-Ghantous (2022) esclarecem que se pode estimar quanto uma determinada variabilidade em um

<sup>2</sup> A norma vale para o primeiro critério, descrito no inciso I, quando se usa o painel para consulta de preços. Os outros critérios são: contratações similares da Administração Pública, média especializada, pesquisa direta com fornecedores e consulta na base nacional de notas fiscais eletrônicas. A Lei afirma que os critérios podem ser usados de forma combinada ou não. (BRASIL, 2021)

<sup>3</sup> A metodologia da média saneada, ao usar como parâmetros a média e o desvio-padrão, supõe que as amostras de preços devem seguir uma distribuição normal. Como apontado nos estudos de Bussab e Morettin (2023) e Mattos, Konrath e Azambuja (2017), tais parâmetros só são usados quando os dados representam uma distribuição normal.

Figura 1 – Exemplo de utilização da Média Saneada

Item	Unit (A)	Unitário Real	Unit Real Cópia (B)	TOTAL (C)
1	2,18	2,18	EXCLUIDO	5.451,25
2	35,00	1,75	EXCLUIDO	1.050,00
3	17,11	0,86	0,86	59.029,50
4	0,79	0,79	0,79	3.950,00
5	15,66	0,78	0,78	783,00
6	0,78	0,78	0,78	1.170,00
7	0,30	0,30	EXCLUIDO	4.620,00
Preço de Referência (média saneada) 0,80	Media	1,06	0,80	
	Desvio Padrão	0,66	0,04	
	CV	62%	5%	
	LS	1,72	0,84	
	LI	0,41	0,76	

Fonte: (BRASIL, 2019, p. 94)

conjunto de dados está ocorrendo em torno da média, especialmente em uma análise exploratória para dados assimétricos com presença de pontos discrepantes e pode ser calculado para uma determinada amostra como a razão entre o desvio-padrão, calculado por meio da Fórmula 2.5 e a média do conjunto de dados, multiplicando-se o valor restante por 100, de modo a obter-se o percentual de variabilidade, conforme a Fórmula 2.6.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{N}} \quad (2.5)$$

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} * 100 \quad (2.6)$$

Mattos, Konrath e Azambuja (2017) explicam que na média aritmética simples, todos os valores possuem o mesmo peso. No entanto, em certas situações, pode-se atribuir maior relevância a algumas observações por meio da média aritmética ponderada. Assim, de acordo com os autores, a média ponderada é representada pela Fórmula 2.7, onde o numerador representa

a soma dos produtos de cada elemento por seu peso específico e o denominador pela soma dos pesos atribuídos aos elementos.

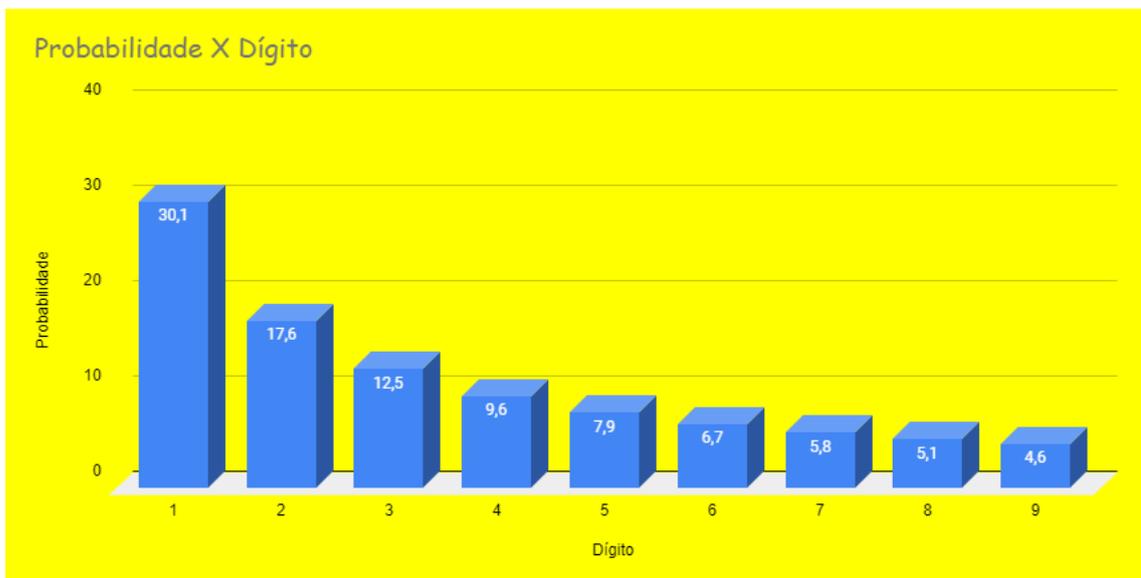
$$\bar{x}_p = \frac{\sum_{i=1}^k x_i \times p e_i}{\sum_{i=1}^k p e_i} \quad (2.7)$$

A IN SEGES/ME 65/2021 inclui a adoção do menor preço obtido como metodologia para cálculo do preço de referência, exigindo apenas que os preços obtidos pelo gestor público obedeam às fontes que a própria Instrução Normativa menciona, como preços obtidos junto a fornecedores, pesquisas em mídias especializadas e contratações similares de outros órgãos administrativos e entidades públicas. (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021)

## 2.6 Estratégias Matemáticas Ainda Não Exploradas

De acordo com Souza et al. (2024), a aplicação da lei de Benford ultrapassa o ramo da estatística e pode ser aplicada em auditorias e em procedimentos investigativos que visam à descoberta de fraudes e, havendo divergência entre a distribuição esperada pela lei de Benford e a distribuição analisada dos dígitos iniciais, há indícios de manipulação de dados. Os autores ainda explicam que a probabilidade de o primeiro dígito ocorrer numa sequência de dados é disposta em ordem decrescente, do número 1 ao 9, que pode ser exemplificada na Figura 2.

Figura 2 – Dígitos e respectivas probabilidades esperadas, segundo a Lei de Benford



Fonte: Elaboração própria, 2024

Sobre a aplicação da Lei de Benford (LB) no âmbito interdisciplinar, Macedo e Nardi (2025) afirmam que a pesquisa de Benford impulsionou diversas investigações sobre a variabilidade numérica com base em sua Lei, que analisa a probabilidade relacionada às mantissas dos

logaritmos. Essa abordagem permite examinar a frequência dos dígitos significativos e tem sido aplicada em diferentes campos do conhecimento, inclusive na contabilidade.

Bugarin e Cunha (2017) explicam que qualquer anomalia em relação a esse padrão esperado do primeiro dígito segundo a LB pode representar um indício de fraude ou manipulação nos números analisados, o que demandaria uma investigação complementar para comprovar a ocorrência da não conformidade dos dígitos ao referido teorema, contextualizando que essa probabilidade pode ser calculada como o logaritmo na base 10 de 1 somado a 1 sobre o primeiro dígito, de modo a fazer o comparativo com a probabilidade esperada e assim comprovar o balizamento com a lei de Benford, conforme exemplo disposto na Fórmula 2.8:

$$Prob(D_1 = d_1) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1}\right) \quad (2.8)$$

Conforme explicitado por Souza et al. (2024), usam-se o teste qui-quadrado e o teste z para avaliar se os dados que estão dispostos na amostra efetivamente seguem a LB, procedendo-se a uma análise posterior se os registros não aderirem à probabilidade esperada do primeiro dígito.

Um caso particular relevante da distribuição gama descrito por Bussab e Morettin (2023) ocorre quando se define o parâmetro  $\alpha$  como sendo igual a  $\nu$  dividido por 2 e o  $\beta$  como 2, considerando que  $\nu$  é um número inteiro positivo, formando-se então a distribuição qui-quadrado, cuja função de densidade probabilística é a descrita na Figura 3:

Figura 3 – Função da distribuição qui-quadrado

$$f(y; \nu) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\nu/2)2^{\nu/2}} y^{\nu/2-1} e^{-y/2}, & y > 0 \\ 0, & y < 0. \end{cases}$$

**Fonte: (BUSSAB; MORETTIN, 2023, p.209)**

Segundo Souza et al. (2024), o teste Qui-quadrado possui duas principais variações: o teste de independência, utilizado para verificar se duas variáveis categóricas são independentes entre si, e o teste de ajuste, empregado para avaliar se uma amostra segue uma distribuição teórica específica, como a prevista pela Lei de Benford. Os autores também afirmam que o teste Z é uma ferramenta estatística utilizada para comparar um valor observado com a distribuição normal padrão, a fim de verificar se há uma diferença estatisticamente significativa entre a amostra analisada e a população de origem.

O teste Z descrito por Souza et al. (2024) pode ser realizado calculando-se a variável aleatória correspondente por meio da Fórmula 2.9, que representa uma variável aleatória com média  $\mu$  e desvio-padrão  $\sigma$ , que representam os parâmetros da distribuição normal correspondente.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2.9)$$

Menino, Onuchic e Barbosa (2016) afirmam que a média harmônica deve ser utilizada nos casos em que se trabalha com a adição de inversos, pois ela corresponde ao inverso da média aritmética dos inversos dos valores. Nesse sentido, o conceito trazido pelos autores leva à Fórmula 2.10, que basicamente representa o total de elementos na amostra dividido pelo somatório dos inversos de cada elemento.

$$\mu_H = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i}} \quad (2.10)$$

Mattos, Konrath e Azambuja (2017) agregam que as médias aritmética, geométrica e harmônica apresentam o mesmo valor apenas quando os dados são todos iguais. Com o aumento da variabilidade entre as observações, a diferença entre elas também se acentua, obedecendo à relação:  $\mu_H \leq \mu_G \leq \mu$ . Enquanto a média aritmética é mais sensível aos valores altos, a média harmônica sofre maior influência dos valores mais baixos. Desse modo, uma propriedade importante da média harmônica usada neste estudo é o fato de que a média harmônica sempre será inferior à média aritmética simples, sendo no máximo igual à média aritmética, no “pior dos casos”:

De acordo com Mattos, Konrath e Azambuja (2017), os quartis dividem a distribuição em quatro partes iguais, de modo que cada uma delas contém 25% das observações do conjunto de dados. Desse modo, o primeiro quartil representa a primeira parte da distribuição da amostra de quatro partes, devidamente ordenada, diferenciando-se da mediana porque, enquanto a mediana representa o segundo quartil, ou 50% dos dados da amostra ordenados, o primeiro quartil representa 25% dos dados ordenados.

Conforme ilustram Sharpe, De Veaux e Velleman (2011), os modelos da distribuição normal são caracterizados por dois parâmetros: a média, representada pela letra grega  $\mu$ , e o desvio-padrão, simbolizado por  $\sigma$ . Por convenção, essa notação expressa o modelo como  $N(\mu, \sigma)$ , indicando uma distribuição normal com média  $\mu$  e desvio-padrão  $\sigma$ .

Ainda conforme Sharpe, De Veaux e Velleman (2011), quando a média for igual a 0 e o desvio padrão for igual a 1, tem-se um caso particular da distribuição normal denominado distribuição normal padrão, com parâmetros  $N(0,1)$  para  $\mu$  e  $\sigma$ , respectivamente. Bussab e Morettin (2023) ainda acrescenta a nomenclatura “distribuição normal reduzida” e aduz que a função densidade de probabilidade para  $N(0,1)$  é a disposta na Fórmula 2.11.

$$\phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}, -\infty < z < \infty \quad (2.11)$$

Desse modo, Souza et al. (2024) acrescentam que se pode estimar a probabilidade de

determinados valores numéricos ocorrerem em uma determinada amostra, estabelecendo-se um intervalo de confiança, hipóteses nula e alternativa, aplicando-se o Teste Z respectivo.

## 2.7 Engenharia de Software

Segundo [Faria \(2024\)](#), o *Spring Boot* é um *framework* desenvolvido pela *VMware* em Java e de código aberto e inclui configuração automática, servidor embutido, injeção de dependência, módulos pré-configurados, monitoramento e testes unitários.

[Donato e Zuchi \(2021\)](#) retratam que a arquitetura hexagonal é uma alternativa viável por isolar as regras de negócio das dependências externas por meio de portas e adaptadores. Essa abordagem alinha-se aos princípios da arquitetura limpa, na qual elementos como banco de dados, *interfaces* ou ferramentas externas não interferem na lógica central do sistema.

O modelo de visões “4+1” explanado por [Kruchten \(1995\)](#) afirma que a arquitetura de software envolve abstração, decomposição, composição, estilo e estética, sendo comumente descrita por meio de um modelo com múltiplas visões:

- **Visão Lógica:** representa o modelo de classes/objetos e as relações entre componentes do domínio.
- **Visão de Processos:** voltada para concorrência, comunicação e sincronização entre processos.
- **Visão de Desenvolvimento:** detalha a estrutura estática do sistema no repositório (módulos, camadas e dependências).
- **Visão Física:** descreve a distribuição/implementação do *software* na infraestrutura (nós, processos, conexões).
- **Visão de Cenários (“+1”):**, composta por cenários ou casos de uso significativos que exercitam requisitos críticos e validam as demais visões, servindo de fio condutor para decisões e *trade-offs* arquiteturais.

Na arquitetura hexagonal, o funcionamento das portas e adaptadores, conforme explicado por [Cockburn \(2005\)](#), permite que a aplicação receba eventos do meio externo de forma abstraída, sem precisar conhecer a natureza dos dispositivos envolvidos. O adaptador converte as entradas em chamadas compreensíveis ao sistema e, de modo semelhante, traduz as saídas da aplicação em sinais adequados ao receptor, garantindo uma interação consistente e independente da tecnologia utilizada.

[Hu et al. \(2023\)](#) afirmam que *frameworks* de aprendizado de máquina como *TensorFlow* adotam comumente uma linguagem hospedeira (exemplo: *Python*) e *C/C++* como convidada,

unindo a produtividade da linguagem hospedeira ao desempenho de C/C++. Porém, segundo o autor, escrever *software* multilíngue seguro e confiável é desafiador: o desenvolvedor precisa lidar com diferenças de gerenciamento de memória, tratamento de exceções e sistemas de tipos; enquanto inteiros na linguagem hospedeira podem ter precisão arbitrária e permitir indexação negativa, em C eles têm tamanho fixo e índices de arranjo que não podem ser negativos.

# 3

## Metodologia

Esta pesquisa emprega um percurso metodológico de caráter aplicado e estratégia mista, articulando revisão normativo-doutrinária, desenvolvimento de artefato de *software* e avaliação empírica controlada. O objetivo é estabelecer um fluxo reprodutível — do enquadramento legal ao teste de campo — para demonstrar que a combinação de estatísticas, Lei de Benford e aprendizado de máquina pode elevar a precisão do preço de referência em licitações brasileiras.

### 3.1 Enquadramento Doutrinário e Mapeamento Sistemático

A fase inicial consistiu em escrutinar diplomas legais, acórdãos do Tribunal de Contas da União (TCU)<sup>1</sup> e outras normas regulatórias que abordam o tema de formação do preço de referência em licitações brasileiras, de maneira a coletar informações sobre os procedimentos metodológicos e restrições nessa etapa da licitação, conforme Quadro 1.

A fim de realizar um levantamento acerca dos procedimentos realizados na Administração Pública, procedeu-se ao levantamento de artigos científicos e publicações que fazem menção ao cálculo do valor de referência em licitações e assuntos correlatos, metodologia aplicada e busca de artigos sobre estimação de preço em licitações internacionais, com o intuito de averiguar a adequação dos algoritmos e ferramentas utilizados para uma similaridade mais acurada em comparação aos preços vigentes no mercado.

O mapeamento sistemático busca responder as seguintes questões de pesquisa:

#### 1. Como calcular o preço de referência em licitações?

<sup>1</sup> “As Decisões do Tribunal de Contas da União, relativas à aplicação de normas gerais de licitação, sobre as quais cabe privativamente à União legislar, devem ser acatadas pelos administradores dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios” (BRASIL, 1994). Esse é o teor da Súmula 222 do TCU, que salienta que a jurisprudência do TCU em matéria de licitações não se aplica somente ao âmbito federal, mas também a órgãos estaduais e municipais.

Quadro 1 – Normas específicas sobre preço de referência

Norma	Abordagem
Lei 14.133/2021 (BRASIL, 2021)	Define a origem dos preços que serão usados na formação do preço de referência.
IN SEGES/ME 65/2021 (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2021)	Define a metodologia para obtenção do preço estimado (menor preço, média ou mediana, admitindo outros algoritmos não especificados).
Acórdão TCU 3068/2010 (Plenário) (BRASIL, 2010)	Destaca a média e mediana como melhores estimadores em relação ao menor preço.
Acórdão TCU 403/2013 (Primeira Câmara) (BRASIL, 2013b)	Corroborar que a pesquisa de preços demanda uma avaliação criteriosa dos preços obtidos, a fim de identificar elevadas variações.
Acórdão TCU 2622/2013 (Plenário) (BRASIL, 2013a)	Define que as estimativas de custo de obras públicas devem observar o primeiro quartil como valor mínimo.
Acórdão TCU 8514/2017 (Segunda Câmara) (BRASIL, 2017)	Na elaboração de orçamento estimativo para equipamentos a serem fornecidos em mercado restrito, devem ser adotados os valores decorrentes das cotações mínimas, e não os das medianas.
Acórdão TCU 718/2018 (Plenário) (BRASIL, 2019)	Reforça outras origens dos preços, garantindo que a Administração Pública não obtenha preços exclusivamente de fornecedores.
Acórdão TCU 143/2019 (Plenário) (BRASIL, 2018)	Reforça outras origens dos preços, garantindo que a Administração Pública não obtenha preços exclusivamente de fornecedores.

Fonte: Elaboração própria, 2025

2. Quais são as vantagens e limitações da média, menor preço e mediana?
3. Como o uso de abordagens pode impactar na melhoria do preço de referência?
4. Quais ferramentas e procedimentos são utilizados hoje para cálculo do preço de referência?

5. Quais estudos de outros algoritmos personalizados para cálculo do valor de referência em licitações brasileiras?

No Quadro 2 são apresentadas as palavras-chave utilizadas para formar a *string* de busca, com o intuito de buscar referências de algoritmos usados, enquanto que no Quadro 3 é apresentada a *string* utilizada para as buscas nas bases, de modo a tecer uma maior efetividade nos resultados a serem coletados:

Quadro 2 – Palavras-Chave utilizadas na *string* de busca

Palavra-chave	Sinônimo em Inglês
licitação	public bidding
valor de referência	quotation, estimated value

Fonte: Elaboração própria, 2024

Quadro 3 – *String* utilizada para realizar as buscas nas bases

**( licitação OR pregao OR concorrancia OR "public bidding"  
OR licitación OR "licitación pública") AND ( "valor de referencia"  
OR referencia OR quotation OR cotacao OR "preco de referencia"  
OR precio OR preço OR price OR "planilha de preço"  
OR "estimated value"OR "estimated price")**

Fonte: Elaboração própria, 2024

Foram utilizadas as bases científicas *Scopus*, *IEEE Xplore Digital Library*, *Web of Science* para a realização da pesquisa, assim como a adição de artigos manuais, de acordo com critérios de relevância e oportunidade. Quando da adição manual de trabalhos acadêmicos e publicações disponíveis que tratam do cálculo do valor de referência em licitações, tal necessidade mostrou-se relevante, pois o uso de algoritmos para cálculo do valor de referência em compras públicas mostrou-se pouco abordado:

- Scopus <<<http://www.scopus.com>>>;
- IEEE Xplore Digital Library <<<http://ieeexplore.ieee.org>>>;
- Web of Science <<<https://www.webofknowledge.com/>>>;
- *Association for Computing Machinery (ACM) Digital Library* <<<https://dl.acm.org>>>;
- *Springer* <<<https://link.springer.com/>>>;
- *ScienceDirect* <<<https://www.sciencedirect.com/>>>;
- Artigos adicionados manualmente.

Por fim, os critérios de exclusão adicionais para a aceitação das publicações foram dispostos em dois critérios distintos, a fim de evitar uma fundamentação baseada em estudos redundantes e sem correlação com os objetivos:

1. Estudos duplicados;
2. Estudos fora do escopo.

A estratégia utilizada para ler os artigos teve como enfoque o comparativo das palavras-chave utilizadas pelos autores com as perguntas que foram objetos da presente pesquisa, incluindo os termos “licitação” e definições correlatas. Após a coleta e averiguação das palavras-chave que deram suporte aos trabalhos já realizados, procedeu-se à análise da conformidade entre os títulos das abordagens defendidas pelos autores com o tema “preço de referência”, muitas vezes tendo como sinônimo as expressões “valor estimado”, “orçamento ” e outros correlatos.

Para serem selecionados para compor o presente estudo, os artigos foram submetidos a critérios adicionais estabelecidos no Quadro 4 e, se houvesse pelo menos um critério crítico não atendido, o artigo não comporia o presente estudo. Desse modo, foram propostas 5 perguntas que funcionaram como critério para seleção e exclusão dos artigos, feitas de maneira gradual, da primeira à quinta pergunta.

Assim, analisou-se sequencialmente se o artigo atendia à primeira pergunta; se sim, incluía-se o artigo automaticamente, pois uma resposta afirmativa hierarquicamente excluía as outras perguntas; no entanto, em caso negativo, passava-se então à próxima pergunta em ordem crescente de numeração e, em caso negativo, se fosse um critério crítico, excluía-se sumariamente o artigo analisado.

Quadro 4 – Quadro de critérios de seleção e exclusão de artigos

<b>Sigla do Critério</b>	<b>Critério de Seleção de Artigos</b>	<b>Crítico?</b>
C1	O artigo aborda diretamente formação de preço de referência em licitações públicas?	Não
C2	Em caso negativo ao C1, o artigo apresenta algoritmos com resultados significantes que evidenciam subpreço ou sobrepreço em auditoria de licitações?	Sim
C3	O artigo está publicado em periódico científico ou em anais de congressos?	Não
C4	Em caso negativo ao C3, o artigo NÃO é peça acadêmica submetida sem revisão por pares?	Sim
C5	O artigo científico é posterior ao ano de 2015?	Não
C6	Em caso negativo ao C5, o artigo possui relevância suficiente para justificar sua inclusão?	Sim

**Fonte: Elaboração própria, 2025**

Em relação aos critérios do Quadro 4, o critério C1 foi escolhido em virtude da grande diversidade de atividades contidas na licitação. Conforme [Carvalho Filho \(2018\)](#) menciona, a licitação se desenvolve em várias etapas e atos, que vão desde a especificação do objeto, passando pelo orçamento estimativo, publicação do edital, fase externa do certame e execução contratual, incluindo eventuais prorrogações. Desse modo, o foco no preço de referência traz clareza e objetividade ao estudo e evita a abordagem de conceitos redundantes, mas não é crítico porque podem existir soluções inexploradas na fase de orçamentação que agregariam valor ao processo licitatório.

O critério C2, por sua vez, guarda correlação direta com os problemas que mais afetam a formação do preço de referência em licitações: o sobrepreço e subpreço. Desse modo, estudos que não possuem evidência matemática, estatística, teórica, computacional ou procedimental que possam ser usados para mitigar o problema de sobrepreço e subpreço não são inclusos no estudo.

Os critérios C3 e C4 se justificam em virtude da relevância acadêmica e do impacto científico de artigos publicados em anais de congressos, especialmente se submetidos por meio do processo do tipo *Blend Review*, que se caracteriza por uma avaliação por pares e sem contato com os autores das publicações. Evidentemente, peças acadêmicas que não seguiram esse procedimento foram excluídas do presente estudo e não compuseram a presente obra.

Sobre a importância da revisão por pares em artigos científicos, [Silva \(2021\)](#) destaca que a revisão por pares exerce um papel fundamental nas dinâmicas de poder presentes na ciência, pois contribui tanto para a manutenção da estrutura dos campos científicos quanto para a definição do que é considerado válido e legítimo dentro da produção científica. No mesmo sentido, [Camillo, Graffunder e Sepel \(2022\)](#) retratam a importância da revisão por pares na qualidade acadêmica e evidenciam a sua relevância para a academia brasileira.

O critério C5 delimita o ano de 2015 como data de corte de inclusão de artigos, estabelecendo o lapso temporal de 10 anos de estudo. Como a lei atual de licitações é do ano de 2021, limitar a pesquisa a partir da publicação da nova lei limitaria bastante o teor científico da pesquisa, pois muitos trabalhos e estudos foram publicados na vigência da antiga lei de licitações e não houve avanço normativo significativo em relação ao preço de referência, que permanece sem ser abordado explicitamente na nova lei.

Como o critério C5 não é crítico, trabalhos anteriores a 2015 poderiam ser inclusos, mas teria de ter relevância para sua inclusão, como abordado no critério C6, o que seria atendido por meio de metodologias constantes do trabalho com potencial de incrementar a eficiência na formulação do preço de referência.

Por derradeiro, foi feita uma análise decorrente das metodologias empregadas pelos autores para o cálculo do preço de referência em licitações e o contexto empregado para a escolha das diferentes metodologias, incluindo o risco de assunção de valores exorbitantes ou subestimados, ademais de estudos advindos para a confecção de ferramentas e métodos

alternativos para esse cálculo.

Os resultados e discussões a respeito da metodologia proposta para o mapeamento sistemático estão delineados no Capítulo 6 e servem de base para a construção dos modelos de algoritmos utilizados e solução proposta via engenharia de *software*, que desencadeou a busca por portais de dados abertos governamentais, *Application Programming Interface* (API) para busca de dados de licitações e outras ferramentas para a montagem completa da solução.

## 3.2 APIs Utilizadas

Foram utilizadas 3 APIs de dados abertos disponíveis publicamente, todas desenvolvidas pela Administração Pública Federal, descritas nas próximas subseções e tendo sido utilizadas com diferentes intuítos: adquirir massa de dados para o treinamento do algoritmo via *Machine Learning* (ML), consulta de preços de licitação de acordo com o item requerido e detalhamento técnico do item submetido à licitação, todas sendo utilizadas para construção dos algoritmos usados pelo *software* objeto deste estudo, de modo que o *software* procedesse à construção do preço de referência de licitações de maneira inteligente.

### 3.2.1 Compras Dados Abertos

A API de dados abertos de compras governamentais é atualmente mantida pela SEGES, vinculada hierarquicamente ao Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos (MGI) ([MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2024b](#)). A API atualmente se encontra na versão 1.0, atualizada em março de 2025, na data de apresentação deste trabalho.

A referida API dispõe de um manual prático de utilização, elaborado pela mesma SEGES, que detalha com exatidão o funcionamento de cada *endpoint*, recurso específico que pode ser acessado na API, incluindo os detalhes de requisição que precisam ser enviados, parâmetros e corpo da requisição, assim como os diferentes atributos que os recursos esperam receber por parte do usuário, incluindo um *swagger* que permite a execução de requisições ([MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2025](#)).

Em particular, para a execução do presente trabalho, o *software* objeto do presente estudo utiliza apenas 3 dos recursos disponibilizados por essa API, descritos no Quadro 5, fornecendo funcionalidades específicas para uso na formação do preço de referência, em diferentes contextos e cenários e dados específicos de cada Unidade Administrativa de Serviços Gerais (UASG).

Como exemplo de utilização da referida API, suponha-se que o usuário queira verificar quais são os preços do item “Água Mineral” em outros órgãos públicos, de modo a atender uma das fontes de preços aceitáveis na legislação e na doutrina, que são “preços praticados em outros órgãos da Administração”, com o intuito de posteriormente aplicar o algoritmo cabível (média,

Quadro 5 – Lista de *endpoints* usados da API de dados abertos de compras

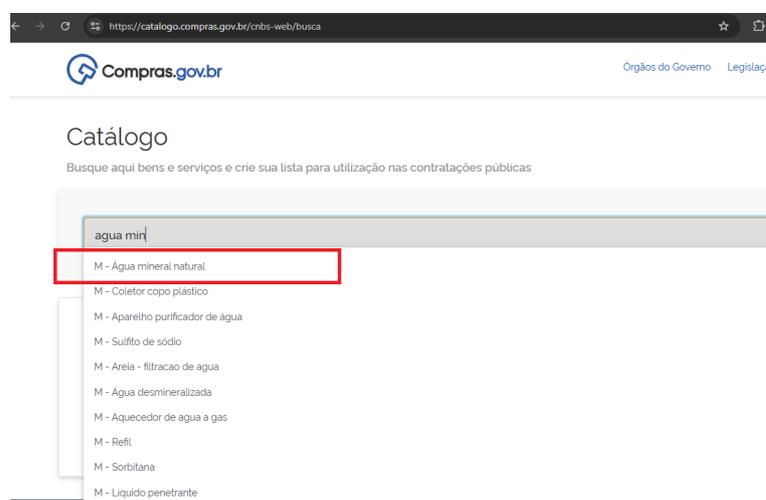
Endpoint	Funcionalidade
{api}/modulo-material/ 6_consultarMaterialUnidadeFornecimento	Fornece detalhes específicos sobre a unidade de fornecimento do item.
{api}/modulo-material/ 7_consultarMaterialCaracteristicas	Verifica as características específicas do item.
{api}/modulo-pesquisa-preco/ 1_consultarMaterial	Traz dados de licitações para o item pesquisado, incluindo o preço de aquisição.
{api}/modulo-pesquisa-preco/ 2_consultarMaterialDetalhe	Traz outros dados da licitação, de uma maneira mais detalhada.
{api}/modulo-uasg/ 1_consultarUasg	Consulta a UASG de interesse, retornando informações específicas com dados do órgão público.

Fonte: Elaboração própria, 2025

mediana, menor preço ou outro).

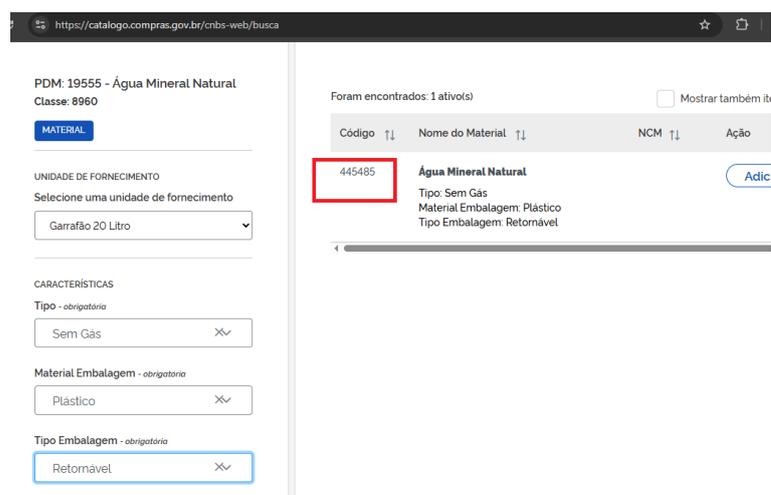
Em primeiro lugar, o usuário deve adquirir o código do Catálogo de Materiais (CATMAT) do item sob cotação, que pode ser obtido pelo serviço auxiliar que permite a busca de bens, serviços e criação de lista para utilização nas contratações públicas ([SERVIÇO FEDERAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS, 2022](#)). Isso é feito digitando-se o nome do material do item que está sendo cotado, conforme Figura 4. Em seguida, de posse do código do Produto Descritivo Básico (PDM), o usuário deve filtrar as opções disponíveis, como unidade de fornecimento, características e outras informações relevantes e, atendidos os critérios de busca, poderá coletar por fim o código CATMAT para o item requerido, como mostra a Figura 5.

Figura 4 – Passo 1: Usuário digita parte do nome do item para encontrar o PDM



Fonte: Elaboração própria, 2025

Figura 5 – Passo 2: Usuário filtra as características do item e encontra o código CATMAT



Fonte: Elaboração própria, 2025

Desse modo, uma vez encontrado o código CATMAT na plataforma auxiliar<sup>2</sup>, o usuário pode efetivar diretamente a requisição no *endpoint* da API de dados abertos de compras públicas para buscar os preços de “água mineral em galões de 20 litros” em outros órgãos da Administração Pública, de maneira automatizada.

Usando o próprio *Swagger* disponibilizado pela API, pode-se montar diretamente a requisição da plataforma com os parâmetros requeridos, que são “codigoItemCatalogo”, “pagina” e “tamanhoPagina”, conforme se pode visualizar na Figura 6, que gerou a seguinte requisição disposta no Quadro 6, com *Uniform Resource Locator* (URL) que pode ser feita diretamente em qualquer navegador com acesso a *World Wide Web* (WEB). Insta salientar que esses dois últimos parâmetros não são obrigatórios, mas funcionam como limitadores da consulta, pois um tamanho de página elevado demanda representar um elevado tempo de processamento, mas também é útil no consumo de uma massa de dados maior, como no caso do presente trabalho.

Quadro 6 – URL de consulta para pesquisa de preços do item Água Mineral, com o CATMAT informado

URL
<a href="https://dadosabertos.compras.gov.br/modulo-pesquisa-preco/1_consultarMaterial?pagina=1&amp;tamanhoPagina=10&amp;codigoItemCatalogo=445485">https://dadosabertos.compras.gov.br/modulo-pesquisa-preco/1_consultarMaterial?pagina=1&amp;tamanhoPagina=10&amp;codigoItemCatalogo=445485</a>

Fonte: Elaboração própria, 2025

Dessa maneira, após a execução da consulta, a resposta da API é dada no formato *JavaScript Object Notation* (JSON) e está detalhada no Anexo A. A resposta da API traz riqueza de detalhes e traz muitas informações relacionadas às licitações para o item pesquisado, como Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) do fornecedor, preço unitário de aquisição (maior

<sup>2</sup> A obtenção do CATMAT é essencial para alimentar o *back-end*, pois todo o fluxo de elaboração do preço de referência no *software* se inicia com o código do material.

Figura 6 – Montagem de parâmetros para pesquisa de preços com o CATMAT de interesse

Name	Description
pagina integer(\$int32) (query)	1
tamanhoPagina integer(\$int32) (query)	10
codigotemCatalogo * required integer(\$int32) (query)	445485
codigoUasg string (query)	codigoUasg
estado string (query)	estado
codigoMunicipio integer(\$int32) (query)	codigoMunicipio
dataResultado boolean (query)	--
codigoClasse integer(\$int32) (query)	codigoClasse

Fonte: Elaboração própria, 2025

interesse do presente estudo), nome do órgão público promotor da licitação, estado de localização do órgão e muitos outros detalhes.

Este estudo fez uso dessa API em específico para integrá-la ao *software* objeto deste estudo, de modo a coletar preços de licitações para o material sob análise, treinar o algoritmo de ML para detecção de sobrepreço e subpreço e fazer a aplicação dos algoritmos necessários para formação do preço de referência.

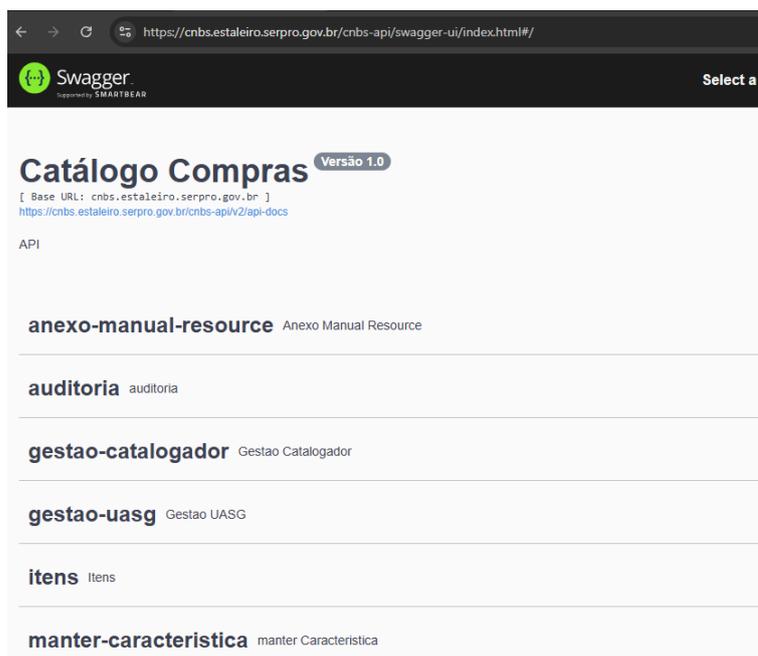
### 3.2.2 Catálogo Nacional de Bens e Serviços

A API do Catálogo Nacional de Bens e Serviços (CNBS) é mantida pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) e contém *endpoints* para busca de informações referentes a especificações de produtos e serviços, servindo como *back-end* do serviço auxiliar descrito Figura 5 e permitindo a busca de especificações técnicas e códigos PDM e CATMAT do material de interesse submetido à cotação de preços (SERVIÇO FEDERAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS, 2024).

Conforme ilustra a Figura 7, a API possui *Swagger* disponível publicamente com diversos *endpoints*, mas apenas 3 deles são de interesse do presente estudo, os quais são descritos de maneira detalhada no Quadro 7 e podem ser consumidos por meio do protocolo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) com o método *GET*, sem necessidade de *Token* ou recurso adicional.

Dessa maneira, os *endpoints* descritos no Quadro 7 são utilizados pelo sistema auxiliar que recupera o código CATMAT com base no material fornecido pelo usuário, que vai filtrando as

Figura 7 – Swagger da API CNBS utilizado para obtenção do CATMAT e especificações técnicas

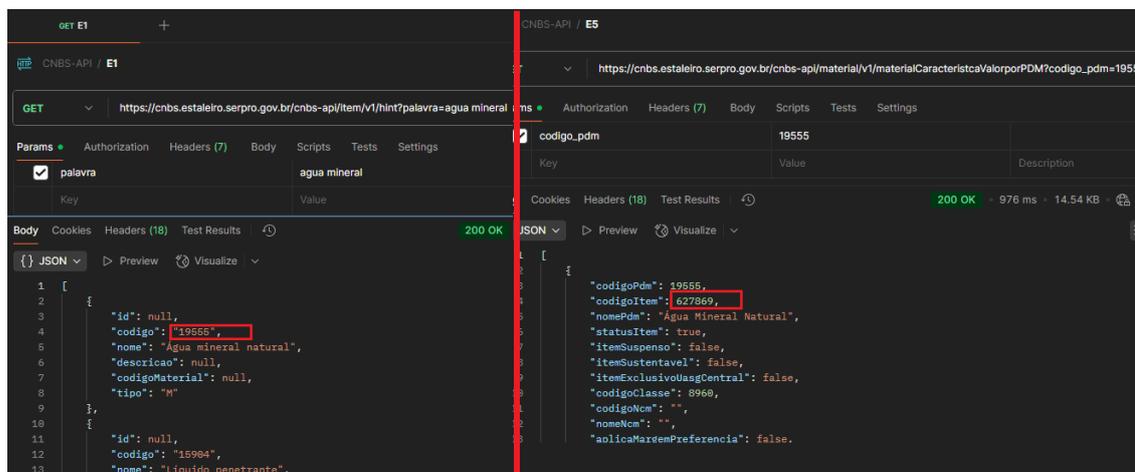


Fonte: Elaboração própria, 2025

características e unidades de fornecimento até adquirir o código CATMAT com sua especificação que melhor atenda ao seu interesse, antes de seguir com a pesquisa de preços.

Desse modo, em complemento ao Quadro 7, a Figura 8 mostra o exemplo de busca pelo código de PDM por meio do *endpoint* E1 que recebe parte do nome do item como parâmetro e a busca do código CATMAT pelo *endpoint* E5, que recebe o código PDM obtido na primeira requisição.

Figura 8 – *Endpoint* E1 à esquerda retorna o código PDM, enquanto o E2 retorna o CATMAT



Fonte: Elaboração própria, 2025

Quadro 7 – Lista de *endpoints* da API CNBS usados no presente estudo

Sigla	Endpoint	Uso Específico
E1	{api}/item/v1/hint	Fornecer uma lista de materiais com os caracteres trazidos pelo usuário, com código PDM e nome básico.
E2	{api}/material/v1/dadosbasicospdmporcodigo	Fornecer uma visão geral sobre os materiais com o código PDM informado.
E3	{api}/material/v1/caracteristicaPorCodigoPdm	Fornecer uma lista completa de todas as características disponíveis para o código PDM, com os respectivos códigos.
E4	{api}/material/v1/idadeFornecimentoPorCodigoPdm	Fornecer uma lista completa de todas as unidades de fornecimento disponíveis para o código PDM.
E5	{api}/material/v1/materialCaracteristicaValorporPDM	Fornecer uma lista completa das características em E3 e E4 para o código PDM informado, com o respectivo CATMAT.

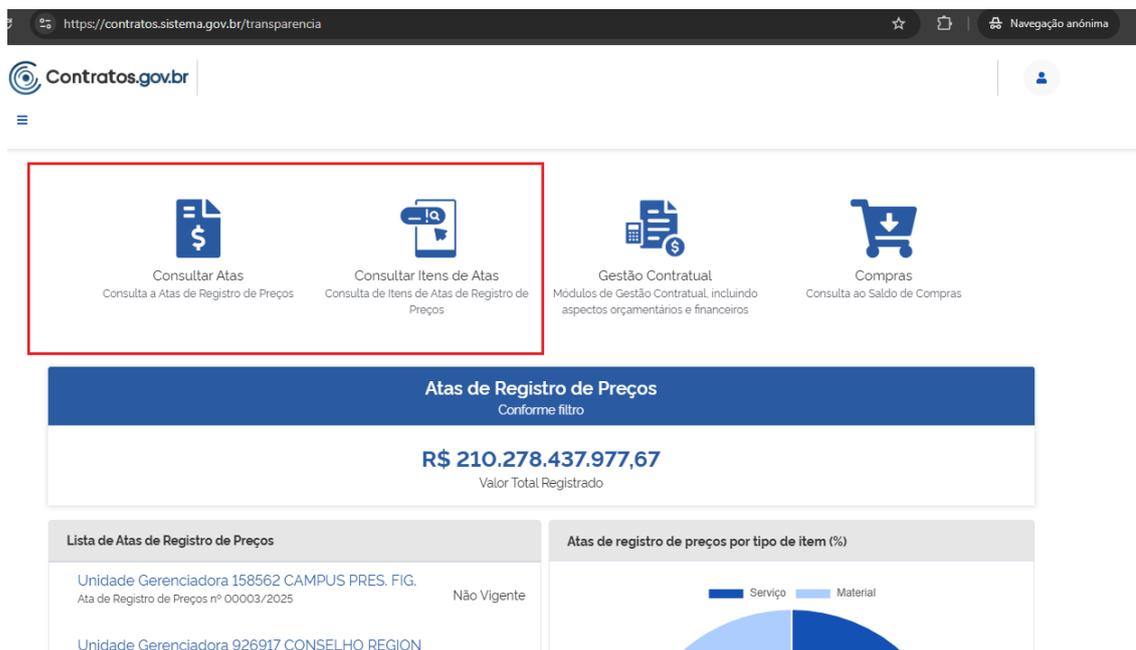
Fonte: Elaboração própria, 2025

### 3.2.3 Portal de Transparência de Contratos Administrativos

A terceira API utilizada pelo *software* objeto deste estudo é a API do Governo Federal de transparência de contratos, que oferece a opção de consulta de atas e itens de atas de registro de preço de licitações, mas não possui manual técnico ou *swagger* disponíveis (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2023). Como detalhado na Figura 9, o Portal conta com 2 módulos práticos de interesse da presente pesquisa: o módulo de consultar atas e o módulo de consultar itens de atas, os quais também podem ser acessados diretamente por meio da *interface* WEB.

Um aspecto importante a ser mencionado é que, na fase inicial da presente pesquisa, desencadeada em outubro de 2023, o referido portal (*front-end*) possuía esses dois módulos acessíveis livremente no próprio portal WEB sem necessidade de login, ocasião em que se realizou o mapeamento da construção das chamadas de maneira automatizada para uso no *software* objeto deste trabalho; entretanto, na data de apresentação da presente obra, em julho de 2025, os módulos permanecem acessíveis por qualquer cidadão, exigindo-se apenas o login em

Figura 9 – Portal WEB que se conecta à API no *back-end* fornecendo dados de atas de registros de preços



Fonte: Elaboração própria, 2025

uma conta do tipo “gov.br”, sem quaisquer exigências adicionais.

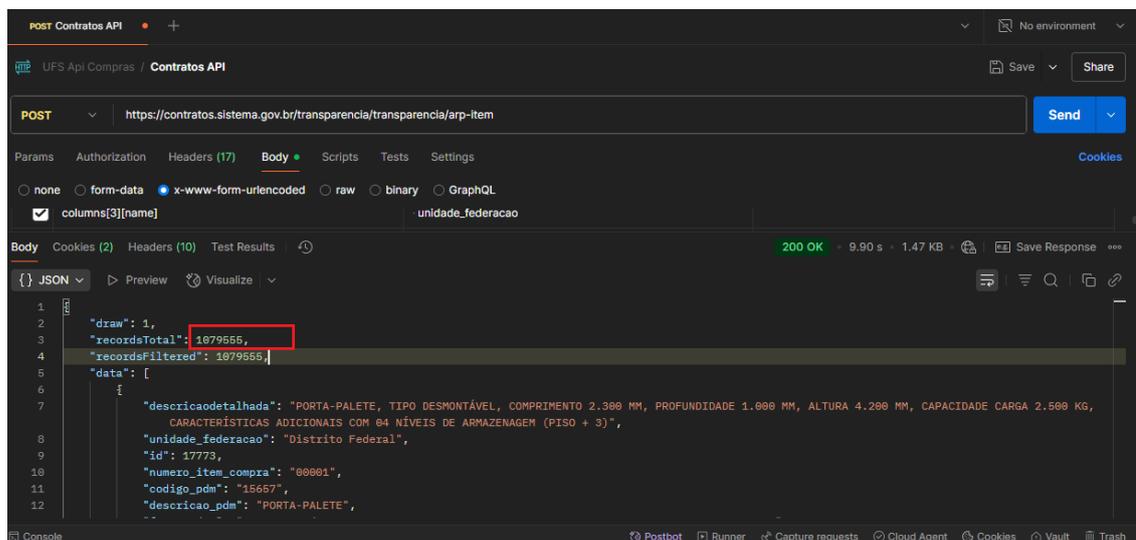
Outrossim, a chamada para o *back-end* que é feita pelo portal, utilizada pelo *software* proposto, na data da apresentação da presente obra, permanece aberta para chamada publicamente e não requer nenhum procedimento especial, não requer emissão de *token* nem usa nenhuma credencial, podendo ser objeto de integração a qualquer sistema ou replicada via programas de computador que funcionam como clientes de API *Representational State Transfer* (REST), como *Postman*, *Bruno*, *Insomnia* ou outros do gênero.

Na Figura 10, é feita uma requisição de exemplo no *software Postman* à API, solicitando o detalhamento de itens de atas de registros de preços, retornando a quantia total de 1.079.555 (um milhão setecentos e setenta e nove mil quinhentos e cinquenta e cinco) registros, a qual pode ser explorada personalizando-se o corpo da requisição com os atributos “*length*”, que representa a quantidade de elementos por página e o atributo “*draw*”, que representa o número da página consultado, e os detalhes técnicos da requisição e resposta estão representados fielmente no Apêndice A e no Anexo B, respectivamente.

Por meio desse *endpoint*, foram armazenados 900 mil registros de licitações no *MongoDB* para treinamento via aprendizado de máquina com integração ao *TensorFlow* em C++, gerando-se dois arquivos: um JSON com 856,3 *Megabyte* (MB) de tamanho e um arquivo *Comma Separated Values* (CSV), com 536,2 MB, disponíveis em repositório da Universidade Federal de Sergipe (UFS), os quais podem ser importados em ambiente que suporte o *MongoDB*.

Assim, a API em questão foi utilizada no presente estudo para armazenar 900 mil registros

Figura 10 – Requisição à API de Contratos é utilizada para gerar massa de dados e treinar versão ML do *software*



Fonte: Elaboração própria, 2025

de dados de objetos de licitações, os quais foram armazenados em banco de dados não relacional (*MongoDB*), acessados pelo *software* e colocados para treinamento via ML com o algoritmo em C++ via *Tensorflow* para o que *software* pudesse inteligentemente efetivar as classificações de sobrepreço ou subpreço na versão 3 via ML, procedimento mais bem detalhado no Capítulo 5.

### 3.3 Bases de Dados e Outros Recursos Usados

Nesta subseção e seguintes, são descritas as bases de dados utilizadas e outros recursos usados na metodologia da presente pesquisa e que não possuem integração direta com o *software* desenvolvido para formação inteligente do preço de referência em licitações brasileiras.

#### 3.3.1 Painel de Preços

O Painel de Preços é uma ferramenta WEB mantida pelo governo federal por meio da qual os gestores públicos e a sociedade em geral podem consultar dados completos de licitações públicas, tanto as de material quanto de serviços, inclusive consultando os preços praticados em outros órgãos da administração pública para os itens cotados, o que é um objeto geral do presente estudo ([MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2017](#)).

Na abordagem metodológica desta obra, o Painel de Preços foi utilizado para os seguintes propósitos:

- **Identificação de Materiais Relevantes:** de modo a fazer um comparativo dos preços de referências levantados por órgãos públicos e compará-los com o preço de referência gerado pelo presente *software* para testar a eficácia e validar a ferramenta desenvolvida,

como ponto de partida inicial, foi necessário limitar a pesquisa a alguns itens de materiais: água mineral, café, açúcar, sal e caneta. O critério utilizado para seleção dos itens e sua posterior inclusão na massa de testes foi a quantidade de processos de compra por material e facilidade de aquisição, conforme ilustrado na Tabela 1, o que mostra que são itens de alta relevância e comumente comprados na administração pública, gerando assim uma massa de dados relevante.

- **Filtragem e extração de dados de licitações:** a fim de deixar o *dataset* mais fidedigno e com preços menos voláteis, foram utilizados filtros para limitar os dados das licitações a serem incluídas na validação e nos testes: a limitação de um período de até 1 ano da data de pesquisa evitou a inclusão de preços com maior volatilidade e defasados e a inclusão do pregão eletrônico possibilitou uma maior transparência em virtude de sua ampla adoção.
- **Geração de *datasets* de testes:** identificados os itens de grande relevância e feita a filtragem de dados, para cada item foi extraída a mediana do Painel de Preços correspondente - medida de referência por força do artigo 23, parágrafo primeiro, inciso I da Lei 14.133/2021 - e coletados dados como UASG, número do item e número da licitação, usados para a coleta manual do preço de referência e realização dos testes de validação da solução proposta.

Tabela 1 – Seleção de itens que compõem o *dataset* de testes do preço de referência, evidenciando alto volume de compra

Item	Quantidade de Processos de Compra (2025)	Posição - Mais Comprados - Ordem Decrescente	Valor - Compras Homologadas (em milhões)
Café	2907	2º	22,3
Açúcar	2806	4º	53,8
Caneta	1902	22º	18,5
Sal	1869	23º	5,1
Água Mineral	1863	24º	77,9

Adaptado de: (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2017)

De acordo com o Manual do Painel de Preços, após examinar cuidadosamente cada item das compras ou aquisições, o usuário tem a possibilidade de gerar relatórios completos ou sintetizados, bem como exportar os dados nos formatos .xls e .csv (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2018). Realizado esse procedimento, os dados de origem foram convertidos em arquivos “.xls”, “.csv” e “.pdf” e em seguida armazenados para posterior conferência, processamento e realização de testes comparativos, com versões expostas nos Apêndices da presente obra.

### 3.3.2 Detalhamento de Licitações - 2024 em diante

Embora o Painel de Preços tenha sido útil à metodologia para geração de dados de licitações e itens de testes<sup>3</sup>, na data da presente obra a ferramenta possui a limitação de não informar o preço de referência que os órgãos públicos utilizaram na fase interna da licitação, listando apenas os preços homologados ao final da disputa pública.

Isso gerou um impedimento inicial à pesquisa, pois apesar do quantitativo expressivo de dados de licitações disponíveis para teste, não havia uma ferramenta automatizada que informasse tal valor para os dados coletados. No entanto, duas alternativas foram mapeadas para contornar o impedimento traçado:

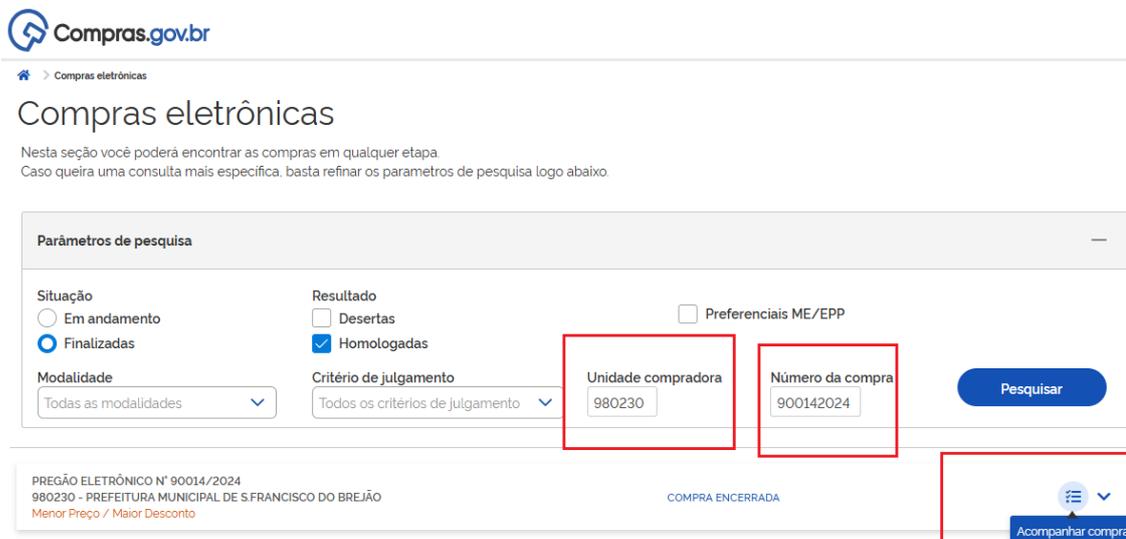
1. **Solicitação direta aos órgãos listados no *dataset*:** de acordo com a Lei 12.527/2011, a Lei de Acesso à Informação (LAI), os dados de licitações públicas não são submetidos a sigilo e podem ser objeto de pedido de acesso à informação, o que inclui o preço de referência (BRASIL, 2011), sem usos de restrição. Isso se aplica se o valor de referência não for sigiloso por questões estratégicas, mas o sigilo só pode ser mantido até o início da fase pública (BRASIL, 2021). Assim, a LAI dá um prazo de 20 dias para que os órgãos públicos atendam o pedido de acesso à informação, mas a alta quantidade de órgãos públicos no *dataset* tornaria a pesquisa morosa e extensa.
2. **Levantamento de portais alternativos:** a existência de portais públicos de dados de licitação, que contemplam o preço estimado de referência (não contemplado pelo Painel de Preços) representaria um ganho de celeridade, produtividade e confiabilidade. Assim, este estudo destacou a existência de três portais de acesso público que permitem o acesso a tal valor.

Para licitações realizadas a partir de 2024 e após a escolha de levantamento de portais alternativos, o preço de referência pode ser obtido no Portal WEB de consulta de compras eletrônicas do Governo Federal (SERVIÇO FEDERAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS, 2023). Na tela inicial da plataforma, informam-se apenas o número da unidade compradora (UASG), o número da compra, a modalidade e o critério de julgamento, podendo-se deixar os dois últimos campos não preenchidos em caso de dúvida.

Como exemplo do que foi feito na presente obra, o levantamento do *dataset* inicial de licitações feito no Painel de Preços para o item “sal” possui na primeira linha do arquivo a UASG 925377 e o número da compra (identificação de compra) 90006/2024 e item 84. Assim, conforme ilustrado na figura 11, digitam-se os dados nos campos requeridos e clica-se no ícone “acompanhar compra”.

<sup>3</sup> Os itens usados para testes, conforme analisado nos editais respectivos, são frequentemente licitados para proporcionar um melhor acolhimento aos usuários nas dependências dos órgãos, assim como para necessidade laboral dos servidores, como “água mineral”, como consta de justificativas presentes nos editais conferidos.

Figura 11 – Passo 1: Campos da UASG e da licitação são preenchidos



Fonte: Elaboração própria, 2025

Após selecionar a opção de “acompanhar compra”, pode-se navegar pelos itens de acordo com as páginas disponíveis e, para cada item, já se pode visualizar a sua descrição sumária, quantidade comprada e valor estimado, que é o preço de referência elaborado pelo órgão público, conforme abordado na Figura 12. Tal procedimento foi realizado para cada item separadamente e, ao *dataset* inicialmente coletado via Painel de Preços, foram sendo adicionados os preços de referência das entidades públicas para comparação com os estimados pelo *software*.

Figura 12 – Passo 2: Localiza-se o item para adquirir o preço de referência e anexá-lo ao *dataset* inicial

Item	Descrição	Qtde solicitada	Valor estimado (unitario)
84	SAL Exclusividade ME/EPP Homologado	250	R\$ 2.8667
85	EMBUTIDO Exclusividade ME/EPP Homologado	550	R\$ 8.8800
86	PEIXE EM CONSERVA Exclusividade ME/EPP Homologado	380	R\$ 6.2733
87	TEMPERO Exclusividade ME/EPP Homologado	600	R\$ 8.8867

Fonte: Elaboração própria, 2025

### 3.3.3 Consulta de Atas - Anterior a 2024

A Figura 13 ilustra como obter o preço de referência de licitações públicas iniciadas antes do ano de 2024 no módulo de consulta de atas do ComprasNET (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2001).

Figura 13 – Obtenção do preço de referência pelo Consulta ATA do ComprasNET

**Passo 1**

Consulta de Atas

Clique no número da licitação para ver a ata

**Passo 2**

Nº da Licitação	Cód. UASG (Unid. de Compra)
122023 (Pregão)	986715

**Passo 3**

Resultado por Fornecedor | Declarações | Anexos de Proposta/Habilitação | Ata do Cadastro de Reserva

Volta | Anexos dos Itens | Termo de Adjudicação | Termo de Julgamento | Visualizar Recursos | **Termo de Homologação**

**Passo 4**

Item: 31  
 Descrição: Caneta esferográfica  
 Descrição Complementar: Material: Acrílico Transparente, Quantidade Cargas: 1 UN, Material Ponta: Esfera de Tungstênio, Tipo Escrita: Fina, Cor Tinta: Preta, Características Adicionais: Corpo Sextavado E Tampa Ventilhada, Tratamento Diferenciado: Tipo I - Participação Exclusiva de ME/EPP/Equiparada  
 Aplicabilidade Decreto 7174: Não  
 Aplicabilidade Margem de Preferência: Não  
 Quantidade: 7.000  
 Valor Estimado: R\$ 1.1200  
 Situação: Homologado

Unidade de fornecimento: Unidade  
 Intervalo Mínimo entre Lances: 0,75 %

Adjudicado para: NOVA ALAGADOS SUPRIMENTOS PARA ESCRITORIO LTDA , pelo melhor lance de R\$ 0,5300 e a quantidade de 7.000 Unidade .

Eventos do Item

Fonte: Elaboração própria, 2025

Em primeiro lugar, tentou-se obter o preço de referência de alguns licitações constantes do *dataset* no Portal de WEB de compras eletrônicas iniciadas antes de 2024 (exemplo: 00012/2023), mas as consultas retornavam erro de “nenhum resultado encontrado”, embora tenham sido finalizadas no ano de 2024.

O Portal de Consulta ATA do ComprasNET exige novamente apenas os campos “UASG”, número do pregão e modalidade de licitação (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2001). Como exemplo real, foi coletado o preço de referência do item “caneta”, o qual possuía no *dataset* inicial do Painel de Preços na linha 4 os campos UASG 986715 e identificação de compra (número do pregão) 00012/2023. Dessa maneira, sucessivamente, para cada entrada de dados e itens diferentes, os preços de referência das identificações de compra que possuíam o ano de 2023 foram coletados manualmente por meio dessa metodologia (iniciados em 2023, porém com data de compra recente à data dos testes, por isso inclusos no *dataset*).

### 3.3.4 Consulta a Editais de Licitação

O módulo de consulta de editais do ComprasNET é o terceiro método que pode ser realizado para consultar os valores de referência de licitações, independentemente se iniciadas ou não no ano de 2024, ou seja, pode ser utilizada como ferramenta geral, independentemente da data de abertura do certame (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2005).

A única restrição que se aplica ao módulo de consulta de editais é o fato de o orçamento estimado ser sigiloso ou não, a depender do critério utilizado pelo órgão público. Em algumas entradas dos *datasets* de testes, foi constatado que o valor estimado estava ausente, ou seja, o campo não estava preenchido e, examinando-se alguns editais baixados neste módulo, constatou-se que o campo estava ainda sem preenchimento, pois o edital já fora publicado e, nesses casos específicos de preço de referência sigiloso, foram utilizados os módulos anteriores para obtenção do preço de referência (Consulta de Atas do ComprasNET ou Portal WEB de Compras Eletrônicas).

Desse modo, foram baixados diversos editais do ComprasNET e examinadas as relações de itens, utilizando-se o modelo do Quadro 8 para análise manual do preço de referência, fazendo-se a substituição apenas dos parâmetros “codUasg” e “numprp” que contemplam os campos “UASG” e “identificação da compra”, respectivamente, das entradas do *dataset* inicial. A entrada remete ao dado real da linha 26 do item “caneta”, com UASG 102323 e identificação de compra 90001/2024, que teve o preço de referência estimado em R\$ 2,10.

Quadro 8 – *String* de *download* de Editais do ComprasNET foi usada para verificação manual do preço de referência em casos pontuais

URL de Baixar Editais ComprasNET
<a href="http://www.comprasnet.gov.br/ConsultaLicitacoes/Download/Download.asp?coduasg=102323&amp;numprp=900012024&amp;modprp=5">http://www.comprasnet.gov.br/ConsultaLicitacoes/Download/Download.asp?coduasg=102323&amp;numprp=900012024&amp;modprp=5</a>

Fonte: Elaboração própria, 2025

### 3.4 *Design* Algorítmico e Arquitetural

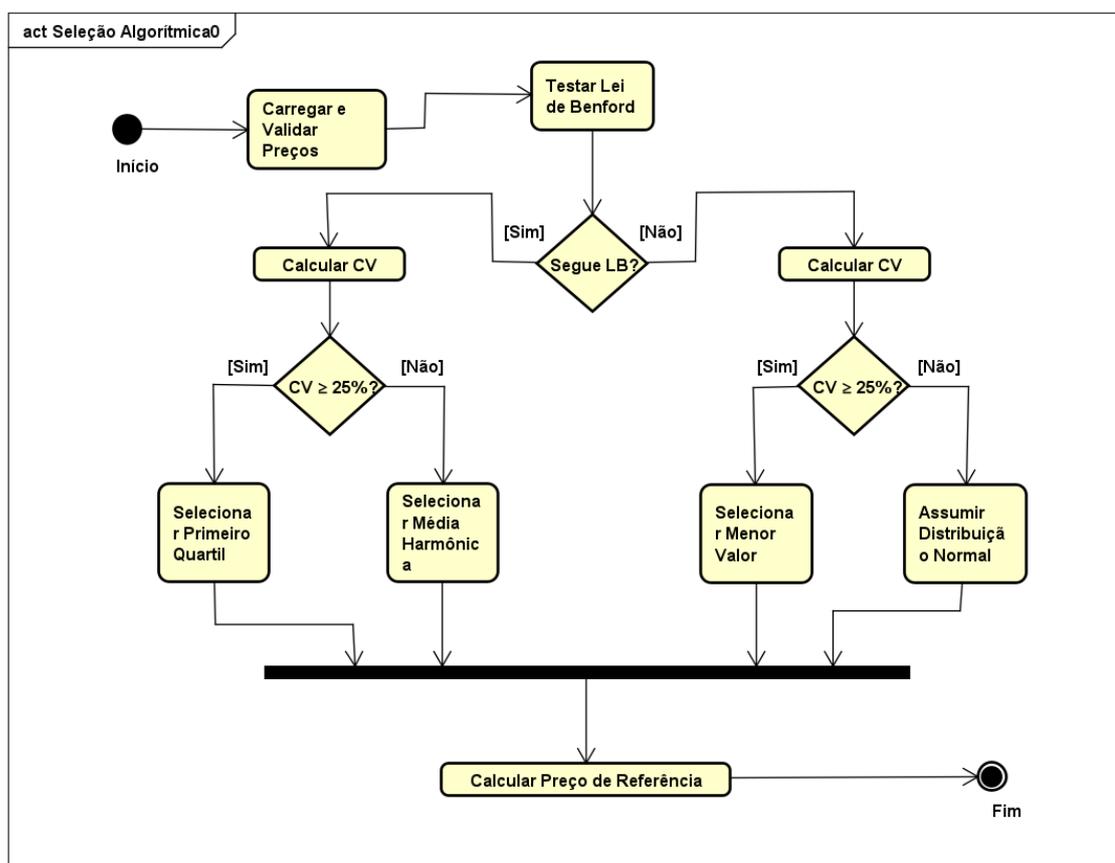
A fase de *design* estabeleceu a tradução sistemática dos achados doutrinários e empíricos em um arcabouço algorítmico coerente com as peculiaridades de Sistemas de Informação. Primeiramente, formalizou-se um *pipeline* no qual cada unidade de processamento — coleta, pré-processamento, cálculo estatístico, análise da Lei de Benford, classificação logística e consolidação do preço de referência — fosse encapsulada em componentes de responsabilidade única.

Esse encadeamento garante rastreabilidade completa: qualquer decisão algorítmica pode ser remontada até o conjunto de normas ou evidências experimentais que a motivaram. Além disso, adotou-se o princípio da *fail-safe modularity*: quando algum estágio encontra dados fora de especificação, ele retorna um artefato intermediário padronizado, evitando que falhas locais se propaguem para camadas posteriores e garantindo continuidade operacional em ambiente produtivo.

### 3.4.1 Algoritmo de Decisão

Com base nos diagnósticos prévios, concebeu-se um algoritmo de decisão, conforme o diagrama de atividades exposto na Figura 14. O algoritmo avalia validações iniciais e em seguida aplica o Teste de Benford com ( $\alpha = 0,05$ ), com ramificações em caso de estar ou não em conformidade com a LB. Em seguida, é inspecionado o Coeficiente de Variação (CV) para seleccionar o método de cálculo. O limiar de CV=25% foi adotado com a literatura especializada, que considera dispersão acima desse ponto como “alta variabilidade”, como apontado no estudo de Brasil (2019).

Figura 14 – Diagrama de atividades que representa o funcionamento de seleção algorítmica usado pelo *software*



Fonte: Elaboração própria, 2025

Quando da aplicabilidade da distribuição normal, o estudo calcula o preço de referência tomando como parâmetros da distribuição normal a média harmônica e o menor valor do conjunto dos preços coletados, com vistas a restringir ainda mais o preço de referência em razão da não aderência à Lei de Benford e alta variabilidade, usando a recursividade para gerar um valor da distribuição normal que não seja inferior ao menor dos preços coletados e que será usado como preço de referência.

Imediatamente após a seleção do algoritmo, executa-se um bloco de verificação que

compara as estatísticas amostrais obtidas com intervalos-guia derivados das jurisprudências do TCU. Essa checagem preventiva filtra casos em que *outliers* possam corromper a decisão, sobretudo quando o volume de cotações válidas for inferior a cinco observações — condição típica em itens pouco demandados. Somente após passar por essa malha de salvaguarda o fluxo prossegue para as vias de cálculo final ou para o subsistema de aprendizado de máquina.

### 3.4.2 Versão ML: Classificador Logístico

Embora o foco esteja nas abordagens estatísticas, incluiu-se um módulo de aprendizado de máquina — regressão logística binária com ativação *sigmoidal* — para examinar ganhos marginais. O modelo foi treinado em 900.000 documentos históricos rotulados (subpreço = 0, sobrepreço = 1) usando *Adam* e função de perda *binary cross-entropy*, com exportação de dados para treinamento.

Para assegurar comparabilidade transparente com os métodos clássicos, o modelo foi exposto em serviço independente, consumido apenas quando há sinalização de variabilidade alta e padrão de dígitos inconsistente com a Lei de Benford (LB). Dessa maneira, o classificador entra em ação em cenários de incerteza elevada, funcionando como verificador complementar e, internamente, o fluxo de características contempla coeficiente de variação, posição do item na cesta de compras do órgão, data de realização da compra.

### 3.4.3 Arquitetura de Software

A solução foi concebida no via portas e adaptadores sobre *Spring Boot*, isolando o núcleo de domínio das tecnologias externas, combinando-se um modelo de multivisões. Três camadas organizam o sistema:

- **Domínio:** regras de negócio, entidades e seletores estatísticos.
- **Aplicação:** casos de uso e orquestração.
- **Infraestrutura:** adaptadores para persistência, consumo de APIs e inferência nativa via *Java Native Interface (JNI)*.

Essa separação permite substituir tecnologias sem afetar as políticas de negócio — por exemplo, a regra “selecionar a mediana quando  $CV < 25\%$ ” permanece inalterada mesmo com trocas de banco de dados, cliente HTTP ou biblioteca de ML.

Os controladores REST adaptam-se aos casos de uso do domínio:

1. **PrecoPraticadoServico:** coleta dados em APIs oficiais, aplica filtros de qualidade, garante idempotência por chaves do processo licitatório e publica eventos internos.

2. **CotacaoMaker**: consolida cotações, calcula estatísticas (quartis, mediana, média harmônica, coeficiente de variação) e aplica verificações forenses (Benford *ex-ante*); quando necessário, delega a decisão ao componente **Auditor**.
3. **PriceAuditService**: consulta o verificador ML para obter o *score* do classificador logístico, integrando o resultado à decisão do seletor estatístico.

Cada dependência externa é acessada por uma *interface* dirigida ao domínio:

- **PrecoRepositoryPort** → **MongoDBAdapter**: persistência e consultas paginadas por faixa temporal.
- **ComprasPublicasClientPort** → **HttpApiAdapter**: consumo de APIs governamentais e validação de esquema.
- **PriceAuditClassifierPort** → **JniTensorFlowAdapter**: ponte nativa para a *Dynamic-Link Library price\_audit\_jni*, expondo método de classificação; a biblioteca é carregada sob demanda via `System.loadLibrary` (uma vez por processo), reduzindo *footprint* de memória.

O controlador dispara o **PrecoPraticadoServico**, que coleta, normaliza e grava os registros válidos. O **CotacaoMaker** processa o conjunto corrente e aplica o seletor: se  $CV < 25\%$  e *Benford OK*, retorna a mediana; caso contrário, emprega estimadores mais restritivos como primeiro quartil ou média harmônica e invoca o **PriceAuditService** para obter o *score* logístico de sobrepreço/subpreço (*double-check*) e a decisão consolidada é persistida e exposta por endpoints REST.

Exceções de infraestrutura não propagam ao domínio: adaptadores traduzem falhas para erros de porta categorizados, como rede, esquema e indisponibilidade da *Dynamic Link Library* (DLL). Dados sensíveis e chaves de acesso são geridos por variáveis de ambiente e configurações podem ser segregadas em `application.yml` com perfis por ambiente.

A carga pesada (JNI/TensorFlow) é *thread-safe*; o adaptador mantém objetos de sessão locais por requisição para evitar contenção e cada decisão registra conjunto de cotações utilizado, métricas estatísticas calculadas, verificações forenses, *score* do classificador, regra aplicada e versão dos adaptadores/modelos, sustentando auditorias, reprodutibilidade e comparação longitudinal de desempenho. Essa arquitetura materializa a separação entre regras de negócio e tecnologia, permitindo evolução independente dos adaptadores (banco, APIs e mecanismo de ML) sem ruptura do núcleo decisório.

## 3.5 Materiais e Infraestrutura

Para sustentar a execução do protótipo, estruturou-se um laboratório contemplando máquinas virtuais e ambiente físico de *Debian 11* e *Windows 10*. A máquina *Windows* possui 8 *Gigabyte* (GB) de *Random Access Memory* (RAM) e volume de 1 *Terabyte* (TB) enquanto a máquina *Debian* possuía 4 GB de RAM e 128 GB de espaço, ambiente onde foram realizados testes de carga, *stress tests* de escrita no *MongoDB* e simulações de requisições REST concorrentes.

A máquina *Debian* desempenhou o papel de dispositivo em cenários de conectividade limitada, validando que a biblioteca compilada para *Advanced RISC Machine* (ARM) roda com desempenho aceitável em arquitetura *aarch64*. Todo o ferramental reportado no Quadro 9 foi configurado entre agosto de 2023 e maio de 2025 e revisado mensalmente, garantindo reprodutibilidade completa do ambiente.

### 3.5.1 Dataset de Teste

Selecionaram-se cinco itens CATMAT de alta recorrência (água de 20 litros, café de 250 gramas, açúcar de 1 quilograma, sal de 1 quilograma e caneta esferográfica). Para cada item, coletaram-se:

1. Mediana do Painel de Preços (*baseline* institucional);
2. Preço de referência oficial do edital (coleta manual por UASG + licitação);
3. Compras efetivadas em período não superior a 1 ano para alimentar o *software*.

O conjunto de dados para a realização dos testes compreendeu 4.875 linhas, resultantes da interseção entre compras homologadas, preços oficiais de referência e amostras obtidas via APIs. Cada linha contém o número da licitação, número do item, mediana do Painel de Preços, valores estimados (órgão e *software*), desvios em relação à mediana do Painel de Preços (órgão e *software*), data de compra e valor homologado.

Esse formato tabular facilitou a aplicação direta de métricas de erro e a geração automática de tabelas — produzidos posteriormente no Capítulo 6. O processo de coleta exigiu 96 horas de esforço, predominantemente gasto na conferência manual de valores estimados sigilosos no começo da licitação, e forneceu base estatística para análise inferencial.

### 3.5.2 Procedimento AS-IS/TO-BE

Emulou-se um *rollback* temporal: para cada licitação concluída, recalculou-se o preço de referência utilizando as três versões da plataforma (versão puramente estatística, versão que combina a estatística com a LB e a versão ML). Mediu-se o desvio absoluto ( $|p_{\text{estimadoSoftware}} -$

Quadro 9 – Materiais e infraestrutura utilizados para a realização do presente estudo

Material / Infraestrutura	Descrição de Uso
Windows 10 Home	Ambiente geral de desenvolvimento de código, onde foram instaladas a maioria das dependências.
Java (OpenJDK 17.0.10)	Montagem do ambiente do Spring Boot e compilação dos endpoints expostos.
Tensorflow 2.6.0	Treinamento de dados e integração com o Spring Boot diretamente via C/C++ (JNI).
Spring Boot 3.1.10	Construção dos endpoints em API REST, simplificando a lógica do código.
MongoDB Server 6.0	Armazenamento dos datasets obtidos nos portais governamentais e dados para treinamento via ML.
MongoDB Compass 1.45	Consulta dos dados armazenados e exportação para .csv e .json.
Google Sheets (sem versão)	Visualização amigável dos dados, edição e processamento manual de dados e geração de estatísticas.
Debian 11	Codificação de partes iniciais do algoritmo escrito em C++ e testes fora do ambiente Windows.
Postman for Web 11.53.2	Execução de requisições aos endpoints governamentais.
Bruno 1.40.0	Execução direta aos endpoints governamentais e testes locais nos endpoints do presente software.
Visual Studio Code 1.100.2	Desenvolvimento em Java e parte da implementação em C++.
CMake 3.31	Compilação da biblioteca dinâmica e interoperabilidade com o sistema Debian 11 (Linux).
Visual Studio 2022 Community 17.1.6	Maior parte do desenvolvimento em C++ e geração de bibliotecas .dll para testes no Windows.
Google Chrome 137	Consulta de sítios eletrônicos, manuais de referência, visualização de arquivos .pdf e usabilidade em geral.
Apache Maven 3.9.2	Manejo e gerenciamento de dependências, compilação e empacotamento em Java.
Astah UML 10.1.10	Criação de diagramas em Unified Modeling Language (UML).
Meta-Chart Web (sem versão) “meta-chart.com”	Criação e edição de gráficos de visualização.

**Fonte: Elaboração própria, 2025**

$p_{\text{medianaPainelPrecos}}$ ) e comparou-se com o desvio do preço de referência dos órgãos constantes do *dataset*.

A retrossimulação seguiu protocolo inspirado no trabalho de [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#). Para cada licitação, reconstruíram-se três realidades paralelas: o cenário *AS-IS*, em que prevalece a

medida de referência oficial (mediana do Painel de Preços); o *TO-BE-VI/V2*, regido pelos métodos estatísticos automáticos; e o *TO-BE-V3*, que adiciona o verificador de ML. Essa abordagem permitiu mensurar não apenas o erro absoluto, mas o impacto potencial em economia de recursos públicos, estimado pela acurácia entre preço estimado e preço recalculado, multiplicada pelas quantidades adquiridas em cada item.

### 3.5.3 Métricas e Testes Estatísticos

A aferição da qualidade preditiva concentrou-se em três indicadores facilmente compreensíveis e alinhados aos acórdãos analisados do TCU: o desvio médio absoluto (DMA), o erro percentual absoluto médio (MAPE) e a taxa de vitória (*win rate*)<sup>4</sup>.

Para cada licitação e respectivo item, calculou-se primeiro a diferença absoluta entre a mediana do Painel de Preços e o preço sugerido pelo *software*; em seguida, essas diferenças foram agregadas para formar o DMA, oferecendo medida direta da magnitude média do erro em unidades monetárias.

O MAPE, por sua vez, normalizou esse erro dividindo-o pelo valor de referência, expressando-o em termos percentuais e permitindo comparações entre itens de faixas de preço distintas e, por fim, a acurácia de decisão foi definida como a proporção de casos em que a Versão 3, equipada com regressão logística, classificou corretamente ocorrências de sobrepreço ou subpreço em relação ao veredito “verdadeiro” extraído do histórico de auditorias.

A taxa de vitória foi utilizada para medir a percentagem de vitórias em relação ao total de realizações de testes e agregou rastreabilidade, simplicidade e objetividade ao estudo, sendo utilizada para medir as diferentes estimativas em formato comparativo entre o preço de referência estimado pelo *software* e o estimado pelos órgãos públicos constantes do *dataset*, no intuito de verificar quais estimativas possuíam o menor desvio em relação à medida de referência.

Esses três indicadores, analisados em conjunto, forneceram visão equilibrada entre magnitude do erro, impacto percentual e utilidade prática do componente de aprendizagem de máquina, dispensando testes de significância paramétrica mais complexos, que se revelaram desnecessários à luz do objetivo aplicado desta pesquisa.

## 3.6 Validação Multimodal

O processo de validação foi estruturado em dois grandes eixos complementares que, embora distintos em natureza, convergem para demonstrar confiabilidade e relevância prática da solução.

<sup>4</sup> Os indicadores utilizados são de fácil implementação e agregam simplicidade e objetividade na análise comparativa

No primeiro eixo, denominado validação algorítmica, examinou-se o comportamento interno dos módulos à luz de propriedades formais esperadas: a saída permaneceu invariável diante da permutação das entradas, o cálculo estatístico respeitou limites superiores e inferiores e o fluxo de exceções garantiu que dados incompletos fossem tratados sem propagação de erros.

No segundo eixo, correspondente à validação empírica, confrontaram-se as previsões geradas pelas três versões do *software* com a mediana do Painel de Preços, tomada como referência institucional, bem como com os preços homologados ao término dos pregões; sobre esse conjunto, aplicaram-se DMA, MAPE e acurácia de decisão, permitindo medir, em números absolutos e relativos, o potencial de economia pública e a confiabilidade do classificador logístico. Esse desenho de dupla camada assegura que tanto a lógica interna quanto o desempenho observado em dados reais sustentem as conclusões apresentadas nos capítulos seguintes.

### 3.7 Ética e Confiabilidade

A pesquisa observou preceitos éticos, assegurando que nenhum dado sensível ou protegido fosse coletado sem autorização. Toda informação processada é de domínio público segundo a LAI, e os experimentos foram executados em ambiente isolado. Optou-se por publicar partes relevantes do código-fonte nos apêndices desta obra, propiciando auditoria independente. Tal postura de transparência busca reforçar a confiança da sociedade e da comunidade científica nos resultados apresentados.

A publicidade e o interesse público são princípios explícitos citados no artigo quinto da Lei 14.133/2021 e são públicos os atos praticados na licitação:

Art. 13. Os atos praticados no processo licitatório são públicos, ressalvadas as hipóteses de informações cujo sigilo seja imprescindível à segurança da sociedade e do Estado, na forma da lei.

Parágrafo único. A publicidade será diferida:

I - quanto ao conteúdo das propostas, até a respectiva abertura;

II - quanto ao orçamento da Administração, nos termos do art. 24 desta Lei (BRASIL, 2021).

Desse modo, como a lei de licitações determina, todos os atos da licitação são públicos, o que confere ética, confiabilidade e legitimidade aos dados obtidos no estudo. Quando do orçamento da Administração, a Lei 14.133/2021 faculta o sigilo à Administração Pública, mas determina a publicidade após a realização da fase pública. Desse modo, os preços de referência constantes do *dataset* de testes, assim como informações sobre os fornecedores dos itens, descrições do objeto, quantidade comprada, dados das entidades públicas e outros correlatos foram obtidos integralmente via dados abertos, garantindo ética e transparência no manejo das informações.

A Lei 12.527/2011 também assegura a publicidade dos dados obtidos de licitações e contratos administrativos, com base no inciso VI do artigo sétimo:

Art. 7º O acesso à informação de que trata esta Lei compreende, entre outros, os direitos de obter:

I - orientação sobre os procedimentos para a consecução de acesso, bem como sobre o local onde poderá ser encontrada ou obtida a informação almejada;

II - informação contida em registros ou documentos, produzidos ou acumulados por seus órgãos ou entidades, recolhidos ou não a arquivos públicos;

III - informação produzida ou custodiada por pessoa física ou entidade privada decorrente de qualquer vínculo com seus órgãos ou entidades, mesmo que esse vínculo já tenha cessado;

IV - informação primária, íntegra, autêntica e atualizada;

V - informação sobre atividades exercidas pelos órgãos e entidades, inclusive as relativas à sua política, organização e serviços;

VI - informação pertinente à administração do patrimônio público, utilização de recursos públicos, licitação, contratos administrativos (BRASIL, 2011).

Em relação à LAI, Di Pietro (2018) afirma que a Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011) determina que órgãos e entidades públicas divulguem, de forma proativa e em local acessível, informações de interesse coletivo ou geral. Dentre os dados obrigatórios, incluem-se informações sobre procedimentos licitatórios, como editais, resultados e contratos firmados.

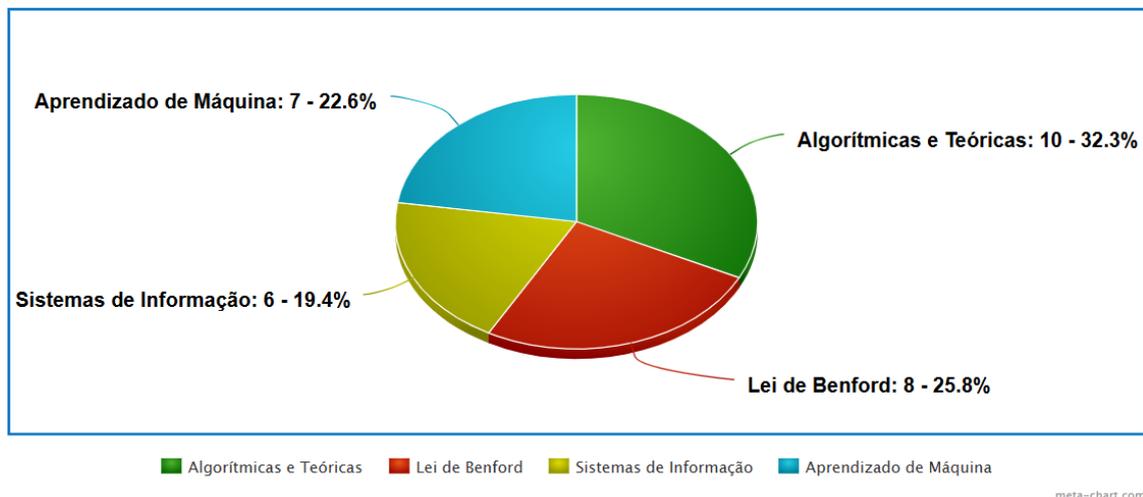
Desse modo, o estudo fez uso de informações oriundas de licitações públicas, que são públicas por ordem legal, não protegidas por sigilo, agregando ainda a coleta de informações via dados abertos, o que confere ao estudo um grau de *double-check* em relação à ética e confiabilidade, mediante o uso de recursos e APIs expostas publicamente, baseando-se no poder-dever de os órgãos promotores das licitações promoverem a publicidade de dados de processos licitatórios, o que dispensa permissão para coleta de uso de dados e aprovação via comitê de ética.

# 4

## Trabalhos Relacionados

Na Figura 15 é possível visualizar a quantidade e percentagem dos trabalhos relacionados por tipo de abordagem, com um total de 31 artigos selecionados, onde as abordagens algorítmicas e teóricas representam a maioria dos trabalhos, com 32,3% dos estudos correlacionados, ao passo que a abordagem “sistemas de informação” representa a menor proporção, com 6 obras selecionadas, evidenciando o que já apontam [Amorim, Costa e Santos \(2024\)](#) sobre a escassez de artigos científicos na área de licitações, questão também observada por [Brasil \(2019\)](#).

Figura 15 – Trabalhos relacionados por tipo de abordagem



Fonte: Elaboração própria, 2025

Os trabalhos relacionados usados nesta obra serviram de base e inspiração para a criação da solução proposta e foram selecionados seguindo-se o procedimento metodológico descrito no Capítulo 3 (Metodologia). Este capítulo retrata um resumo geral das obras e publicações aceitas segundo os critérios estabelecidos na metodologia; as discussões a respeito dos trabalhos deste capítulo estão individualmente detalhadas no Capítulo 6, que faz referência a Resultados e

Discussões, nos quais os achados dos trabalhos deste capítulo são cotejados com os resultados gerais do estudo.

Dos trabalhos relacionados desta proposta, segundo as fontes de pesquisa estabelecidas no Capítulo 3, os trabalhos de [Ponce Zambrano e Loor Colamarco \(2020\)](#) e [Heralova \(2015\)](#) provêm da base de dados *ISI Web of Science*, o de [Gris González \(2023\)](#) da base *Scopus* e o restante de adições manuais. Outrossim, o intervalo temporal das obras selecionadas abrange artigos de pesquisa de 2015 a 2025 e garante atualidade, o que incorpora conceitos e inovações trazidas em matéria de licitações públicas, com os trabalhos de [Gris González \(2023\)](#), [Ponce Zambrano e Loor Colamarco \(2020\)](#), [Heralova \(2015\)](#) abordando licitações internacionais e o restante retratando diretamente as licitações brasileiras.

## 4.1 Abordagens Algorítmicas e Teóricas

O estudo de [Brasil \(2019\)](#) organiza um roteiro com bases normativas e estatísticas, o qual vai de encontro à cultura de obtenção de 3 orçamentos de fornecedores para levantamento do preço de referência em licitações, priorizando a cesta de preços praticados pela Administração e ensina a aplicar média saneada, coeficiente de variação  $\leq 25\%$  e teste de cenários para expurgar valores extremos na pesquisa de preços públicos, com ênfase em medicamentos. Ao fundamentar cada etapa com jurisprudência do Tribunal de Contas da União (TCU) e normativos correlatos, a obra demonstra que o valor de referência bem calculado reduz dispersões significativas em casos reais e evita a falsa “economia” de pregões superestimados.

A partir de uma leitura crítica, [Chaves \(2017\)](#) demonstra que a pesquisa de preços, eixo estratégico do planejamento das contratações públicas, permaneceu por décadas sem balizas normativas claras, fazendo com que agentes recorressem a práticas falhas como o “mito das três cotações”; somente com a normativos infralegais surgiram diretrizes que enumeram fontes (licitações, atas, internet, planilhas de custos), mas ainda carecem de método para expurgar preços extremos e ajustar diferenças regionais, o que ele ilustra com exemplos de sobrepreço e inviabilidade contratual.

O estudo de [Castro \(2020\)](#) apresenta, a partir da lente da teoria econômica dos leilões, os principais fatores que moldam a formação de preços em licitações de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) no governo federal – quantidade de participantes, definição de preço de reserva, parcelamento do objeto e riscos de conluio/maldição do vencedor – e demonstra, com dados extraídos do SIASG, como essas variáveis afetam a economia obtida nas disputas.

O artigo de [Cox \(2017\)](#) apresenta um panorama minucioso da exigência legal de orçamento estimativo nas licitações e contratações diretas, mapeando legislação, decretos e acórdãos do TCU e demonstrando como a falta de critérios claros gera insegurança jurídica e riscos de sobrepreço na Administração Pública. Além de sistematizar as bases normativas, o autor propõe um roteiro operacional para pesquisa de preços que combina “cesta de preços aceitáveis”, designação formal

de responsáveis e relatório crítico, visando maior precisão e eficiência nas contratações.

Rodrigues, Mattos e Soares (2022) descrevem um plano de avaliação para a metodologia de pesquisa de preços instituída por ato normativo do Distrito Federal, construindo modelo lógico, matrizes de indicadores e estudo de caso que combina dados do Comprasnet e SISMateriais (2017-2019) a entrevistas com *stakeholders* para verificar se o novo procedimento gera preços referenciais exequíveis. O protocolo adota métodos mistos e define métricas objetivas, como taxa de fracasso por preço e discrepância de até 10% entre valores estimados e homologados, prevendo uso participativo dos resultados para aprimorar a intervenção.

O estudo de Gris González (2023) dissecar as noções de orçamentos em licitações, valor estimado e preço nos contratos espanhóis, mostrando como denominações legais ambíguas e a ausência de critérios uniformes para preços de mercado, custos laborais e metas de qualidade geram insegurança jurídica e risco de sobrepreço; ao percorrer estudos, decisões de tribunais e manuais técnicos, o autor propõe desagregar o orçamento em custos diretos, indiretos e tributos para assegurar transparência e equilíbrio econômico.

Signor et al. (2022) mostram que o artigo 23, parágrafo primeiro, inciso I, da Lei 14.133/2021, ao limitar o valor estimado à mediana histórica do Painel de Preços, desencadeia um processo de erosão sucessiva dos tetos até o mínimo exequível, configurando a chamada “maldição do vencedor”. Usando simulações de Monte Carlo e dados de serviços de copeiragem, o estudo demonstra como essa retroalimentação pode inviabilizar contratos e sugere substituir o critério pela pesquisa ampla de mercado para restabelecer equilíbrio econômico.

Castro e Ribeiro (2024) analisam 32 planilhas orçamentárias de obras públicas no Estado do Rio de Janeiro e constatam grande heterogeneidade na estimativa dos custos de canteiro e administração local, mesmo havendo diretrizes claras; falhas como ausência de memória de cálculo, subdimensionamento de sanitários e uso indiscriminado de percentuais tabelados comprometem a precisão do preço de referência. O estudo revisita bases legais, destaca exigências de discriminação de insumos e propõe que itens indiretos sejam tratados como custos diretos detalhados, a fim de reduzir vieses de sub-orçamento e evitar aditivos contratuais futuros.

Heralova (2015) mostra que, em licitações de rodovias na República Tcheca, os preços vencedores chegam a apenas 60%–70% do valor estimado pela Administração, revelando falhas graves no orçamento-base; ao comparar duas seções de rodovia, a autora identifica que a superestimação decorre, sobretudo, de taxas indiretas e lucro inflados, além de materiais cotados acima do mercado. Para mitigar o problema, propõe uma metodologia detalhada de custo mínimo por item — baseada em taxas unitárias de mão de obra, equipamentos e materiais — que reduz diferenças de até 635% entre banco de dados interno e preço mínimo calculado.

Signor et al. (2024) propõem um modelo de regressão linear múltipla que incorpore variáveis exigidas pela Lei 14.133/2021: forma de aquisição, economia de escala e atualização temporal do preço de referência em licitações brasileiras. Em estudo de caso com aquisições

de papel A4 (dados do Painel de Preços), os autores tratam *outliers*, validam pressupostos do modelo e mostram que, ao longo de meses, o modelo econométrico foi mais aderente aos preços contratados do que a mediana em boa parte das previsões.

## 4.2 A Lei de Benford

Carneiro Filho e Falk (2022) avaliam o impacto de um programa de controle externo sobre a probabilidade de fraude nos empenhos de dois municípios pernambucanos, aplicando à base contábil aberta do Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE) os testes qui-quadrado e Z da Lei Newcomb-Benford; os autores constatam que, embora o afastamento do prefeito reduza a frequência de dígitos anômalos, o coeficiente permanece superior ao do município de comparação, indicando eficácia limitada do controle e sugerindo ampliação da amostra temporal e adoção da LB como técnica de amostragem em auditoria contínua.

Souza et al. (2024) aplicam a Lei de Benford, o teste qui-quadrado, o teste Z e o coeficiente de Gini à série de votos por município nas eleições de 2022 no Ceará, mostrando que a combinação dessas métricas detecta padrões anômalos e desigualdades na distribuição numérica dos votos com maior sensibilidade do que Benford isoladamente. A análise empírica, fundamentada em 185 arquivos CSV do Tribunal Regional Eleitoral do Ceará (TRE-CE), revela que 184 municípios apresentaram pelo menos um dígito fora do intervalo de conformidade ( $p < 0,05$ ) e que as distâncias da curva de Lorenz à linha de igualdade permitem ranquear a severidade das distorções identificadas.

O estudo de Macedo e Nardi (2025) investiga se a aderência das demonstrações financeiras às distribuições previstas pela Lei de Benford (variável LB) e a atuação de auditores *Big 4* influenciam o tempo de divulgação dos relatórios anuais, empregando regressões em painel com efeitos fixos e aleatórios, testes de autocorrelação e heterocedasticidade para multicolinearidade, além de combinação de métricas contábeis de liquidez, endividamento e tamanho das firmas. Os resultados, extraídos de mais de 7 mil observações, apontam que empresas cujo conjunto numérico se afasta da distribuição logarítmica de Benford tendem a ser menos transparentes em seus processos.

Silva, Travassos e Costa (2017) aplicam a Lei de Newcomb-Benford a 210.899 notas de empenho de sessenta unidades gestoras em dois estados nordestinos, combinando testes Z,  $\chi^2$  e uma métrica própria de discrepância relativa para contornar o “excesso de poder” estatístico em grandes amostras; ao acompanhar as séries diárias dessas discrepâncias, os autores localizam picos de desvio que sugerem fracionamento de despesas abaixo do limite de licitação e outras anomalias temporais. O estudo conclui que análises de conformidade em tempo real, apoiadas na LB, aprimoram a seleção de amostras em auditoria contínua e permitem intervenções rápidas sobre gastos públicos.

Bugarin e Cunha (2017) demonstram que um algoritmo de seleção amostral guiado pela

Lei de Benford, combinando testes Z,  $\chi^2$  e média dos desvios absolutos para os dois primeiros dígitos, identifica 86% do sobrepreço detectado pelo TCU na reforma do Aeroporto Internacional Tancredo Neves auditando apenas 71% do valor da obra, contra 80% exigidos pela curva ABC tradicional. O estudo confirma que frequências anômalas de dígitos funcionam como *red flags* eficientes e, ao priorizar relevância financeira via Teste da Soma, produz uma amostra mais enxuta e orientada a risco do que métodos baseados só em custo total.

Cocchiarelli e Pessanha (2024) aplicam a Lei de Newcomb-Benford às contratações do Estado do Rio de Janeiro (jan/2023 – jul/2024), utilizando testes estatísticos e o coeficiente  $\phi$  para medir a associação entre modalidade de compra e aderência à distribuição; os autores mostram que licitações seguem a lei, mas contratações diretas concentram desvios significativos, evidenciando maior risco de irregularidade. A facilidade de implementação em *Excel* e *Jamovi* reforça o potencial da LB como triagem estatística de baixo custo para controle interno e transparência financeira.

O estudo de Sampaio, Figueiredo e Loiola (2022) aplica a Lei de Newcomb-Benford para identificar indícios de fraudes em pregões eletrônicos realizados entre 2014 e 2018, utilizando dados do Portal de Compras do Governo Federal. Com base em análise estatística dos primeiros dígitos dos valores licitados, o trabalho detecta anomalias significativas, especialmente associadas aos dígitos 4, 8 e 9, sugerindo possíveis práticas fraudulentas.

O trabalho de Orth, Michaelsen e Lerner (2020) apresenta uma revisão sistemática sobre a aplicabilidade da LB como ferramenta de auditoria contábil, reunindo evidências empíricas de diversas aplicações em ambientes públicos e privados. A análise mostrou que a LB pode ser um mecanismo eficiente para detectar anomalias numéricas, especialmente quando associada a técnicas complementares como estatísticas multivariadas e redes neurais.

### 4.3 Sistemas de Informação em Licitações

Amorim, Costa e Santos (2024) realizaram um mapeamento de 2013-2023 em bases do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Portal do *Software* Público e periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), buscando identificar registros de *software* e artigos sobre licitações. A análise estatística dos achados mostra que 62% dos sistemas concentram-se em funções administrativas genéricas, enquanto soluções para avaliação automática de propostas de preço não existem, enquanto que dos 883 artigos consultados na base CAPES, após a aplicação do filtro de revisão por pares e palavras-chave, restaram apenas 21; destes, apenas 9 artigos foram considerados relacionados à licitação.

Toledo, Ávila e Camargo (2024) analisam como as TICs afetam o setor de compras do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), revelando que, embora o parque de *hardware* seja avaliado como “bom” por 64% dos servidores, a proliferação de *softwares* não integrados gera retrabalho, inconsistências nos relatórios e desperdício de recursos; a pesquisa qualitativa,

baseada em questionário aplicado a onze servidores, destaca ainda a carência de treinamento, sugerindo adoção de *Enterprise Resource Planning* (ERP) e criação de canal de *feedback* para reduzir ineficiências e aumentar a transparência institucional.

Faria, Silva e Soares (2025) combinam média saneada, coeficiente de variação, primeiro quartil, Lei de Benford e um classificador *TensorFlow* para gerar preços de referência em tempo real, mostrando que o desvio médio cai de 15,58% (métodos tradicionais) para 2,53% na versão estatística do *software* e que a camada de Inteligência Artificial (IA) acerta 70% dos casos de sobrepreço ou subpreço ao analisar 500 mil itens de licitações públicas. O artigo descreve duas versões do sistema — estatística pura e híbrida com aprendizado de máquina —, detalha a arquitetura *Spring Boot* + JNI + C++ e valida tudo num experimento quantitativo que reforça a superioridade de abordagens híbridas na auditoria automatizada de preços.

O artigo de Faria (2025) propõe um sistema colaborativo inteligente que integra dados governamentais abertos, indicadores socioambientais e algoritmos de *machine learning* para formar preços de referência mais precisos e, ao mesmo tempo, detectar irregularidades em tempo real; resultados experimentais com cerca de 15.000 licitações indicam que, ao ponderar sustentabilidade e saberes tradicionais, o coeficiente de variação da diferença entre preço estimado e valor contratado cai de 12,6% para 4,1% e que um classificador *TensorFlow* acerta 73% dos casos de sobrepreço ou subpreço.

Santana, Teixeira e Amin (2024) analisam, sob a ótica da Lei 14.133/2021, como *blockchain* e *smart contracts* podem reduzir custos de transação, acelerar prazos e criar trilhas de auditoria imutáveis em todas as fases da licitação, mapeando casos-piloto internacionais e propondo um fluxo em cadeia que registra editais, lances e pagamentos em tempo real. O estudo destaca ganhos de transparência e integridade ao descentralizar registros, prevenindo adulterações e fraudes que hoje oneram o procedimento burocrático tradicional.

O artigo de Li e Dai (2016) descreve 29 aplicativos de auditoria que analisam contratos de compras públicas a partir de dados abertos; a suíte adota uma taxonomia em quatro dimensões—tipo de anomalia, plataforma de software, origem dos dados e técnica analítica—e mostra como testes que vão de consultas simples à aplicação da Lei de Benford podem ser implementados em ferramentas de baixo custo. Aplicando oito desses aplicativos a 470.683 contratos do Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG) entre 1989 e 2014, as autoras localizaram mais de 9.000 valores iniciais irrisórios, cerca de 40.000 contratos com fornecedores não cadastrados e frequências de dígitos incompatíveis com Benford, revelando indícios de sobrepreço e outras fraudes.

## 4.4 O Aprendizado de Máquina

Ponce Zambrano e Loor Colamarco (2020) investigam 1.209 licitações de obras públicas equatorianas (2008-2019) e mostram que 81% terminam acima do valor contratado; partindo

de 234 contratos com dados completos, treinam um classificador *Naïve Bayes* que combina região, setor, valor, prazo e tipo de órgão para prever, com  $\geq 70\%$  de probabilidade, quais obras ultrapassarão em 15% o preço contratual, identificando 15 combinações de alto risco. O estudo reforça que subestimação de custos e ofertas desequilibradas são causas complementares do desvio, exigindo filtros quantitativos antes da assinatura do contrato.

Abreu, Pereira e Gomes-Jr. (2024) comparam três detectores não supervisionados — *Local Outlier Factor (LOF)*, *Isolation Forest* e *Self-Organizing Maps* — usando 2,1 milhões de itens de notas fiscais de licitações públicas; o *Isolation Forest* obteve maior precisão ao classificar sinais de fraude, enquanto o LOF gerou o maior número de falsos-positivos. A avaliação manual das dez anomalias “*top score*” de cada modelo mostrou que registros com quantidades exageradas e valores unitários atipicamente baixos concentram os potenciais casos de superfaturamento ou superdimensionamento.

Oliveira, Rocha e Rezende (2022) descrevem a Alice, robô de auditoria contínua da Controladoria-Geral da União (CGU) que rastreia dados diários de 23 bases — como Compras.gov.br, Licitações-e e Diário Oficial da União (DOU) — para aplicar 40 testes de risco e emitir alertas em tempo real; entre 2019 e 2022, a ferramenta motivou a suspensão ou o cancelamento de R\$ 9,7 bilhões em licitações suspeitas, mesmo após a redução de 28% do quadro de auditores. O sucesso decorre da integração com o fluxo de trabalho (e-Aud) e do patrocínio da alta administração, mostrando que automação robótica e IA podem escalar o controle preventivo sem ampliar a força de trabalho.

Silva et al. (2025) revisam o emprego de inteligência artificial na fiscalização de recursos do Programa Nacional de Alimentação Escolar, descrevendo sete ferramentas — de Serenata de Amor (OSA) a *EY Blockchain Analyzer* — que automatizam raspagem, classificação e geração de alertas, permitindo detectar anomalias volumétricas e indícios de corrupção que escapariam à auditoria manual. A análise mostra que IA reduz erros humanos, gera economia imediata, a exemplo de R\$ 50,6 mil devolvidos com a OSA) e fornece trilhas de auditoria em tempo real, reforçando transparência e controle social.

Aveni e Faria (2024) discutem como a IA pode tanto acentuar assimetrias de informação quanto servir de aliada ao Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) na detecção de cartéis algorítmicos, mapeando riscos de colusão por precificação automática, *lock-in* de dados e monitoramento de preços em tempo real; o artigo revê a Lei 12.529/2011, descreve casos teóricos de cartel *hub-and-spoke* e propõe que modelos de *machine learning* alimentem sistemas de alerta precoce institucionalizados pelo regulador. Ao combinar revisão bibliográfica e análise normativa, o estudo estabelece um quadro de referência para avaliar concentração de poder em mercados digitais e sugere parâmetros de supervisão contínua baseados em métricas estatísticas de anomalia.

Barros e Destro (2024) propõem um modelo de decisões apoiadas em inteligência artificial para os Tribunais de Contas, defendendo que algoritmos automatizem buscas, cruzamentos e

alertas enquanto a decisão final permanece com auditoras humanas; o artigo mapeia iniciativas como Alice, MESTRA e Identificação de Comportamento Atípico na Aplicação dos Recursos Orçamentários (ICARO), discute barreiras de capacitação e financiamento, e ancora-se nos princípios constitucionais da eficiência e da segurança jurídica. Com metodologia hipotético-dedutiva, os autores concluem que IA pode ampliar a fiscalização preventiva, mas requer governança algorítmica, qualidade nos dados e transparência para preservar o direito de defesa.

Kfourri e Zambão (2025) analisam o uso de ferramentas de inteligência artificial nas contratações públicas brasileiras, mostrando que, embora prometam eficiência e redução de custos, elas introduzem riscos de opacidade algorítmica, reprodução de vieses e indefinição de responsabilidade jurídica; o artigo revisita a Lei 14.133/2021, a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) e experiências internacionais (*AI Act* da UE, *Directive on Automated Decision-Making* do Canadá) para defender uma governança algorítmica baseada em transparência, auditabilidade e avaliação de riscos. Os autores concluem que o ordenamento jurídico nacional carece de normas específicas para assegurar *compliance* e proteção de direitos fundamentais quando algoritmos decidem etapas sensíveis do ciclo licitatório, exigindo *due diligence* prévia e comitês de ética digital.

# 5

## Implementação do Formador de Preços de Referência em Licitações

Este capítulo apresenta, sob a ótica da Engenharia de *Software*, a plataforma de precificação inteligente desenvolvida nesta pesquisa. Adotou-se o modelo de visões “4+1” como estrutura de documentação (o que descrever e para quem), enquanto a Arquitetura Hexagonal (*Ports & Adapters*) descrita por [Cockburn \(2005\)](#) é o estilo que rege a organização interna do código (portas, adaptadores e domínio). Não há sobreposição: o modelo de visões “4+1” responde ao “como descrever”, e a Hexagonal ao “como compor e isolar” o núcleo de negócio, mantendo a comunicação entre visões e implementação<sup>1</sup>.

A arquitetura hexagonal (*Ports & Adapters*) foi usada para garantir a clara separação de interesses entre domínio e infraestrutura, facilitar a escrita de testes unitários e permitir evolução incremental sem comprometer a coesão do núcleo de regras de negócio. A exposição inicia pelas considerações e retrata os requisitos funcionais e não funcionais e percorre as camadas arquiteturais, conforme a o modelo de visões “4 + 1”, expondo as visões lógica, de processo, de desenvolvimento e física por meio de diagramas da *Unified Modeling Language* (UML).

Depois da definição da arquitetura do sistema, são mostrados detalhes específicos da implementação do código da ferramenta, com detalhamento de procedimentos e trechos relevantes da aplicação, de modo a oferecer ao leitor clareza sobre o funcionamento da referida solução.

### 5.1 Requisitos Funcionais e Não Funcionais

Os requisitos funcionais, que definem em uma visão de alto nível o que o sistema deve fazer, assim como os requisitos não funcionais, que retratam detalhes específicos do funcionamento do sistema, como métricas, desempenho e especificações técnicas, foram mapeados exaustivamente para a construção do plano de engenharia da solução.

---

<sup>1</sup> A solução não “junta” os dois tipos de arquitetura: usa um modelo de descrição (modelo de visões “4+1”) e um estilo de implementação (arquitetura hexagonal).

Para a solução proposta, foram concebidos 17 requisitos funcionais (RF):

- **RF-01 (Consulta por CATMAT):** o sistema deve permitir consultar preços praticados a partir de um código *CATMAT*.
- **RF-02 (Filtro por UF):** o sistema deve filtrar a consulta por Unidade Federativa.
- **RF-03 (Filtro por Município):** o sistema deve filtrar a consulta por município.
- **RF-04 (Filtro por Unidade de Fornecimento):** o sistema deve filtrar por unidade de fornecimento (exemplo: caixa, fardo, unidade).
- **RF-05 (Filtro por Capacidade/Embalagem):** o sistema deve filtrar por capacidade/embalagem informada (exemplo: 500 mililitros, 1 litro).
- **RF-06 (Janela Temporal):** o sistema deve permitir restringir resultados a um período de até 12 meses.
- **RF-07 (Coleta em API de Compras):** o sistema deve coletar compras nas APIs oficiais com paginação.
- **RF-08 (Persistência Opcional da Coleta):** o sistema deve persistir opcionalmente o *dump* das compras em banco de dados não relacional.
- **RF-09 (Cálculo Estatístico):** o sistema deve calcular estatísticas (quartis, mediana, média harmônica, distribuição normal, coeficiente de variação).
- **RF-10 (Benford *ex-ante*):** o sistema deve aplicar teste da Lei de Benford (*ex-ante*) e retornar indicador de conformidade.
- **RF-11 (Seleção do Algoritmo):** o sistema deve selecionar automaticamente o estimador do preço de referência conforme o algoritmo de decisão (exemplo:  $CV < 25\% \Rightarrow$  primeiro quartil).
- **RF-12 (Retorno Explicável):** o sistema deve retornar o preço de referência acompanhado do método aplicado e seus parâmetros.
- **RF-13 (Classificação ML):** o sistema deve classificar um documento de preço (JSON) quanto a sobrepreço/subpreço via regressão logística (JNI-TensorFlow), retornando rótulo e *score*  $[0, 1]$ .
- **RF-14 (Endpoint de Consulta):** o sistema deve expor um *endpoint* REST para consulta de preços por CATMAT e filtros.
- **RF-15 (Endpoint de Preço de Referência):** o sistema deve expor um *endpoint* REST para cálculo do preço de referência.

- **RF-16 (Endpoint de Classificação ML):** o sistema deve expor um *endpoint* REST para classificação de sobrepreço/subpreço.
- **RF-17 (Registro de Decisão):** o sistema deve registrar, a cada resposta, método aplicado, parâmetros e conjunto de preços utilizados.

Para a medição da qualidade, detalhes técnicos e modo de comportamento do sistema, foram contabilizados 7 requisitos não funcionais (RNF):

- **RNF-01 (Desempenho):** latência  $\leq 300$  milissegundos para consultas/estatísticas e latência de  $\leq 50$  milissegundos para inferência ML em lote de 50 documentos.
- **RNF-02 (Recursos):** uso adicional de memória  $\leq 256$  MB durante inferência; carregamento *lazy* da DLL nativa.
- **RNF-03 (Compatibilidade):** *Java Development Kit* (JDK) 17; MongoDB 6; ambiente *Windows* a partir da versão 10 x64 para JNI (equivalente em Linux x86\_64 quando disponível ou ARM ou *aarch64*).
- **RNF-04 (Auditabilidade):** cada decisão deve registrar o *input* dos preços usados no modelo, incluindo *correlation-id* para *tracing* e busca em portais oficiais e uso de *logs*.
- **RNF-05 (Segurança):** possibilidade de inclusão de segredos via variáveis de ambiente; sem armazenamento de dados pessoais sensíveis identificáveis.
- **RNF-06 (Observabilidade):** métricas de latência/erros por porta; *health checks* de MongoDB, APIs e biblioteca nativa.
- **RNF-07 (Reprodutibilidade):** possibilidade de importação de *payloads* e registros antigos no MongoDB para reprodução de cenários pontuais.

## 5.2 O Modelo de Visões “4+1”

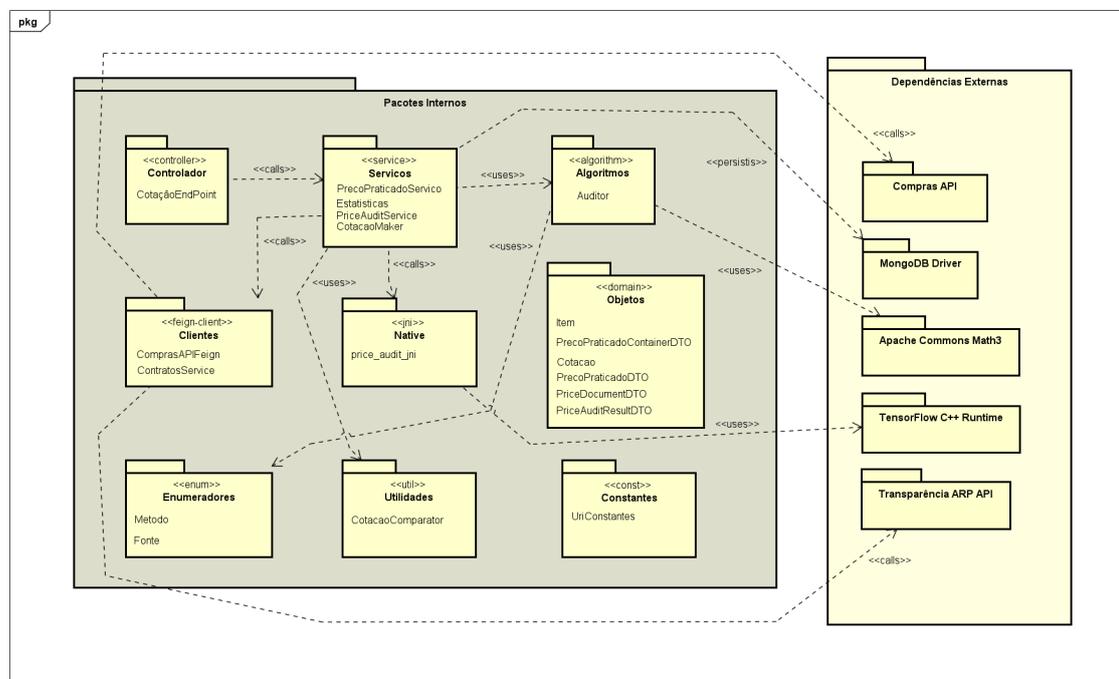
O modelo de visões “4+1” descrita por Kruchten (1995) foi usado para a separação do *software* em cinco modelos de visão, de modo a trazer melhor gerenciamento à fase de construção e programação do artefato e a expor com maior coesão o entendimento da arquitetura da solução a nível de negócio, permitindo rastreabilidade.

### 5.2.1 Visão Lógica

A visão lógica, sintetizada na Figura 16, foi derivada diretamente dos resultados da etapa metodológica e representada pelo diagrama de classes. A classe *Item* representa a unidade econômica submetida à licitação e agrega uma coleção de *Cotacao*, cada qual descrevendo um

preço unitário obtido em compra pública ou orçamento de fornecedor, além de fonte, data e UASG.

Figura 16 – Diagrama de pacotes do software



Fonte: Elaboração própria, 2025

Os cálculos estatísticos foram concentrados em um objeto imutável denominado *Estatísticas*, que, a partir dos valores numéricos, provê coeficiente de variação, média harmônica, quartis e verificação da Lei de Benford. A decisão sobre o melhor método de estimativa é delegada ao componente *Auditor*, o qual aplica a algoritmo de decisão delineado anteriormente e devolve o preço de referência resultante juntamente com o método utilizado, garantindo rastreabilidade e transparência.

### 5.2.2 Visão de Processo

A aplicação *Spring Boot* executa um processo JVM único com servidor embutido e executa chamadas nativas; tarefas de coleta e normalização de compras rodam em requisições separadas. O cálculo estatístico (quartis, mediana, média harmônica, coeficiente de variação) é leve e não exige grande carga de processamento, ocorrendo no processamento da própria requisição, enquanto a inferência *JNI-TensorFlow* é carregada de forma *lazy*, mantendo contexto por chamada para evitar contenção, não compartilhando estado mutável entre requisições. Operações de entrada/saída usam cliente HTTP e o *driver* do MongoDB com *connection pool* e lotes quando aplicável.

A comunicação principal é síncrona no padrão *request-response* para consulta por CATMAT, cálculo do preço de referência e classificação ML, respeitando o orçamento de latência

definido nos RNFs (latência  $\leq 300$  milissegundos para estatística e latência  $\leq 50$  milissegundos para inferência em lote de 50 documentos). Falhas de infraestrutura são encapsuladas pelos adaptadores (erros de rede, esquema e carregamento nativo); observabilidade inclui *correlation-id* por requisição, métricas de latência/erro por porta e *health checks* para MongoDB, APIs e JNI.

### 5.2.3 Visão de Desenvolvimento

O `CotacaoEndPoint` aceita requisições para coleta de compras por CATMAT e devolve cálculos locais de preço de referência, enquanto o `PriceAuditController` recebe documentos de preços, individuais ou em lote, e retorna a classificação produzida pelo modelo de regressão logística. O Quadro 10 resume essas rotas e seus responsáveis.

Quadro 10 – Principais endpoints da API

Método HTTP	Recurso	Responsável	Descrição
GET	/cotacao/nova-por-catmat	CotacaoEndPoint	Ingestão de compras por CATMAT
GET	/cotacao/valor-referencia-inloco	CotacaoEndPoint	Cálculo local do preço de referência
POST	/audit	PriceAuditController	Classificação de um documento
POST	/audit/batch	PriceAuditController	Classificação em lote (stream)

Fonte: Elaboração própria, 2025

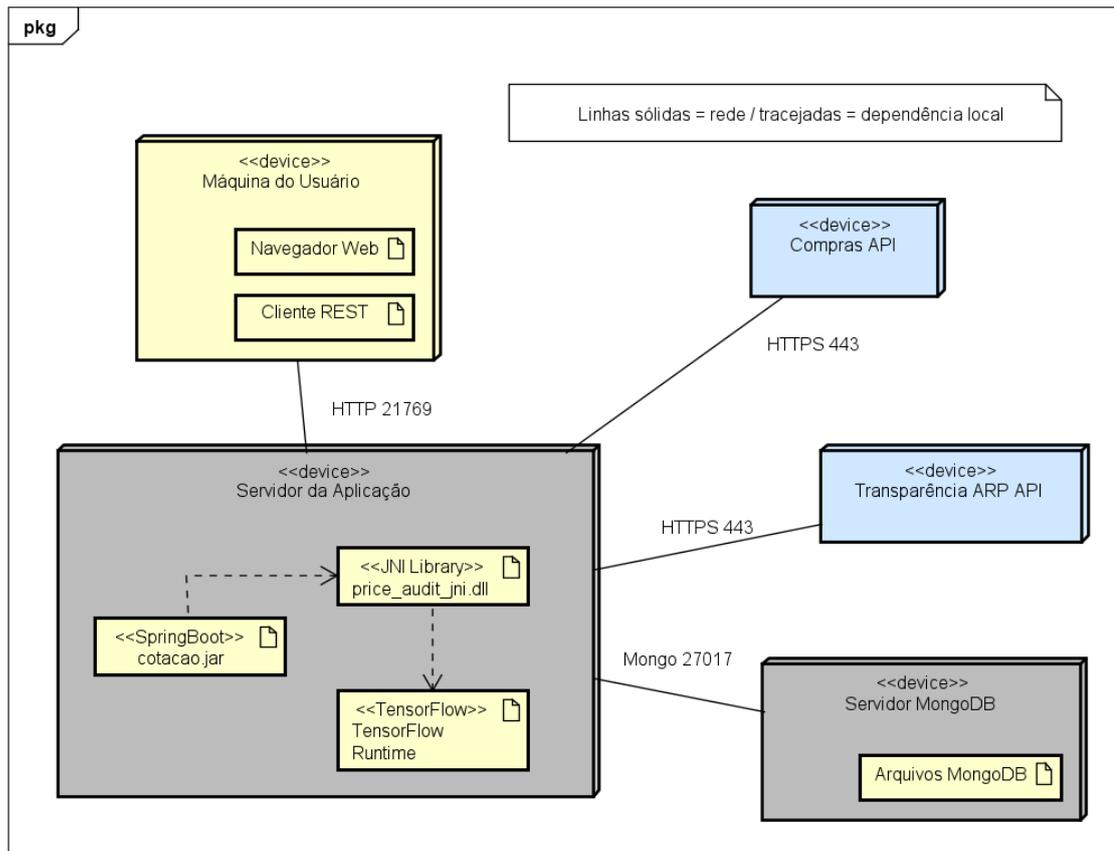
No interior do domínio, o serviço `CotacaoMaker` recebe um conjunto de itens, calcula as estatísticas pertinentes e consulta o `Auditor` para definir o método mais adequado, persistindo ou não o resultado conforme configuração. Já o `PriceAuditService` transforma cada documento em um vetor de características, invoca o classificador nativo via JNI e devolve um `PriceAuditResultDTO` que combina *score* e rótulo final, além de carimbar a requisição com *hash* e data-hora para fins de auditabilidade.

### 5.2.4 Visão Física

A visão física do modelo de visões “4+1” é retratada pelo diagrama de implantação da UML, exposto na Figura 17. A estrutura detalha a existência da máquina física do usuário, que representa a origem das requisições, independente de sistema operacional específico, iniciada por meio de navegadores WEB ou via *softwares* de clientes REST, como Bruno e *Postman*, usados na metodologia proposta. Em seguida, as requisições enviadas são direcionadas ao servidor da aplicação via HTTP na porta 21769 em *Spring Boot*, que depende de artefatos originados de implementação nativa em C++ via JNI para interação com a biblioteca *Tensorflow*.

O servidor aplicação também possui conexão com o servidor *MongoDB*, que é o banco de dados não relacional da aplicação e possui a função de armazenar os dados de cotação das APIs

Figura 17 – Diagrama de implantação do *software*



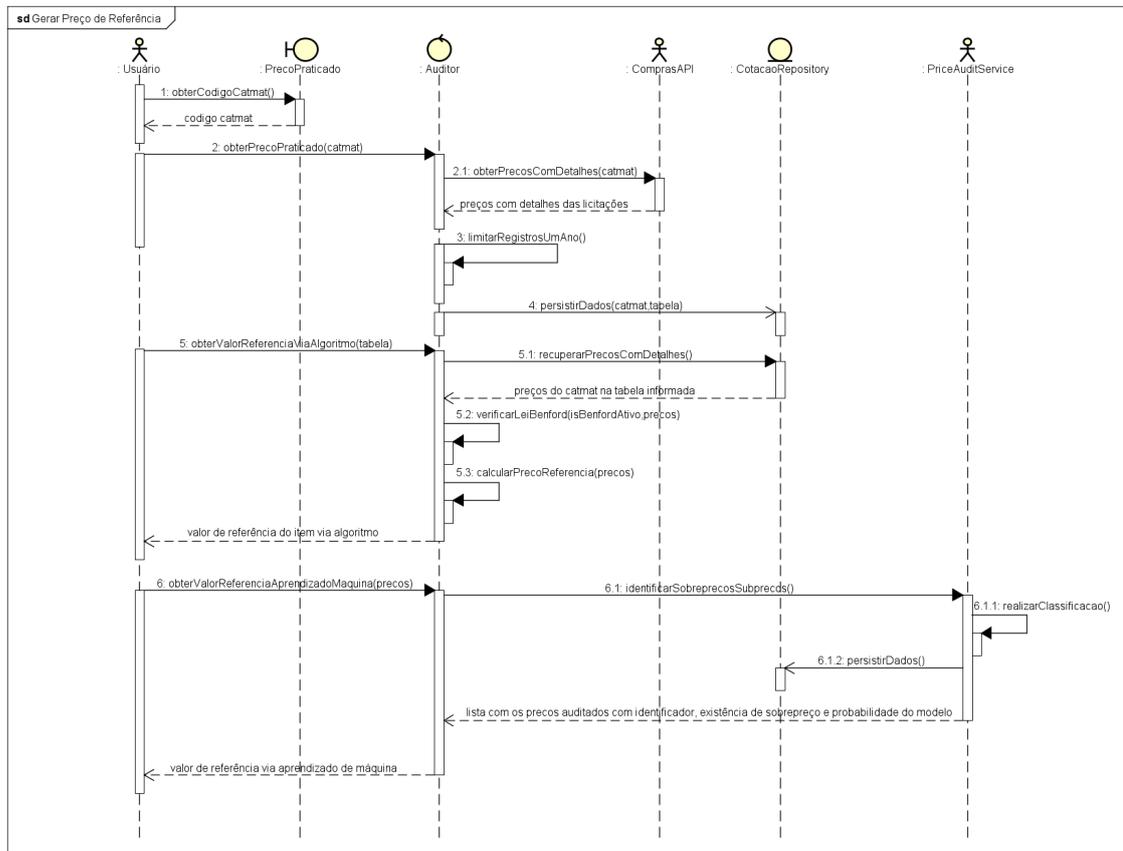
Fonte: Elaboração própria, 2025

governamentais recebidos pelo servidor *Spring Boot* e cotações específicas feitas na aplicação. Por fim, o servidor da aplicação conecta-se aos servidores da Compras API e da API de consulta a dados de Atas de Registro de Preços (ARP) - Transparência ARP API, via protocolo HTTP na porta padrão 443, obtendo os dados primários respectivos para posterior formação do preço de referência.

### 5.2.5 Visão de Cenários (o “+1”)

A Figura 18 consolida o fluxo nominal associado ao cálculo do preço de referência por meio do diagrama de sequência. O usuário submete um JSON com detalhes do objeto sob cotação; o controlador REST valida e encaminha para o serviço de domínio, que pode, opcionalmente, armazenar as compras em MongoDB antes de prosseguir. Em seguida, o CotacaoMaker computa estatísticas, aciona o Auditor para selecionar o algoritmo apropriado e retorna o valor consolidado ao cliente, concluindo a transação em um único ciclo de requisição-resposta.

Figura 18 – Diagrama de sequência — cálculo do preço de referência



Fonte: Elaboração própria, 2025

### 5.3 Padrões, Princípios e Boas Práticas

O projeto adere a princípios SOLID, que estabelecem o princípio da responsabilidade única, aberto/fechado, da substituição, segregação de *interfaces* e inversão de dependência, mantendo cada classe com responsabilidade única e aplicando injeção de dependência por meio de anotações de código, como destacado por [Faria \(2024\)](#). Isso reforça coesão, acoplamento mínimo e tolerância a falhas, atributos essenciais em uma aplicação cuja missão é sustentar decisões financeiras sensíveis.

Outro ponto é a adoção do conceito de código limpo, que prioriza legibilidade e manutenção. Isso é alcançado pela escrita de código evitando ao máximo a geração de *bugs*, vulnerabilidades e *code smells*, os quais foram mapeados e ajustados constantemente na etapa de desenvolvimento, de acordo com o binômio significância / relevância.

O projeto de *software* materializa, em código, as premissas legais e metodológicas delineadas nos capítulos anteriores, unindo uma arquitetura hexagonal que favorece manutenção a algoritmos estatísticos encapsulados em serviços idempotentes e uma integração JNI cuidadosamente isolada que acrescenta aprendizado de máquina sem sacrificar clareza ou testabilidade, apoiada pelos princípios e conceitos do modelo de visões “4+1”. Essa fundação sustenta a

implementação do *software* e atende aos objetivos da pesquisa, de maneira a aprimorar a formação do preço de referência em licitações.

## 5.4 Back-end Java em Spring Boot

O *Spring Boot* fundamenta-se em um ecossistema maduro de anotação e autoconfiguração, permitindo que controladores, clientes e serviços fossem declarados de forma declarativa. O pacote `cotacao.lib.CotacaoLib.controlador` contém três controladores principais. `CotacaoEndPoint` serve como porta de entrada para processamento estatístico: ele aceita um *payload* JSON de itens, aciona o serviço `CotacaoMaker` e devolve um vetor de objetos `Item` já enriquecidos. Internamente, o serviço `PrecoPraticadoServico` faz a ponte com a API de Compras Governamentais por meio de um `FeignClient`. O *timeout* global foi configurado para 5 segundos.

A camada de domínio é sustentada pelas classes `Item`, `Cotacao` e `Estatisticas`. A classe `Estatisticas`, construída de maneira imutável, recebe uma lista de valores unitários e calcula CV, média harmônica, quartis e aplica o algoritmo de Benford. Todos os cálculos utilizam `BigDecimal` com escala fixa e `RoundingMode.HALF_UP`, garantindo conformidade com regras de contabilidade pública devido à redução de erros de arredondamento.

O coração decisório reside em `Auditor`, cujo método `obterRegraDeDecisao` executa o fluxo decisório da Figura 14: se o cabeçalho `lei-benford` estiver presente como `true`, aplica-se o teste de Benford; caso contrário, o fluxo segue diretamente para verificação do coeficiente de variação. Quando o CV excede 25%, utiliza-se o primeiro quartil (ou menor valor, caso Benford reprove); em dispersões baixas, a média harmônica é preferida, ou então se aplica a distribuição normal truncada para reduzir viés otimista, executada de modo recursivo com os parâmetros média harmônica e desvio padrão da amostra para garantir que o valor de referência gerado seja no mínimo igual ao menor valor.

Persistência temporária e rastreável utiliza *MongoDB*; cada consulta salva em coleção específica, cujo nome é fornecido pelo usuário via parâmetro `nomeCollection`. A serialização JSON utiliza *Jackson* com anotações para ignorar atributos desconhecidos e incluir valores não nulos, de forma que atributos ausentes não quebrem retrocompatibilidade.

### 5.4.1 Funcionamento do CotacaoEndPoint

O controlador `CotacaoEndPoint` dispõe de três recursos que podem ser acessados via requisição HTTP, onde 2 deles serão mais bem explorados por sua relevância:

1. **Cotação manual:** procedimento de levantamento do preço de referência quando o usuário já dispõe dos anteriormente coletados e que pode ser realizado sem conexão a *internet*, pois não demanda consumo a APIs externas.

2. **Nova cotação por CATMAT:** procedimento de levantamento do preço de referência quando o usuário não dispõe dos preços coletados e deve informar o código CATMAT e outros filtros opcionais para que o *software* possa fazer a busca em API externa e efetivar o tratamento devido, se o usuário optar pelo não armazenamento dos dados no *MongoDB*, ou apenas para armazenar os dados selecionando a opção de não persistência para tratamento posterior, obrigando-se a chamar o *endpoint* item 3.
3. **Valor de referência *in loco*:** Quando o usuário já possui os dados armazenados na *collection* do *MongoDB*, obtidos conforme o item 2, importados ou adicionados manualmente, procedimento que também dispensa conexão a *internet* e APIs externas, efetivando-se o cálculo do preço de referência *off-line*.

Pela sua relevância, a Figura 19 destaca os parâmetros de entrada do *endpoint* “nova cotação por CATMAT” por meio do método HTTP *GET*, representada pelo método *novaPorCatmat* dentro do controlador específico. Dos parâmetros exigidos, apenas o atributo *persistir* é obrigatório, mas o parâmetro *codigoItemCatalogo* necessita de ser enviado, apesar de estar mapeado inicialmente como não obrigatório, em virtude de validações que são feitas a nível de serviço.

Figura 19 – Parâmetros de entrada para “nova cotação por CATMAT”

```
@GetMapping("/nova-por-catmat")
public PrecoPraticadoContainerDTO novaPorCatmat(
    @RequestParam(value = "persistir", required = true) Boolean persistir,
    @RequestParam(value = "nomeCollection", required = false) String nomeCollection,
    @RequestParam(value = "dataResultado", required = false) Boolean dataResultado,
    @RequestParam(value = "codigoItemCatalogo", required = false) Integer codigoItemCatalogo,
    @RequestParam(value = "estado", required = false) String estado,
    @RequestParam(value = "pagina", required = false) Integer pagina,
    @RequestParam(value = "tamanhoPagina", required = false) Integer tamanhoPagina,
    @RequestParam(value = "codigoMunicipio", required = false) Integer codigoMunicipio,
    @RequestParam(value = "nomeUnidadeFornecimento", required = false) String nomeUnidadeFornecimento,
    @RequestParam(value = "siglaUnidadeMedida", required = false) String siglaUnidadeMedida,
    @RequestParam(value = "capacidadeUnidadeFornecimento", required = false) BigDecimal capacidadeUnidadeFornecimento
) {
    return servico.obterPrecoPraticado(dataResultado, codigoItemCatalogo, estado, pagina,
        tamanhoPagina, codigoMunicipio, persistir, nomeCollection,
        nomeUnidadeFornecimento, siglaUnidadeMedida, capacidadeUnidadeFornecimento);
}
```

Fonte: Elaboração própria, 2025

O *endpoint* “/nova-por-catmat” recebe os parâmetros informados pelo usuário e chama o método *obterPrecoPraticado* da classe *PrecoPraticadoServico*. O método invocado pelo controlador obtém os preços relacionados para o CATMAT informado pelo usuário após a consulta à API de Compras externa e, em primeira instância, verifica a *flag* de persistência de dados passada pelo usuário para armazenamento do resultado da consulta no *MongoDB* ou não. Após isso, limita a visualização da consulta ou do armazenamento a procedimentos licitatórios realizados em um período de um ano da data da requisição.

Enfim, para gerar de fato o preço de referência de interesse, o usuário deve invocar o *endpoint* “/valor-referencia-inloco” por meio de requisição HTTP do tipo *GET*, passando na requisição todos os atributos obrigatórios exigidos na *controller*, conforme ilustra na Figura 20.

Figura 20 – Parâmetros de entrada para “valor de referência *in loco*”

```
@GetMapping("/valor-referencia-inloco")
public List<Item> inLoco(
    @RequestParam(value = "nomeCollection", required = true) String nomeCollection,
    @RequestParam(value = "lei-benford", required = true) String leiBenford,
    @RequestParam(value = "numeroItem", required = true) Integer numeroItem,
    @RequestParam(value = "descricao", required = true) String descricao,
    @RequestParam(value = "quantidadeTotal", required = true) BigDecimal quantidadeTotal
) {
    return servico.valorReferenciaInLoCo(nomeCollection, leiBenford, numeroItem, descricao, quantidadeTotal);
}
```

Fonte: Elaboração própria, 2025

O método `valorReferenciaInLoCo` invocado pelo *endpoint* usa o mesmo serviço invocado para a busca de cotações por CATMAT, mas possui como foco o processamento dos preços gerados e a formação do preço de referência. Em primeiro lugar, o método verifica a *collection* informada pelo usuário, a qual deve existir preliminarmente no *MongoDB*, seja importada manualmente seja obtida pela execução do *endpoint* anterior.

Em segundo lugar, o método armazena os dados em forma de *array* e embaralha os dados aleatoriamente, de modo a reduzir vieses e separa 10 itens para compor o processamento e relatório final, se a *flag* da Lei de Benford estiver desativada ou 50 itens em caso de a *flag* estiver sendo marcada como *true*.

Por fim, o método invocado leva os itens selecionados adiante para a classe `CotacaoMaker` fazer o processamento final e chamar a classe `Auditor` para realizar as regras de decisão e aplicar os algoritmos devidos, gerando o preço de referência final com base em um dos algoritmos disponíveis: primeiro quartil, média harmônica, menor valor ou distribuição normal. Para o último caso, a classe responsável pela decisão gera um valor aleatório da distribuição normal com os parâmetros média harmônica e desvio-padrão da amostra, usando a recursividade em caso de valor inferior ao menor dos preços coletados, preterindo-se a média aritmética simples por ser uma medida de maior valor.

#### 5.4.2 Funcionamento do `PriceAuditController`

O controlador de auditoria de preços está disposto em classe distinta dos *endpoints* utilizados para obtenção do preço de referência e possui um funcionamento específico e escopos distintos: enquanto o controlador `CotacaoEndPoint` efetua os procedimento de obtenção do preço de referência via seletor de algoritmos, o presente *controller* foca na auditoria de preços,

evidenciando sobrepreço e subpreço, com a probabilidade respectiva e está estruturado conforme Figura 21, com 2 recursos expostos.

Figura 21 – Visão completa do controlador PriceAuditController

```
@RestController
@RequestMapping("/audit")
@RequiredArgsConstructor
public class PriceAuditController {

    private final PriceAuditService service;

    // análise de 1 documento
    @PostMapping
    public PriceAuditResultDTO audit(@RequestBody PriceDocumentDTO dto) {
        return service.audit(dto);
    }

    // análise em lote - (recebe lista em JSON)
    @PostMapping("/batch")
    public List<PriceAuditResultDTO> auditBatch(@RequestBody List<PriceDocumentDTO> docs) {
        return docs.stream()
            .map(service::audit)
            .toList();
    }
}
```

Fonte: Elaboração própria, 2025

Os dois *endpoints* mostrados na Figura 21 possuem funcionamento similar, via método *POST* do HTTP, diferenciando-se apenas no uso de *arrays*. Enquanto o primeiro *endpoint* recebe um objeto do usuário no corpo da requisição, o qual contém o identificador (ID) da requisição armazenado no *MongoDB*, preço de referência, preço unitário identificado e CNPJ do fornecedor e devolve como resposta um objeto sobre a ocorrência de sobrepreço ou sobrepreço com *score*, o segundo *endpoint* recebe uma lista de objetos provinda do usuário e armazenadas previamente no banco de dados, fornecendo como resposta as probabilidades de sobrepreço ou subpreço para cada item em formato de lista.

Internamente, o serviço *PriceAuditService* invocado pela *controller* carrega a DLL compilada para sistema *Windows* ou em formato “.so” para sistemas *Linux*, que contém todas as funcionalidades implementadas em C/C++ para integração com o *TensorFlow Runtime* e codificação de partes sensíveis do código, aumentando a integridade, segurança e desempenho da aplicação; outrossim, o código nativo permite também a integração com o *MongoDB* e consumo de APIs, possibilitando o cálculo do preço de referência com exclusão de itens com potencial sobrepreço.

## 5.5 Integração JNI–TensorFlow

A evolução para a versão 3 exigiu incorporar um classificador logístico binário em C/C++. Optou-se pela abordagem *Java Native Interface* em vez de *TensorFlow Java*, pois esta última

traz dependência de máquinas virtuais específicas e carrega muito mais bibliotecas dinâmicas.

No arquivo `price_audit_jni.cpp`, a função descrita na Figura 22 recebe um vetor `jdouble` com as *features* extraídas (`diffPerc`) e devolve um escalar entre 0 e 1 após invocar a assinatura `serving_default` do modelo. Os demais pedidos reutilizam a sessão *TensorFlow* residente na memória. Em testes com 50 *threads*, a inferência consumiu mediana de 15 milissegundos por documento, respeitando os requisitos não funcionais.

Figura 22 – Função nativa codificada em C++ e chamada via JNI no *Spring Boot*

```
price_audit_jni.cpp > ...
6 #include "tensorflow/c/c_api_experimental.h"
7 #include "tensorflow/core/platform/ctstring.h"
8
9 #include <cmath>
10
11 #pragma comment(lib, "tensorflow")
12
13 double sigmoid_(double x);
14
15 JNIEXPORT jdouble JNICALL Java_cotacao_lib_CotacaoLib_servicos_PriceAuditCpp_classifyNative
16 (JNIEnv* env, jobject obj, jdoubleArray featuresArray)
17 {
18
19     jsize length = env->GetArrayLength(featuresArray);
20     jdouble* features = env->GetDoubleArrayElements(featuresArray, nullptr);
21     double input_value = (length > 0) ? features[0] : 0.0;
22
23     const char* tfVersion = TF_Version();
24
25     TF_Status* status = TF_NewStatus();
26
27     TF_Graph* graph = TF_NewGraph();
28
29     TF_SessionOptions* sess_opts = TF_NewSessionOptions();
30     TF_Session* session = TF_NewSession(graph, sess_opts, status);
```

Fonte: Elaboração própria, 2025

A biblioteca dinâmica `price_audit_jni.dll` foi compilada com o Visual Studio e a `price_audit_jni.so` com o *CMake* para uso no sistema *Linux* e relacionada contra o pacote *TensorFlow C++ Runtime*. As bibliotecas externas (`tensorflow.*`, `abs1.*`) são copiadas para `src/main/native` e incluídas no `java.library.path` por *flag* de execução dinamicamente. Esse artifício dispensa variáveis de ambiente complexas e permite que o projeto seja executado em qualquer servidor *Windows* ou *Linux* que possua ambiente compatível.

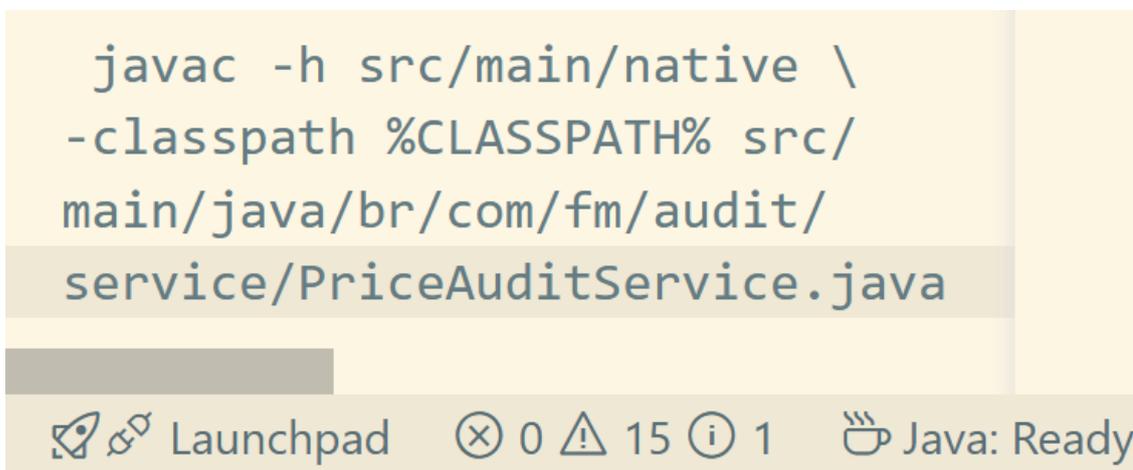
Desse modo, o primeiro passo para a integração do *Spring Boot* com o *TensorFlow* consistiu na codificação de parte do código da aplicação em C e C++<sup>2</sup>, utilizando-se o modificador “*native*” na definição do método que usa a implementação nativa na classe Java correspondente.

<sup>2</sup> Como ilustram Hu et al. (2023), o uso do *TensorFlow* em *Python* é possível via *ctypes* ou *C extension modules*, que permitem chamadas nativas. Por analogia, outras linguagens com suporte a *bindings* nativos como C# (*P/Invoke*), *Ruby* (*Ruby C Extensions*) e *Java* (*JNI*) também podem interagir com APIs em código nativo, como o *TensorFlow*.

Assim, após a definição da assinatura do método ainda na linguagem Java com o modificador “native”, foi necessário gerar os cabeçalhos em C++ via linha de comando por meio da Figura 23.

Figura 23 – Geração do *header* em C++ com o *javac* incluso no JDK

```
javac -h src/main/native \  
-classpath %CLASSPATH% src/  
main/java/br/com/fm/audit/  
service/PriceAuditService.java
```

The image shows a screenshot of an IDE terminal window. The terminal text is: javac -h src/main/native \ -classpath %CLASSPATH% src/main/java/br/com/fm/audit/service/PriceAuditService.java. Below the terminal text, there is a status bar with icons for Launchpad, 0 errors, 15 warnings, 1 info, and Java: Ready.

Fonte: Elaboração própria, 2025

Após a geração do *header* correspondente, a codificação em C/C++ foi implementada, construindo o interior da função gerada com a assinatura do *javac*, possibilitando a criação de chamadas nativas, tratamento de dados e vinculação com o ambiente nativo do *TensorFlow*, também codificado em C++. Dessa maneira, com o cabeçalho inicial gerado e código em C++ implementado, passou-se à criação da biblioteca dinâmica, que em *Windows* foi gerada alternativamente com o *Visual Studio* e também com o *CMake*, conforme *script* descrito na Figura 24.

A próxima etapa da integração *JNI-Tensorflow* consistiu no treinamento dos dados obtidos pelo *software* de maneira automatizada, após a integração com as APIs governamentais citadas na abordagem metodológica. Conforme *print* da tela do *MongoDB Compass* na Figura 25, os dados de licitações adquiridos pelo *software* e armazenados no banco de dados chegam 1 milhão de registros, mas desses registros foram usados apenas 900 mil registros em virtude de tratamento e limpeza de dados.

O treinamento dos dados usou regressão logística binária implementada no *TensorFlow*. Em termos práticos, o modelo contém uma única camada *Dense(1, activation="sigmoid")* — equivalente a um classificador logístico — treinada para devolver um *score* entre 0 e 1, onde “0” representa subpreço e “1” denota sobrepreço.

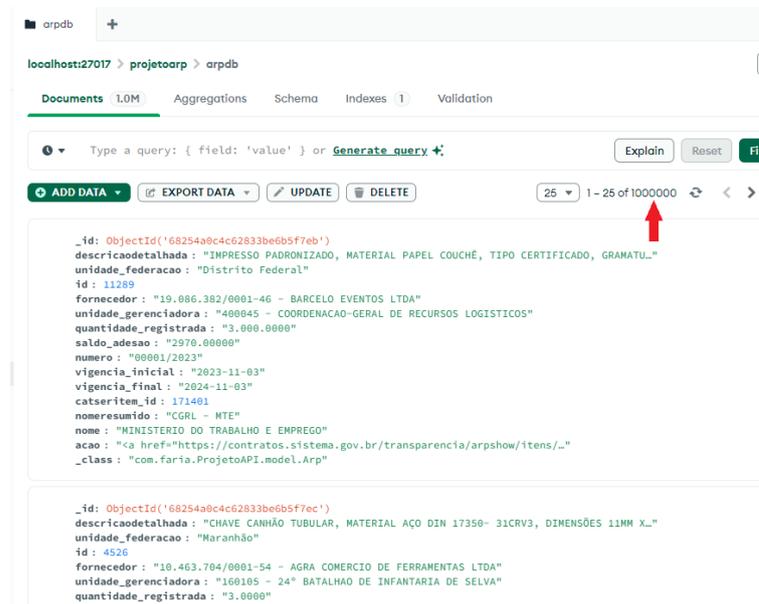
O uso da regressão logística foi implementado na integração de ML em virtude de suas características:

- **Simplicidade:** é o *baseline* canônico para problemas binários; fácil de explicar e auditar.
- **Velocidade:** a inferência é só um produto vetorial seguido de *sigmoid*, portanto responde em milissegundos dentro da DLL.

Figura 24 – Compilação da biblioteca dinâmica com o *CMake* no *Windows* com *script* de execução

```
1
2 cmake_minimum_required(VERSION 3.25)
3 project(price_audit_jni LANGUAGES CXX)
4
5 set(TF_ROOT "C:/tensorflow")
6 include_directories(${TF_ROOT}/include)
7 link_directories(${TF_ROOT}/lib)
8
9 add_library(price_audit_jni SHARED price_audit_jni.cpp)
10
11 include_directories("${ENV{JAVA_HOME}/include" "${ENV{JAVA_HOME}/include/win32}")
12
13 target_link_libraries(price_audit_jni
14     tensorflow_cc # nome comum das libs pré-compiladas
15     tensorflow_framework
16 )
17
18 set_target_properties(price_audit_jni PROPERTIES
19     OUTPUT_NAME "price_audit_jni")
20
21 ---
22 mkdir build; cd build
23 cmake .. -G "Visual Studio 17 2022" -A x64
24 cmake --build . --config Release
25
26
```

Fonte: Elaboração própria, 2025

Figura 25 – O *software* armazenou 1 milhão de dados de licitações. Destes, 900 mil foram usados para treinamento de ML

Fonte: Elaboração própria, 2025

- **Interpretação:** o peso de cada *feature* indica diretamente o impacto no *odds-ratio*, o que agrega valor para auditorias e *stakeholders*.
- **Escalabilidade:** mesmo com 900 mil documentos, o modelo não impõe *overhead* de memória.

Após a integração exitosa do *TensorFlow* ao *Spring Boot* via JNI, armazenamento massivo de dados de licitações, definição do algoritmo de ML e treinamento do modelo, o *endpoint* pode ser “populado” pelos preços armazenados pelo usuário em JSON conforme Quadro 11. O *framework Spring Boot* então converte cada objeto em *PriceDocumentDTO*, o serviço chama o JNI por documento e o usuário obtém um *array* de *PriceAuditResultDTO* pronto para *dashboard* ou persistência, possibilitando o cálculo do preço de referência com o expurgo de valores com alta probabilidade de sobrepreço.

Quadro 11 – Exemplo de montagem de requisição CURL para consumo do *endpoint* de ML

**Requisição de exemplo CURL para serviço de ML**

```
curl -X POST http://localhost:21769/audit/batch \  
-H "Content-Type: application/json" \  
-d @dados_cotacao.json
```

**Fonte: Elaboração própria, 2025**

# 6

## Resultados e Discussões

As discussões dos trabalhos relacionados são expostas neste capítulo, assim como as questões relevantes obtidas no mapeamento sistemático realizado com base na metodologia descrita no Capítulo 3. Os instrumentos normativos mapeados também são discutidos, assim como as abordagens relevantes citadas nas principais publicações analisadas.

O presente capítulo reúne os achados empíricos obtidos a partir das 212 comparações realizadas entre o preço de referência calculado pelo *software* proposto (três versões) e o preço de referência constante de editais com cinco itens de alta recorrência e grande volume de compra na Administração Pública: água mineral em galões de 20 litros, café de 250 gramas, açúcar de 1 quilograma, sal de 1 quilograma e caneta esferográfica. Cada resultado é confrontado com a mediana do Painel de Preços, métrica adotada como referência em razão de seu respaldo normativo (BRASIL, 2021).

### 6.1 Resultados do Mapeamento Sistemático

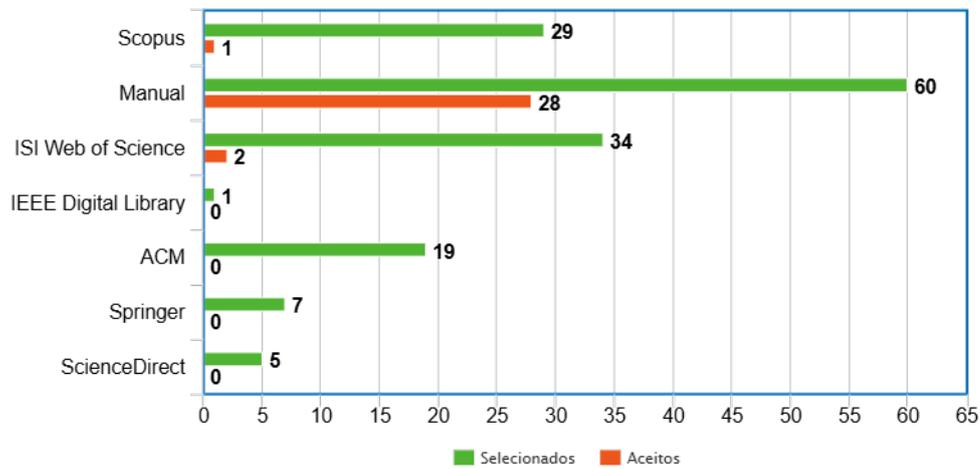
As questões de pesquisa que orientaram o mapeamento estão definidas na Seção 6.2. A construção da consulta apoiou-se no Quadro 2 e no Quadro 3, enquanto as buscas abarcaram principalmente *Scopus*, *IEEE Xplore* e *Web of Science*, *ACM*, *Springer* e *Science Direct*, conforme descrito na metodologia, seguidas de inclusão manual de artigos.

A seleção aplicou, em sequência, os critérios do Quadro 4 (incluindo marcadores “críticos”), com avaliação hierárquica pergunta-a-pergunta e exclusão imediata quando um critério crítico não era atendido, conforme detalhado no Capítulo 3.

Quanto ao fluxo de seleção, partiram-se de 123 artigos identificados, número obtido após a aplicação das *strings* e de procedimentos manuais de varredura; diante da reduzida quantidade que atendeu plenamente aos critérios, procedeu-se à inclusão manual de trabalhos alinhados ao tema, conforme Figura 26, que resume os totais aceitos por fonte. Esse processo é o mesmo

descrito anteriormente no Capítulo 3 (Metodologia) e explicitado neste capítulo para assegurar transparência e reprodutibilidade do mapeamento.

Figura 26 – Total de artigos selecionados e aceitos por fonte



Fonte: Elaboração própria, 2025

Por fim, a síntese interpretativa do mapeamento indica que a formação do preço de referência permanece pouco explorada e, muitas vezes, sem o rigor estatístico necessário; abordagens como a Lei de Benford aparecem majoritariamente associadas a auditoria e conformidade (fases *ex-post*), embora os estudos consultados tenham sido úteis para fundamentar os requisitos algorítmicos e os critérios de comparação na validação empírica deste estudo.

As ameaças à validade incluem a amplitude temática do domínio de licitações (variações regulatórias e procedimentais) e a carência de publicações estritamente focadas em preço de referência, fatores discutidos e reafirmados para contextualizar os resultados do mapeamento. O Quadro 12 evidencia um resumo sobre o mapeamento sistemático, destacando diferentes aspectos que balizaram a realização da pesquisa, suportados pelas subseções seguintes, que contemplam as respostas obtidas às perguntas do mapeamento sistemático, discussões a respeito dos normativos conexos à elaboração do preço de referência em licitações e análise pormenorizada dos trabalhos selecionados que compuseram o presente estudo.

## 6.2 Resposta às questões do mapeamento sistemático

As respostas às questões do mapeamento sistemático, levantadas no Capítulo 3, estão elencadas nas subseções seguintes, após leitura minuciosa dos trabalhos relacionados aceitos para compor o presente estudo.

Quadro 12 – Resumo dos principais aspectos do mapeamento sistemático

Aspecto	Descrição
Questões de pesquisa	Conforme Capítulo 3 (definições que guiam a seleção e a síntese dos estudos).
Fontes / Bases	Scopus, IEEE Xplore, Web of Science, ACM, Springer, ScienceDirect.
Palavras-chave e sinônimos	Conforme Quadro 2 (lista e agrupamentos semânticos).
String de busca final	Conforme Quadro 3 (expressão completa com operadores booleanos).
Período de busca	Conforme Capítulo 3 (2015 a 2025).
Critérios de inclusão / exclusão	Conforme Quadro 4; aplicação hierárquica pergunta-a-pergunta.
Deduplicação	Remoção de duplicados por base consultada, conforme Capítulo 3.
Triagem	Identificação, triagem inicial (título/resumo), leitura completa, elegibilidade.
Inclusão manual justificada	Estudos adicionados por relevância explícita quando cobrem lacunas não capturadas pela string.
Ameaças à validade	Amplitude temática do domínio e escassez de publicações estritamente focadas em preço de referência.

Fonte: Elaboração própria, 2025

### 6.2.1 Resposta da questão de pesquisa 1

A primeira pergunta trata de definir a metodologia para cálculo do valor de referência nas licitações públicas no Brasil. Para tal, como é abordado nos estudos de [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#), a pesquisa de preços é realizada obedecendo a uma regulamentação própria e precedentes do Tribunal de Contas da União, que exige preços aceitáveis advindos de contratações de outros órgãos públicos, pesquisas em mídia especializada e pesquisa direta com fornecedores. Assim, de posse de preços válidos, aplica-se um algoritmo para estimação do preço de referência, como a média aritmética, menor preço ou mediana, a título de exemplo.

### 6.2.2 Resposta da questão de pesquisa 2

Por ser um procedimento simples, a média aritmética é bastante utilizada na rotina da Administração Pública; todavia, diante das propriedades descritas, evidencia-se que a média aritmética é influenciada fortemente por valores extremos das observações, principalmente

por preços excessivamente elevados, o que pode onerar o valor de referência da licitação e consequentemente o preço final adjudicado na fase externa.

Assim, é importante conhecer os principais riscos advindos do uso dessa estatística, pois ela pode ser influenciada por preços coletados que estão acima dos praticados no mercado ou até mesmo preços irrisórios, pois, como se depreende do estudo de [Castro \(2020\)](#), um dos principais erros que comprometem a definição do preço de referência é a aplicação indiscriminada da média simples sem considerar a dispersão dos dados. Quando utilizada sobre um conjunto de preços heterogêneo, a média tende a ser distorcida por valores extremos, gerando um resultado que pode não refletir adequadamente o ponto médio real dos preços analisados.

Uma medida alternativa para a estimação do preço de referência em licitações é a mediana, a qual, segundo [Argenta, Ziegler e Rodrigues \(2023\)](#), indica o valor central de um conjunto de dados e tem como vantagem, em relação à média, o fato de ser menos sensível a valores extremos, oferecendo assim uma representação mais fiel do centro dos dados em distribuições assimétricas.

De acordo com a opinião de [Argenta, Ziegler e Rodrigues \(2023\)](#) da autora, tal medida estatística serve como uma espécie de “imunização” dos valores extremos, os quais podem representar preços muito acima ou demasiadamente abaixo do preço justo de mercado. Logo, em um cenário onde existem orçamentos muito destoantes em relação ao preço corrente, é prudente a utilização da mediana em relação à média.

Todavia, já se demonstrou que o uso da mediana como formador do preço de referência também ocasiona prejuízos, pois [Signor et al. \(2022\)](#) afirmam que a inovação introduzida pelo inciso I do §1º do art. 23 da Lei nº 14.133/2021, ao restringir o preço máximo de futuras licitações à mediana dos preços vencedores anteriores, pode produzir efeitos indesejados. Esse mecanismo de retroalimentação tende a deteriorar o modelo, mantendo os preços contratados nos menores patamares exequíveis e estimulando a chamada maldição do vencedor. Com o tempo, tal prática pode resultar em prejuízos significativos tanto para a administração pública quanto para a sociedade.

No seu estudo, [Brasil \(2019\)](#) cita o emprego da média saneada como metodologia para formação do preço de referência, afirmando que o seu cálculo é o resultado da média dos preços coletados, excluindo-se os limites superiores e inferiores que representam a média mais ou menos o desvio-padrão da respectiva amostra, respectivamente.

Outra medida levantada por [Brasil \(2019\)](#) é a média ponderada por meio da qual o gestor público pode optar por atribuir pesos específicos aos preços coletados para formar posteriormente o preço de referência usando, por exemplo, o critério de preços mais recentes, fontes de preços mais confiáveis e outros critérios relevantes.

Analisando o uso do menor preço como metodologia para elaboração do preço de referência, [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#) afirmam que a adoção do menor preço como critério de referência ocorre apenas em situações excepcionais, especialmente quando os demais valores

disponíveis apresentam inconsistências ou estão significativamente elevados. Desse modo, a utilização do menor preço não possui rigor estatístico e agrega simplicidade, uma vez que se limita a utilizar o menor dos preços coletados, mas por sua excepcionalidade pode estimular a formação de preços inexequíveis por sua propriedade matemática.

O próprio TCU já chegou a se posicionar diante da adoção do menor preço na vigência da Lei de Licitações anterior por meio de considerações no aludido acórdão:

Não me parece razoável a exigência de que a orçamentação nestes casos deva sempre considerar o menor preço cotado no mercado. Entendo que a utilização de preços médios ou da mediana, além de bem refletir os preços praticados no mercado, não implica ofensa à Lei de Licitações, à LDO/2009 ou aos princípios gerais da Administração Pública (BRASIL, 2010).

No entanto, a utilização do critério do menor preço para o cálculo do valor de referência pode ser útil para evitar contratações a preços elevados, pois em manual técnico o STJ afirma que o uso do preço mínimo como referência é mais indicado quando se aplica um critério de avaliação que exclui valores inexequíveis ou altos, desde que o objeto licitado não tenha histórico de licitações desertas por estimativas inviáveis. Também deve ser considerado se, em contratações anteriores, houve discrepâncias relevantes entre o orçamento estimado e os valores efetivamente contratados, o que pode indicar superestimação orçamentária. (SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA, 2021)

### 6.2.3 Resposta da questão de pesquisa 3

O uso de abordagens de definição do preço de referência pode impactar positiva ou negativamente a Administração Pública. Em caso de uma cotação de preços eficaz, automatizada e com procedimentos que levem em consideração as peculiaridades de cada compra e a variabilidade dos dados, a abordagem pode trazer celeridade, compras seguras e eficiência, conforme apontado no estudo de [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#).

Por outro lado, estimativas distorcidas, principalmente com grandes variações entre o preço estimado e contratado, conforme estudo realizado por [Ponce Zambrano e Loor Colamarco \(2020\)](#), tende a impactar negativamente o órgão, em virtude de prorrogações contratuais para corrigir preços mal estimados, problemas com sobrepreço que impactam negativamente as contas públicas, desperdício de recursos e outras questões negativas, como se verifica no estudo de [Bugarin e Cunha \(2017\)](#).

[Cox \(2017\)](#) informa que etapa de levantamento do preço de referência, na fase interna da licitação, cabe ao orçamentista desconsiderar os valores claramente inexequíveis ou que evidenciem sobrepreço em relação às variações normais do mercado, levando em conta fatores como condições locais, sazonalidade, oscilações cambiais e outros elementos que impactam a formação de preços pelos fornecedores.

#### 6.2.4 Resposta da questão de pesquisa 4

Do estudo das publicações analisadas, as ferramentas e procedimentos utilizados hoje para cálculo do preço de referência são: média aritmética simples, mediana, menor preço, média saneada, média ponderada e Painel de Preços como fonte auxiliar de consulta e relatórios.

Desse modo, resta demonstrado que os preços de referência são calculados mediante o algoritmo escolhido, precipuamente através da média aritmética simples, do menor preço ou da mediana. Ademais, cumpre ressaltar a importância da ferramenta Painel de Preços, como já abordado em manual próprio, o qual destaca que se trata de uma ferramenta desenvolvida pelo próprio governo federal que facilita a obtenção de preços de referência válidos, embora demonstre imperfeições. (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO, 2018)

#### 6.2.5 Resposta da questão de pesquisa 5

Sobre estudos de outros algoritmos personalizados que podem ser empregados na obtenção do valor de referência, métodos de ML sofisticados e estatísticos mais avançados podem ser explorados, o que veio a ser feito no estudo de [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#), que já discutem a inclusão da Lei de Benford, média harmônica, distribuição normal e primeiro quartil como algoritmos inovadores, além de aprendizado de máquina.

Abordando sustentabilidade em licitações públicas, [Faria \(2025\)](#) destaca a construção de um ajuste no preço de referência para licitações que se submetem a alguns critérios sustentáveis, o que guarda correlação com o percentual de ajuste estabelecido no artigo sexto, parágrafo segundo da IN SEGES/ME 65/2021, o que, ademais, está alinhado com o normativo legal escrito na própria Lei de Licitações de buscar o desenvolvimento sustentável, no artigo quinto da referida lei ([BRASIL, 2021](#)).

A Lei de Benford é outro instrumento que pode ser empregado na formação do preço de referência, pois é um instrumento que verifica a conformidade numérica de dados de uma amostra e evidencia a probabilidade de ocorrência de fraudes.

Contudo, houve apenas um estudo que relaciona diretamente a LB à formação de preço de referência em licitações ([FARIA; SILVA; SOARES, 2025](#)). O que existe, em verdade, é a abundância dos conceitos da LB unicamente na fase externa da licitação, como auditoria e levantamento de dados, podendo tal algoritmo ser mais bem explorado para preço de referência. A utilização do teste Z para a verificação de aderência à LB é amplamente usada por vários autores em combinação com a distribuição qui-quadrado ([SOUZA et al., 2024](#); [COCCHIARELLI; PESSANHA, 2024](#); [BUGARIN; CUNHA, 2017](#); [SAMPAIO; FIGUEIREDO; LOIOLA, 2022](#); [SILVA; TRAVASSOS; COSTA, 2017](#); [ORTH; MICHAELSEN; LERNER, 2020](#)).

O primeiro quartil é outro exemplo de algoritmo personalizado que pode ser empregado para cálculo do preço de referência, pois em uma situação prática de cálculo do preço de referência

utilizando-se o primeiro quartil, tal valor seria inferior à mediana, a menos que todos os preços oriundos da cotação sejam iguais, o que seria inviável na prática, ocasião em que o primeiro quartil no máximo seria igual ao valor da mediana das observações.

Desse modo, devido a sua propriedade matemática e o fato de se situar entre o menor preço e a mediana, o presente estudo classifica o primeiro quartil como de grande relevância para a obtenção do preço de referência em licitações, pois em situações em que se defende o uso do menor preço, também oferece uma maior proteção contra a inexecutabilidade do preço de referência por ser superior ao menor valor.

Entretanto, apesar de relevante para este estudo, até a apresentação deste trabalho, não existem estudos esclarecedores que discutem o emprego do primeiro quartil como formador de preço de referência em licitações de bens e serviços. O que existe, na verdade, é o emprego do primeiro quartil como formador de estimativa de custos em licitações de obras e serviços de engenharia, que seguem normativos próprios, conforme estabelecido em decisão do TCU, onde fica estabelecido o primeiro quartil como valor mínimo a ser adotado, a mediana como valor médio e o terceiro quartil como valor máximo a ser aceito quando da contratação de obras públicas (BRASIL, 2013a).

A média harmônica, levantando-se em conta suas propriedades matemáticas relatadas por Mattos, Konrath e Azambuja (2017), se usada como algoritmo de preço de referência em licitações, garante a geração de um valor inferior à média aritmética simples, o que torna o seu uso compatível em cenários em que se pretere média aritmética simples.

Sobre o uso da distribuição normal como metodologia para preço de referência, Faria, Silva e Soares (2025) já mostram a relevância do seu uso ao combiná-la na análise de decisão de algoritmos, evidenciando a acurácia obtida por meio dos resultados alcançados na pesquisa.

Por fim, o aprendizado de máquina é outra abordagem que pode ser usada para formar o preço de referência em licitações e apresenta resultados relevantes (FARIA; SILVA; SOARES, 2025; FARIA, 2025). Sobre o uso de ferramentas de ML usadas em auditorias de licitações, mas não diretamente na formação do preço de referência, há diversos estudos que atestam a sua eficácia (ABREU; PEREIRA; GOMES-JR., 2024; SILVA et al., 2025; KFOURI; ZAMBÃO, 2025; OLIVEIRA; ROCHA; REZENDE, 2022).

### 6.3 Discussões a respeito de Normativos

A falta de previsão e regulamentação explícita sobre a temática do preço de referência na lei de licitações antiga trouxe margem de insegurança jurídica na contratação pública. Isso gerou o balizamento em normativos infralegais e teorias matemáticas, como é o caso da média aritmética simples, de fácil cálculo e manuseio, mas que contribui com o aparecimento de *outliers*, que são preços fora do padrão, tanto do lado inferior quanto superior, como relatado explicitamente em

julgado do Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2017).

Como inovação, a nova lei de licitações regulamenta a origem dos preços coletados, mas da mesma forma que a antiga lei outorga aos normativos infralegais e à discricionariedade do órgão público o procedimento matemático para o levantamento do preço de referência, pois não regulamenta tal procedimento expressamente.

Foi constatado que a Lei de Licitações delimita a origem dos preços coletados e estabelece a obrigatoriedade do “orçamento estimado”, mas não especifica o procedimento metodológico para a obtenção do preço de referência. Essa lacuna é explorada pela IN SEGES/ME 65/2021, mas também possui lacunas, uma vez que, embora cite expressamente critérios estatísticos como média, menor preço e mediana, não diz “como” nem “quando” realizar a seleção do melhor algoritmo.

O TCU, por sua vez, como órgão fiscalizador da Administração Pública, possui diversas decisões que orientam a elaboração do preço de referência, reforçando a necessidade de o órgão buscar fontes alternativas em detrimento a orçamentos exclusivamente obtidos junto a potenciais fornecedores, outras vezes se posicionando a favor diante do melhor algoritmo em alguns casos, como o menor preço para mercados restritos e a média ou mediana em situações “conservadoras”, mas a lacuna nas esferas normativas ainda existe, pois não há normas específicas que delimitam os diversos cenários possíveis na formação do preço de referência.

Em resumo, IN SEGES/ME 65/2021 agrega é que sejam observadas as fontes de preços já citadas na Lei 14.133/2021 e que sejam usados a média, a mediana ou menor dos preços obtidos, procedimentos tradicionais já usados, mas registra explicitamente que outros critérios e algoritmos podem ser usados no processo estimativo com a devida justificção e ainda acrescenta a possibilidade de um “percentual” a ser aplicado para mais ou para menos em relação ao preço de referência encontrado, mas não explicita como fazer tal procedimento.

## 6.4 Discussões a respeito das publicações

Nesta seção, são expostas as discussões sobre os trabalhos relacionados aceitos e listados no Capítulo 4, relacionando-os com a presente proposta, especialmente no tocante aos conceitos empregados e ideias absorvidas ou adaptadas para a concretização dos objetivos desta obra.

### 6.4.1 Abordagens Algorítmicas e Teóricas

Os procedimentos do estudo de Brasil (2019) validam o seletor estatístico do *software* proposto: usar coeficiente de variação e filtros de *outliers* antes de qualquer algoritmo garante que o preço-baliza reflita mercado e não a média inflada de três cotações, reduzindo o viés que hoje já limita o desvio-médio a 2,53%. Além disso, a defesa da cesta de preços aceitáveis respalda a integração automática de painéis públicos ao *pipeline* de coleta, fortalecendo a rastreabilidade

exigida pelo módulo de governança de dados.

A crítica de [Chaves \(2017\)](#) reforça o arcabouço trazido pela presente proposta de formação inteligente do preço de referência, pois sinaliza que o seletor de algoritmos deve qualificar cada fonte antes de calcular coeficientes de variação e alimentar o classificador *TensorFlow*, assegurando rastreabilidade em conformidade com os normativos analisados e prevenindo a fragilidade dos “três orçamentos” que o autor põe em xeque.

Ao combinar revisão teórica e análise empírica, o artigo de [Castro \(2020\)](#) ainda propõe métricas para monitorar concentração de mercado e sugere outras de pesquisa de preços (média saneada, coeficiente de variação  $\leq 33\%$ ) para reduzir vieses em valores de referência.

Para a investigação sobre métodos de estimativa de preços-baliza em compras públicas de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), os achados de [Cox \(2017\)](#) reforçam a necessidade de alinhar técnicas estatísticas (ex.: média saneada) ao desenho do leilão, evitando tanto a “maldição do vencedor” quanto margens de cartel; esses pontos dialogam diretamente com o objetivo de criar um protocolo de pesquisa de preços que concilie competitividade e exequibilidade. Além disso, as evidências empíricas sobre o efeito do número de licitantes e do parcelamento do objeto oferecem parâmetros concretos para o modelo econométrico da proposta, quantificando o ganho de eficiência esperado quando tais ajustes são adotados no planejamento da contratação.

Os indicadores trazidos por [Rodrigues, Mattos e Soares \(2022\)](#) alinham-se ao sistema de formação inteligente de preços, pois oferecem limiares claros — especialmente o desvio máximo de 10% — para testar a acurácia do seletor estatístico e do classificador *TensorFlow*, além de sugerirem um desenho avaliativo que legitima as recomendações do *software* diante de gestores e órgãos de controle. A ênfase em excluir preços extremos e comparar metodologias antigas e novas reforça a necessidade de versionamento dos modelos e da auditoria contínua prevista no módulo de governança de dados.

As recomendações trazidas no estudo de [Gris González \(2023\)](#) dialogam com a presente pesquisa ao reforçar que o valor de referência só é confiável quando fundamentado em preços de mercado devidamente depurados e documentados; incorporar a lógica de detalhamento de custos do autor na etapa de coleta alimenta o seletor estatístico e o classificador *TensorFlow* com dados mais limpos, além de fornecer respaldo normativo para exigências de rastreabilidade e redução de outliers.

As evidências do estudo de [Signor et al. \(2022\)](#) reforçam a premissa central do presente sistema: valores de referência dependem de bases diversificadas e saneadas, não apenas do histórico governamental; incorporar outras metodologias ao *pipeline* de coleta evita o achatamento de preços que degradaria a acurácia do classificador *TensorFlow*. Além disso, os limiares de inviabilidade identificados no artigo oferecem parâmetros concretos para calibrar alertas de preço inexequível no seletor estatístico, fortalecendo a dupla verificação entre métodos clássicos e

Inteligência Artificial (IA).

Os achados no trabalho de [Castro e Ribeiro \(2024\)](#) reforçam a premissa central da presente pesquisa de que dados heterogêneos exigem pré-processamento: antes de alimentar o seletor de algoritmos, é preciso aplicar técnicas de detecção de *outliers* (coeficiente de variação limítrofe e testes preparatórios) e ajustar pesos para fontes sub- ou super-representadas, evitando que vieses sistemáticos contaminem o valor de referência. Incorporar os indicadores de dispersão mapeados por [Castro e Ribeiro \(2024\)](#) ajuda a calibrar *thresholds* de exclusão e a documentar, no *pipeline*, toda transformação aplicada, fortalecendo a rastreabilidade estatística do modelo.

O trabalho de [Heralova \(2015\)](#) esclarece que estimativas mal calibradas distorcem o parâmetro de comparação e sustenta a presente estratégia de aplicar filtros estatísticos preliminares, de modo a evitar esse problema de superestimação identificado, ajustando preços para itens fora do padrão e gerando preços de referência mais realistas, preservando economicidade e conformidade com a Lei 14.133/2021.

O estudo de [Signor et al. \(2024\)](#) oferece um estimador econométrico paramétrico quando há histórico suficiente por item/região, o que motivou a adoção de filtros opcionais por região na solução proposta. Embora não use o modelo de regressão proposto pelos autores, a solução passa a considerar a Lei de Benford como mais um adaptador de saída, especialmente nos ramos em que a amostra não viola normalidade e há sinal claro de efeito de quantidade ou de data, fortalecendo o fato de o sistema não ser apenas um agregador estatístico, mas uma plataforma extensível de métodos de formação de referência orientada por evidência.

#### 6.4.2 A Lei de Benford

O estudo de [Carneiro Filho e Falk \(2022\)](#) reforça que filtros estatísticos baseados em Benford, combinados a testes complementares, são úteis para medir ruído e viés antes de qualquer modelagem algorítmica; incorporar os limiares de significância reportados— $p < 0,05$  para  $\chi^2$  e Z ao presente estudo permitiu calibrar o seletor de algoritmos de expurgo de *outliers* e documentar, com rastreabilidade, cada transformação aplicada aos preços de referência, fortalecendo a acurácia dos modelos sem depender exclusivamente de aprendizagem de máquina.

Os resultados advindos do estudo de [Souza et al. \(2024\)](#) reforçam a tese de que métricas de dispersão e desigualdade devem complementar o uso clássico da Lei de Benford em compras públicas: ao incorporar testes de aderência, o seletor estatístico da solução proposta pode expurgar preços que, embora passem por Benford, ainda concentram valores excessivos em poucos fornecedores, reduzindo viés antes de alimentar os algoritmos de classificação. Além disso, os limiares de significância fornece um roteiro reutilizável para parametrizar alertas automáticos de sobrepreço, documentando cada etapa do *pipeline* de auditoria com rastreabilidade estatística.

Para a presente pesquisa sobre vieses estatísticos na formação de preços de referência, o trabalho de [Macedo e Nardi \(2025\)](#) reforça a utilidade de testes de Benford como filtro inicial de

qualidade no banco de dados que alimenta os algoritmos de precificação: se preços com maior desvio não seguem a LB, há evidência indireta de que também carregam ruído ou manipulação que pode enviesar estimativas. Incorporar o mesmo conjunto metodológico ao *pipeline* de limpeza de dados permitiu ponderar cada observação por sua “confiabilidade digital”, reduzindo o risco de sobre-ou sub-estimativa nos preços de referência e tornando os modelos de previsão com menos valores extremos e *outliers*.

A estratégia de [Silva, Travassos e Costa \(2017\)](#) de monitorar discrepâncias relativas no tempo dialoga diretamente com este *pipeline* de formação inteligente de preços: incorporar essa série como filtro prévio melhora a detecção de *outliers* que escapam aos testes globais de Benford, reduzindo o viés antes do cálculo dos algoritmos e coeficiente de variação. Além disso, os limiares de significância sugeridos ( $p < 0,05$  para  $\chi^2$  e Z) e o enfoque em amostragem orientada por picos de desvio fornecem parâmetros objetivos para calibrar o seletor estatístico e documentar a rastreabilidade de cada exclusão no processo de precificação de referência.

Os resultados do estudo de [Bugarin e Cunha \(2017\)](#) reforçam esta estratégia de aplicar filtros estatísticos antes de qualquer modelagem avançada: incorporar o mesmo *tripé* Benford +  $\chi^2$  + ajustes ao seletor de algoritmos permitirá ranquear itens críticos sem depender de grandes amostras, atenuando viés e reduzindo tempo de processamento. Além disso, o ganho de eficiência evidenciado — cobertura de sobrepreço com menor escopo de auditoria — oferece parâmetro concreto para calibrar limiares de exclusão e documentar, no *pipeline*, como cada teste contribui para a formação do preço de referência.

No estudo de [Cocchiarelli e Pessanha \(2024\)](#), os limiares de significância adotados combinado com ferramentas de *software* para cálculo do teste oferecem meios objetivos para calibrar o seletor de algoritmos: valores de referência derivados de bases que não atendem a esses testes devem ser reponderados ou excluídos a fim de reduzir viés antes do cálculo da distribuição normal, quartis e coeficiente de variação. Além disso, rastrear as discrepâncias do dígito 1, como sugerido no estudo, aprimora o monitoramento contínuo de *outliers*.

A abordagem de [Sampaio, Figueiredo e Loiola \(2022\)](#) empírica e pioneira no contexto brasileiro valida o uso da LB como instrumento de auditoria automatizada. Tal metodologia contribui diretamente para este trabalho ao oferecer base teórica e prática sobre o uso de modelos estatísticos como filtros iniciais na formação inteligente de preços de referência em licitações públicas.

No contexto da formação inteligente de preços de referência em licitações públicas, o estudo de [Orth, Michaelsen e Lerner \(2020\)](#) oferece embasamento teórico e prático para o uso da LB como critério adicional de verificação de consistência dos dados coletados de cotações, especialmente quando da combinação da LB com o algoritmo de decisão descrito na Figura 14 e com o uso da LB para montagem da lógica de codificação do *software*.

Assim, a integração da Lei de Benford ao sistema inteligente de precificação pode

reforçar a detecção de valores incoerentes, aprimorando a confiança nas estimativas geradas pelo algoritmo e agregando mais uma camada de validação automatizada à governança dos contratos públicos.

### 6.4.3 Sistemas de Informação Em Licitações

Ao evidenciar a carência de *softwares* que executem saneamento estatístico e detecção de vieses em propostas, o estudo de Amorim, Costa e Santos (2024) sustenta a relevância do presente *pipeline* de formação inteligente de preços, que justamente preenche essa lacuna de *software* na área de formação do preço de referência em licitações, contemplando filtros de coeficiente de variação, Lei de Benford e ML, além de inferência estatística. Além disso, a análise de *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* (SWOT) dos autores corrobora a importância de registrar metodologias e resultados para transparência, aspecto já contemplado em módulos do *software* deste estudo, reforçando a viabilidade de adoção institucional do sistema.

As falhas de integração e capacitação descritas por Toledo, Ávila e Camargo (2024) refletem riscos-chave para o *pipeline* de formação inteligente de preços, pois dados fragmentados e mal inseridos elevam a variância das cotações e podem enviesar métricas; adotar um ERP, como sugerido, ampliaria a consistência das bases que alimentam os filtros estatísticos. Além disso, a solução proposta neste estudo visa justamente à sanar ao problema de falta de integração de *software* relatada pelos autores, pois a solução possui integração com portais de dados abertos e procedimentos automatizados, aumentando a consistência dos relatórios de licitações e diminuindo o retrabalho de gestores públicos na fase do levantamento do preço de referência.

Os resultados do trabalho de Faria, Silva e Soares (2025) funcionam como “prova de conceito” para a pesquisa, pois fornecem parâmetros de corte (desvio  $\leq 2,53\%$ , acurácia  $\geq 70\%$ ) que podem ser usados como metas-mínimo ao calibrar novos algoritmos estatísticos, sem depender exclusivamente do *TensorFlow*. Além disso, a evidência de que filtros como coeficiente de variação e Lei de Benford já garantem drástica redução de viés respalda a decisão metodológica de priorizar saneamento estatístico antes da etapa de *machine learning*, fortalecendo a rastreabilidade exigida pelo módulo de governança de dados.

No trabalho de Faria (2025), esses achados reforçam o núcleo da solução proposta, pois demonstram que a justiça do valor de referência depende não só de estatística, mas também da incorporação de outras variáveis - uma abordagem que pode ser adotada para tornar o seletor algorítmico e o “*double-check*” em *TensorFlow* com mais acurácia, além de oferecer um modelo participativo que legitima os resultados perante comunidade, fornecedores e órgãos de controle.

O estudo de Santana, Teixeira e Amin (2024) traça evidências que complementam este trabalho ao sugerir que os valores dos custos só devem atingir plena confiabilidade quando calculado sobre bases auditáveis *end-to-end*; incorporar rastreabilidade cria prova de origem dos dados que alimentam o seletor estatístico, reduzindo viés e facilitando o *tracking* de *outliers*.

Além disso, a automação via *software* permite acionar lógicas diferentes de construção do preço de referência após coleta dos preços nas fontes oficiais, integrando transparência tecnológica ao saneamento estatístico do *pipeline*.

As rotinas propostas por [Li e Dai \(2016\)](#) se alinham ao sistema de formação inteligente de preços de referência, pois fornecem módulos prontos para expurgo de inconformidades e testes de Benford que podem compor o cálculo do preço de referência e enriquecer os atributos de entrada do classificador *TensorFlow*, reduzindo falsos positivos na detecção de sobrepreço. Além disso, o enfoque em transparência e baixo custo reforça a proposta de distribuir mini-aplicativos junto ao *endpoint Spring Boot*, permitindo que auditoras externas validem o valor de referência calculado.

#### 6.4.4 O Aprendizado de Máquina

A lógica preditiva de [Ponce Zambrano e Loor Colamarco \(2020\)](#) serviu como base para escolha dentre os algoritmos de classificação possíveis no *TensorFlow* e dialoga com o *pipeline*: ao integrar essas mesmas variáveis contratuais como *features*, o *software* gera um alerta precoce de viés antes mesmo de aplicar tratamentos mais avançados, evitando que preços subestimados se propaguem para o classificador *TensorFlow*. Além disso, o limiar de 15% usado pelos autores fornece um critério prático para calibrar o indicador de “risco de sub-orçamento” no aprendizado de máquina, documentando cada exclusão com rastreabilidade estatística, porém a solução se mostrou mais condizente com o classificador logístico binário em vez do *Naive Bayes* de [Ponce Zambrano e Loor Colamarco \(2020\)](#).

O estudo de [Abreu, Pereira e Gomes-Jr. \(2024\)](#) reforça que, antes de qualquer inferência supervisionada, filtros não supervisionados podem reduzir ruído, ajudando a eliminar *outliers* que distorcem o valor de referência. Além disso, os critérios de tratamento de *outliers* oferecem parâmetros práticos para calibrar *thresholds* de exclusão, documentando-os no módulo do *software* para rastreabilidade estatística.

Para este trabalho de formação inteligente de preços, a lógica de alertas tempestivos da Alice, conforme estudo de [Oliveira, Rocha e Rezende \(2022\)](#), ilustra como filtros estatísticos como a Lei de Benford e coeficientes de variação podem ser acionados logo na coleta, reduzindo viés antes mesmo de cálculos da média harmônica, primeiro quartil, distribuição normal ou modelagens avançadas. Além disso, registrar cada etapa via *logs* na aplicação oferece um modelo de rastreabilidade que reforça a governança de dados exigida pela Lei 14.133/2021, tornando o valor de referência rastreável “*by design*”.

O trabalho de [Silva et al. \(2025\)](#) sugere que filtros estatísticos e painéis preditivos ganham eficiência quando suportados por robôs de coleta contínua: integrar APIs governamentais ao *pipeline* reduz latência, alimentando o seletor de algoritmos com amostras depuradas já na origem e diminuindo viés antes de aplicar testes como coeficiente de variação e Benford. Além disso,

armazenar os preços obtidos de API em base de dados não relacional fortalece a reprodutibilidade dos experimentos.

Ao defender sistemas de alerta precoce baseados em modelos de ML, [Aveni e Faria \(2024\)](#) oferecem respaldo conceitual para a segunda versão do *software* proposto, que já utiliza *TensorFlow* como verificação adicional: os mesmos vetores de preços, frequências de lances e métricas de dispersão que alimentam o cálculo estatístico podem ser empregados como *features* para um classificador que sinalize indícios de cartel algorítmico em tempo real. Incorporar os conceitos de “*hub-and-spoke*” descritas pelos autores como rótulos de treino permite que o módulo *TensorFlow* aprenda padrões colusivos sutis no classificador logístico.

O conceito de IA como apoio relatado por [Barros e Destro \(2024\)](#), não substituição, fortalece a solução: os filtros estatísticos (coeficiente de variação e Lei de Benford) e o classificador em *TensorFlow* funcionam como camadas de recomendação, mas a homologação do preço de referência segue dependente de validação humana e trilha de auditoria completa, exatamente como sugere o modelo de [Barros e Destro \(2024\)](#). Além disso, as exigências de dados limpos e de registro de cada alerta dialogam com boas práticas de governança, que versiona fontes e parâmetros para garantir rastreabilidade e reduzir viés antes de qualquer decisão automatizada.

#### 6.4.5 Outras Considerações sobre as Discussões

Em um contexto geral, as publicações mostram que ainda há poucos procedimentos que são levados a cabo pelos agentes públicos para o cálculo do valor de referência em licitações. Basicamente, coletam-se preços de fontes distintas para o objeto cotado, a depender do caso concreto: contratações similares de outros órgão públicos, sítios especializados ou de domínio amplo e pesquisa direta com fornecedores.

Em seguida, os preços coletados são submetidos a um tratamento estatístico, normalmente por meio dos seguintes abordagens: média aritmética, menor preço e mediana. Outros algoritmos também foram explorados por distintos autores em maior ou menor grau, como a utilização da média saneada para remoção de *outliers*, a média ponderada para a valorização do quantitativo a ser contratado e média harmônica.

Assim, o que se depreende da literatura que aborda o tema é uma tendência de redundância quanto aos métodos utilizados historicamente, com pouca ou abordagem a métodos e algoritmos inovadores que explorem metodologias estatísticas mais avançadas, algoritmos e *Machine Learning* e inteligência artificial.

Quando do uso de ferramentas para cálculo do valor de referência, a quase totalidade das publicações abordam o uso de portais públicos para coleta de preços, como o Painel de Preços e o uso do portal nacional de notas fiscais eletrônicas, com algumas menções a sítios eletrônicos de bases de preços, alguns de iniciativa privada.

Entretanto, não há uma abordagem direta acerca de *softwares* e ferramentas desenvolvidas

especificamente para o uso de algoritmos customizados ou que lancem mão de tecnologias de programação para o trato do presente tema, com poucas exceções, a exemplo do trabalho de [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#), que representam um protótipo do *software* deste estudo, em sua versão estendida, de [Faria \(2025\)](#), que desenvolve uma solução de *software* que agrega sustentabilidade na formação do preço de referência e de [Amorim, Costa e Santos \(2024\)](#), que apesar de não retratarem explicitamente valor de referência de licitações, debruçam-se em atestar a baixa quantidade de soluções tecnológicas na área de licitações.

As ameaças à validade do mapeamento sistemático não devem ser desconsideradas, uma vez que o tema de licitações é bastante amplo e envolve muitas vezes uma segmentação de opiniões e procedimentos diversos, como regulamentações estaduais e municipais específicas e até mesmo escolhas pessoais quando do uso de algoritmos para o cálculo do valor de referência.

Como limitações do mapeamento sistemático, pode-se citar a falta de uma abordagem profunda e diversificada do tema de preços de referência em artigos e publicações, principalmente no âmbito internacional. Desse modo, existem atividades futuras que podem fomentar a conclusão do presente capítulo que possibilitem a coleta do preço de referência de maneira mais sólida, como o uso específico de quartis, distribuições de probabilidade, testes de hipótese e algoritmos de inteligência artificial, ademais de abordagens no âmbito da engenharia de *software* que explorem a construção de *endpoints*, *softwares* e facilidades a serem colocados à disposição dos agentes públicos nessa etapa tão delicada da licitação.

## 6.5 Inovações do Presente Trabalho

Diferentemente das soluções encontradas na literatura recente, que se concentram em melhorar a governança do processo licitatório via artefatos de transparência, como no trabalho de [Santana, Teixeira e Amin \(2024\)](#) ou em mecanismos de auditoria de preços, como demonstrado no trabalho de [Cocchiarelli e Pessanha \(2024\)](#) e de outros artigos de auditoria que mencionam a LB, ou até mesmo com foco exclusivo em soluções matemáticas ou estatísticas, como no trabalho de [Brasil \(2019\)](#), o presente trabalho desloca o foco para a origem do problema: a formação do preço de referência na fase interna da licitação.

Essa mudança de *locus* viabiliza evitar o sobrecusto *ex-ante*, em vez de apenas detectá-lo *ex-post*, por meio de um seletor algorítmico auto-parametrizado que combina média harmônica, primeiro quartil, Lei de Benford e distribuição normal personalizada.

Ao interligar heurística estatística com validação em tempo de execução (coeficiente de variação) e não apenas em *design time*, o sistema entrega um valor de referência adaptativo que se ajusta à dispersão real dos dados, algo inexistente nos trabalhos consultados. Embora [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#) demonstrem ganhos preliminares com uma versão prototípica do mesmo autor da presente obra, a presente dissertação aprofunda e generaliza tal *pipeline* ao adicionar uma camada de Aprendizado de Máquina interpretável (regressão logística via *TensorFlow* +

JNI) que fornece um *double-check* binário de sobrepreço/subpreço, totalmente integrado a uma API REST em *Spring Boot*.

Essa composição híbrida – estatística explicável na linha de frente e ML leve como retaguarda – supera abordagens que dependem apenas de mineração de textos, interpretação jurídica, cálculos puramente matemáticos ou *visual analytics*, entregando respostas em tempo razoável e com 74% de acurácia adicional, tudo abastecido diretamente por APIs de dados abertos com persistência opcional em *MongoDB*, garantindo rastreabilidade e reprocessamento, somadas as seguintes características:

1. **Diversidade algorítmica autoajustável** – o sistema alterna entre quatro métricas conforme CV e Benford, enquanto os artigos correlatos fixam-se em média/mediana ou visualizações *ex-post*.
2. **Camada dupla de verificação** – a regressão logística nativa fornece alerta probabilístico sem afetar a interpretabilidade do cálculo principal.
3. **Integração plena com dados governamentais** – ingestão automática via API oficial + *scraping* de UASG e obtenção de dados apenas por CATMAT, em contraste com a abordagem prévia de [Faria, Silva e Soares \(2025\)](#).
4. **Validação AS-IS/TO-BE** – *rollback* de licitações encerradas, cinco itens CATMAT e 212 comparações, provendo evidência estatística de ganho médio de 31% no MAPE, métrica ausente nos artigos revisados.

O Quadro 13 retrata objetivamente as inovações trazidas pelo presente estudo, comparando os principais prontos de inovação observados na solução proposta, levando-se em consideração o comparativo da presente obra com os trabalhos relacionados que serviram de inspiração do estudo.

## 6.6 Resultados da Solução Proposta

Nesta seção, são expostos os resultados práticos dos testes realizados com o presente *software* após a etapa metodológica e que agregaram valor para a solução com o atingimento dos objetivos iniciais, com resultados relevantes para a formação do preço de referência em licitações brasileiras.

### 6.6.1 Preparação e Estatísticas Descritivas

Foram coletados 2.862 preços unitários sem ML e 15.443 com ML<sup>1</sup>, distribuídos conforme Tabela 2. A amostra de cada item foi filtrada limitando os registros com data de compra superior

<sup>1</sup> A diferença volumes de dados para versões com e sem ML provém da necessidade de maior quantidade de dados para treinar o modelo.

Quadro 13 – Comparativo de inovação frente aos Trabalhos Relacionados

<b>Critério</b>	<b>Trabalho(s) Relacionado(s)</b>	<b>Este Trabalho</b>
Fase do processo (Foco)	Pós-licitação (auditoria): todos da Subseção 6.4.2; todos da Subseção 6.4.4.	Fase interna (formação do preço de referência).
Tecnologias e Metodologias usadas em TIC	Blockchain: (SANTANA; TEIXEIRA; AMIN, 2024); Mineração de dados: todos da Subseção 6.4.4; NaiveBayes: (PONCE ZAMBRANO; LOOR COLAMARCO, 2020)	Seletor estatístico + ML interpretável; Arquitetura REST.
Algoritmos / Procedimentos	Média Aritmética ou Mediana ou Menor Valor ou Média Saneada ou Média Ponderada ou Teorias Procedimentais ou Modelo Econométrico: todos da Subseção 6.4.1	Média Harmônica; Primeiro Quartil; Lei de Benford; Distribuição Normal; Regressão Logística.
Integração de dados	API Transparência ARP: (FARIA; SILVA; SOARES, 2025), (FARIA, 2025)	API Transparência ARP + API ComprasGov
Evidência empírica	Estudos de caso limitados / Não Mapeados	212 licitações; 5 itens; MAPE ↓ 31%
Tempo de resposta de Software	Não Mapeado: Todos da Subseção 6.4.3	≤ 300 milissegundos

Fonte: Elaboração própria, 2025

a 12 meses, garantindo comparabilidade temporal.

Tabela 2 – Tamanho das amostras após extração dos dados para cotação

<b>Item CATMAT</b>	<b>Sem ML</b>	<b>Com ML</b>
Água 20 litros	1.400	7.900
Café 250 gramas	71	1.058
Açúcar 1 quilograma	749	2.339
Sal 1 quilograma	474	3.243
Caneta (unidade)	168	903

Fonte: Elaboração própria, 2025

O coeficiente de variação (CV) médio variou de 18% (caneta) a 42% (água), justificando a adoção de métricas mais restritivas quando  $CV > 25\%$ . A conformidade à Lei de Benford foi observada em apenas 38% das amostras, sinal de dispersão não aleatória — resultado coerente com estudos de auditoria de compras públicas observados neste estudo.

## 6.6.2 Desempenho Comparado

A Tabela 3 resume a proporção de casos em que o desvio absoluto do preço de referência do *software* em relação à mediana do Painel de Preços foi menor que o desvio do preço estimado por órgão público constante do *dataset* de testes em relação à mesma medida, para cada versão algorítmica, onde:

Tabela 3 – “Vitórias” (menor desvio absoluto) do preço de referência do *software* sobre o preço estimado pelos órgãos públicos

Item	V1 – Estatística	V2 – +Benford	V3 – ML
Água 20 litros	74%	40%	80%
Café 250 gramas	91%	65%	71%
Açúcar 1 quilograma	86%	86%	61%
Sal 1 quilograma	78%	78%	60%
Caneta (unidade)	84%	86%	92%
<b>Média ponderada</b>	<b>82%</b>	<b>70%</b>	<b>74%</b>

Fonte: Elaboração própria, 2025

- **V1 (estatística clássica):** obteve 173 vitórias em 212 comparações (81,6%), superando amplamente o método do órgão.
- **V2 (V1 + LB):** manteve desempenho superior em quatro dos cinco itens, mas perdeu terreno em para o item “água” — hipótese: amostra grande provocou rejeição ao Teste de Benford, forçando o procedimento restrito (menor valor), que por vezes subestimou o preço.
- **V3 (ML):** apresentou ganho em caneta e água, porém não superou V1 nos itens açúcar e sal. A regressão logística, baseada apenas em diferença percentual, revelou-se sensível à variabilidade de margem unitária.

Durante experimentos preliminares, observou-se melhoria média de 5,3 pontos percentuais na detecção de sobrepreço em comparação ao limiar fixo de CV, indicando viabilidade prática sem degradar o tempo de resposta do sistema. Além dos ganhos de acurácia, a integração JINI-*TensorFlow* demonstrou latência média de apenas 17 milissegundos em lotes de 512 amostras, cumprindo o requisito não funcional de resposta de 200 milissegundos para consultas síncronas oriundas da camada REST.

O erro percentual absoluto médio (MAPE) reforçou os resultados: V1 apresentou MAPE global de 6,3%, contra 11,8% dos preços oficiais. A economia potencial, estimada multiplicando-se a diferença média pelo volume licitado (R\$ 177,6 milhões nos cinco itens - conforme Tabela 1), alcança R\$ 3,4 milhões em um único exercício fiscal.

### 6.6.3 Discussão dos Resultados

Os resultados confirmam a hipótese  $H_1$ : algoritmos estatísticos reduzem o desvio do preço de referência. A economicidade e segurança proporcionada pelo uso da média harmônica e do primeiro quartil sobre a média ou mediana corrobora a teoria de Mattos, Konrath e Azambuja (2017) e acórdãos do TCU que defendem o uso do menor preço em mercado restrito, pois o primeiro quartil é inferior à mediana e ao mesmo tempo que proporciona economia, garante uma maior margem de segurança contra inexecuibilidade do preço, evitando a medida forçada de adoção do menor preço.

A introdução da Lei de Benford mostrou-se eficaz para itens da amostra (caneta, açúcar), pois elevou a sensibilidade a manipulações numéricas, mas gerou falsos positivos em bases volumosas. Ajustar o tamanho crítico da amostra ou empregar testes estatísticos adicionais pode mitigar tal efeito em trabalhos futuros.

O módulo de aprendizado de máquina evidenciou que a regressão logística, embora interpretável e leve, carece de variáveis adicionais (quantidade, modalidade, regionalidade). Mesmo assim, atingiu acurácia de 74% e foi crucial para detectar *outliers* que passaram pelo crivo estatístico, sugerindo adoção de abordagem híbrida: estatística → ML → validação humana.

### 6.6.4 Prevenção de insucesso licitatório

Embora o foco deste trabalho não tenha sido analisar o problema de licitações desertas e licitações frustradas, estando adstrito à análise e formação do preço de referência em licitações, foram realizadas algumas propostas e considerações preliminares do estudo das informações coletadas, pontos que serão mais bem explorados em trabalhos futuros.

Durante a análise dos dados obtidos<sup>2</sup>, foi averiguado que indícios como baixa participação média por lote, desvio absoluto entre preço de referência e preços históricos, *lead time* reduzido e especificações muito restritivas se correlacionam com maior probabilidade de deserto/fracasso, ainda que a causalidade exija estudos controlados.

Em ambos os casos, os fatores de risco usualmente combinam parâmetros de edital (exigências técnicas/habilitatórias, prazos, forma de fornecimento, granularidade dos lotes), características de mercado (número de fornecedores ativos por CATMAT/segmento e seu raio de atendimento) e formação do preço de referência.

Como resposta prática e incremental, foram propostos dois eixos. O primeiro é o monitoramento de risco *ex-ante*: a mesma infraestrutura estatística usada para o preço de referência calcula um *score* de risco de insucesso por item/lote (saída contínua de 0–1), a partir de atributos já disponíveis nos dados: participação histórica, variância de preços, distância do

<sup>2</sup> Os procedimentos preliminares incluíram leitura de editais de licitações, análise e histórico dos fornecedores participantes, comparativo de exigências entre diferentes editais para o mesmo CATMAT e quantidade de fornecedores por região/cidade/estado.

preço de referência à mediana do mercado, severidade dos requisitos, tamanho do lote, prazo de entrega e abrangência geográfica.

O segundo é a recomendação de contramedidas: dado um *score* elevado, o sistema sugere ajustes de baixa fricção antes da publicação (relaxar exigência não essencial, desagregar lote, ampliar janela de entrega, revisar unidade/capacidade, recalibrar preço de referência quando houver desvio extremo).

A decisão permanece com a equipe de contratação, mas o processo ganha um “*check* de insucesso” objetivo, auditável e replicável. Como benefício adicional, cada edital avaliado alimenta um ciclo de aprendizado contínuo (rótulos: bem-sucedida, deserta, fracassada), melhorando a sensibilidade do detector ao longo do tempo.

## 6.7 Validação

A eficácia dos algoritmos propostos foi aferida por meio de experimentos *data-driven* completamente reproduzíveis, fundamentados em bases públicas auditáveis e em procedimentos estatísticos transparentes. Não houve intervenções presenciais, entrevistas ou julgamento especialista; toda a evidência decorre de dados abertos, códigos versionados e métricas objetivas.

A validação foi conduzida sob o paradigma *AS-IS/TO-BE*. Para cada licitação já encerrada, recalculou-se retroativamente o preço de referência usando as três versões do software e comparou-se o desvio absoluto com o valor contratado. Essa lógica elimina viés retrospectivo, pois usa informação que estaria disponível antes da disputa. O mesmo conjunto de registros alimentou todas as versões, garantindo que diferenças de desempenho decorressem apenas da lógica algorítmica.

**Reprodutibilidade.** Os principais *datasets* de testes (CSV,JSON) estão dispostos nos Anexos desta obra e os *datasets* adicionais (CSV,JSON) de grande massa de dados estão colocados em repositório próprio da UFS.

As métricas centrais foram:

- **DMA** — desvio médio absoluto.
- **MAPE** — erro percentual absoluto médio.
- **Taxa de vitória** — *win rate*, proporção de casos em que o software obteve desvio menor que o preço do edital.

Também foi realizado *Stress test* para observação do comportamento do *software* em cenários atípicos. Rodou-se o seletor com amostra artificial de 50.000 preços randômicos ( $CV > 80\%$ ). O algoritmo da distribuição normal manteve  $MAPE \leq 9,1\%$ , demonstrando resiliência a dispersão extrema.

Variações nos limiares do fluxo de decisão foram testadas: CV=20% e CV=30%. A menor faixa (20%) penalizou itens de baixa dispersão, elevando MAPE em 0,8%. Já o aumento para 30% reduziu levemente o número de trocas de método, mas não alterou MAPE além de 0,2%. Assim, o CV=25% mantém-se ponto de equilíbrio entre precisão e sensibilidade, alinhado a julgados a estudos da literatura.

A análise estática do código também não encontrou *code smells* críticos. O *Benchmark* de latência demonstrou que a classe *CotacaoMaker* processa 3.100 itens por segundo em máquina com 2.6 *Gigahertz*. A DLL JNI abriu 0,3 segundos mais lenta na primeira chamada, mas subsequentemente a inferência manteve média de 15 milissegundos. Esses números confirmam que integrações nativas não degradam o *throughput* REST, preservando os requisitos não funcionais.

### 6.7.1 Balanceamento da Base de Dados

Observou-se que dados oriundas de licitações públicas brasileiras tendem a apresentar desbalanceamento entre classes, uma vez que a proporção de casos rotulados como sobrepreço/-subpreço é naturalmente menor que a de casos regulares. Esse perfil afeta tanto o treinamento quanto a avaliação do classificador:

1. Métricas agregadas como acurácia pode tornar-se excessivamente otimistas quando a classe minoritária é rara.
2. O limiar padrão de decisão (0,5) raramente é ótimo sob custos assimétricos.
3. A calibração das probabilidades requer atenção para evitar *overconfidence* na classe majoritária.

Do ponto de vista de mitigação, foram mantidas na versão de ML medidas conservadoras e de baixo impacto arquitetural, Técnicas de amostragem sintética não foram aplicadas nesta obra para não alterar a linha de base dos resultados, mas ficam planejadas para experimentação controlada. Por fim, as probabilidades do modelo são inspecionadas com *score*, dado que decisões operacionais dependem da qualidade da calibração sob prevalência baixa.

## 6.8 Ameaças à Validade

- **Cesta de itens:** a amostra restringiu-se a bens de consumo recorrentes; serviços continuados e obras não foram incluídos. Ainda assim, a lógica algorítmica independe da natureza do item e pode ser reaplicada
- **Limitações do Painel de Preços:** o Painel de Preços foi considerado como referência. Estudos futuros podem incorporar bancos estaduais ou índices setoriais para diversificação.

- **Vieses de retroatividade:** o *software* utiliza rótulos inferidos aplicados retroativamente; tal estratégia, embora pragmática, pode incorporar vieses institucionais que não refletem integralmente nuances locais de cada órgão e desprezar variáveis econômicas como sazonalidade e inflação que podem interferir nos preços de referência.
- **Dependências de portais governamentais:** a dependência de portais governamentais sujeitos a indisponibilidade ocasional representou gargalo logístico; a adoção de *mirrors* ou *caches* permanentes apresenta-se como ação futura para mitigar riscos de coleta.

## 6.9 Síntese

Em síntese, os resultados demonstram que:

1. A versão estatística clássica (V1) já oferece ganho médio de 31% de precisão sobre métodos usuais dos órgãos.
2. A ativação opcional da Lei de Benford (V2) amplia a acurácia quando a amostra é modesta, ao custo de potencial subestimativa em conjuntos muito grandes, devido a falsos positivos sobre a exigência de maiores valores para superação da área crítica nos testes Z e qui-quadrado, o que sugere a complementação com outras métricas em trabalhos futuros.
3. O classificador logístico (V3) agrega detecção binária de sobrepreço/subpreço, servindo como camada de *double-check*.

Esses achados sustentam a contribuição prática desta pesquisa: disponibilizar um seletor de algoritmos parametrizável, capaz de reduzir sobrepreços em licitações sem impor complexidade excessiva ao gestor público. Trabalhos futuros incluirão *features* adicionais no modelo de ML e avaliação em categorias de contratação mais complexas, como serviços continuados e até mesmo obras públicas.

Os experimentos demonstram, de modo inequívoco, que algoritmos estatísticos alternativos superam rotinas convencionais adotadas na Administração Pública. A média harmônica e o primeiro quartil, selecionados dinamicamente, reduziram o erro de estimativa em até 45% em determinados itens. A Lei de Benford serviu como filtro forense eficaz, enquanto a regressão logística adicionou camada interpretável de detecção de sobrepreço. Todos os testes foram conduzidos sobre bases abertas, passíveis de auditoria, e *endpoints* públicos, o que confere qualidade de evidência compatível com padrões de replicação científica em Sistemas de Informação.

Em conjunto, a validação sustenta a principal contribuição desta dissertação: um *framework* replicável que conjuga estatística, modelagem de distribuições e aprendizado de máquina leve para aprimorar a pesquisa de preços em licitações — sem depender de agentes externos, especialistas, dados proprietários ou sistemas privados.

# 7

## Conclusão

Esta dissertação partiu de um problema prático — a definição precisa do preço de referência em licitações públicas brasileiras — e o abordou com rigor acadêmico e solução tecnológica replicável. Foram percorridas quatro etapas: mapeamento normativo-doutrinário, concepção algorítmica, engenharia de *software* e validação *data-driven*. O resultado é uma aplicação que conjuga estatística, auditoria digital (Lei de Benford) e aprendizagem de máquina leve, disponibilizada via arquitetura REST.

Os experimentos com cinco itens CATMAT de alta recorrência evidenciaram que a versão estatística clássica que combina média harmônica, primeiro quartil, distribuição normal, menor preço e análise de variabilidade, reduziu o erro de estimativa em 31% em relação às comparações dos preços estimados com a mediana do Painel de Preços. A Lei de Benford agregou poder forense em amostras menores, e o classificador logístico binário forneceu camada adicional de confirmação, atingindo acurácia de 74%. As evidências são reproduzíveis: bases abertas, trechos relevantes do código anexos à presente obra e APIs de acesso público asseguram transparência, respondendo às boas práticas de Ciência Aberta e às exigências contemporâneas de governança pública.

### 7.1 Limitações

Foram reconhecidas três restrições básicas: escopo restrito a bens de consumo, pois serviços e obras permanecem inexplorados; modelo temporal estático, mitigado pelo recorte de 12 meses, mas ainda suscetível à inflação setorial; *feature set* limitado no classificador de ML. Essas limitações não comprometem as conclusões, mas orientam trabalhos futuros.

Outrossim, a solução proposta também depende das APIs públicas de dados de licitações e, em caso de indisponibilidade (observada frequentemente ao longo do estudo), mudança de especificações ou alterações futuras, demanda ajustes de planejamento, de arquitetura e de lógica

de construção de código e implantação do sistema, o que pode limitar eventuais trabalhos futuros.

## 7.2 Trabalhos Futuros

Os desdobramentos propostos abaixo derivam diretamente das limitações e dos achados desta dissertação. A agenda privilegia continuidade científica — não tarefas operacionais — especificando problema, abordagem e métrica de avaliação para cada frente:

- **Generalização por domínio (serviços e obras):** Problema: o modelo foi validado sobretudo em bens de consumo. Abordagem: projetar *features* e regras de seleção específicas, treinando e adaptando o seletor estatístico e o verificador ML para licitações de serviços e obras. Métrica: variação do MAPE do valor de referência e diferença absoluta para o valor homologado, por família de item.
- **Viés regional de mercado:** Problema: risco de vieses por região/porte do fornecedor e requisitos de auditabilidade. Abordagem: testes de sensibilidade por estratos (estado, porte, modalidade), *stress tests* regulatórios e *reports* de explicabilidade padronizados para auditoria. Métrica: disparidade de erro entre estratos, taxa de falsos positivos/negativos por região e aderência a requisitos de transparência.
- **Escalabilidade e eficiência computacional:** Problema: falta de mensuração sistemática de desempenho em diferentes infraestruturas. Abordagem: testes comparativos e disponibilização da solução em contêineres, em ambiente de nuvem, máquinas virtuais e outras arquiteturas, medindo *throughput*, latência e consumo energético do *pipeline* completo. Métrica: itens/minuto, latência e custo por itens processados.
- **Melhorar técnicas de balanceamento:** Problema: foi identificado desbalanceamento do banco de dados usados para testes e treinamento de ML, em virtude da baixa proporção de itens rotulados como sobrepreço/subpreço, em comparação com casos “regulares”. Abordagem: ajuste de limiar e utilidade, com seleção do limiar por maximização de utilidade esperada sob custos assimétricos. Métrica: *balanced accuracy* e intervalos de confiança por *bootstrap*.
- **Motor preditivo de insucesso:** Problema: inexistência de taxas de licitações desertas/fracassadas sem um mecanismo *ex-ante* que estime o risco por item/lote e oriente ajustes de edital. Abordagem: modelagem preditiva (regressão logística) com *class weighting*, usando participação histórica de fornecedores, variância de preços por região, tamanho/agrupamento de lotes, janela de entrega, requisitos editalícios e abrangência geográfica. Métrica: Variação da taxa de desertos/fracassos e do número de propostas por lote, *decision curve analysis* (benefício líquido) e ganho em *lead time*/taxa de adjudicação.

Em conjunto, essas frentes visam consolidar um *framework* replicável e temporalmente estável, preservando a interpretabilidade (estatística + Benford *ex-ante* + ML calibrado) e produzindo evidências de impacto concreto para a Administração Pública.

### 7.3 Passos para Adoção em Ambiente Universitário

Em um cenário universitário, a adoção desta solução como inovação exige um arranjo orgânico que combine governança de dados, infraestrutura computacional e um “laboratório vivo” com as áreas-meio. O início começa por um acordo institucional entre a Pró-Reitoria responsável pelas compras e a unidade de Tecnologia da Informação para acesso controlado aos dados administrativos (editais, contratos, atas, empenhos, processos de compras, dados contábeis) e às fontes externas abertas (catálogos e APIs governamentais), com enquadramento LGPD, papéis bem definidos (controlador/operador) e um fluxo de anonimização quando necessário (em caso de dados sensíveis).

Tecnicamente, propõe-se um *data lake* institucional (armazenamento de objetos para os *dumps* brutos e *loads* diários), camadas de qualidade e catálogo de metadados, além de bases operacionais *NoSQL* para ingestão e relacional/colunar para análises acopladas a um *pipeline* de transformação de dados agendado.

A camada de serviços pode subir em contêineres orquestrados (*Kubernetes* com imagens *Docker* criadas de distribuição *Linux*, dispondo de compiladores C/C++, dependências mapeadas e JDK incluso para integração do ambiente Java / *Spring Boot* / *TensorFlow*), com *secrets management*, observabilidade desde o início (métricas, *logs*, *tracing*) e controle de acesso centralizado, garantindo trilhas de auditoria.

Para o uso cotidiano, recomendam-se *dashboards* e APIs internas com perfis distintos (analista de compras, gestor, pregoeiro, controle interno, homologador e demais interessados), registrando as recomendações aceitas/recusadas para avaliação de efetividade.

A sustentabilidade pode vir do empacotamento da solução como um projeto de extensão com turmas de graduação e pós-graduação trabalhando em ciclos curtos (*sprints*) junto à área de compras, prevendo capacitações rápidas (oficinas de dados/ML aplicadas a compras), governança (comitê mensal com indicadores) e um plano de métricas, aderência do preço de referência ao mercado e economia estimada (como demonstrado neste trabalho), o que permite iterar o produto acadêmico como inovação pública com baixo custo de adoção e alta rastreabilidade, preservando a arquitetura proposta (núcleo hexagonal para desacoplamento tecnológico e documentação pelo modelo de visões “4+1” para comunicação entre as partes).

## 7.4 Palavras Finais

Ao combinar métodos quantitativos consagrados, arcabouço jurídico, engenharia de *software* contemporânea e aprendizado de máquina, esta pesquisa demonstra que é possível traduzir boas práticas acadêmicas em economia real para a Administração Pública. Espera-se que a solução proposta sirva como ferramenta de apoio aos gestores públicos, reduza sobrepreços, fortaleça a transparência e estimule novas investigações na interseção entre Estatística, Engenharia de *Software* e Políticas Públicas.

# Referências

- ABREU, B. M. d.; PEREIRA, T. H. S.; GOMES-JR., L. Detecção de fraudes em licitações públicas: Uma comparação de modelos de detecção de anomalias. In: ESCOLA REGIONAL DE BANCO DE DADOS (ERBD), 19., 2024, Farroupilha. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 81–90. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbd/article/view/28495>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado 4 vezes nas páginas 21, 67, 90 e 96.
- AMARAL, N. C. L. do; BRANDÃO, R. J. B. Percepção do conceito de média aritmética de estudantes de pedagogia em uma universidade pública. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, São Paulo, v. 6, n. 12, p. 416–425, 2023. Disponível em: <<https://www.revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/527>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado na página 27.
- AMORIM, D. G.; COSTA, J. E. da; SANTOS, V. M. L. dos. Prospecção de tecnologias digitais com foco em processos de licitação pública. **Revista FSA**, Teresina, v. 21, n. 12, p. 51–72, dez. 2024. Disponível em: <<http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/3055>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado 5 vezes nas páginas 21, 61, 65, 95 e 98.
- ARGENTA, J. M.; ZIEGLER, F.; RODRIGUES, R. B. Manual de orientações da Lei 14.133/2021. **RECIMA21**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. e413659, 2023. Disponível em: <<https://recima21.com.br/recima21/article/view/3659>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado na página 87.
- AVENI, A.; FARIA, L. C. Desafios e perspectivas da inteligência artificial na análise da concorrência do poder público. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, São Paulo, v. 7, n. 14, p. e141035, 2024. Disponível em: <<https://revistajrg.com/index.php/jrg/article/view/1035>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 67 e 97.
- BARROS, H. C.; DESTRO, C. R. F. O modelo de decisões apoiadas em inteligência artificial para o exercício do controle externo pelos tribunais de contas. **Revista de Ciências Jurídicas e Sociais da UNIPAR**, Umuarana, v. 27, n. 1, p. 67–80, dez. 2024. Disponível em: <<https://unipar.openjournalsolutions.com.br/index.php/juridica/article/view/11228>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 67 e 97.
- BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993 (Revogada)**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1993. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18666cons.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm)>. Acesso em: 8 mai. 2024. Citado na página 26.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Súmula 222**. 1994. Disponível em: <<https://www.cnj.jus.br/sumula-222-tcu/>>. Acesso em: 28 set. 2024. Citado na página 35.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão 3068/2010 - Plenário**. Pedido de reexame. Relator: Ministro Benjamin Zymler. 2010. Disponível em: <[https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/\\*/NUMACORDAO%253A3068%2520ANOACORDAO%253A2010%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A3068%2520ANOACORDAO%253A2010%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522)>. Acesso em: 3 jul. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 88.

BRASIL. **Lei nº 12.527, De 18 De Novembro De 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do §3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm)>. Acesso em: 3 dez. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 60.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão 2622/2013 - Plenário**. Administrativo. Relator: Ministro Marcos Bemquerer. 2013. Disponível em: <[https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/\\*/NUMACORDAO%253A2622%2520ANOACORDAO%253A2013%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A2622%2520ANOACORDAO%253A2013%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522)>. Acesso em: 15 jul. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 90.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão 403/2013 - Primeira Câmara**. Representação. Relator: Ministro Walton Alencar Rodrigues. 2013. Disponível em: <[https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/\\*/NUMACORDAO%253A403%2520ANOACORDAO%253A2013%2520COLEGIADO%253A%2522Primeira%2520C%25C3%25A2mara%2522](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A403%2520ANOACORDAO%253A2013%2520COLEGIADO%253A%2522Primeira%2520C%25C3%25A2mara%2522)>. Acesso em: 2 jun. 2024. Citado na página 36.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão 8514/2017 - Primeira Câmara**. Prestação de Contas. Relator: Ministro Benjamin Zymler. 2017. Disponível em: <[https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/\\*/NUMACORDAO%253A8514%2520ANOACORDAO%253A2017%2520COLEGIADO%253A%2522Primeira%2520C%25C3%25A2mara%2522](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A8514%2520ANOACORDAO%253A2017%2520COLEGIADO%253A%2522Primeira%2520C%25C3%25A2mara%2522)>. Acesso em: 7 mai. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 91.

BRASIL. Tribunal da Contas da União. **Acórdão 718/2018 - Plenário**. Representação. Relator: Ministro André de Carvalho. 2018. Disponível em: <[https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/\\*/NUMACORDAO%253A718%2520ANOACORDAO%253A2018%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A718%2520ANOACORDAO%253A2018%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522)>. Acesso em: 10 jul. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 36.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Acórdão de Relação 143/2019 - Plenário**. Representação. Relator: Ministro Aroldo Cedraz. 2019. Disponível em: <[https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/\\*/NUMACORDAO%253A143%2520ANOACORDAO%253A2019%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/resultado/acordao-completo/*/NUMACORDAO%253A143%2520ANOACORDAO%253A2019%2520COLEGIADO%253A%2522Plen%25C3%25A1rio%2522)>. Acesso em: 19 ago. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 36.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2024. Citado 9 vezes nas páginas 21, 23, 26, 28, 36, 49, 59, 84 e 89.

BRASIL, F. Preço de referência em compras públicas: ênfase em medicamentos. **PubliContas**, Cuiabá, p. 1–108, 2019. Disponível em: <<https://global.discourse-cdn.com/free1/uploads/gestgov1/original/2X/a/a93ec2e3799d1b4d6f8691a9192e51a5348a31d9.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2024. Citado 11 vezes nas páginas 20, 21, 25, 28, 29, 53, 61, 62, 87, 91 e 98.

BUGARIN, M. S.; CUNHA, F. C. R. da. Lei de Benford aplicada à auditoria da reforma do Aeroporto Internacional de Minas Gerais. **Revista do Serviço Público**, [S.l.], v. 68, n. 4, p. 915–940, 2017. Disponível em: <<https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/1567>>. Acesso em: 3 out. 2024. Citado 6 vezes nas páginas 21, 31, 64, 88, 89 e 94.

- BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 10. ed. São Paulo: SaraivaUni, 2023. Citado 3 vezes nas páginas 28, 31 e 32.
- CAMILLO, C. M.; GRAFFUNDER, K. G.; SEPEL, L. M. N. Mapeamento sobre a metodologia revisão por pares na formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, [S.l.], v. 18, n. 39, p. 1–32, 2022. Disponível em: <<https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/1986>>. Acesso em: 15 jan. 2025. Citado na página 39.
- CARNEIRO FILHO, J. A.; FALK, J. A. Impacto do controle sobre probabilidade de fraudes em dois municípios de Pernambuco: lei Newcomb-Benford. **Revista do TCU**, Brasília, n. 149, p. 200–216, 2022. Disponível em: <<https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1834>>. Acesso em: 10 jun. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 64 e 93.
- CARVALHO FILHO, J. S. **Manual de Direito Administrativo**. 32. ed. São Paulo: Atlas, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 39.
- CASTRO, C. J. P. de. A formação de preços em compras públicas de TIC: uma abordagem baseada na teoria econômica de leilões. **Caderno Virtual**, [S.l.], v. 3, n. 48, p. 234–259, 2020. Disponível em: <<https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/cadernovirtual/article/view/4832>>. Acesso em: 21 dez. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 62, 87 e 92.
- CASTRO, J. B. de; RIBEIRO, M. I. de P. Análise da orçamentação dos custos com o canteiro de obras e a administração local das licitações de obras públicas do Estado do Rio de Janeiro. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], n. 43, p. 63–76, 2024. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/1201>>. Acesso em: 22 jan. 2025. Citado 3 vezes nas páginas 25, 63 e 93.
- CAZORLA, I. M.; UTSUMI, M. C.; MAGINA, S. M. Revisitando o conceito de mediana na perspectiva dos campos conceituais: uma aproximação teórica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2023, [S.l.]. **Anais [...]**. [S.l.]: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2023. p. 2556–2569. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Miriam-Utsumi-2/publication/363724022\\_Revisitando\\_o\\_conceito\\_de\\_Mediana\\_na\\_perspectiva\\_dos\\_Campos\\_Conceituais\\_uma\\_aproximacao\\_teorica/links/6494be6195bbbe0c6ee91efe/Revisitando-o-conceito-de-Mediana-na-perspectiva-dos-Campos-Conceituais-uma-aproximacao-teorica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Miriam-Utsumi-2/publication/363724022_Revisitando_o_conceito_de_Mediana_na_perspectiva_dos_Campos_Conceituais_uma_aproximacao_teorica/links/6494be6195bbbe0c6ee91efe/Revisitando-o-conceito-de-Mediana-na-perspectiva-dos-Campos-Conceituais-uma-aproximacao-teorica.pdf)>. Acesso em: 8 out. 2024. Citado na página 28.
- CHAVES, L. C. de A. A atividade de análise de mercado para planejamento das contratações governamentais. **Revista do TCU**, Brasília, n. 139, p. 24–37, 2017. Disponível em: <<https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1428>>. Acesso em: 4 abr. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 27, 62 e 92.
- COCCHIARELLI, R. S.; PESSANHA, J. F. M. A lei de Newcomb-Benford como ferramenta de controle interno nas contratações públicas do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Delos**, [S.l.], v. 17, n. 62, p. 1–14, 2024. Disponível em: <<https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/3272>>. Acesso em: 13 fev. 2025. Citado 4 vezes nas páginas 65, 89, 94 e 98.
- COCKBURN, A. **The Hexagonal (Ports & Adapters) Architecture**. Versão 0.9. [S.l.], 2005. Disponível em: <<https://alistair.cockburn.us/hexagonal-architecture>>. Acesso em: 8 jan. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 69.

COX, C. H. H. Orçamento estimativo nas licitações e contratações diretas realizadas pela Administração Pública. **Revista Eletrônica Jurídico-Institucional**, Natal, v. 57, n. 12, p. 234–254, jul./dez. 2017. Disponível em: <[https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao\\_e\\_divulgacao/doc\\_biblioteca/bibli\\_servicos\\_produtos/bibli\\_informativo/bibli\\_inf\\_2006/Rev-Elet-MP-RN\\_n.11.09.pdf](https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/Rev-Elet-MP-RN_n.11.09.pdf)>. Acesso em: 4 jun. 2024. Citado 4 vezes nas páginas 28, 62, 88 e 92.

DANTAS, B. O TCU, a ampliação do papel do controle no cenário global e as contribuições da cooperação internacional. **Revista do TCU**, Brasília, v. 154, n. 1, p. 12–16, 2024. Disponível em: <<https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCUCU/article/view/2216>>. Acesso em: 25 mai. 2024. Citado na página 25.

DANTAS, D. de Q.; MARTINS, L. B. Estudo sobre a eficácia e a eficiência do uso da ferramenta Alice como fundamento para a prevenção e o combate à corrupção no âmbito da Controladoria-Geral da União. **Cadernos Técnicos da CGU**, [S.l.], v. 3, p. 158–166, 2022. Disponível em: <[https://revista.cgu.gov.br/Cadernos\\_CGU/article/view/599](https://revista.cgu.gov.br/Cadernos_CGU/article/view/599)>. Acesso em: 12 dez. 2024. Citado na página 26.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito administrativo**. 31. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 20, 25 e 60.

DONATO, D. P.; ZUCHI, J. D. Arquitetura limpa: como minimizar o custo de um software. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 18, n. 2, p. 229–239, 2021. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1288>>. Acesso em: 12 abr. 2024. Citado na página 33.

FARIA, E. Engenharia de software e estatística no apoio à educação a distância. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS E DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 7., 2024, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2024. Disponível em: <<https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/2773>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 75.

FARIA, E. M. B. de. Sistemas colaborativos inteligentes para transparência e sustentabilidade em licitações públicas brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS COLABORATIVOS, 20., 2025, Manaus. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2025. p. 40–51. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsc/article/view/35804>>. Acesso em: 21 jun. 2025. Citado 6 vezes nas páginas 66, 89, 90, 95, 98 e 100.

FARIA, E. M. B. de; SILVA, G.; SOARES, M. Intelligent methodologies for preparing reference prices in brazilian public biddings. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, 21., 2025, Recife. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2025. p. 241–249. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/34340>>. Acesso em: 6 jun. 2025. Citado 12 vezes nas páginas 20, 57, 66, 86, 87, 88, 89, 90, 95, 98, 99 e 100.

GRIS GONZÁLEZ, J. C. Presupuesto base de licitación, valor estimado y precio: algunas cuestiones problemáticas. **Cuadernos de Derecho Local**, Madrid, n. 51, p. 140–162, 2023. Disponível em: <<https://www.publicacionesonlinefdgl.es/index.php/CuadernosDerechoLocal/article/view/828>>. Acesso em: 3 jul. 2024. Citado 4 vezes nas páginas 20, 62, 63 e 92.

HERALOVA, R. S. Highway projects: Prices in public bids. **Procedia Engineering**, [S.l.], v. 123, p. 496–503, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815032026>>. Acesso em: 3 jul. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 62, 63 e 93.

HU, M. et al. Cross-language call graph construction supporting different host languages. In: 2023 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ANALYSIS, EVOLUTION AND REENGINEERING (SANER), 2023, Taipa. **Proceedings** [...]. New York: IEEE, 2023. p. 155–166. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10123688>>. Acesso em: 2 jul. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 80.

KFOURI, G. S.; ZAMBÃO, L. H. L. Contratações públicas com ferramentas de inteligência artificial: desafios Éticos e de compliance. **Revista Jurídica Gralha Azul**, [S.l.], v. 1, n. 28, p. 84–94, 2025. Disponível em: <<https://revista.tjpr.jus.br/gralhaazul/article/view/186>>. Acesso em: 13 jun. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 68 e 90.

KRUCHTEN, P. Architectural blueprints—the “4+1” view model of software architecture. **IEEE Software**, [S.l.], v. 12, n. 6, p. 42–50, nov. 1995. Disponível em: <<https://www.cs.ubc.ca/~gregor/teaching/papers/4+1view-architecture.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 71.

LI, Q.; DAI, J. Aplicativos de auditoria: uma ferramenta eficaz para asseguarção de compras governamentais. **Revista do TCU**, Brasília, n. 137, p. 60–69, set. 2016. Disponível em: <<https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1379>>. Acesso em: 15 mai. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 66 e 96.

MACEDO, B. H. C.; NARDI, P. C. C. Relação entre a conformidade com a lei de Benford e o tempo de divulgação das demonstrações contábeis: uma análise empírica. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC)**, Brasília, v. 19, p. 1–27, 2025. Disponível em: <<https://repec.org.br/repec/article/view/3595>>. Acesso em: 2 jun. 2025. Citado 3 vezes nas páginas 30, 64 e 93.

MATTOS, V. L. D. de; KONRATH, A. C.; AZAMBUJA, A. M. V. de. **Introdução à estatística: aplicações em ciências exatas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. Citado 5 vezes nas páginas 28, 29, 32, 90 e 102.

MENINO, F. d. S.; ONUCHIC, L. d. I. R.; BARBOSA, R. M. Médias: um tema propício para o ensino e aprendizagem trabalhando com situações-problema. **Revista Hispeci & Lema**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 74–79, 2016. Disponível em: <<https://unifafibe.com.br/revistahispecilema/pdf/revista7.pdf#page=75>>. Acesso em: 20 ago. 2024. Citado na página 32.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital. **Instrução Normativa nº 65, de 7 de julho de 2021**. Dispõe sobre o procedimento administrativo para a realização de pesquisa de preços para aquisição de bens e contratação de serviços em geral, no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF: Secretaria Especial de Desburocratização, Gestão e Governo Digital, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-seges-me-no-65-de-7-de-julho-de-2021>>. Acesso em: 5 jul. 2024. Citado 4 vezes nas páginas 26, 27, 30 e 36.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Consulta de Atas**. Brasília, 2001. Disponível em: <<https://www.comprasnet.gov.br/livre/pregao/ata0.asp>>. Acesso em: 24 jun. 2025. Citado na página 51.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Download de Editais**. Brasília, 2005. Disponível em: <<https://www.comprasnet.gov.br/ConsultaLicitacoes/Download/Download.asp>>. Acesso em: 24 jun. 2025. Citado na página 51.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Painel de Preços**. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://paineldeprecos.planejamento.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 47 e 48.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Portal da Transparência de Contratos Administrativos**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://contratos.sistema.gov.br/transparencia>>. Acesso em: 22 jun. 2025. Citado na página 45.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Endpoint POST da API de Itens de ARP - Transparência de Contratos**. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://contratos.sistema.gov.br/transparencia/transparencia/arp-item>>. Acesso em: 22 jun. 2025. Citado na página 193.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Swagger da API Compras**. Versão 1.0.0. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://dadosabertos.compras.gov.br/swagger-ui/index.html>>. Acesso em: 22 jun. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 186.

MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS. **Manual do Usuário - API do Compras.gov.br**. 1. ed. Brasília: Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/compras/pt-br/acesso-a-informacao/manuais/manual-dados-abertos/manual-api-compras.pdf>>. Acesso em: 3 mai. 2025. Citado na página 40.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Manual do Painel de Preços**. Versão 1.2. Brasília: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2018. Disponível em: <<https://paineldeprecos.planejamento.gov.br/storage/144ef8a4758cf50f113f449f0c571272.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 89.

MOTA, R. L.; PELISSON, G. C. Licitações: Entraves e benéfcios diante das modificações geradas frente as inovações introduzidas pela lei nº 14.133/2021. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 1–15, 2024. Disponível em: <<https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2398>>. Acesso em: 22 mar. 2025. Citado na página 24.

OLIVEIRA, I. P.; LIMA, B. M. A relevância da atuação preventiva do controle externo na infraestrutura. **Revista do TCU**, Brasília, v. 147, n. 1, p. 150–167, 2021. Disponível em: <<https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1703>>. Acesso em: 25 mai. 2024. Citado na página 25.

OLIVEIRA, T. C.; ROCHA, A. L. M. da; REZENDE, M. S. de. Alice: desafios, resultados e perspectivas da ferramenta de auditoria contínua de compras públicas governamentais com uso de inteligência artificial. **Revista da CGU**, [S.l.], v. 14, n. 26, p. 296–308, jul./dez. 2022. Disponível em: <[https://revista.cgu.gov.br/Revista\\_da\\_CGU/article/view/530](https://revista.cgu.gov.br/Revista_da_CGU/article/view/530)>. Acesso em: 2 jun. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 67, 90 e 96.

ORTH, C. D. O.; MICHAELSEN, A. T.; LERNER, A. F. Lei de Newcomb Benford e auditoria contábil: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 111–135, mai./ago. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistagestaoedesenvolvimento/article/view/2035>>. Acesso em: 21 abr. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 65, 89 e 94.

PONCE ZAMBRANO, J. M.; LOOR COLAMARCO, I. W. Diferencias entre presupuestos referenciales y ejecutados en licitación de obra. **Revista San Gregorio**, Portoviejo, n. 43, p. 1–20, out./dez. 2020. Disponível em: <[http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2528-79072020000400001&nrm=iso](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072020000400001&nrm=iso)>. Acesso em: 27 out. 2024. Citado 6 vezes nas páginas 21, 62, 66, 88, 96 e 100.

RODRIGUES, L. F.; MATTOS, T. C.; SOARES, B. da C. Plano de avaliação da metodologia de pesquisa de preços institucionalizada pela portaria distrital nº 514/2018. **Comunicação em Ciências da Saúde**, v. 32, n. 4, p. 81–91, jan. 2022. Disponível em: <<https://revistaccs.espdf.fepecs.edu.br/index.php/comunicacaoemcienciasdasaude/article/view/1067>>. Acesso em: 8 nov. 2024. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 92.

SAMPAIO, A. da H.; FIGUEIREDO, P. S.; LOIOLA, E. Compras públicas no Brasil: indícios de fraudes usando a lei de Newcomb-Benford. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, São Paulo, v. 27, n. 86, p. 1–20, jan./abr. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.fgv.br/cgpc/article/view/82760>>. Acesso em: 5 jun. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 65, 89 e 94.

SANTANA, A. G.; TEIXEIRA, C. N.; AMIN, A. H. C. A viabilidade do uso das tecnologias blockchain e smart contracts na licitação e contratos administrativos a partir da Lei 14.133/2021. **Revista de Direito Brasileira**, Florianópolis, v. 35, n. 13, p. 249–278, abr. 2024. Disponível em: <<https://indexlaw.org/index.php/rdb/article/view/7491>>. Acesso em: 9 nov. 2024. Citado 4 vezes nas páginas 66, 95, 98 e 100.

SERVIÇO FEDERAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS. **Consulta de catálogo de bens e serviços para utilização nas contratações públicas**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://catalogo.compras.gov.br/cnbs-web/busca>>. Acesso em: 22 jun. 2025. Citado na página 41.

SERVIÇO FEDERAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS. **Consulta Pública de Compras Eletrônicas**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://cnetmobile.estaleiro.serpro.gov.br/comprasnet-web/public/compras>>. Acesso em: 24 jun. 2025. Citado na página 49.

SERVIÇO FEDERAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS. **Swagger da API Catálogo Compras**. Versão 1.0. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://cnbs.estaleiro.serpro.gov.br/cnbs-api/swagger-ui/index.html>>. Acesso em: 22 jun. 2025. Citado na página 43.

SHARPE, N. R.; DE VEAUX, R. D.; VELLEMAN, P. F. **Estatística aplicada à Administração e Economia**. Tradução: Lori Viali. Porto Alegre: Bookman, 2011. Título original: Business Statistics. Citado na página 32.

SIGNOR, R. et al. A nova lei de licitações como promotora da maldição do vencedor. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 56, n. 1, p. 176–190, jan./fev. 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rap/a/wZfKPLD9tyFW7NhgW9DNJQG>>. Acesso em: 12 dez. 2024. Citado 4 vezes nas páginas 21, 63, 87 e 92.

SIGNOR, R. et al. Modelo econométrico como possibilidade de aperfeiçoamento dos limites de preços em licitações: uma análise sobre o valor previamente estimado mediante regressão linear múltipla. **Revista do TCU**, Brasília, v. 154, n. 1, p. 126–145, jul./dez 2024. Disponível em: <<https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1973>>. Acesso em: 5 mai. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 93.

SILVA, C. N. N. d. A revisão por pares na ciência: limites e possibilidades da prática científica à luz da teoria dos campos de Bourdieu. **Comunicação & Informação**, Goiânia, v. 24, p. 1–18, 2021. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/ci/article/view/67016>>. Acesso em: 24 jun. 2024. Citado na página 39.

SILVA, R. S. et al. Inteligência artificial utilizada na auditoria de recursos públicos destinados para alimentação escolar. **Educação em Análise**, Londrina, v. 10, p. 1–18, fev. 2025. Disponível em: <<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/educanalise/article/view/49741>>. Acesso em: 4 mai. 2025. Citado 3 vezes nas páginas 67, 90 e 96.

SILVA, W. B. da; TRAVASSOS, S. K. de M.; COSTA, J. I. de F. Utilização da lei de Newcomb-Benford como método identificador de desvios em ambientes de auditoria contínua: uma proposta de identificação de desvios no tempo. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v. 28, n. 73, p. 11–26, jan./abr. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rcf/a/pDDXvCGzgBxTS7GpDZMDc7r/?lang=pt>>. Acesso em: 2 nov. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 64, 89 e 94.

SOUZA, E. G. de; ARAUJO JUNIOR, M. E. A licitação como ferramenta para a concretização do direito à cidade sustentável. **Revista Brasileira de Direito Urbanístico**, Belo Horizonte, v. 10, n. 19, p. 105–123, jul./dez. 2024. Disponível em: <<https://www.publicacoes.ibdu.org/artigos/a-licitacao-como-ferramenta>>. Acesso em: 2 fev. 2025. Citado na página 24.

SOUZA, M. de L. et al. A lei de Benford e o coeficiente de Gini como métodos estatísticos na análise de dados eleitorais. **Revista de Sistemas e Computação**, Salvador, v. 14, n. 1, p. 50–59, jan./abr. 2024. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/8675>>. Acesso em: 5 abr. 2025. Citado 6 vezes nas páginas 30, 31, 32, 64, 89 e 93.

SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA. **Manual de Orientação de Pesquisa de Preços**. 4. ed. Brasília: Superior Tribunal de Justiça, 2021. Disponível em: <<https://www.stj.jus.br/publicacaoainstitucional/index.php/MOP/article/view/11587/11711>>. Acesso em: 22 out. 2024. Citado 3 vezes nas páginas 25, 27 e 88.

TATIS, A. F. G. S. L.; CORRENTE, J. E.; FUMES-GHANTOUS, G. Análise exploratória gráfica para dados assimétricos com presença de pontos discrepantes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, [S.l.], v. 9, p. e022017, set. 2022. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/540>>. Acesso em: 9 dez. 2024. Citado na página 28.

TOLEDO, J.; ÁVILA, E. S.; CAMARGO, P. L. T. de. Tecnologias da informação na gestão pública: um estudo sobre sua utilização nas compras públicas de uma instituição de ensino. **Revista Conexão na Amazônia**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 85–101, ago. 2024. Disponível em: <<https://periodicos.ifac.edu.br/index.php/revistarca/article/view/171>>. Acesso em: 3 mar. 2025. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 95.

# **Apêndices**

# APÊNDICE A – Requisição de Exemplo do *Endpoint* da API de Transparência de Contratos Administrativos

```
1 curl --location 'https://contratos.sistema.gov.br/transparencia/ \
2 transparencia/arp-item' \
3 --header 'Accept: application/json' \
4 --header 'Accept-Language: pt-PT,pt;q=0.9' \
5 --header 'Content-Type: application/x-www-form-urlencoded' \
6 --data-urlencode '0%5Bname%5D= palavra_chave' \
7 --data-urlencode '0%5Bvalue%5D= agua' \
8 --data-urlencode '1%5Bname%5D= codigoUnidade' \
9 --data-urlencode '1%5Bvalue%5D= ' \
10 --data-urlencode '2%5Bname%5D= modalidadeCompra' \
11 --data-urlencode '2%5Bvalue%5D= ' \
12 --data-urlencode '3%5Bname%5D= numeroItemCompra' \
13 --data-urlencode '3%5Bvalue%5D= ' \
14 --data-urlencode '4%5Bname%5D= status' \
15 --data-urlencode '4%5Bvalue%5D= ' \
16 --data-urlencode '5%5Bname%5D= dataInicio' \
17 --data-urlencode '5%5Bvalue%5D= 2024-01-01' \
18 --data-urlencode '6%5Bname%5D= dataFim' \
19 --data-urlencode '6%5Bvalue%5D= 2025-01-01' \
20 --data-urlencode '7%5Bname%5D= numeroAta' \
21 --data-urlencode '7%5Bvalue%5D= ' \
22 --data-urlencode '8%5Bname%5D= numeroCompra' \
23 --data-urlencode '8%5Bvalue%5D= 2024' \
24 --data-urlencode '9%5Bname%5D= anoCompra' \
25 --data-urlencode '9%5Bvalue%5D= 2024' \
26 --data-urlencode '10%5Bname%5D= codigoItem' \
27 --data-urlencode '10%5Bvalue%5D= ' \
28 --data-urlencode '11%5Bname%5D= descricaoItem' \
29 --data-urlencode '11%5Bvalue%5D= agua' \
30 --data-urlencode 'draw= 1' \
31 --data-urlencode 'columns%5B0%5D%5Bdata%5D= numero' \
32 --data-urlencode 'columns%5B0%5D%5Bname%5D= numero' \
33 --data-urlencode 'columns%5B0%5D%5Bsearchable%5D= true' \
```

```
34 --data-urlencode 'columns%5B0%5D%5Bborderable%5D= true' \
35 --data-urlencode 'columns%5B0%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
36 --data-urlencode 'columns%5B0%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
37 --data-urlencode 'columns%5B1%5D%5Bdata%5D= unidade_gerencidora' \
38 --data-urlencode 'columns%5B1%5D%5Bname%5D= unidade_gerencidora' \
39 --data-urlencode 'columns%5B1%5D%5Bsearchable%5D= true' \
40 --data-urlencode 'columns%5B1%5D%5Bborderable%5D= true' \
41 --data-urlencode 'columns%5B1%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
42 --data-urlencode 'columns%5B1%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
43 --data-urlencode 'columns%5B2%5D%5Bdata%5D= descricao_detalhada' \
44 --data-urlencode 'columns%5B2%5D%5Bname%5D= descricao_detalhada' \
45 --data-urlencode 'columns%5B2%5D%5Bsearchable%5D= true' \
46 --data-urlencode 'columns%5B2%5D%5Bborderable%5D= true' \
47 --data-urlencode 'columns%5B2%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
48 --data-urlencode 'columns%5B2%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
49 --data-urlencode 'columns%5B3%5D%5Bdata%5D= unidade_federacao' \
50 --data-urlencode 'columns%5B3%5D%5Bname%5D= unidade_federacao' \
51 --data-urlencode 'columns%5B3%5D%5Bsearchable%5D= true' \
52 --data-urlencode 'columns%5B3%5D%5Bborderable%5D= true' \
53 --data-urlencode 'columns%5B3%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
54 --data-urlencode 'columns%5B3%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
55 --data-urlencode 'columns%5B4%5D%5Bdata%5D= fornecedor' \
56 --data-urlencode 'columns%5B4%5D%5Bname%5D= fornecedor' \
57 --data-urlencode 'columns%5B4%5D%5Bsearchable%5D= true' \
58 --data-urlencode 'columns%5B4%5D%5Bborderable%5D= true' \
59 --data-urlencode 'columns%5B4%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
60 --data-urlencode 'columns%5B4%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
61 --data-urlencode 'columns%5B5%5D%5Bdata%5D= quantidade_registrada' \
62 --data-urlencode 'columns%5B5%5D%5Bname%5D= quantidade_registrada' \
63 --data-urlencode 'columns%5B5%5D%5Bsearchable%5D= true' \
64 --data-urlencode 'columns%5B5%5D%5Bborderable%5D= true' \
65 --data-urlencode 'columns%5B5%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
66 --data-urlencode 'columns%5B5%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
67 --data-urlencode 'columns%5B6%5D%5Bdata%5D= saldo_adesao' \
68 --data-urlencode 'columns%5B6%5D%5Bname%5D= saldo_adesao' \
69 --data-urlencode 'columns%5B6%5D%5Bsearchable%5D= true' \
70 --data-urlencode 'columns%5B6%5D%5Bborderable%5D= true' \
71 --data-urlencode 'columns%5B6%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \
72 --data-urlencode 'columns%5B6%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \
73 --data-urlencode 'columns%5B7%5D%5Bdata%5D= vigencia_inicial' \
74 --data-urlencode 'columns%5B7%5D%5Bname%5D= vigencia_inicial' \
75 --data-urlencode 'columns%5B7%5D%5Bsearchable%5D= true' \
```

```
76 --data-urlencode 'columns%5B7%5D%5Bborderable%5D= true' \  
77 --data-urlencode 'columns%5B7%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \  
78 --data-urlencode 'columns%5B7%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \  
79 --data-urlencode 'columns%5B8%5D%5Bdata%5D= vigencia_final' \  
80 --data-urlencode 'columns%5B8%5D%5Bname%5D= vigencia_final' \  
81 --data-urlencode 'columns%5B8%5D%5Bsearchable%5D= true' \  
82 --data-urlencode 'columns%5B8%5D%5Bborderable%5D= true' \  
83 --data-urlencode 'columns%5B8%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \  
84 --data-urlencode 'columns%5B8%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \  
85 --data-urlencode 'columns%5B9%5D%5Bdata%5D= acao' \  
86 --data-urlencode 'columns%5B9%5D%5Bname%5D= acao' \  
87 --data-urlencode 'columns%5B9%5D%5Bsearchable%5D= true' \  
88 --data-urlencode 'columns%5B9%5D%5Bborderable%5D= true' \  
89 --data-urlencode 'columns%5B9%5D%5Bsearch%5D%5Bvalue%5D= ' \  
90 --data-urlencode 'columns%5B9%5D%5Bsearch%5D%5Bregex%5D= false' \  
91 --data-urlencode 'order%5B0%5D%5Bcolumn%5D= 0' \  
92 --data-urlencode 'order%5B0%5D%5Bdir%5D= asc' \  
93 --data-urlencode 'start= 0' \  
94 --data-urlencode 'length=10' \  
95 --data-urlencode 'search%5Bvalue%5D= ' \  
96 --data-urlencode 'search%5Bregex%5D= false'
```

Observação: Requisição feita em: 22 jun. 2025

## APÊNDICE B – *Dataset* de Testes no Software do Item Água - CATMAT 445485 - Sem a Lei de Benford (*Flag* Desativada no *Header*)

```

1 NI , QO , MP , VEO , VHO , VES , DRO , DRS , M , UASG , DC
2 00001 , 18.000 , "R$ 10 , 45" , "R$ 10 , 00" , "R$ 4 , 83" , "R$ 8 , 98" , "R$ 0 , 45" , "R$
   1 , 47" , RGO , 155013 , 25/10/2024
3 00004 , 156 , "R$ 10 , 45" , "R$ 5 , 00" , "R$ 6 , 29" , "R$ 8 , 98" , "R$ 5 , 45" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 135457 , 16/10/2024
4 00003 , 120 , "R$ 10 , 45" , "R$ 6 , 66" , "R$ 6 , 65" , "R$ 8 , 98" , "R$ 3 , 79" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 135457 , 16/10/2024
5 00002 , 240 , "R$ 10 , 45" , "R$ 7 , 35" , "R$ 7 , 35" , "R$ 8 , 98" , "R$ 3 , 10" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 135457 , 16/10/2024
6 00005 , 288 , "R$ 10 , 45" , "R$ 6 , 30" , "R$ 6 , 30" , "R$ 8 , 98" , "R$ 4 , 15" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 135457 , 16/10/2024
7 00001 , 600 , "R$ 10 , 45" , "R$ 5 , 00" , "R$ 5 , 00" , "R$ 8 , 98" , "R$ 5 , 45" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 135457 , 16/10/2024
8 00001 , 3.000 , "R$ 10 , 45" , "R$ 15 , 12" , "R$ 14 , 00" , "R$ 8 , 98" , "R$ 4 , 67" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 510677 , 21/10/2024
9 00005 , 900 , "R$ 10 , 45" , "R$ 40 , 93" , "R$ 29 , 00" , "R$ 8 , 98" , "R$ 30 , 48" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 980499 , 17/10/2024
10 00001 , 8.580 , "R$ 10 , 45" , "R$ 16 , 17" , "R$ 14 , 90" , "R$ 8 , 98" , "R$ 5 , 72" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 926495 , 08/11/2024
11 00006 , 5.000 , "R$ 10 , 45" , "R$ 11 , 29" , "R$ 10 , 98" , "R$ 8 , 98" , "R$ 0 , 84" , "R$
   1 , 47" , RGO , 980499 , 17/10/2024
12 00047 , 4.760 , "R$ 10 , 45" , "R$ 13 , 00" , "R$ 13 , 00" , "R$ 8 , 98" , "R$ 2 , 55" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 194009 , 31/10/2024
13 00001 , 3.000 , "R$ 10 , 45" , "R$ 20 , 00" , "R$ 20 , 00" , "R$ 8 , 98" , "R$ 9 , 55" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 130102 , 31/10/2024
14 00002 , 40 , "R$ 10 , 45" , "R$ 25 , 00" , "R$ 23 , 00" , "R$ 8 , 98" , "R$ 14 , 55" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 130102 , 31/10/2024
15 00002 , 200 , "R$ 10 , 45" , "R$ 15 , 25" , "R$ 15 , 09" , "R$ 8 , 98" , "R$ 4 , 80" , "R$
   1 , 47" , SOFTWARE , 158125 , 31/10/2024
16 00001 , 15.564 , "R$ 10 , 45" , "R$ 19 , 00" , "R$ 17 , 95" , "R$ 8 , 98" , "R$
   8 , 55" , "R$ 1 , 47" , SOFTWARE , 956520 , 15/10/2024

```

17 00001,8.718,"R\$ 10,45","R\$ 14,39","R\$ 10,90","R\$ 8,98","R\$ 3,94","R\$ 1,47",SOFTWARE,987769,14/10/2024

18 00003,2.904,"R\$ 10,45","R\$ 14,39","R\$ 10,90","R\$ 8,98","R\$ 3,94","R\$ 1,47",SOFTWARE,987769,14/10/2024

19 00002,9.600,"R\$ 10,45","R\$ 9,04","R\$ 6,14","R\$ 8,98","R\$ 1,41","R\$ 1,47", RGO ,926002,24/10/2024

20 00008,2.400,"R\$ 10,45","R\$ 12,00","R\$ 12,00","R\$ 8,98","R\$ 1,55","R\$ 1,47",SOFTWARE,158149,14/10/2024

21 00005,70,"R\$ 10,45","R\$ 18,11","R\$ 13,85","R\$ 8,98","R\$ 7,66","R\$ 1,47",SOFTWARE,929758,22/10/2024

22 00002,1.600,"R\$ 10,45","R\$ 14,32","R\$ 8,43","R\$ 8,98","R\$ 3,87","R\$ 1,47",SOFTWARE,130067,14/10/2024

23 00001,11.299,"R\$ 10,45","R\$ 9,25","R\$ 5,99","R\$ 8,98","R\$ 1,20","R\$ 1,47", RGO ,982887,24/10/2024

24 00002,3.766,"R\$ 10,45","R\$ 9,25","R\$ 6,49","R\$ 8,98","R\$ 1,20","R\$ 1,47", RGO ,982887,24/10/2024

25 00004,2.632,"R\$ 10,45","R\$ 11,17","R\$ 8,98","R\$ 8,98","R\$ 0,72","R\$ 1,47", RGO ,928372,10/10/2024

26 00001,1.123,"R\$ 10,45","R\$ 13,41","R\$ 12,90","R\$ 8,98","R\$ 2,96","R\$ 1,47",SOFTWARE,928372,10/10/2024

27 00007,768,"R\$ 10,45","R\$ 12,87","R\$ 12,00","R\$ 8,98","R\$ 2,42","R\$ 1,47",SOFTWARE,194077,31/10/2024

28 00403,580,"R\$ 10,45","R\$ 12,87","R\$ 12,00","R\$ 8,98","R\$ 2,42","R\$ 1,47",SOFTWARE,194077,31/10/2024

29 00402,576,"R\$ 10,45","R\$ 12,87","R\$ 12,00","R\$ 8,98","R\$ 2,42","R\$ 1,47",SOFTWARE,194077,31/10/2024

30 00001,3.000,"R\$ 10,45","R\$ 14,74","R\$ 7,69","R\$ 8,98","R\$ 4,29","R\$ 1,47",SOFTWARE,257039,06/11/2024

31 00008,360,"R\$ 10,45","R\$ 13,68","R\$ 13,68","R\$ 8,98","R\$ 3,23","R\$ 1,47",SOFTWARE,90012,23/10/2024

32 00001,4.000,"R\$ 10,45","R\$ 9,02","R\$ 7,85","R\$ 8,98","R\$ 1,43","R\$ 1,47", RGO ,70011,15/10/2024

33 00005,360,"R\$ 10,45","R\$ 11,93","R\$ 11,93","R\$ 8,98","R\$ 1,48","R\$ 1,47",SOFTWARE,200114,11/10/2024

34 00003,5.500,"R\$ 10,45","R\$ 16,76","R\$ 7,49","R\$ 8,98","R\$ 6,31","R\$ 1,47",SOFTWARE,155014,01/11/2024

35 00004,2.460,"R\$ 10,45","R\$ 10,52","R\$ 8,95","R\$ 8,98","R\$ 0,07","R\$ 1,47", RGO ,943001,28/10/2024

36 00013,140,"R\$ 10,45","R\$ 16,00","R\$ 16,00","R\$ 8,98","R\$ 5,55","R\$ 1,47",SOFTWARE,200114,11/10/2024

37 00015,1.632,"R\$ 10,45","R\$ 12,00","R\$ 11,99","R\$ 8,98","R\$ 1,55","R\$ 1,47",SOFTWARE,158149,14/10/2024

```
38 00003,720,"R$ 10,45","R$ 12,20","R$ 8,30","R$ 8,98","R$ 1,75","R$
    1,47",SOFTWARE,200114,11/10/2024
39 00003,360,"R$ 10,45","R$ 13,52","R$ 13,52","R$ 8,98","R$ 3,07","R$
    1,47",SOFTWARE,90012,23/10/2024
40 00011,3.000,"R$ 10,45","R$ 12,00","R$ 11,98","R$ 8,98","R$ 1,55","R$
    1,47",SOFTWARE,158149,14/10/2024
41 00009,650,"R$ 10,45","R$ 12,31","R$ 12,31","R$ 8,98","R$ 1,86","R$
    1,47",SOFTWARE,200114,11/10/2024
42 00011,480,"R$ 10,45","R$ 11,76","R$ 11,50","R$ 8,98","R$ 1,31","R$
    1,47", RGO ,90012,23/10/2024
43 00008,550,"R$ 10,45","R$ 11,54","R$ 11,54","R$ 8,98","R$ 1,09","R$
    1,47", RGO ,200114,11/10/2024
44 00001,684,"R$ 10,45","R$ 9,27","R$ 7,97","R$ 8,98","R$ 1,18","R$
    1,47", RGO ,943001,28/10/2024
45 00004,1.920,"R$ 10,45","R$ 12,00","R$ 11,98","R$ 8,98","R$ 1,55","R$
    1,47",SOFTWARE,158149,14/10/2024
46 00002,6.438,"R$ 10,45","R$ 10,10","R$ 9,10","R$ 8,98","R$ 0,35","R$
    1,47", RGO ,943001,28/10/2024
47 00010,600,"R$ 10,45","R$ 13,13","R$ 12,90","R$ 8,98","R$ 2,68","R$
    1,47",SOFTWARE,90012,23/10/2024
48 00004,480,"R$ 10,45","R$ 12,03","R$ 11,90","R$ 8,98","R$ 1,58","R$
    1,47",SOFTWARE,90012,23/10/2024
49 00006,600,"R$ 10,45","R$ 16,53","R$ 16,40","R$ 8,98","R$ 6,08","R$
    1,47",SOFTWARE,90012,23/10/2024
50 00010,450,"R$ 10,45","R$ 13,43","R$ 13,43","R$ 8,98","R$ 2,98","R$
    1,47",SOFTWARE,200114,11/10/2024
51 00002,500,"R$ 10,45","R$ 10,01","R$ 8,80","R$ 8,98","R$ 0,44","R$
    1,47", RGO ,200114,11/10/2024
```

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 37 (74%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 13 (26%)

## APÊNDICE C – *Dataset* de Testes no Software do Item Água - CATMAT 445485 - Com a Lei de Benford (*Flag* Ativada no *Header*)

```

1 numero_item,quantidade_ofertada,mediana_painel_precos,
2 valor_estimado_orgao,valor_homologado_orgao,
3 valor_estimado_software,desvio_orgao,desvio_software,
4 menor_desvio,uasg,data_compra
5 00001,18.000,"R$ 10,45","R$ 10,00","R$ 4,83","R$ 7,33","R$ 0,45","R$
   3,12", RGO ,155013,25/10/2024
6 00004,156,"R$ 10,45","R$ 5,00","R$ 6,29","R$ 7,33","R$ 5,45","R$
   3,12",SOFTWARE,135457,16/10/2024
7 00003,120,"R$ 10,45","R$ 6,66","R$ 6,65","R$ 7,33","R$ 3,79","R$
   3,12",SOFTWARE,135457,16/10/2024
8 00002,240,"R$ 10,45","R$ 7,35","R$ 7,35","R$ 7,33","R$ 3,10","R$
   3,12", RGO ,135457,16/10/2024
9 00005,288,"R$ 10,45","R$ 6,30","R$ 6,30","R$ 7,33","R$ 4,15","R$
   3,12",SOFTWARE,135457,16/10/2024
10 00001,600,"R$ 10,45","R$ 5,00","R$ 5,00","R$ 7,33","R$ 5,45","R$
   3,12",SOFTWARE,135457,16/10/2024
11 00001,3.000,"R$ 10,45","R$ 15,12","R$ 14,00","R$ 7,33","R$ 4,67","R$
   3,12",SOFTWARE,510677,21/10/2024
12 00005,900,"R$ 10,45","R$ 40,93","R$ 29,00","R$ 7,33","R$ 30,48","R$
   3,12",SOFTWARE,980499,17/10/2024
13 00001,8.580,"R$ 10,45","R$ 16,17","R$ 14,90","R$ 7,33","R$ 5,72","R$
   3,12",SOFTWARE,926495,08/11/2024
14 00006,5.000,"R$ 10,45","R$ 11,29","R$ 10,98","R$ 7,33","R$ 0,84","R$
   3,12", RGO ,980499,17/10/2024
15 00047,4.760,"R$ 10,45","R$ 13,00","R$ 13,00","R$ 7,33","R$ 2,55","R$
   3,12", RGO ,194009,31/10/2024
16 00001,3.000,"R$ 10,45","R$ 20,00","R$ 20,00","R$ 7,33","R$ 9,55","R$
   3,12",SOFTWARE,130102,31/10/2024
17 00002,40,"R$ 10,45","R$ 25,00","R$ 23,00","R$ 7,33","R$ 14,55","R$
   3,12",SOFTWARE,130102,31/10/2024

```

```
18 00002,200,"R$ 10,45","R$ 15,25","R$ 15,09","R$ 7,33","R$ 4,80","R$
    3,12",SOFTWARE,158125,31/10/2024
19 00001,15.564,"R$ 10,45","R$ 19,00","R$ 17,95","R$ 7,33","R$
    8,55","R$ 3,12",SOFTWARE,956520,15/10/2024
20 00001,8.718,"R$ 10,45","R$ 14,39","R$ 10,90","R$ 7,33","R$ 3,94","R$
    3,12",SOFTWARE,987769,14/10/2024
21 00003,2.904,"R$ 10,45","R$ 14,39","R$ 10,90","R$ 7,33","R$ 3,94","R$
    3,12",SOFTWARE,987769,14/10/2024
22 00002,9.600,"R$ 10,45","R$ 9,04","R$ 6,14","R$ 7,33","R$ 1,41","R$
    3,12", RGO ,926002,24/10/2024
23 00008,2.400,"R$ 10,45","R$ 12,00","R$ 12,00","R$ 7,33","R$ 1,55","R$
    3,12", RGO ,158149,14/10/2024
24 00005,70,"R$ 10,45","R$ 18,11","R$ 13,85","R$ 7,33","R$ 7,66","R$
    3,12",SOFTWARE,929758,22/10/2024
25 00002,1.600,"R$ 10,45","R$ 14,32","R$ 8,43","R$ 7,33","R$ 3,87","R$
    3,12",SOFTWARE,130067,14/10/2024
26 00001,11.299,"R$ 10,45","R$ 9,25","R$ 5,99","R$ 7,33","R$ 1,20","R$
    3,12", RGO ,982887,24/10/2024
27 00002,3.766,"R$ 10,45","R$ 9,25","R$ 6,49","R$ 7,33","R$ 1,20","R$
    3,12", RGO ,982887,24/10/2024
28 00004,2.632,"R$ 10,45","R$ 11,17","R$ 8,98","R$ 7,33","R$ 0,72","R$
    3,12", RGO ,928372,10/10/2024
29 00001,1.123,"R$ 10,45","R$ 13,41","R$ 12,90","R$ 7,33","R$ 2,96","R$
    3,12", RGO ,928372,10/10/2024
30 00007,768,"R$ 10,45","R$ 12,87","R$ 12,00","R$ 7,33","R$ 2,42","R$
    3,12", RGO ,194077,31/10/2024
31 00403,580,"R$ 10,45","R$ 12,87","R$ 12,00","R$ 7,33","R$ 2,42","R$
    3,12", RGO ,194077,31/10/2024
32 00402,576,"R$ 10,45","R$ 12,87","R$ 12,00","R$ 7,33","R$ 2,42","R$
    3,12", RGO ,194077,31/10/2024
33 00001,3.000,"R$ 10,45","R$ 14,74","R$ 7,69","R$ 7,33","R$ 4,29","R$
    3,12",SOFTWARE,257039,06/11/2024
34 00008,360,"R$ 10,45","R$ 13,68","R$ 13,68","R$ 7,33","R$ 3,23","R$
    3,12",SOFTWARE,90012,23/10/2024
35 00001,4.000,"R$ 10,45","R$ 9,02","R$ 7,85","R$ 7,33","R$ 1,43","R$
    3,12", RGO ,70011,15/10/2024
36 00005,360,"R$ 10,45","R$ 11,93","R$ 11,93","R$ 7,33","R$ 1,48","R$
    3,12", RGO ,200114,11/10/2024
37 00003,5.500,"R$ 10,45","R$ 16,76","R$ 7,49","R$ 7,33","R$ 6,31","R$
    3,12",SOFTWARE,155014,01/11/2024
38 00004,2.460,"R$ 10,45","R$ 10,52","R$ 8,95","R$ 7,33","R$ 0,07","R$
    3,12", RGO ,943001,28/10/2024
```

```
39 00013,140,"R$ 10,45","R$ 16,00","R$ 16,00","R$ 7,33","R$ 5,55","R$
    3,12",SOFTWARE,200114,11/10/2024
40 00015,1.632,"R$ 10,45","R$ 12,00","R$ 11,99","R$ 7,33","R$ 1,55","R$
    3,12", RGO ,158149,14/10/2024
41 00003,720,"R$ 10,45","R$ 12,20","R$ 8,30","R$ 7,33","R$ 1,75","R$
    3,12", RGO ,200114,11/10/2024
42 00003,360,"R$ 10,45","R$ 13,52","R$ 13,52","R$ 7,33","R$ 3,07","R$
    3,12", RGO ,90012,23/10/2024
43 00011,3.000,"R$ 10,45","R$ 12,00","R$ 11,98","R$ 7,33","R$ 1,55","R$
    3,12", RGO ,158149,14/10/2024
44 00009,650,"R$ 10,45","R$ 12,31","R$ 12,31","R$ 7,33","R$ 1,86","R$
    3,12", RGO ,200114,11/10/2024
45 00011,480,"R$ 10,45","R$ 11,76","R$ 11,50","R$ 7,33","R$ 1,31","R$
    3,12", RGO ,90012,23/10/2024
46 00008,550,"R$ 10,45","R$ 11,54","R$ 11,54","R$ 7,33","R$ 1,09","R$
    3,12", RGO ,200114,11/10/2024
47 00001,684,"R$ 10,45","R$ 9,27","R$ 7,97","R$ 7,33","R$ 1,18","R$
    3,12", RGO ,943001,28/10/2024
48 00004,1.920,"R$ 10,45","R$ 12,00","R$ 11,98","R$ 7,33","R$ 1,55","R$
    3,12", RGO ,158149,14/10/2024
49 00002,6.438,"R$ 10,45","R$ 10,10","R$ 9,10","R$ 7,33","R$ 0,35","R$
    3,12", RGO ,943001,28/10/2024
50 00010,600,"R$ 10,45","R$ 13,13","R$ 12,90","R$ 7,33","R$ 2,68","R$
    3,12", RGO ,90012,23/10/2024
51 00004,480,"R$ 10,45","R$ 12,03","R$ 11,90","R$ 7,33","R$ 1,58","R$
    3,12", RGO ,90012,23/10/2024
52 00006,600,"R$ 10,45","R$ 16,53","R$ 16,40","R$ 7,33","R$ 6,08","R$
    3,12",SOFTWARE,90012,23/10/2024
53 00010,450,"R$ 10,45","R$ 13,43","R$ 13,43","R$ 7,33","R$ 2,98","R$
    3,12", RGO ,200114,11/10/2024
54 00002,500,"R$ 10,45","R$ 10,01","R$ 8,80","R$ 7,33","R$ 0,44","R$
    3,12", RGO ,200114,11/10/2024
```

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 20 (40%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 30 (60%)

# APÊNDICE D – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Água - CATMAT 445485 - Com ML

```
1 numero_item,quantidade_ofertada,mediana_painel_precos ,
2 valor_estimado_orgao,valor_homologado_orgao ,
3 valor_estimado_software,desvio_orgao,desvio_software ,
4 menor_desvio,uasg,data_compra
5 00001,18.000,"R$ 10,45","R$ 10,00","R$ 4,83","R$ 9,21","R$ 0,45","R$
   1,24", RGO ,155013,25/10/2024
6 00004,156,"R$ 10,45","R$ 5,00","R$ 6,29","R$ 9,21","R$ 5,45","R$
   1,24",SOFTWARE,135457,16/10/2024
7 00003,120,"R$ 10,45","R$ 6,66","R$ 6,65","R$ 9,21","R$ 3,79","R$
   1,24",SOFTWARE,135457,16/10/2024
8 00002,240,"R$ 10,45","R$ 7,35","R$ 7,35","R$ 9,21","R$ 3,10","R$
   1,24",SOFTWARE,135457,16/10/2024
9 00005,288,"R$ 10,45","R$ 6,30","R$ 6,30","R$ 9,21","R$ 4,15","R$
   1,24",SOFTWARE,135457,16/10/2024
10 00001,600,"R$ 10,45","R$ 5,00","R$ 5,00","R$ 9,21","R$ 5,45","R$
   1,24",SOFTWARE,135457,16/10/2024
11 00001,3.000,"R$ 10,45","R$ 15,12","R$ 14,00","R$ 9,21","R$ 4,67","R$
   1,24",SOFTWARE,510677,21/10/2024
12 00005,900,"R$ 10,45","R$ 40,93","R$ 29,00","R$ 9,21","R$ 30,48","R$
   1,24",SOFTWARE,980499,17/10/2024
13 00001,8.580,"R$ 10,45","R$ 16,17","R$ 14,90","R$ 9,21","R$ 5,72","R$
   1,24",SOFTWARE,926495,08/11/2024
14 00006,5.000,"R$ 10,45","R$ 11,29","R$ 10,98","R$ 9,21","R$ 0,84","R$
   1,24", RGO ,980499,17/10/2024
15 00047,4.760,"R$ 10,45","R$ 13,00","R$ 13,00","R$ 9,21","R$ 2,55","R$
   1,24",SOFTWARE,194009,31/10/2024
16 00001,3.000,"R$ 10,45","R$ 20,00","R$ 20,00","R$ 9,21","R$ 9,55","R$
   1,24",SOFTWARE,130102,31/10/2024
17 00002,40,"R$ 10,45","R$ 25,00","R$ 23,00","R$ 9,21","R$ 14,55","R$
   1,24",SOFTWARE,130102,31/10/2024
18 00002,200,"R$ 10,45","R$ 15,25","R$ 15,09","R$ 9,21","R$ 4,80","R$
   1,24",SOFTWARE,158125,31/10/2024
```

19 00001,15.564,"R\$ 10,45","R\$ 19,00","R\$ 17,95","R\$ 9,21","R\$  
8,55","R\$ 1,24",SOFTWARE,956520,15/10/2024

20 00001,8.718,"R\$ 10,45","R\$ 14,39","R\$ 10,90","R\$ 9,21","R\$ 3,94","R\$  
1,24",SOFTWARE,987769,14/10/2024

21 00003,2.904,"R\$ 10,45","R\$ 14,39","R\$ 10,90","R\$ 9,21","R\$ 3,94","R\$  
1,24",SOFTWARE,987769,14/10/2024

22 00002,9.600,"R\$ 10,45","R\$ 9,04","R\$ 6,14","R\$ 9,21","R\$ 1,41","R\$  
1,24",SOFTWARE,926002,24/10/2024

23 00008,2.400,"R\$ 10,45","R\$ 12,00","R\$ 12,00","R\$ 9,21","R\$ 1,55","R\$  
1,24",SOFTWARE,158149,14/10/2024

24 00005,70,"R\$ 10,45","R\$ 18,11","R\$ 13,85","R\$ 9,21","R\$ 7,66","R\$  
1,24",SOFTWARE,929758,22/10/2024

25 00002,1.600,"R\$ 10,45","R\$ 14,32","R\$ 8,43","R\$ 9,21","R\$ 3,87","R\$  
1,24",SOFTWARE,130067,14/10/2024

26 00001,11.299,"R\$ 10,45","R\$ 9,25","R\$ 5,99","R\$ 9,21","R\$ 1,20","R\$  
1,24", RGO ,982887,24/10/2024

27 00002,3.766,"R\$ 10,45","R\$ 9,25","R\$ 6,49","R\$ 9,21","R\$ 1,20","R\$  
1,24", RGO ,982887,24/10/2024

28 00004,2.632,"R\$ 10,45","R\$ 11,17","R\$ 8,98","R\$ 9,21","R\$ 0,72","R\$  
1,24", RGO ,928372,10/10/2024

29 00001,1.123,"R\$ 10,45","R\$ 13,41","R\$ 12,90","R\$ 9,21","R\$ 2,96","R\$  
1,24",SOFTWARE,928372,10/10/2024

30 00007,768,"R\$ 10,45","R\$ 12,87","R\$ 12,00","R\$ 9,21","R\$ 2,42","R\$  
1,24",SOFTWARE,194077,31/10/2024

31 00403,580,"R\$ 10,45","R\$ 12,87","R\$ 12,00","R\$ 9,21","R\$ 2,42","R\$  
1,24",SOFTWARE,194077,31/10/2024

32 00402,576,"R\$ 10,45","R\$ 12,87","R\$ 12,00","R\$ 9,21","R\$ 2,42","R\$  
1,24",SOFTWARE,194077,31/10/2024

33 00001,3.000,"R\$ 10,45","R\$ 14,74","R\$ 7,69","R\$ 9,21","R\$ 4,29","R\$  
1,24",SOFTWARE,257039,06/11/2024

34 00008,360,"R\$ 10,45","R\$ 13,68","R\$ 13,68","R\$ 9,21","R\$ 3,23","R\$  
1,24",SOFTWARE,90012,23/10/2024

35 00001,4.000,"R\$ 10,45","R\$ 9,02","R\$ 7,85","R\$ 9,21","R\$ 1,43","R\$  
1,24",SOFTWARE,70011,15/10/2024

36 00005,360,"R\$ 10,45","R\$ 11,93","R\$ 11,93","R\$ 9,21","R\$ 1,48","R\$  
1,24",SOFTWARE,200114,11/10/2024

37 00003,5.500,"R\$ 10,45","R\$ 16,76","R\$ 7,49","R\$ 9,21","R\$ 6,31","R\$  
1,24",SOFTWARE,155014,01/11/2024

38 00004,2.460,"R\$ 10,45","R\$ 10,52","R\$ 8,95","R\$ 9,21","R\$ 0,07","R\$  
1,24", RGO ,943001,28/10/2024

39 00013,140,"R\$ 10,45","R\$ 16,00","R\$ 16,00","R\$ 9,21","R\$ 5,55","R\$  
1,24",SOFTWARE,200114,11/10/2024

40 00015,1.632,"R\$ 10,45","R\$ 12,00","R\$ 11,99","R\$ 9,21","R\$ 1,55","R\$ 1,24",SOFTWARE,158149,14/10/2024

41 00003,720,"R\$ 10,45","R\$ 12,20","R\$ 8,30","R\$ 9,21","R\$ 1,75","R\$ 1,24",SOFTWARE,200114,11/10/2024

42 00003,360,"R\$ 10,45","R\$ 13,52","R\$ 13,52","R\$ 9,21","R\$ 3,07","R\$ 1,24",SOFTWARE,90012,23/10/2024

43 00011,3.000,"R\$ 10,45","R\$ 12,00","R\$ 11,98","R\$ 9,21","R\$ 1,55","R\$ 1,24",SOFTWARE,158149,14/10/2024

44 00009,650,"R\$ 10,45","R\$ 12,31","R\$ 12,31","R\$ 9,21","R\$ 1,86","R\$ 1,24",SOFTWARE,200114,11/10/2024

45 00011,480,"R\$ 10,45","R\$ 11,76","R\$ 11,50","R\$ 9,21","R\$ 1,31","R\$ 1,24",SOFTWARE,90012,23/10/2024

46 00008,550,"R\$ 10,45","R\$ 11,54","R\$ 11,54","R\$ 9,21","R\$ 1,09","R\$ 1,24", RGO ,200114,11/10/2024

47 00001,684,"R\$ 10,45","R\$ 9,27","R\$ 7,97","R\$ 9,21","R\$ 1,18","R\$ 1,24", RGO ,943001,28/10/2024

48 00004,1.920,"R\$ 10,45","R\$ 12,00","R\$ 11,98","R\$ 9,21","R\$ 1,55","R\$ 1,24",SOFTWARE,158149,14/10/2024

49 00002,6.438,"R\$ 10,45","R\$ 10,10","R\$ 9,10","R\$ 9,21","R\$ 0,35","R\$ 1,24", RGO ,943001,28/10/2024

50 00010,600,"R\$ 10,45","R\$ 13,13","R\$ 12,90","R\$ 9,21","R\$ 2,68","R\$ 1,24",SOFTWARE,90012,23/10/2024

51 00004,480,"R\$ 10,45","R\$ 12,03","R\$ 11,90","R\$ 9,21","R\$ 1,58","R\$ 1,24",SOFTWARE,90012,23/10/2024

52 00006,600,"R\$ 10,45","R\$ 16,53","R\$ 16,40","R\$ 9,21","R\$ 6,08","R\$ 1,24",SOFTWARE,90012,23/10/2024

53 00010,450,"R\$ 10,45","R\$ 13,43","R\$ 13,43","R\$ 9,21","R\$ 2,98","R\$ 1,24",SOFTWARE,200114,11/10/2024

54 00002,500,"R\$ 10,45","R\$ 10,01","R\$ 8,80","R\$ 9,21","R\$ 0,44","R\$ 1,24", RGO ,200114,11/10/2024

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 40 (80%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 10 (20%)

## APÊNDICE E – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Café - CATMAT 463594 - Sem a Lei de Benford (*Flag* Desativada no *Header*)

```
1 numero_item,mediana_painel_precos,valor_estimado_orgao,
2 valor_homologado_orgao,desvio_orgao,
3 valor_estimado_software,desvio_software,menor_desvio,
4 uasg,data_compra
5 00010,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 11,00","R$ 3,62","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,257043,12/06/2024
6 00003,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 11,00","R$ 3,62","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,257043,12/06/2024
7 00196,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 7,90","R$ 1,48","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,981779,19/04/2024
8 00031,"R$ 8,77","R$ 9,83","R$ 6,50","R$ 1,06","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,983273,16/09/2024
9 00012,"R$ 8,77","R$ 10,08","R$ 8,88","R$ 1,31","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,180195,06/11/2024
10 00005,"R$ 8,77","R$ 8,20","R$ 8,20","R$ 0,57","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,980301,23/09/2024
11 00055,"R$ 8,77","R$ 27,67","R$ 14,58","R$ 18,90","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,80022,08/11/2024
12 00048,"R$ 8,77","R$ 11,06","R$ 6,60","R$ 2,29","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,927212,26/04/2024
13 00002,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 9,11","R$ 0,44","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,926484,23/04/2024
14 00040,"R$ 8,77","R$ 10,04","R$ 9,80","R$ 1,27","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,158134,02/09/2024
15 00036,"R$ 8,77","R$ 11,48","R$ 9,89","R$ 2,71","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,928045,09/08/2024
16 00005,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 10,10","R$ 1,48","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,982477,05/02/2025
17 00037,"R$ 8,77","R$ 11,33","R$ 8,99","R$ 2,56","R$ 8,55","R$
   0,22",SOFTWARE,927661,09/09/2024
```

```
18 00010,"R$ 8,77","R$ 8,00","R$ 8,00","R$ 0,77","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,194077,31/10/2024
19 00020,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 8,56","R$ 0,44","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,154048,14/10/2024
20 00004,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 8,56","R$ 0,44","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,154048,14/10/2024
21 00013,"R$ 8,77","R$ 9,10","R$ 7,15","R$ 0,33","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,120023,09/09/2024
22 00002,"R$ 8,77","R$ 9,33","R$ 9,30","R$ 0,56","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,927418,13/01/2025
23 00048,"R$ 8,77","R$ 8,50","R$ 7,91","R$ 0,27","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,980277,31/10/2024
24 00001,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 6,49","R$ 0,44","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,926484,23/04/2024
25 00046,"R$ 8,77","R$ 11,85","R$ 9,80","R$ 3,08","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,926832,09/12/2024
26 00021,"R$ 8,77","R$ 36,14","R$ 18,90","R$ 27,37","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,927744,28/11/2024
27 00011,"R$ 8,77","R$ 8,82","R$ 8,78","R$ 0,05","R$ 8,55","R$
    0,22", RGO ,983431,13/12/2024
28 00009,"R$ 8,77","R$ 8,45","R$ 8,45","R$ 0,32","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,980921,12/12/2024
29 00010,"R$ 8,77","R$ 37,99","R$ 17,00","R$ 29,22","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,929327,10/04/2024
30 00006,"R$ 8,77","R$ 10,05","R$ 8,80","R$ 1,28","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,154044,26/04/2024
31 00003,"R$ 8,77","R$ 8,77","R$ 8,77","R$ 0,00","R$ 8,55","R$
    0,22", RGO ,983371,09/12/2024
32 00013,"R$ 8,77","R$ 9,45","R$ 8,35","R$ 0,68","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,927843,18/12/2024
33 00034,"R$ 8,77","R$ 8,80","R$ 7,68","R$ 0,03","R$ 8,55","R$
    0,22", RGO ,980188,02/05/2024
34 00024,"R$ 8,77","R$ 10,08","R$ 10,08","R$ 1,31","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,983713,07/05/2024
35 00004,"R$ 8,77","R$ 10,07","R$ 7,49","R$ 1,30","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,983555,21/10/2024
36 00021,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 10,40","R$ 1,48","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,983949,06/06/2024
37 00028,"R$ 8,77","R$ 8,00","R$ 7,99","R$ 0,77","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,154581,23/10/2024
38 00017,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 8,48","R$ 3,62","R$ 8,55","R$
    0,22",SOFTWARE,257043,12/06/2024
```

Total de Entradas: 34

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 31 (91,18%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 3 (8,82%)

## APÊNDICE F – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Café - CATMAT 463594 - Com a Lei de Benford (*Flag* Ativada no *Header*)

```
1 numero_item,mediana_painel_precos,valor_estimado_orgao,  
2 valor_homologado_orgao,desvio_orgao,  
3 valor_estimado_software,desvio_software,  
4 menor_desvio,uasg,data-compra  
5 00010,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 11,00","R$ 3,62","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,257043,12/06/2024  
6 00003,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 11,00","R$ 3,62","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,257043,12/06/2024  
7 00196,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 7,90","R$ 1,48","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,981779,19/04/2024  
8 00031,"R$ 8,77","R$ 9,83","R$ 6,50","R$ 1,06","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,983273,16/09/2024  
9 00012,"R$ 8,77","R$ 10,08","R$ 8,88","R$ 1,31","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,180195,06/11/2024  
10 00005,"R$ 8,77","R$ 8,20","R$ 8,20","R$ 0,57","R$ 8,20","R$  
   0,57", RGO ,980301,23/09/2024  
11 00055,"R$ 8,77","R$ 27,67","R$ 14,58","R$ 18,90","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,80022,08/11/2024  
12 00048,"R$ 8,77","R$ 11,06","R$ 6,60","R$ 2,29","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,927212,26/04/2024  
13 00002,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 9,11","R$ 0,44","R$ 8,20","R$  
   0,57", RGO ,926484,23/04/2024  
14 00040,"R$ 8,77","R$ 10,04","R$ 9,80","R$ 1,27","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,158134,02/09/2024  
15 00036,"R$ 8,77","R$ 11,48","R$ 9,89","R$ 2,71","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,928045,09/08/2024  
16 00005,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 10,10","R$ 1,48","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,982477,05/02/2025  
17 00037,"R$ 8,77","R$ 11,33","R$ 8,99","R$ 2,56","R$ 8,20","R$  
   0,57",SOFTWARE,927661,09/09/2024
```

```
18 00010,"R$ 8,77","R$ 8,00","R$ 8,00","R$ 0,77","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,194077,31/10/2024
19 00020,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 8,56","R$ 0,44","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,154048,14/10/2024
20 00004,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 8,56","R$ 0,44","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,154048,14/10/2024
21 00013,"R$ 8,77","R$ 9,10","R$ 7,15","R$ 0,33","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,120023,09/09/2024
22 00002,"R$ 8,77","R$ 9,33","R$ 9,30","R$ 0,56","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,927418,13/01/2025
23 00048,"R$ 8,77","R$ 8,50","R$ 7,91","R$ 0,27","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,980277,31/10/2024
24 00001,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 6,49","R$ 0,44","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,926484,23/04/2024
25 00046,"R$ 8,77","R$ 11,85","R$ 9,80","R$ 3,08","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,926832,09/12/2024
26 00021,"R$ 8,77","R$ 36,14","R$ 18,90","R$ 27,37","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,927744,28/11/2024
27 00011,"R$ 8,77","R$ 8,82","R$ 8,78","R$ 0,05","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,983431,13/12/2024
28 00009,"R$ 8,77","R$ 8,45","R$ 8,45","R$ 0,32","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,980921,12/12/2024
29 00010,"R$ 8,77","R$ 37,99","R$ 17,00","R$ 29,22","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,929327,10/04/2024
30 00006,"R$ 8,77","R$ 10,05","R$ 8,80","R$ 1,28","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,154044,26/04/2024
31 00003,"R$ 8,77","R$ 8,77","R$ 8,77","R$ 0,00","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,983371,09/12/2024
32 00013,"R$ 8,77","R$ 9,45","R$ 8,35","R$ 0,68","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,927843,18/12/2024
33 00034,"R$ 8,77","R$ 8,80","R$ 7,68","R$ 0,03","R$ 8,20","R$
    0,57", RGO ,980188,02/05/2024
34 00024,"R$ 8,77","R$ 10,08","R$ 10,08","R$ 1,31","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,983713,07/05/2024
35 00004,"R$ 8,77","R$ 10,07","R$ 7,49","R$ 1,30","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,983555,21/10/2024
36 00021,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 10,40","R$ 1,48","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,983949,06/06/2024
37 00028,"R$ 8,77","R$ 8,00","R$ 7,99","R$ 0,77","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,154581,23/10/2024
38 00017,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 8,48","R$ 3,62","R$ 8,20","R$
    0,57",SOFTWARE,257043,12/06/2024
```

Total de Entradas: 34

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 22 (64,71%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 12 (35,29%)

# APÊNDICE G – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Café - CATMAT 463594 - Com ML

```
1 numero_item,mediana_painel_precos,valor_estimado_orgao,
2 valor_homologado_orgao,desvio_orgao,
3 valor_estimado_software,desvio_software,menor_desvio,
4 uasg,data_compra
5 00010,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 11,00","R$ 3,62","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,257043,12/06/2024
6 00003,"R$ 8,77","R$ 12,39","R$ 11,00","R$ 3,62","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,257043,12/06/2024
7 00196,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 7,90","R$ 1,48","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,981779,19/04/2024
8 00031,"R$ 8,77","R$ 9,83","R$ 6,50","R$ 1,06","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,983273,16/09/2024
9 00012,"R$ 8,77","R$ 10,08","R$ 8,88","R$ 1,31","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,180195,06/11/2024
10 00005,"R$ 8,77","R$ 8,20","R$ 8,20","R$ 0,57","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,980301,23/09/2024
11 00055,"R$ 8,77","R$ 27,67","R$ 14,58","R$ 18,90","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,80022,08/11/2024
12 00048,"R$ 8,77","R$ 11,06","R$ 6,60","R$ 2,29","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,927212,26/04/2024
13 00002,"R$ 8,77","R$ 9,21","R$ 9,11","R$ 0,44","R$ 9,25","R$
   0,48", RGO ,926484,23/04/2024
14 00040,"R$ 8,77","R$ 10,04","R$ 9,80","R$ 1,27","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,158134,02/09/2024
15 00036,"R$ 8,77","R$ 11,48","R$ 9,89","R$ 2,71","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,928045,09/08/2024
16 00005,"R$ 8,77","R$ 10,25","R$ 10,10","R$ 1,48","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,982477,05/02/2025
17 00037,"R$ 8,77","R$ 11,33","R$ 8,99","R$ 2,56","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,927661,09/09/2024
18 00010,"R$ 8,77","R$ 8,00","R$ 8,00","R$ 0,77","R$ 9,25","R$
   0,48",SOFTWARE,194077,31/10/2024
```

19 00020,"R\$ 8,77","R\$ 9,21","R\$ 8,56","R\$ 0,44","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,154048,14/10/2024

20 00004,"R\$ 8,77","R\$ 9,21","R\$ 8,56","R\$ 0,44","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,154048,14/10/2024

21 00013,"R\$ 8,77","R\$ 9,10","R\$ 7,15","R\$ 0,33","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,120023,09/09/2024

22 00002,"R\$ 8,77","R\$ 9,33","R\$ 9,30","R\$ 0,56","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,927418,13/01/2025

23 00048,"R\$ 8,77","R\$ 8,50","R\$ 7,91","R\$ 0,27","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,980277,31/10/2024

24 00001,"R\$ 8,77","R\$ 9,21","R\$ 6,49","R\$ 0,44","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,926484,23/04/2024

25 00046,"R\$ 8,77","R\$ 11,85","R\$ 9,80","R\$ 3,08","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,926832,09/12/2024

26 00021,"R\$ 8,77","R\$ 36,14","R\$ 18,90","R\$ 27,37","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,927744,28/11/2024

27 00011,"R\$ 8,77","R\$ 8,82","R\$ 8,78","R\$ 0,05","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,983431,13/12/2024

28 00009,"R\$ 8,77","R\$ 8,45","R\$ 8,45","R\$ 0,32","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,980921,12/12/2024

29 00010,"R\$ 8,77","R\$ 37,99","R\$ 17,00","R\$ 29,22","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,929327,10/04/2024

30 00006,"R\$ 8,77","R\$ 10,05","R\$ 8,80","R\$ 1,28","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,154044,26/04/2024

31 00003,"R\$ 8,77","R\$ 8,77","R\$ 8,77","R\$ 0,00","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,983371,09/12/2024

32 00013,"R\$ 8,77","R\$ 9,45","R\$ 8,35","R\$ 0,68","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,927843,18/12/2024

33 00034,"R\$ 8,77","R\$ 8,80","R\$ 7,68","R\$ 0,03","R\$ 9,25","R\$  
0,48", RGO ,980188,02/05/2024

34 00024,"R\$ 8,77","R\$ 10,08","R\$ 10,08","R\$ 1,31","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,983713,07/05/2024

35 00004,"R\$ 8,77","R\$ 10,07","R\$ 7,49","R\$ 1,30","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,983555,21/10/2024

36 00021,"R\$ 8,77","R\$ 10,25","R\$ 10,40","R\$ 1,48","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,983949,06/06/2024

37 00028,"R\$ 8,77","R\$ 8,00","R\$ 7,99","R\$ 0,77","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,154581,23/10/2024

38 00017,"R\$ 8,77","R\$ 12,39","R\$ 8,48","R\$ 3,62","R\$ 9,25","R\$  
0,48", SOFTWARE ,257043,12/06/2024

Total de Entradas: 34

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 24 (70,59%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 10 (29,41%)

# APÊNDICE H – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Açúcar - CATMAT 603269 - Sem a Lei de Benford (*Flag* Desativada no *Header*)

```
1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software ,
5 menor_desvio , uasg , data_compra
6 90002/2024,00001,2.400,"R$ 4,30","R$ 4,47","R$ 4,19","R$ 0,17","R$
   4,00","R$ 0,30", RGO ,200394,18/10/2024
7 90027/2024,00002,500,"R$ 4,30","R$ 5,30","R$ 4,60","R$ 1,00","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,257033,23/10/2024
8 90002/2024,00003,7.180,"R$ 4,30","R$ 5,99","R$ 4,30","R$ 1,69","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,194009,31/10/2024
9 90002/2024,00063,1.200,"R$ 4,30","R$ 6,20","R$ 4,70","R$ 1,90","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,200082,23/10/2024
10 90006/2024,00002,375,"R$ 4,30","R$ 4,69","R$ 4,65","R$ 0,39","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,982603,06/11/2024
11 90005/2024,00034,7.500,"R$ 4,30","R$ 5,66","R$ 4,19","R$ 1,36","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,154617,16/10/2024
12 90007/2024,00002,10,"R$ 4,30","R$ 104,72","R$ 104,70","R$
   100,42","R$ 4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,929758,22/10/2024
13 90003/2024,00009,296,"R$ 4,30","R$ 5,99","R$ 5,99","R$ 1,69","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,194077,31/10/2024
14 90001/2024,00002,490,"R$ 4,30","R$ 5,50","R$ 4,25","R$ 1,20","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,928847,31/10/2024
15 90004/2024,00002,1.800,"R$ 4,30","R$ 4,68","R$ 4,30","R$ 0,38","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,240114,18/10/2024
16 90066/2024,00001,1.500,"R$ 4,30","R$ 5,09","R$ 4,10","R$ 0,79","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,154503,10/10/2024
17 90004/2024,00001,2.000,"R$ 4,30","R$ 4,21","R$ 4,03","R$ 0,09","R$
   4,00","R$ 0,30", RGO ,130067,14/10/2024
18 90005/2024,00001,5.573,"R$ 4,30","R$ 4,92","R$ 4,92","R$ 0,62","R$
   4,00","R$ 0,30",SOFTWARE,981263,23/10/2024
```

19	90005/2024,00002,1.857,"R\$ 4,30","R\$ 4,92","R\$ 4,92","R\$ 0,62","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,981263,23/10/2024
20	90012/2024,00050,157,"R\$ 4,30","R\$ 4,24","R\$ 4,18","R\$ 0,06","R\$ 4,00","R\$ 0,30",RGO,158195,21/10/2024
21	90093/2024,00007,9.600,"R\$ 4,30","R\$ 5,01","R\$ 3,99","R\$ 0,71","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,983781,15/10/2024
22	90035/2024,00003,8.000,"R\$ 4,30","R\$ 6,37","R\$ 3,96","R\$ 2,07","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,925509,15/10/2024
23	90022/2024,00001,1.090,"R\$ 4,30","R\$ 5,42","R\$ 5,42","R\$ 1,12","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,135006,06/11/2024
24	90003/2024,00002,180,"R\$ 4,30","R\$ 8,54","R\$ 4,71","R\$ 4,24","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,158122,31/10/2024
25	90012/2024,00001,5.600,"R\$ 4,30","R\$ 5,30","R\$ 4,10","R\$ 1,00","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,925459,29/10/2024
26	90003/2024,00002,1.650,"R\$ 4,30","R\$ 4,56","R\$ 4,20","R\$ 0,26","R\$ 4,00","R\$ 0,30",RGO,453791,15/10/2024
27	90013/2024,00002,28.227,"R\$ 4,30","R\$ 4,98","R\$ 2,75","R\$ 0,68","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,925387,23/10/2024
28	90013/2024,00003,9.409,"R\$ 4,30","R\$ 4,98","R\$ 2,75","R\$ 0,68","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,925387,23/10/2024
29	90004/2024,00002,4.770,"R\$ 4,30","R\$ 5,06","R\$ 4,59","R\$ 0,76","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,158279,30/10/2024
30	90004/2024,00002,6.000,"R\$ 4,30","R\$ 5,82","R\$ 5,01","R\$ 1,52","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,980499,17/10/2024
31	90042/2024,00001,4.500,"R\$ 4,30","R\$ 3,67","R\$ 3,40","R\$ 0,63","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,983949,16/10/2024
32	90035/2024,00013,1.500,"R\$ 4,30","R\$ 6,04","R\$ 4,43","R\$ 1,74","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,980277,11/10/2024
33	90006/2024,00001,3.000,"R\$ 4,30","R\$ 5,20","R\$ 4,84","R\$ 0,90","R\$ 4,00","R\$ 0,30",SOFTWARE,982749,01/11/2024

Total de Entradas: 28

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 24 (85,71%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 4 (14,29%)

# APÊNDICE I – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Açúcar - CATMAT 603269 - Com a Lei de Benford (*Flag* *Ativada no Header*)

```
1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software ,
5 menor_estimativa , uasg , data_compra
6 90002/2024,00001,2.400,"R$ 4,30","R$ 4,47","R$ 4,19","R$ 0,17","R$
   3,96","R$ 0,34", RGO ,200394,18/10/2024
7 90027/2024,00002,500,"R$ 4,30","R$ 5,30","R$ 4,60","R$ 1,00","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,257033,23/10/2024
8 90002/2024,00003,7.180,"R$ 4,30","R$ 5,99","R$ 4,30","R$ 1,69","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,194009,31/10/2024
9 90002/2024,00063,1.200,"R$ 4,30","R$ 6,20","R$ 4,70","R$ 1,90","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,200082,23/10/2024
10 90006/2024,00002,375,"R$ 4,30","R$ 4,69","R$ 4,65","R$ 0,39","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,982603,06/11/2024
11 90005/2024,00034,7.500,"R$ 4,30","R$ 5,66","R$ 4,19","R$ 1,36","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,154617,16/10/2024
12 90007/2024,00002,10,"R$ 4,30","R$ 104,72","R$ 104,70","R$
   100,42","R$ 3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,929758,22/10/2024
13 90003/2024,00009,296,"R$ 4,30","R$ 5,99","R$ 5,99","R$ 1,69","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,194077,31/10/2024
14 90001/2024,00002,490,"R$ 4,30","R$ 5,50","R$ 4,25","R$ 1,20","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,928847,31/10/2024
15 90004/2024,00002,1.800,"R$ 4,30","R$ 4,68","R$ 4,30","R$ 0,38","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,240114,18/10/2024
16 90066/2024,00001,1.500,"R$ 4,30","R$ 5,09","R$ 4,10","R$ 0,79","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,154503,10/10/2024
17 90004/2024,00001,2.000,"R$ 4,30","R$ 4,21","R$ 4,03","R$ 0,09","R$
   3,96","R$ 0,34", RGO ,130067,14/10/2024
18 90005/2024,00001,5.573,"R$ 4,30","R$ 4,92","R$ 4,92","R$ 0,62","R$
   3,96","R$ 0,34", SOFTWARE,981263,23/10/2024
```

19	90005/2024,00002,1.857,"R\$ 4,30","R\$ 4,92","R\$ 4,92","R\$ 0,62","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,981263,23/10/2024
20	90012/2024,00050,157,"R\$ 4,30","R\$ 4,24","R\$ 4,18","R\$ 0,06","R\$ 3,96","R\$ 0,34",RGO,158195,21/10/2024
21	90093/2024,00007,9.600,"R\$ 4,30","R\$ 5,01","R\$ 3,99","R\$ 0,71","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,983781,15/10/2024
22	90035/2024,00003,8.000,"R\$ 4,30","R\$ 6,37","R\$ 3,96","R\$ 2,07","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,925509,15/10/2024
23	90022/2024,00001,1.090,"R\$ 4,30","R\$ 5,42","R\$ 5,42","R\$ 1,12","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,135006,06/11/2024
24	90003/2024,00002,180,"R\$ 4,30","R\$ 8,54","R\$ 4,71","R\$ 4,24","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,158122,31/10/2024
25	90012/2024,00001,5.600,"R\$ 4,30","R\$ 5,30","R\$ 4,10","R\$ 1,00","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,925459,29/10/2024
26	90003/2024,00002,1.650,"R\$ 4,30","R\$ 4,56","R\$ 4,20","R\$ 0,26","R\$ 3,96","R\$ 0,34",RGO,453791,15/10/2024
27	90013/2024,00002,28.227,"R\$ 4,30","R\$ 4,98","R\$ 2,75","R\$ 0,68","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,925387,23/10/2024
28	90013/2024,00003,9.409,"R\$ 4,30","R\$ 4,98","R\$ 2,75","R\$ 0,68","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,925387,23/10/2024
29	90004/2024,00002,4.770,"R\$ 4,30","R\$ 5,06","R\$ 4,59","R\$ 0,76","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,158279,30/10/2024
30	90004/2024,00002,6.000,"R\$ 4,30","R\$ 5,82","R\$ 5,01","R\$ 1,52","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,980499,17/10/2024
31	90042/2024,00001,4.500,"R\$ 4,30","R\$ 3,67","R\$ 3,40","R\$ 0,63","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,983949,16/10/2024
32	90035/2024,00013,1.500,"R\$ 4,30","R\$ 6,04","R\$ 4,43","R\$ 1,74","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,980277,11/10/2024
33	90006/2024,00001,3.000,"R\$ 4,30","R\$ 5,20","R\$ 4,84","R\$ 0,90","R\$ 3,96","R\$ 0,34",SOFTWARE,982749,01/11/2024

Total de Entradas: 28

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 24 (85,71%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 14 (14,29%)

# APÊNDICE J – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Açúcar - CATMAT 603269 - Com ML

```
1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software ,
5 menor_desvio , uasg , data_compra
6 90002/2024,00001,2.400,"R$ 4,30","R$ 4,47","R$ 4,19","R$ 0,17","R$
   4,99","R$ 0,69", RGO ,200394,18/10/2024
7 90027/2024,00002,500,"R$ 4,30","R$ 5,30","R$ 4,60","R$ 1,00","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,257033,23/10/2024
8 90002/2024,00003,7.180,"R$ 4,30","R$ 5,99","R$ 4,30","R$ 1,69","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,194009,31/10/2024
9 90002/2024,00063,1.200,"R$ 4,30","R$ 6,20","R$ 4,70","R$ 1,90","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,200082,23/10/2024
10 90006/2024,00002,375,"R$ 4,30","R$ 4,69","R$ 4,65","R$ 0,39","R$
   4,99","R$ 0,69", RGO ,982603,06/11/2024
11 90005/2024,00034,7.500,"R$ 4,30","R$ 5,66","R$ 4,19","R$ 1,36","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,154617,16/10/2024
12 90007/2024,00002,10,"R$ 4,30","R$ 104,72","R$ 104,70","R$
   100,42","R$ 4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,929758,22/10/2024
13 90003/2024,00009,296,"R$ 4,30","R$ 5,99","R$ 5,99","R$ 1,69","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,194077,31/10/2024
14 90001/2024,00002,490,"R$ 4,30","R$ 5,50","R$ 4,25","R$ 1,20","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,928847,31/10/2024
15 90004/2024,00002,1.800,"R$ 4,30","R$ 4,68","R$ 4,30","R$ 0,38","R$
   4,99","R$ 0,69", RGO ,240114,18/10/2024
16 90066/2024,00001,1.500,"R$ 4,30","R$ 5,09","R$ 4,10","R$ 0,79","R$
   4,99","R$ 0,69", SOFTWARE,154503,10/10/2024
17 90004/2024,00001,2.000,"R$ 4,30","R$ 4,21","R$ 4,03","R$ 0,09","R$
   4,99","R$ 0,69", RGO ,130067,14/10/2024
18 90005/2024,00001,5.573,"R$ 4,30","R$ 4,92","R$ 4,92","R$ 0,62","R$
   4,99","R$ 0,69", RGO ,981263,23/10/2024
19 90005/2024,00002,1.857,"R$ 4,30","R$ 4,92","R$ 4,92","R$ 0,62","R$
   4,99","R$ 0,69", RGO ,981263,23/10/2024
```

20 90012/2024,00050,157,"R\$ 4,30","R\$ 4,24","R\$ 4,18","R\$ 0,06","R\$ 4,99","R\$ 0,69", RGO ,158195,21/10/2024

21 90093/2024,00007,9.600,"R\$ 4,30","R\$ 5,01","R\$ 3,99","R\$ 0,71","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,983781,15/10/2024

22 90035/2024,00003,8.000,"R\$ 4,30","R\$ 6,37","R\$ 3,96","R\$ 2,07","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,925509,15/10/2024

23 90022/2024,00001,1.090,"R\$ 4,30","R\$ 5,42","R\$ 5,42","R\$ 1,12","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,135006,06/11/2024

24 90003/2024,00002,180,"R\$ 4,30","R\$ 8,54","R\$ 4,71","R\$ 4,24","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,158122,31/10/2024

25 90012/2024,00001,5.600,"R\$ 4,30","R\$ 5,30","R\$ 4,10","R\$ 1,00","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,925459,29/10/2024

26 90003/2024,00002,1.650,"R\$ 4,30","R\$ 4,56","R\$ 4,20","R\$ 0,26","R\$ 4,99","R\$ 0,69", RGO ,453791,15/10/2024

27 90013/2024,00002,28.227,"R\$ 4,30","R\$ 4,98","R\$ 2,75","R\$ 0,68","R\$ 4,99","R\$ 0,69", RGO ,925387,23/10/2024

28 90013/2024,00003,9.409,"R\$ 4,30","R\$ 4,98","R\$ 2,75","R\$ 0,68","R\$ 4,99","R\$ 0,69", RGO ,925387,23/10/2024

29 90004/2024,00002,4.770,"R\$ 4,30","R\$ 5,06","R\$ 4,59","R\$ 0,76","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,158279,30/10/2024

30 90004/2024,00002,6.000,"R\$ 4,30","R\$ 5,82","R\$ 5,01","R\$ 1,52","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,980499,17/10/2024

31 90042/2024,00001,4.500,"R\$ 4,30","R\$ 3,67","R\$ 3,40","R\$ 0,63","R\$ 4,99","R\$ 0,69", RGO ,983949,16/10/2024

32 90035/2024,00013,1.500,"R\$ 4,30","R\$ 6,04","R\$ 4,43","R\$ 1,74","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,980277,11/10/2024

33 90006/2024,00001,3.000,"R\$ 4,30","R\$ 5,20","R\$ 4,84","R\$ 0,90","R\$ 4,99","R\$ 0,69", SOFTWARE,982749,01/11/2024

Total de Entradas: 28

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 17 (60,71%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 11 (39,29%)

## APÊNDICE K – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Sal - CATMAT 461092 - Sem a Lei de Benford (*Flag* Desativada no *Header*)

```

1  identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2  mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3  valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4  valor_estimado_software , desvio_software ,
5  menor_desvio , uasg , data_compra
6  90006/2024,00040,420,"R$ 1,23","R$ 1,50","R$ 1,48","R$ 0,27","R$
   1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,925377,10/12/2024
7  90014/2024,00084,250,"R$ 1,23","R$ 2,87","R$ 0,99","R$ 1,64","R$
   1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,980230,23/09/2024
8  90007/2024,00050,1.316,"R$ 1,23","R$ 1,72","R$ 0,69","R$ 0,49","R$
   1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,982573,04/07/2024
9  90001/2024,00010,10,"R$ 1,23","R$ 1,43","R$ 1,41","R$ 0,20","R$
   1,48","R$ 0,25", RGO ,928352,28/08/2024
10 90002/2024,00073,1.000,"R$ 1,23","R$ 1,09","R$ 1,09","R$ 0,14","R$
   1,48","R$ 0,25", RGO ,981645,06/06/2024
11 90008/2024,00024,562,"R$ 1,23","R$ 1,02","R$ 0,60","R$ 0,21","R$
   1,48","R$ 0,25", RGO ,981645,12/09/2024
12 90008/2024,00023,1.688,"R$ 1,23","R$ 1,02","R$ 0,60","R$ 0,21","R$
   1,48","R$ 0,25", RGO ,981645,12/09/2024
13 90009/2024,00010,150,"R$ 1,23","R$ 1,74","R$ 1,70","R$ 0,51","R$
   1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,153165,24/07/2024
14 90021/2024,00225,30.000,"R$ 1,23","R$ 2,30","R$ 0,89","R$ 1,07","R$
   1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,981975,17/01/2025
15 90005/2024,00052,310,"R$ 1,23","R$ 1,55","R$ 1,20","R$ 0,32","R$
   1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,927969,14/05/2024
16 90012/2024,00040,612,"R$ 1,23","R$ 1,10","R$ 1,08","R$ 0,13","R$
   1,48","R$ 0,25", RGO ,925377,04/11/2024
17 21201/2023,00008,1,"R$ 1,23","R$ 509.824,00","R$ 435.147,00","R$
   509.822,77","R$ 1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,981373,09/10/2024
18 21201/2023,00007,1,"R$ 1,23","R$ 1.529.472,00","R$ 1.305.441,00","R$
   1.529.470,77","R$ 1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,981373,09/10/2024

```

19 90003/2024,00053,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,58","R\$ 1,28","R\$ 0,35","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,156060,25/11/2024

20 90001/2024,00051,648,"R\$ 1,23","R\$ 2,86","R\$ 1,49","R\$ 1,63","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,981223,25/04/2024

21 90003/2024,00061,160,"R\$ 1,23","R\$ 1,63","R\$ 1,63","R\$ 0,40","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,158410,22/07/2024

22 90003/2024,00037,300,"R\$ 1,23","R\$ 1,75","R\$ 1,75","R\$ 0,52","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,194077,31/10/2024

23 90038/2024,00051,900,"R\$ 1,23","R\$ 1,27","R\$ 1,27","R\$ 0,04","R\$ 1,48","R\$ 0,25",RGO,981083,29/08/2024

24 90038/2024,00124,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,27","R\$ 1,27","R\$ 0,04","R\$ 1,48","R\$ 0,25",RGO,981083,29/08/2024

25 90007/2024,00040,504,"R\$ 1,23","R\$ 1,56","R\$ 0,65","R\$ 0,33","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,925377,04/02/2025

26 90015/2024,00020,178,"R\$ 1,23","R\$ 1,70","R\$ 1,55","R\$ 0,47","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,981251,03/12/2024

27 90015/2024,00019,1.802,"R\$ 1,23","R\$ 1,70","R\$ 1,55","R\$ 0,47","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,981251,03/12/2024

28 90006/2024,00036,600,"R\$ 1,23","R\$ 1,42","R\$ 1,25","R\$ 0,19","R\$ 1,48","R\$ 0,25",RGO,160173,06/02/2025

29 90021/2024,00017,10,"R\$ 1,23","R\$ 2,34","R\$ 2,34","R\$ 1,11","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,925466,09/12/2024

30 90035/2024,00008,21.250,"R\$ 1,23","R\$ 1,54","R\$ 0,90","R\$ 0,31","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,927744,14/06/2024

31 90035/2024,00007,63.750,"R\$ 1,23","R\$ 1,54","R\$ 0,90","R\$ 0,31","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,927744,14/06/2024

32 90008/2024,00092,160,"R\$ 1,23","R\$ 2,26","R\$ 1,20","R\$ 1,03","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,981285,10/04/2024

33 90019/2024,00028,250,"R\$ 1,23","R\$ 1,29","R\$ 1,07","R\$ 0,06","R\$ 1,48","R\$ 0,25",RGO,980188,13/11/2024

34 90005/2024,00048,830,"R\$ 1,23","R\$ 1,79","R\$ 0,77","R\$ 0,56","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,982755,03/09/2024

35 90001/2025,00145,500,"R\$ 1,23","R\$ 2,75","R\$ 1,39","R\$ 1,52","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,160041,20/01/2025

36 90001/2024,00093,2.000,"R\$ 1,23","R\$ 4,37","R\$ 0,69","R\$ 3,14","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,120014,27/05/2024

37 90009/2024,00083,360,"R\$ 1,23","R\$ 1,58","R\$ 1,56","R\$ 0,35","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,160050,02/09/2024

38 90040/2024,00073,3.800,"R\$ 1,23","R\$ 2,76","R\$ 1,74","R\$ 1,53","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,158146,30/01/2025

39 90001/2024,00041,810,"R\$ 1,23","R\$ 1,60","R\$ 1,00","R\$ 0,37","R\$ 1,48","R\$ 0,25",SOFTWARE,158293,09/12/2024

```
40 90001/2024,00084,270,"R$ 1,23","R$ 1,60","R$ 1,00","R$ 0,37","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,158293,09/12/2024
41 90012/2024,00036,2.355,"R$ 1,23","R$ 1,71","R$ 0,79","R$ 0,48","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,980957,13/05/2024
42 90015/2024,00054,2.600,"R$ 1,23","R$ 1,83","R$ 1,80","R$ 0,60","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983973,16/07/2024
43 90023/2024,00152,240,"R$ 1,23","R$ 2,40","R$ 1,17","R$ 1,17","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,160041,02/07/2024
44 90018/2024,00024,290,"R$ 1,23","R$ 2,40","R$ 2,00","R$ 1,17","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,980749,26/08/2024
45 90013/2024,00085,700,"R$ 1,23","R$ 1,51","R$ 0,80","R$ 0,28","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983495,10/06/2024
46 90008/2024,00075,600,"R$ 1,23","R$ 2,58","R$ 2,58","R$ 1,35","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983713,17/04/2024
47 90006/2024,00106,200,"R$ 1,23","R$ 3,27","R$ 1,40","R$ 2,04","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983555,19/04/2024
48 90005/2024,00047,300,"R$ 1,23","R$ 2,44","R$ 2,30","R$ 1,21","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983049,22/07/2024
49 90016/2024,00071,800,"R$ 1,23","R$ 2,49","R$ 1,00","R$ 1,26","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983531,05/06/2024
50 90001/2024,00045,100,"R$ 1,23","R$ 1,49","R$ 1,45","R$ 0,26","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,158588,11/06/2024
51 90001/2024,00072,1.000,"R$ 1,23","R$ 2,03","R$ 1,20","R$ 0,80","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,983677,17/04/2024
52 90002/2024,00048,548,"R$ 1,23","R$ 2,75","R$ 1,99","R$ 1,52","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,980745,10/07/2024
53 90007/2024,00057,70,"R$ 1,23","R$ 1,04","R$ 1,00","R$ 0,19","R$
    1,48","R$ 0,25", RGO ,983049,22/07/2024
54 90007/2024,00186,1.400,"R$ 1,23","R$ 2,41","R$ 1,19","R$ 1,18","R$
    1,48","R$ 0,25",SOFTWARE,160105,17/07/2024
55 90006/2024,00101,121,"R$ 1,23","R$ 1,12","R$ 1,05","R$ 0,11","R$
    1,48","R$ 0,25", RGO ,158317,06/01/2025
```

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 39 (78%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 11 (22%)

# APÊNDICE L – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Sal - CATMAT 461092 - Com a Lei de Benford (*Flag* Ativada no *Header*)

```
1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software ,
5 menor_desvio , uasg , data_compra
6 90006/2024,00040,420,"R$ 1,23","R$ 1,50","R$ 1,48","R$ 0,27","R$
   1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,925377,10/12/2024
7 90014/2024,00084,250,"R$ 1,23","R$ 2,87","R$ 0,99","R$ 1,64","R$
   1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,980230,23/09/2024
8 90007/2024,00050,1.316,"R$ 1,23","R$ 1,72","R$ 0,69","R$ 0,49","R$
   1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,982573,04/07/2024
9 90001/2024,00010,10,"R$ 1,23","R$ 1,43","R$ 1,41","R$ 0,20","R$
   1,44","R$ 0,21", RGO ,928352,28/08/2024
10 90002/2024,00073,1.000,"R$ 1,23","R$ 1,09","R$ 1,09","R$ 0,14","R$
   1,44","R$ 0,21", RGO ,981645,06/06/2024
11 90008/2024,00024,562,"R$ 1,23","R$ 1,02","R$ 0,60","R$ 0,21","R$
   1,44","R$ 0,21", RGO ,981645,12/09/2024
12 90008/2024,00023,1.688,"R$ 1,23","R$ 1,02","R$ 0,60","R$ 0,21","R$
   1,44","R$ 0,21", RGO ,981645,12/09/2024
13 90009/2024,00010,150,"R$ 1,23","R$ 1,74","R$ 1,70","R$ 0,51","R$
   1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,153165,24/07/2024
14 90021/2024,00225,30.000,"R$ 1,23","R$ 2,30","R$ 0,89","R$ 1,07","R$
   1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,981975,17/01/2025
15 90005/2024,00052,310,"R$ 1,23","R$ 1,55","R$ 1,20","R$ 0,32","R$
   1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,927969,14/05/2024
16 90012/2024,00040,612,"R$ 1,23","R$ 1,10","R$ 1,08","R$ 0,13","R$
   1,44","R$ 0,21", RGO ,925377,04/11/2024
17 21201/2023,00008,1,"R$ 1,23","R$ 509.824,00","R$ 435.147,00","R$
   509.822,77","R$ 1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,981373,09/10/2024
18 21201/2023,00007,1,"R$ 1,23","R$ 1.529.472,00","R$ 1.305.441,00","R$
   1.529.470,77","R$ 1,44","R$ 0,21",SOFTWARE,981373,09/10/2024
```

19 90003/2024,00053,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,58","R\$ 1,28","R\$ 0,35","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,156060,25/11/2024

20 90001/2024,00051,648,"R\$ 1,23","R\$ 2,86","R\$ 1,49","R\$ 1,63","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,981223,25/04/2024

21 90003/2024,00061,160,"R\$ 1,23","R\$ 1,63","R\$ 1,63","R\$ 0,40","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,158410,22/07/2024

22 90003/2024,00037,300,"R\$ 1,23","R\$ 1,75","R\$ 1,75","R\$ 0,52","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,194077,31/10/2024

23 90038/2024,00051,900,"R\$ 1,23","R\$ 1,27","R\$ 1,27","R\$ 0,04","R\$ 1,44","R\$ 0,21",RGO,981083,29/08/2024

24 90038/2024,00124,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,27","R\$ 1,27","R\$ 0,04","R\$ 1,44","R\$ 0,21",RGO,981083,29/08/2024

25 90007/2024,00040,504,"R\$ 1,23","R\$ 1,56","R\$ 0,65","R\$ 0,33","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,925377,04/02/2025

26 90015/2024,00020,178,"R\$ 1,23","R\$ 1,70","R\$ 1,55","R\$ 0,47","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,981251,03/12/2024

27 90015/2024,00019,1.802,"R\$ 1,23","R\$ 1,70","R\$ 1,55","R\$ 0,47","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,981251,03/12/2024

28 90006/2024,00036,600,"R\$ 1,23","R\$ 1,42","R\$ 1,25","R\$ 0,19","R\$ 1,44","R\$ 0,21",RGO,160173,06/02/2025

29 90021/2024,00017,10,"R\$ 1,23","R\$ 2,34","R\$ 2,34","R\$ 1,11","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,925466,09/12/2024

30 90035/2024,00008,21.250,"R\$ 1,23","R\$ 1,54","R\$ 0,90","R\$ 0,31","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,927744,14/06/2024

31 90035/2024,00007,63.750,"R\$ 1,23","R\$ 1,54","R\$ 0,90","R\$ 0,31","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,927744,14/06/2024

32 90008/2024,00092,160,"R\$ 1,23","R\$ 2,26","R\$ 1,20","R\$ 1,03","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,981285,10/04/2024

33 90019/2024,00028,250,"R\$ 1,23","R\$ 1,29","R\$ 1,07","R\$ 0,06","R\$ 1,44","R\$ 0,21",RGO,980188,13/11/2024

34 90005/2024,00048,830,"R\$ 1,23","R\$ 1,79","R\$ 0,77","R\$ 0,56","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,982755,03/09/2024

35 90001/2025,00145,500,"R\$ 1,23","R\$ 2,75","R\$ 1,39","R\$ 1,52","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,160041,20/01/2025

36 90001/2024,00093,2.000,"R\$ 1,23","R\$ 4,37","R\$ 0,69","R\$ 3,14","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,120014,27/05/2024

37 90009/2024,00083,360,"R\$ 1,23","R\$ 1,58","R\$ 1,56","R\$ 0,35","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,160050,02/09/2024

38 90040/2024,00073,3.800,"R\$ 1,23","R\$ 2,76","R\$ 1,74","R\$ 1,53","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,158146,30/01/2025

39 90001/2024,00041,810,"R\$ 1,23","R\$ 1,60","R\$ 1,00","R\$ 0,37","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,158293,09/12/2024

40 90001/2024,00084,270,"R\$ 1,23","R\$ 1,60","R\$ 1,00","R\$ 0,37","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,158293,09/12/2024

41 90012/2024,00036,2.355,"R\$ 1,23","R\$ 1,71","R\$ 0,79","R\$ 0,48","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,980957,13/05/2024

42 90015/2024,00054,2.600,"R\$ 1,23","R\$ 1,83","R\$ 1,80","R\$ 0,60","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983973,16/07/2024

43 90023/2024,00152,240,"R\$ 1,23","R\$ 2,40","R\$ 1,17","R\$ 1,17","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,160041,02/07/2024

44 90018/2024,00024,290,"R\$ 1,23","R\$ 2,40","R\$ 2,00","R\$ 1,17","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,980749,26/08/2024

45 90013/2024,00085,700,"R\$ 1,23","R\$ 1,51","R\$ 0,80","R\$ 0,28","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983495,10/06/2024

46 90008/2024,00075,600,"R\$ 1,23","R\$ 2,58","R\$ 2,58","R\$ 1,35","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983713,17/04/2024

47 90006/2024,00106,200,"R\$ 1,23","R\$ 3,27","R\$ 1,40","R\$ 2,04","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983555,19/04/2024

48 90005/2024,00047,300,"R\$ 1,23","R\$ 2,44","R\$ 2,30","R\$ 1,21","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983049,22/07/2024

49 90016/2024,00071,800,"R\$ 1,23","R\$ 2,49","R\$ 1,00","R\$ 1,26","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983531,05/06/2024

50 90001/2024,00045,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,49","R\$ 1,45","R\$ 0,26","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,158588,11/06/2024

51 90001/2024,00072,1.000,"R\$ 1,23","R\$ 2,03","R\$ 1,20","R\$ 0,80","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,983677,17/04/2024

52 90002/2024,00048,548,"R\$ 1,23","R\$ 2,75","R\$ 1,99","R\$ 1,52","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,980745,10/07/2024

53 90007/2024,00057,70,"R\$ 1,23","R\$ 1,04","R\$ 1,00","R\$ 0,19","R\$ 1,44","R\$ 0,21", RGO ,983049,22/07/2024

54 90007/2024,00186,1.400,"R\$ 1,23","R\$ 2,41","R\$ 1,19","R\$ 1,18","R\$ 1,44","R\$ 0,21",SOFTWARE,160105,17/07/2024

55 90006/2024,00101,121,"R\$ 1,23","R\$ 1,12","R\$ 1,05","R\$ 0,11","R\$ 1,44","R\$ 0,21", RGO ,158317,06/01/2025

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 39 (78%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 11 (22%)

# APÊNDICE M – *Dataset* de Testes no Software do Item Sal - CATMAT 461092 - Com ML

```

1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software ,
5 menor_desvio , uasg , data_compra
6 90006/2024,00040,420,"R$ 1,23","R$ 1,50","R$ 1,48","R$ 0,27","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,925377,10/12/2024
7 90014/2024,00084,250,"R$ 1,23","R$ 2,87","R$ 0,99","R$ 1,64","R$
   1,59","R$ 0,36", SOFTWARE,980230,23/09/2024
8 90007/2024,00050,1.316,"R$ 1,23","R$ 1,72","R$ 0,69","R$ 0,49","R$
   1,59","R$ 0,36", SOFTWARE,982573,04/07/2024
9 90001/2024,00010,10,"R$ 1,23","R$ 1,43","R$ 1,41","R$ 0,20","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,928352,28/08/2024
10 90002/2024,00073,1.000,"R$ 1,23","R$ 1,09","R$ 1,09","R$ 0,14","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,981645,06/06/2024
11 90008/2024,00024,562,"R$ 1,23","R$ 1,02","R$ 0,60","R$ 0,21","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,981645,12/09/2024
12 90008/2024,00023,1.688,"R$ 1,23","R$ 1,02","R$ 0,60","R$ 0,21","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,981645,12/09/2024
13 90009/2024,00010,150,"R$ 1,23","R$ 1,74","R$ 1,70","R$ 0,51","R$
   1,59","R$ 0,36", SOFTWARE,153165,24/07/2024
14 90021/2024,00225,30.000,"R$ 1,23","R$ 2,30","R$ 0,89","R$ 1,07","R$
   1,59","R$ 0,36", SOFTWARE,981975,17/01/2025
15 90005/2024,00052,310,"R$ 1,23","R$ 1,55","R$ 1,20","R$ 0,32","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,927969,14/05/2024
16 90012/2024,00040,612,"R$ 1,23","R$ 1,10","R$ 1,08","R$ 0,13","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,925377,04/11/2024
17 21201/2023,00008,1,"R$ 1,23","R$ 509.824,00","R$ 435.147,00","R$
   509.822,77","R$ 1,59","R$ 0,36", SOFTWARE,981373,09/10/2024
18 21201/2023,00007,1,"R$ 1,23","R$ 1.529.472,00","R$ 1.305.441,00","R$
   1.529.470,77","R$ 1,59","R$ 0,36", SOFTWARE,981373,09/10/2024
19 90003/2024,00053,100,"R$ 1,23","R$ 1,58","R$ 1,28","R$ 0,35","R$
   1,59","R$ 0,36", RGO ,156060,25/11/2024

```

20 90001/2024,00051,648,"R\$ 1,23","R\$ 2,86","R\$ 1,49","R\$ 1,63","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,981223,25/04/2024

21 90003/2024,00061,160,"R\$ 1,23","R\$ 1,63","R\$ 1,63","R\$ 0,40","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,158410,22/07/2024

22 90003/2024,00037,300,"R\$ 1,23","R\$ 1,75","R\$ 1,75","R\$ 0,52","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,194077,31/10/2024

23 90038/2024,00051,900,"R\$ 1,23","R\$ 1,27","R\$ 1,27","R\$ 0,04","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,981083,29/08/2024

24 90038/2024,00124,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,27","R\$ 1,27","R\$ 0,04","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,981083,29/08/2024

25 90007/2024,00040,504,"R\$ 1,23","R\$ 1,56","R\$ 0,65","R\$ 0,33","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,925377,04/02/2025

26 90015/2024,00020,178,"R\$ 1,23","R\$ 1,70","R\$ 1,55","R\$ 0,47","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,981251,03/12/2024

27 90015/2024,00019,1.802,"R\$ 1,23","R\$ 1,70","R\$ 1,55","R\$ 0,47","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,981251,03/12/2024

28 90006/2024,00036,600,"R\$ 1,23","R\$ 1,42","R\$ 1,25","R\$ 0,19","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,160173,06/02/2025

29 90021/2024,00017,10,"R\$ 1,23","R\$ 2,34","R\$ 2,34","R\$ 1,11","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,925466,09/12/2024

30 90035/2024,00008,21.250,"R\$ 1,23","R\$ 1,54","R\$ 0,90","R\$ 0,31","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,927744,14/06/2024

31 90035/2024,00007,63.750,"R\$ 1,23","R\$ 1,54","R\$ 0,90","R\$ 0,31","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,927744,14/06/2024

32 90008/2024,00092,160,"R\$ 1,23","R\$ 2,26","R\$ 1,20","R\$ 1,03","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,981285,10/04/2024

33 90019/2024,00028,250,"R\$ 1,23","R\$ 1,29","R\$ 1,07","R\$ 0,06","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,980188,13/11/2024

34 90005/2024,00048,830,"R\$ 1,23","R\$ 1,79","R\$ 0,77","R\$ 0,56","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,982755,03/09/2024

35 90001/2025,00145,500,"R\$ 1,23","R\$ 2,75","R\$ 1,39","R\$ 1,52","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,160041,20/01/2025

36 90001/2024,00093,2.000,"R\$ 1,23","R\$ 4,37","R\$ 0,69","R\$ 3,14","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,120014,27/05/2024

37 90009/2024,00083,360,"R\$ 1,23","R\$ 1,58","R\$ 1,56","R\$ 0,35","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,160050,02/09/2024

38 90040/2024,00073,3.800,"R\$ 1,23","R\$ 2,76","R\$ 1,74","R\$ 1,53","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,158146,30/01/2025

39 90001/2024,00041,810,"R\$ 1,23","R\$ 1,60","R\$ 1,00","R\$ 0,37","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,158293,09/12/2024

40 90001/2024,00084,270,"R\$ 1,23","R\$ 1,60","R\$ 1,00","R\$ 0,37","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,158293,09/12/2024

41 90012/2024,00036,2.355,"R\$ 1,23","R\$ 1,71","R\$ 0,79","R\$ 0,48","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,980957,13/05/2024

42 90015/2024,00054,2.600,"R\$ 1,23","R\$ 1,83","R\$ 1,80","R\$ 0,60","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,983973,16/07/2024

43 90023/2024,00152,240,"R\$ 1,23","R\$ 2,40","R\$ 1,17","R\$ 1,17","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,160041,02/07/2024

44 90018/2024,00024,290,"R\$ 1,23","R\$ 2,40","R\$ 2,00","R\$ 1,17","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,980749,26/08/2024

45 90013/2024,00085,700,"R\$ 1,23","R\$ 1,51","R\$ 0,80","R\$ 0,28","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,983495,10/06/2024

46 90008/2024,00075,600,"R\$ 1,23","R\$ 2,58","R\$ 2,58","R\$ 1,35","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,983713,17/04/2024

47 90006/2024,00106,200,"R\$ 1,23","R\$ 3,27","R\$ 1,40","R\$ 2,04","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,983555,19/04/2024

48 90005/2024,00047,300,"R\$ 1,23","R\$ 2,44","R\$ 2,30","R\$ 1,21","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,983049,22/07/2024

49 90016/2024,00071,800,"R\$ 1,23","R\$ 2,49","R\$ 1,00","R\$ 1,26","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,983531,05/06/2024

50 90001/2024,00045,100,"R\$ 1,23","R\$ 1,49","R\$ 1,45","R\$ 0,26","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,158588,11/06/2024

51 90001/2024,00072,1.000,"R\$ 1,23","R\$ 2,03","R\$ 1,20","R\$ 0,80","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,983677,17/04/2024

52 90002/2024,00048,548,"R\$ 1,23","R\$ 2,75","R\$ 1,99","R\$ 1,52","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,980745,10/07/2024

53 90007/2024,00057,70,"R\$ 1,23","R\$ 1,04","R\$ 1,00","R\$ 0,19","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,983049,22/07/2024

54 90007/2024,00186,1.400,"R\$ 1,23","R\$ 2,41","R\$ 1,19","R\$ 1,18","R\$ 1,59","R\$ 0,36",SOFTWARE,160105,17/07/2024

55 90006/2024,00101,121,"R\$ 1,23","R\$ 1,12","R\$ 1,05","R\$ 0,11","R\$ 1,59","R\$ 0,36", RGO ,158317,06/01/2025

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 30 (60%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 20 (40%)

# APÊNDICE N – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Caneta - CATMAT 21769 - Sem a Lei de Benford (*Flag* Desativada no *Header*)

```
1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software ,
5 menor_desvio , uasg , data_compra
6 90012/2024,00007,150,"R$ 0,63","R$ 0,60","R$ 0,60","R$ 0,03","R$
   0,48","R$ 0,15", RGO ,380161,12/06/2024
7 90019/2024,00004,200,"R$ 0,63","R$ 3,13","R$ 0,63","R$ 2,50","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,90107,10/09/2024
8 90020/2024,00008,1.000,"R$ 0,63","R$ 0,73","R$ 0,43","R$ 0,10","R$
   0,48","R$ 0,15", RGO ,90172,07/06/2024
9 00012/2023,00031,7.000,"R$ 0,63","R$ 1,12","R$ 0,53","R$ 0,49","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,986715,10/05/2024
10 90002/2024,00002,300,"R$ 0,63","R$ 1,02","R$ 0,47","R$ 0,39","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,102158,16/07/2024
11 90035/2024,00023,7.301,"R$ 0,63","R$ 1,32","R$ 0,50","R$ 0,69","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,986371,05/07/2024
12 90003/2024,00017,300,"R$ 0,63","R$ 0,88","R$ 0,60","R$ 0,25","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,102122,03/10/2024
13 90018/2024,00024,3.700,"R$ 0,63","R$ 1,19","R$ 0,48","R$ 0,56","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,930003,16/05/2024
14 90035/2024,00024,2.433,"R$ 0,63","R$ 1,32","R$ 0,50","R$ 0,69","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,986371,05/07/2024
15 90001/2024,00002,1.200,"R$ 0,63","R$ 1,84","R$ 0,50","R$ 1,21","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,930552,15/05/2024
16 90013/2024,00017,1.500,"R$ 0,63","R$ 1,27","R$ 0,79","R$ 0,64","R$
   0,48","R$ 0,15", SOFTWARE,987091,05/09/2024
17 90024/2024,00001,180,"R$ 0,63","R$ 0,69","R$ 0,60","R$ 0,06","R$
   0,48","R$ 0,15", RGO ,90182,03/07/2024
18 98017/2024,00025,100,"R$ 0,63","R$ 0,56","R$ 0,55","R$ 0,07","R$
   0,48","R$ 0,15", RGO ,926644,18/09/2024
```

19 90014/2024,00005,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,20","R\$ 0,50","R\$ 0,57","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,389461,21/10/2024  
20 90010/2024,00004,96,"R\$ 0,63","R\$ 76,00","R\$ 23,25","R\$ 75,37","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,180196,08/08/2024  
21 90006/2024,00023,3.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,78","R\$ 0,65","R\$ 1,15","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,453747,20/06/2024  
22 90003/2024,00011,1.250,"R\$ 0,63","R\$ 0,59","R\$ 0,50","R\$ 0,04","R\$ 0,48","R\$ 0,15", RGO ,781600,05/07/2024  
23 90029/2024,00007,3.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,87","R\$ 0,58","R\$ 2,24","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,153155,18/09/2024  
24 90003/2024,00009,1,"R\$ 0,63","R\$ 68,79","R\$ 1,00","R\$ 68,16","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,928848,21/01/2025  
25 90118/2024,00026,250,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,984643,27/01/2025  
26 90118/2024,00027,250,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,984643,27/01/2025  
27 90118/2024,00025,500,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,984643,27/01/2025  
28 00031/2023,00003,15.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,77","R\$ 0,56","R\$ 2,14","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,153063,14/05/2024  
29 90001/2024,00038,50,"R\$ 0,63","R\$ 2,10","R\$ 1,85","R\$ 1,47","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,102323,25/07/2024  
30 90023/2024,00011,750,"R\$ 0,63","R\$ 0,78","R\$ 0,45","R\$ 0,15","R\$ 0,48","R\$ 0,15", RGO ,80023,27/12/2024  
31 90029/2024,00012,545,"R\$ 0,63","R\$ 1,85","R\$ 0,65","R\$ 1,22","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,155910,18/09/2024  
32 90017/2024,00035,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,00","R\$ 0,68","R\$ 0,37","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,926722,27/08/2024  
33 90121/2024,00002,600,"R\$ 0,63","R\$ 35,65","R\$ 22,68","R\$ 35,02","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,92501,28/08/2024  
34 90028/2024,00012,2.316,"R\$ 0,63","R\$ 2,03","R\$ 0,64","R\$ 1,40","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,985829,03/12/2024  
35 90053/2024,00002,3.250,"R\$ 0,63","R\$ 1,17","R\$ 0,45","R\$ 0,54","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,925449,20/08/2024  
36 90126/2024,00028,10,"R\$ 0,63","R\$ 45,00","R\$ 25,70","R\$ 44,37","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,989403,06/02/2025  
37 90002/2024,00018,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,85","R\$ 0,78","R\$ 1,22","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,773202,11/12/2024  
38 90013/2024,00144,150,"R\$ 0,63","R\$ 1,47","R\$ 1,47","R\$ 0,84","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,453714,02/08/2024  
39 90013/2024,00043,100,"R\$ 0,63","R\$ 1,20","R\$ 1,20","R\$ 0,57","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,453714,02/08/2024

40	90020/2024,00008,150,"R\$ 0,63","R\$ 1,00","R\$ 0,51","R\$ 0,37","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,929730,26/06/2024
41	90065/2024,00005,2.739,"R\$ 0,63","R\$ 2,19","R\$ 0,50","R\$ 1,56","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,984673,20/08/2024
42	90008/2024,00010,200,"R\$ 0,63","R\$ 0,75","R\$ 0,75","R\$ 0,12","R\$ 0,48","R\$ 0,15", RGO ,389233,14/08/2024
43	90013/2024,00245,100,"R\$ 0,63","R\$ 1,93","R\$ 1,93","R\$ 1,30","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,453714,02/08/2024
44	90057/2024,00018,536,"R\$ 0,63","R\$ 1,90","R\$ 0,80","R\$ 1,27","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,985829,28/01/2025
45	90001/2024,00009,4.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,25","R\$ 0,44","R\$ 0,62","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,731050,04/12/2024
46	90006/2024,00013,6.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,48","R\$ 0,48","R\$ 1,85","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,765701,06/01/2025
47	90546/2024,00015,1.500,"R\$ 0,63","R\$ 1,92","R\$ 0,68","R\$ 1,29","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,926273,02/08/2024
48	90031/2024,00028,12.947,"R\$ 0,63","R\$ 1,05","R\$ 0,43","R\$ 0,42","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,987915,03/10/2024
49	90003/2024,00004,10.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,90","R\$ 0,40","R\$ 1,27","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,925208,10/06/2024
50	90009/2024,00004,800,"R\$ 0,63","R\$ 1,81","R\$ 0,80","R\$ 1,18","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,200044,20/08/2024
51	90013/2024,00012,500,"R\$ 0,63","R\$ 1,48","R\$ 1,48","R\$ 0,85","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,925458,19/09/2024
52	90012/2024,00013,4.000,"R\$ 0,63","R\$ 0,81","R\$ 0,81","R\$ 0,18","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,925799,30/01/2025
53	90003/2024,00076,2.550,"R\$ 0,63","R\$ 0,52","R\$ 0,51","R\$ 0,11","R\$ 0,48","R\$ 0,15", RGO ,160469,27/12/2024
54	00039/2023,00070,248,"R\$ 0,63","R\$ 1,22","R\$ 1,13","R\$ 0,59","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,153028,26/11/2024
55	90036/2024,00079,1,"R\$ 0,63","R\$ 41,90","R\$ 30,00","R\$ 41,27","R\$ 0,48","R\$ 0,15",SOFTWARE,980788,07/02/2025

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 42 (84%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 8 (16%)

# APÊNDICE O – *Dataset* de Testes no *Software* do Item Caneta - CATMAT 21769 - Com a Lei de Benford (*Flag* Ativada no *Header*)

```
1 identificacao_compra , numero_item , quantidade_ofertada ,
2 mediana_painel_precos , valor_estimado_orgao ,
3 valor_homologado_orgao , desvio_orgao ,
4 valor_estimado_software , desvio_software , menor_desvio ,
5 uasg , data_compra
6 90012/2024,00007,150,"R$ 0,63","R$ 0,60","R$ 0,60","R$ 0,03","R$
   0,50","R$ 0,13", RGO ,380161,12/06/2024
7 90019/2024,00004,200,"R$ 0,63","R$ 3,13","R$ 0,63","R$ 2,50","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,90107,10/09/2024
8 90020/2024,00008,1.000,"R$ 0,63","R$ 0,73","R$ 0,43","R$ 0,10","R$
   0,50","R$ 0,13", RGO ,90172,07/06/2024
9 00012/2023,00031,7.000,"R$ 0,63","R$ 1,12","R$ 0,53","R$ 0,49","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,986715,10/05/2024
10 90002/2024,00002,300,"R$ 0,63","R$ 1,02","R$ 0,47","R$ 0,39","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,102158,16/07/2024
11 90035/2024,00023,7.301,"R$ 0,63","R$ 1,32","R$ 0,50","R$ 0,69","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,986371,05/07/2024
12 90003/2024,00017,300,"R$ 0,63","R$ 0,88","R$ 0,60","R$ 0,25","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,102122,03/10/2024
13 90018/2024,00024,3.700,"R$ 0,63","R$ 1,19","R$ 0,48","R$ 0,56","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,930003,16/05/2024
14 90035/2024,00024,2.433,"R$ 0,63","R$ 1,32","R$ 0,50","R$ 0,69","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,986371,05/07/2024
15 90001/2024,00002,1.200,"R$ 0,63","R$ 1,84","R$ 0,50","R$ 1,21","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,930552,15/05/2024
16 90013/2024,00017,1.500,"R$ 0,63","R$ 1,27","R$ 0,79","R$ 0,64","R$
   0,50","R$ 0,13", SOFTWARE,987091,05/09/2024
17 90024/2024,00001,180,"R$ 0,63","R$ 0,69","R$ 0,60","R$ 0,06","R$
   0,50","R$ 0,13", RGO ,90182,03/07/2024
18 98017/2024,00025,100,"R$ 0,63","R$ 0,56","R$ 0,55","R$ 0,07","R$
   0,50","R$ 0,13", RGO ,926644,18/09/2024
```

19 90014/2024,00005,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,20","R\$ 0,50","R\$ 0,57","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,389461,21/10/2024

20 90010/2024,00004,96,"R\$ 0,63","R\$ 76,00","R\$ 23,25","R\$ 75,37","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,180196,08/08/2024

21 90006/2024,00023,3.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,78","R\$ 0,65","R\$ 1,15","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,453747,20/06/2024

22 90003/2024,00011,1.250,"R\$ 0,63","R\$ 0,59","R\$ 0,50","R\$ 0,04","R\$ 0,50","R\$ 0,13", RGO ,781600,05/07/2024

23 90029/2024,00007,3.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,87","R\$ 0,58","R\$ 2,24","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,153155,18/09/2024

24 90003/2024,00009,1,"R\$ 0,63","R\$ 68,79","R\$ 1,00","R\$ 68,16","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,928848,21/01/2025

25 90118/2024,00026,250,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,984643,27/01/2025

26 90118/2024,00027,250,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,984643,27/01/2025

27 90118/2024,00025,500,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,984643,27/01/2025

28 00031/2023,00003,15.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,77","R\$ 0,56","R\$ 2,14","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,153063,14/05/2024

29 90001/2024,00038,50,"R\$ 0,63","R\$ 2,10","R\$ 1,85","R\$ 1,47","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,102323,25/07/2024

30 90023/2024,00011,750,"R\$ 0,63","R\$ 0,78","R\$ 0,45","R\$ 0,15","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,80023,27/12/2024

31 90029/2024,00012,545,"R\$ 0,63","R\$ 1,85","R\$ 0,65","R\$ 1,22","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,155910,18/09/2024

32 90017/2024,00035,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,00","R\$ 0,68","R\$ 0,37","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,926722,27/08/2024

33 90121/2024,00002,600,"R\$ 0,63","R\$ 35,65","R\$ 22,68","R\$ 35,02","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,92501,28/08/2024

34 90028/2024,00012,2.316,"R\$ 0,63","R\$ 2,03","R\$ 0,64","R\$ 1,40","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,985829,03/12/2024

35 90053/2024,00002,3.250,"R\$ 0,63","R\$ 1,17","R\$ 0,45","R\$ 0,54","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,925449,20/08/2024

36 90126/2024,00028,10,"R\$ 0,63","R\$ 45,00","R\$ 25,70","R\$ 44,37","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,989403,06/02/2025

37 90002/2024,00018,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,85","R\$ 0,78","R\$ 1,22","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,773202,11/12/2024

38 90013/2024,00144,150,"R\$ 0,63","R\$ 1,47","R\$ 1,47","R\$ 0,84","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,453714,02/08/2024

39 90013/2024,00043,100,"R\$ 0,63","R\$ 1,20","R\$ 1,20","R\$ 0,57","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,453714,02/08/2024

40	90020/2024,00008,150,"R\$ 0,63","R\$ 1,00","R\$ 0,51","R\$ 0,37","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,929730,26/06/2024
41	90065/2024,00005,2.739,"R\$ 0,63","R\$ 2,19","R\$ 0,50","R\$ 1,56","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,984673,20/08/2024
42	90008/2024,00010,200,"R\$ 0,63","R\$ 0,75","R\$ 0,75","R\$ 0,12","R\$ 0,50","R\$ 0,13", RGO ,389233,14/08/2024
43	90013/2024,00245,100,"R\$ 0,63","R\$ 1,93","R\$ 1,93","R\$ 1,30","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,453714,02/08/2024
44	90057/2024,00018,536,"R\$ 0,63","R\$ 1,90","R\$ 0,80","R\$ 1,27","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,985829,28/01/2025
45	90001/2024,00009,4.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,25","R\$ 0,44","R\$ 0,62","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,731050,04/12/2024
46	90006/2024,00013,6.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,48","R\$ 0,48","R\$ 1,85","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,765701,06/01/2025
47	90546/2024,00015,1.500,"R\$ 0,63","R\$ 1,92","R\$ 0,68","R\$ 1,29","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,926273,02/08/2024
48	90031/2024,00028,12.947,"R\$ 0,63","R\$ 1,05","R\$ 0,43","R\$ 0,42","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,987915,03/10/2024
49	90003/2024,00004,10.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,90","R\$ 0,40","R\$ 1,27","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,925208,10/06/2024
50	90009/2024,00004,800,"R\$ 0,63","R\$ 1,81","R\$ 0,80","R\$ 1,18","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,200044,20/08/2024
51	90013/2024,00012,500,"R\$ 0,63","R\$ 1,48","R\$ 1,48","R\$ 0,85","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,925458,19/09/2024
52	90012/2024,00013,4.000,"R\$ 0,63","R\$ 0,81","R\$ 0,81","R\$ 0,18","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,925799,30/01/2025
53	90003/2024,00076,2.550,"R\$ 0,63","R\$ 0,52","R\$ 0,51","R\$ 0,11","R\$ 0,50","R\$ 0,13", RGO ,160469,27/12/2024
54	00039/2023,00070,248,"R\$ 0,63","R\$ 1,22","R\$ 1,13","R\$ 0,59","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,153028,26/11/2024
55	90036/2024,00079,1,"R\$ 0,63","R\$ 41,90","R\$ 30,00","R\$ 41,27","R\$ 0,50","R\$ 0,13",SOFTWARE,980788,07/02/2025

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 43 (86%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 7 (14%)

# APÊNDICE P – *Dataset* de Testes no Software do Item Caneta - CATMAT 21769 - Com ML

```
1 identificacao_compra,numro_item,quantidade_ofertada,  
2 mediana_painel_precos,valor_estimado_orgao,  
3 valor_homologado_orgao,desvio_orgao,  
4 valor_estimado_software,desvio_software,  
5 menor_desvio,uasg,data_compra  
6 90012/2024,00007,150,"R$ 0,63","R$ 0,60","R$ 0,60","R$ 0,03","R$  
   0,71","R$ 0,08", RGO ,380161,12/06/2024  
7 90019/2024,00004,200,"R$ 0,63","R$ 3,13","R$ 0,63","R$ 2,50","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,90107,10/09/2024  
8 90020/2024,00008,1.000,"R$ 0,63","R$ 0,73","R$ 0,43","R$ 0,10","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,90172,07/06/2024  
9 00012/2023,00031,7.000,"R$ 0,63","R$ 1,12","R$ 0,53","R$ 0,49","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,986715,10/05/2024  
10 90002/2024,00002,300,"R$ 0,63","R$ 1,02","R$ 0,47","R$ 0,39","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,102158,16/07/2024  
11 90035/2024,00023,7.301,"R$ 0,63","R$ 1,32","R$ 0,50","R$ 0,69","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,986371,05/07/2024  
12 90003/2024,00017,300,"R$ 0,63","R$ 0,88","R$ 0,60","R$ 0,25","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,102122,03/10/2024  
13 90018/2024,00024,3.700,"R$ 0,63","R$ 1,19","R$ 0,48","R$ 0,56","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,930003,16/05/2024  
14 90035/2024,00024,2.433,"R$ 0,63","R$ 1,32","R$ 0,50","R$ 0,69","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,986371,05/07/2024  
15 90001/2024,00002,1.200,"R$ 0,63","R$ 1,84","R$ 0,50","R$ 1,21","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,930552,15/05/2024  
16 90013/2024,00017,1.500,"R$ 0,63","R$ 1,27","R$ 0,79","R$ 0,64","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,987091,05/09/2024  
17 90024/2024,00001,180,"R$ 0,63","R$ 0,69","R$ 0,60","R$ 0,06","R$  
   0,71","R$ 0,08", RGO ,90182,03/07/2024  
18 98017/2024,00025,100,"R$ 0,63","R$ 0,56","R$ 0,55","R$ 0,07","R$  
   0,71","R$ 0,08", RGO ,926644,18/09/2024  
19 90014/2024,00005,200,"R$ 0,63","R$ 1,20","R$ 0,50","R$ 0,57","R$  
   0,71","R$ 0,08",SOFTWARE,389461,21/10/2024
```

20 90010/2024,00004,96,"R\$ 0,63","R\$ 76,00","R\$ 23,25","R\$ 75,37","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,180196,08/08/2024

21 90006/2024,00023,3.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,78","R\$ 0,65","R\$ 1,15","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,453747,20/06/2024

22 90003/2024,00011,1.250,"R\$ 0,63","R\$ 0,59","R\$ 0,50","R\$ 0,04","R\$ 0,71","R\$ 0,08",RGO,781600,05/07/2024

23 90029/2024,00007,3.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,87","R\$ 0,58","R\$ 2,24","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,153155,18/09/2024

24 90003/2024,00009,1,"R\$ 0,63","R\$ 68,79","R\$ 1,00","R\$ 68,16","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,928848,21/01/2025

25 90118/2024,00026,250,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,984643,27/01/2025

26 90118/2024,00027,250,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,984643,27/01/2025

27 90118/2024,00025,500,"R\$ 0,63","R\$ 3,32","R\$ 1,00","R\$ 2,69","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,984643,27/01/2025

28 00031/2023,00003,15.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,77","R\$ 0,56","R\$ 2,14","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,153063,14/05/2024

29 90001/2024,00038,50,"R\$ 0,63","R\$ 2,10","R\$ 1,85","R\$ 1,47","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,102323,25/07/2024

30 90023/2024,00011,750,"R\$ 0,63","R\$ 0,78","R\$ 0,45","R\$ 0,15","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,80023,27/12/2024

31 90029/2024,00012,545,"R\$ 0,63","R\$ 1,85","R\$ 0,65","R\$ 1,22","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,155910,18/09/2024

32 90017/2024,00035,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,00","R\$ 0,68","R\$ 0,37","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,926722,27/08/2024

33 90121/2024,00002,600,"R\$ 0,63","R\$ 35,65","R\$ 22,68","R\$ 35,02","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,92501,28/08/2024

34 90028/2024,00012,2.316,"R\$ 0,63","R\$ 2,03","R\$ 0,64","R\$ 1,40","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,985829,03/12/2024

35 90053/2024,00002,3.250,"R\$ 0,63","R\$ 1,17","R\$ 0,45","R\$ 0,54","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,925449,20/08/2024

36 90126/2024,00028,10,"R\$ 0,63","R\$ 45,00","R\$ 25,70","R\$ 44,37","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,989403,06/02/2025

37 90002/2024,00018,200,"R\$ 0,63","R\$ 1,85","R\$ 0,78","R\$ 1,22","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,773202,11/12/2024

38 90013/2024,00144,150,"R\$ 0,63","R\$ 1,47","R\$ 1,47","R\$ 0,84","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,453714,02/08/2024

39 90013/2024,00043,100,"R\$ 0,63","R\$ 1,20","R\$ 1,20","R\$ 0,57","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,453714,02/08/2024

40 90020/2024,00008,150,"R\$ 0,63","R\$ 1,00","R\$ 0,51","R\$ 0,37","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,929730,26/06/2024

41 90065/2024,00005,2.739,"R\$ 0,63","R\$ 2,19","R\$ 0,50","R\$ 1,56","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,984673,20/08/2024

42 90008/2024,00010,200,"R\$ 0,63","R\$ 0,75","R\$ 0,75","R\$ 0,12","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,389233,14/08/2024

43 90013/2024,00245,100,"R\$ 0,63","R\$ 1,93","R\$ 1,93","R\$ 1,30","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,453714,02/08/2024

44 90057/2024,00018,536,"R\$ 0,63","R\$ 1,90","R\$ 0,80","R\$ 1,27","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,985829,28/01/2025

45 90001/2024,00009,4.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,25","R\$ 0,44","R\$ 0,62","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,731050,04/12/2024

46 90006/2024,00013,6.000,"R\$ 0,63","R\$ 2,48","R\$ 0,48","R\$ 1,85","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,765701,06/01/2025

47 90546/2024,00015,1.500,"R\$ 0,63","R\$ 1,92","R\$ 0,68","R\$ 1,29","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,926273,02/08/2024

48 90031/2024,00028,12.947,"R\$ 0,63","R\$ 1,05","R\$ 0,43","R\$ 0,42","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,987915,03/10/2024

49 90003/2024,00004,10.000,"R\$ 0,63","R\$ 1,90","R\$ 0,40","R\$ 1,27","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,925208,10/06/2024

50 90009/2024,00004,800,"R\$ 0,63","R\$ 1,81","R\$ 0,80","R\$ 1,18","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,200044,20/08/2024

51 90013/2024,00012,500,"R\$ 0,63","R\$ 1,48","R\$ 1,48","R\$ 0,85","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,925458,19/09/2024

52 90012/2024,00013,4.000,"R\$ 0,63","R\$ 0,81","R\$ 0,81","R\$ 0,18","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,925799,30/01/2025

53 90003/2024,00076,2.550,"R\$ 0,63","R\$ 0,52","R\$ 0,51","R\$ 0,11","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,160469,27/12/2024

54 00039/2023,00070,248,"R\$ 0,63","R\$ 1,22","R\$ 1,13","R\$ 0,59","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,153028,26/11/2024

55 90036/2024,00079,1,"R\$ 0,63","R\$ 41,90","R\$ 30,00","R\$ 41,27","R\$ 0,71","R\$ 0,08",SOFTWARE,980788,07/02/2025

Total de Entradas: 50

Ocorrências de Menor Desvio (Software): 46 (92%)

Ocorrências de Menor Desvio (Órgão): 4 (8%)

## APÊNDICE Q – Codificação em Java da classe auxiliar “Auditor”, responsável por aplicar as regras de decisão

```
1 package cotacao.lib.CotacaoLib.algoritmos;
2
3 import java.math.BigDecimal;
4
5 import org.apache.commons.math3.random.RandomDataGenerator;
6 import org.springframework.stereotype.Service;
7
8 import cotacao.lib.CotacaoLib.enumeradores.Metodo;
9 import cotacao.lib.CotacaoLib.servicos.Estatisticas;
10 import lombok.Getter;
11 import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
12
13 @Service
14 @Slf4j
15 @Getter
16 public class Auditor {
17
18     private Metodo metodo;
19
20     public BigDecimal obterRegraDeDecisao(Estatisticas estatisticas,
21         Boolean isBenfordAtivo) {
22         return auditarCotacao(estatisticas, isBenfordAtivo);
23     }
24
25     public BigDecimal auditarCotacao(Estatisticas estatisticas,
26         Boolean isBenfordAtivo) {
27
28         if(isBenfordAtivo.booleanValue()) {
29             if(estatisticas.segueLeiDeBenford()) {
30                 log.info("[*] Os precos da cotacao {} seguem a Lei
31                     de Benford. Aplicando Algoritmo Ordinario",
32                     estatisticas.obterVetor());
33                 return procedimentoOrdinario(estatisticas);
34             }
35         }
36     }
37 }
```

```
30         } else {
31             log.info("[*] Os precos da cotacao {} nao seguem a
                 Lei de Benford. Aplicando Algoritmo Restrito",
                 estatisticas.obterVetor());
32             return procedimentoRestrito(estatisticas);
33         }
34     } else {
35         log.info("[*] Header de Validacao da Lei de Benford foi
                 desativado. Aplicando procedimento ordinario.");
36         return procedimentoOrdinario(estatisticas);
37     }
38
39
40
41 }
42
43 private BigDecimal procedimentoOrdinario(Estatisticas
    estatisticas) {
44     if(estatisticas.coeficienteVariacao().compareTo
45         (BigDecimal.valueOf(25.00)) > 0) {
46         metodo = Metodo.PRIMEIRO_QUARTIL;
47         return estatisticas.primeiroQuartil();
48     } else {
49         metodo = Metodo.MEDIA_HARMONICA;
50         return estatisticas.mediaHarmonica();
51     }
52 }
53
54 private BigDecimal procedimentoRestrito(Estatisticas
    estatisticas) {
55     if(estatisticas.coeficienteVariacao().compareTo
56         (BigDecimal.valueOf(25.00)) > 0) {
57         metodo = Metodo.MENOR_VALOR;
58         return estatisticas.valorMinimo();
59     } else {
60         metodo = Metodo.ALGORITMO_DISTRIBUICAO_NORMAL;
61         return algoritmoDistribuicaoNormal
62             (estatisticas.mediaHarmonica(), estatisticas);
63     }
64 }
65
66
```

```
67
68     private BigDecimal algoritmoDistribuicaoNormal(BigDecimal
69         valorDeReferencia, Estatisticas estatisticas) {
70         RandomDataGenerator generator = new RandomDataGenerator();
71
72         double valorAleatorio =
73             generator.nextGaussian(valorDeReferencia.doubleValue(),
74                 estatisticas.desvioPadrao().doubleValue());
75         BigDecimal vAleatorio = BigDecimal.valueOf(valorAleatorio);
76
77         if(vAleatorio.compareTo(valorDeReferencia) >= 0 ||
78             vAleatorio.compareTo(estatisticas.valorMinimo()) < 0) {
79             return algoritmoDistribuicaoNormal(valorDeReferencia,
80                 estatisticas);
81         } else {
82             return vAleatorio;
83         }
84     }
85 }
```

# APÊNDICE R – Codificação em Java do serviço “Estatísticas”, responsável por aplicar os algoritmos estatísticos e de Benford

```
1 package cotacao.lib.CotacaoLib.servicos;
2
3 import java.math.BigDecimal;
4 import java.math.MathContext;
5 import java.math.RoundingMode;
6 import java.util.ArrayList;
7 import java.util.List;
8
9 import org.apache.commons.math3.distribution.ChiSquaredDistribution;
10 import org.apache.commons.math3.distribution.TDistribution;
11 import org.springframework.stereotype.Service;
12
13 import cotacao.lib.CotacaoLib.objetos.Cotacao;
14 import lombok.extern.slf4j.Slf4j;
15
16 @Service
17 @Slf4j
18 public class Estatisticas {
19
20     private List<Cotacao> cotacoes;
21     private List<BigDecimal> valores;
22     private Boolean segueLeiBenford;
23
24     public Estatisticas() {}
25
26     public Estatisticas(List<Cotacao> cotacoes, List<BigDecimal>
27         valores) {
28         this.cotacoes = cotacoes;
29         this.valores = valores;
30     }
}
```

```
31     public List<Cotacao> obterVetor() {
32         return this.cotacoes;
33     }
34
35     public BigDecimal valorMinimo() {
36         return cotacoes.get(0).getValorUnitario();
37     }
38
39     public BigDecimal valorMaximo() {
40         return cotacoes.get(cotacoes.size() - 1).getValorUnitario();
41     }
42
43     public BigDecimal soma() {
44         return cotacoes.stream().map(Cotacao::getValorUnitario)
45             .reduce(BigDecimal::add).orElse(BigDecimal.ZERO);
46     }
47
48     public BigDecimal somaInversa() {
49         List<BigDecimal> inversos = new ArrayList<>();
50         cotacoes.stream().forEach( c -> {
51             BigDecimal valorUnitario = c.getValorUnitario();
52             inversos.add(valorUnitario.pow(-1,
53                 MathContext.DECIMAL32));
54         });
55         log.info("[*] Soma Inversa Eh: {}", inversos);
56         return inversos.stream().reduce(BigDecimal::add)
57             .orElse(BigDecimal.ZERO);
58     }
59
60     public BigDecimal media() {
61         return soma().divide(BigDecimal.valueOf(cotacoes.size()),
62             RoundingMode.HALF_UP);
63     }
64
65     public BigDecimal mediaHarmonica() {
66         return
67             BigDecimal.valueOf(cotacoes.size()).divide(somaInversa(),
68                 RoundingMode.HALF_UP);
69     }
70
71     public BigDecimal mediana(List<Cotacao> cotacoes) {
72         int tamanho = cotacoes.size();
```

```
70     int indice = tamanho / 2;
71     if(tamanho % 2 != 0) {
72         indice += 1;
73     }
74
75     return cotacoes.get(indice - 1)
76         .getValorUnitario().add(cotacoes.get(indice)
77         .getValorUnitario())
78         .divide(BigDecimal.valueOf(2), RoundingMode.HALF_UP);
79 }
80
81 public BigDecimal desvioPadrao() {
82     return variancia().sqrt(MathContext.DECIMAL32);
83 }
84
85 public BigDecimal variancia() {
86     BigDecimal media = media();
87     List<BigDecimal> res = new ArrayList<>();
88
89     cotacoes.stream().forEach(c -> {
90         BigDecimal valorUnitario = c.getValorUnitario();
91         BigDecimal diff = valorUnitario.subtract(media);
92         BigDecimal aoQuadrado = diff.pow(2,
93             MathContext.DECIMAL32);
94
95         res.add(aoQuadrado);
96     });
97
98     return res.stream().reduce(BigDecimal::add)
99         .orElse(BigDecimal.ZERO)
100        .divide(BigDecimal
101            .valueOf( (long) cotacoes.size()
102                - 1),
103            RoundingMode.HALF_UP);
104
105 }
106
107 public BigDecimal coeficienteVariacao() {
108     return desvioPadrao().divide(media(),
109         RoundingMode.HALF_UP).multiply(BigDecimal.valueOf(100));
110 }
```

```
109     public BigDecimal primeiroQuartil() {
110         int tamanho = cotacoes.size();
111         int indice = tamanho / 4;
112         if(tamanho % 4 != 0) {
113             indice += 1;
114         }
115
116         return cotacoes.get(indice - 1)
117             .getValorUnitario().add(cotacoes.get(indice)
118             .getValorUnitario())
119             .divide(BigDecimal.valueOf(2), RoundingMode.HALF_UP);
120     }
121
122     public BigDecimal terceiroQuartil() {
123         int elements = cotacoes.size();
124         if(elements < 4) {
125             return cotacoes.get(cotacoes.size() -
126                 1).getValorUnitario();
127         } else {
128             int start = elements / 2;
129             if(start % 2 != 0) {
130                 start++;
131             }
132             List<Cotacao> cotacaoSub = cotacoes.subList(start,
133                 cotacoes.size());
134             return mediana(cotacaoSub);
135         }
136     }
137
138     public BigDecimal desvioInterquartilico() {
139         return terceiroQuartil().subtract(primeiroQuartil());
140     }
141
142     public BigDecimal desvioInterquartilicoComFator() {
143         return desvioInterquartilico()
144             .multiply(BigDecimal.valueOf(1.5d));
145     }
146
147     public BigDecimal distribuicaoTStudent() {
148         double nivelConfianca = 0.95;
```

```

148     TDistribution tStudent = new TDistribution( (double)
        cotacoes.size() - 1);
149     double valorCriticoT =
        tStudent.inverseCumulativeProbability( 1 - (1 -
            nivelConfianca) / 2 );
150
151     BigDecimal erroPadrao =
        desvioPadrao().divide(BigDecimal.valueOf(cotacoes.size()))
152     .sqrt(MathContext.DECIMAL32), RoundingMode.HALF_UP);
153     return
        erroPadrao.multiply(BigDecimal.valueOf(valorCriticoT));
154 }
155
156 public boolean segueLeiDeBenford() {
157     // Frequencias esperadas de Benford para digitos 1 ate 9
158     double[] frequenciasEsperadas = new double[9];
159     for (int i = 1; i <= 9; i++) {
160         frequenciasEsperadas[i - 1] = Math.log10(1 + 1.0 / i);
161     }
162
163     // Contagem do primeiro digito (1 a 9)
164     int[] contagemDigitos = new int[9];
165     int total = 0;
166
167     for (BigDecimal valor : valores) {
168         String valorStr =
            valor.abs().stripTrailingZeros().toPlainString()
169         .replace(".", "").replace("-", "");
170
171         char primeiroDigitoChar = '0';
172         for (char c : valorStr.toCharArray()) {
173             if (c >= '1' && c <= '9') {
174                 primeiroDigitoChar = c;
175                 break;
176             }
177         }
178
179         int primeiroDigito = primeiroDigitoChar - '1';
180         if (primeiroDigito >= 0 && primeiroDigito < 9) {
181             contagemDigitos[primeiroDigito]++;
182             total++;
183         }

```

```
184     }
185
186     if (total == 0) {
187         log.warn("Nenhum valor valido para aplicar o teste de
188             Benford.");
189         return false;
190     }
191
192     // Calcular Chi-Quadrado
193     double chiQuadrado = 0.0;
194     for (int i = 0; i < 9; i++) {
195         double frequenciaObservada = (double) contagemDigitos[i] /
196             total;
197         chiQuadrado += Math.pow(frequenciaObservada -
198             frequenciasEsperadas[i], 2) / frequenciasEsperadas[i];
199     }
200
201     // Valor critico Chi-Quadrado com 8 graus de liberdade e
202     // significancia de 0.05
203     ChiSquaredDistribution chiDist = new ChiSquaredDistribution(8);
204     double valorCritico = chiDist.inverseCumulativeProbability(0.95);
205
206     boolean segueBenford = chiQuadrado <= valorCritico;
207     this.segueLeiBenford = segueBenford;
208
209     log.info("[*] Chi-Quadrado: {}, Valor critico: {}, Segue
210         Benford: {}", chiQuadrado, valorCritico, segueBenford);
211
212     return segueBenford;
213 }
```

# APÊNDICE S – Codificação em C++ da integração do *Tensorflow* com o Spring Boot, responsável por agregar o aprendizado de máquina à Aplicação

```
1 #include "price_audit_jni.h"
2 #include <windows.h>
3
4 #include "tensorflow/c/c_api.h"
5 #include "tensorflow/c/tf_tensor.h"
6 #include "tensorflow/c/c_api_experimental.h"
7 #include "tensorflow/core/platform/ctstring.h"
8
9 #include <cmath>
10
11 #pragma comment(lib, "tensorflow")
12
13 double sigmoid_(double x);
14
15 JNIEXPORT jdouble JNICALL
16     Java_cotacao_lib_CotacaoLib_servicos_PriceAuditCpp_classifyNative
17     (JNIEnv* env, jobject obj, jdoubleArray featuresArray)
18 {
19     jsize length = env->GetArrayLength(featuresArray);
20     jdouble* features = env->GetDoubleArrayElements(featuresArray,
21     nullptr);
22     double input_value = (length > 0) ? features[0] : 0.0;
23
24     const char* tfVersion = TF_Version();
25
26     TF_Status* status = TF_NewStatus();
27
28     TF_Graph* graph = TF_NewGraph();
29
30     TF_SessionOptions* sess_opts = TF_NewSessionOptions();
```

```
30     TF_Session* session = TF_NewSession(graph, sess_opts, status);
31
32     int64_t dims[1] = {};
33     TF_Tensor* input_tensor = TF_NewTensor(TF_DOUBLE, dims, 0,
34         &input_value, sizeof(double), [](void*, size_t, void*) {},
35         nullptr);
36
37     TF_OperationDescription* placeholder_desc =
38         TF_NewOperation(graph, "Placeholder", "input");
39     TF_SetAttrType(placeholder_desc, "dtype", TF_DOUBLE);
40     TF_Operation* input_op = TF_FinishOperation(placeholder_desc,
41         status);
42
43     double multiplier = 2.0;
44     TF_Tensor* const_tensor = TF_NewTensor(TF_DOUBLE, dims, 0,
45         &multiplier, sizeof(double), [](void*, size_t, void*) {},
46         nullptr);
47
48     TF_OperationDescription* const_desc = TF_NewOperation(graph,
49         "Const", "multiplier");
50     TF_SetAttrType(const_desc, "dtype", TF_DOUBLE);
51     TF_SetAttrTensor(const_desc, "value", const_tensor, status);
52     TF_Operation* multiplier_op = TF_FinishOperation(const_desc,
53         status);
54
55     TF_OperationDescription* mul_desc = TF_NewOperation(graph,
56         "Mul", "output");
57     TF_AddInput(mul_desc, { input_op, 0 });
58     TF_AddInput(mul_desc, { multiplier_op, 0 });
59     TF_Operation* output_op = TF_FinishOperation(mul_desc, status);
60
61     TF_Output input_op_out = { input_op, 0 };
62     TF_Output output_op_out = { output_op, 0 };
63     TF_Tensor* output_tensor = nullptr;
64
65     TF_SessionRun(session,
66         nullptr,
67         &input_op_out, &input_tensor, 1,
68         &output_op_out, &output_tensor, 1,
69         nullptr, 0,
70         nullptr,
71         status);
```

```
63
64     double* output_val = (double*)TF_TensorData(output_tensor);
65     double raw_result = output_val ? output_val[0] : -1.0;
66     double result = sigmoid_(raw_result);
67
68     TF_DeleteTensor(input_tensor);
69     TF_DeleteTensor(output_tensor);
70     TF_DeleteTensor(const_tensor);
71     TF_DeleteSession(session, status);
72     TF_DeleteSessionOptions(sess_opts);
73     TF_DeleteGraph(graph);
74     TF_DeleteStatus(status);
75
76     env->ReleaseDoubleArrayElements(featuresArray, features, 0);
77     return result;
78 }
79
80 double sigmoid_(double x)
81 {
82     return 1.0 / (1.0 + std::exp(-x));
83 }
```

# **Anexos**

# ANEXO A – Exemplo de Resposta do *endpoint* de Pesquisa de Preços da API de Dados Abertos de Compras para o CATMAT “445485”

```
1 {
2   "resultado": [
3     {
4       "idCompra": "92865906000012023",
5       "idItemCompra": 2477238,
6       "forma": "SISPP",
7       "modalidade": 6,
8       "criterioJulgamento": " ",
9       "numeroItemCompra": 2,
10      "descricaoItem": " GUA  MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
11        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETURN VEL
12        ",
13      "codigoItemCatalogo": 445485,
14      "nomeUnidadeMedida": null,
15      "siglaUnidadeMedida": "L",
16      "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
17      "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
18      "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
19      "quantidade": 192,
20      "precoUnitario": 9.5,
21      "percentualMaiorDesconto": 0,
22      "niFornecedor": "31912682000132",
23      "nomeFornecedor": "M & R REPRESENTACOES LTDA",
24      "marca": "Aldebaran",
25      "codigoUasg": "928659",
26      "nomeUasg": "COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL - AL",
27      "codigoMunicipio": 2704302,
28      "municipio": "MACEI ",
29      "estado": "AL",
30      "codigoOrgao": 94742,
31      "nomeOrgao": "COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL - AL",
```

```
30     "poder": "E",
31     "esfera": "E",
32     "dataCompra": "2023-03-22T03:00:00.000+00:00",
33     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2024-03-23T03:29:59.667136",
34     "dataHoraAtualizacaoItem": "2024-03-23T03:59:59.642627",
35     "dataResultado": "2023-03-22T03:00:00.000+00:00",
36     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2023-09-29T13:50:00",
37     "codigoClasse": 8960,
38     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
39 },
40 {
41     "idCompra": "98630906015462022",
42     "idItemCompra": 881322,
43     "forma": "SISPP",
44     "modalidade": 6,
45     "critérioJulgamento": " ",
46     "numeroItemCompra": 1,
47     "descricaoItem": " GUA MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
48         MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
49         ",
50     "codigoItemCatalogo": 445485,
51     "nomeUnidadeMedida": null,
52     "siglaUnidadeMedida": "L",
53     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
54     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
55     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
56     "quantidade": 100,
57     "precoUnitario": 14.5,
58     "percentualMaiorDesconto": 0,
59     "niFornecedor": "26381720000138",
60     "nomeFornecedor": "EDUARDO PAGOTTO SOUZA",
61     "marca": "A combinar",
62     "codigoUasg": "986309",
63     "nomeUasg": "PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPIVARI - SP",
64     "codigoMunicipio": 3510401,
65     "municipio": "CAPIVARI",
66     "estado": "SP",
67     "codigoOrgao": 95610,
68     "nomeOrgao": "PREFEITURA DE CAPIVARI",
69     "poder": "E",
70     "esfera": "M",
71     "dataCompra": "2022-06-07T03:00:00.000+00:00",
```

```
70     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-06-08T03:30:00.005987",
71     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-06-08T04:00:00.004261",
72     "dataResultado": "2022-06-07T03:00:00.000+00:00",
73     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2023-06-15T15:11:00",
74     "codigoClasse": 8960,
75     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
76 },
77 {
78     "idCompra": "15015405000012023",
79     "idItemCompra": 2481843,
80     "forma": "SISRP",
81     "modalidade": 5,
82     "critérioJulgamento": "V",
83     "numeroItemCompra": 60,
84     "descricaoItem": " GUA MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
      MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
      ",
85     "codigoItemCatalogo": 445485,
86     "nomeUnidadeMedida": null,
87     "siglaUnidadeMedida": "L",
88     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
89     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
90     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
91     "quantidade": 1624,
92     "precoUnitario": 8.3,
93     "percentualMaiorDesconto": 0,
94     "niFornecedor": "00799421000124",
95     "nomeFornecedor": "MARIA DO SOCORRO SANTOS BASILIO",
96     "marca": "platina",
97     "codigoUasg": "150154",
98     "nomeUasg": "CENTRO DE EDUCA AO E SAUDE DA UFCG",
99     "codigoMunicipio": 2505105,
100    "municipio": "CUIT ",
101    "estado": "PB",
102    "codigoOrgao": 26252,
103    "nomeOrgao": "UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE",
104    "poder": "E",
105    "esfera": null,
106    "dataCompra": "2023-03-22T03:00:00.000+00:00",
107    "dataHoraAtualizacaoCompra": "2024-03-23T03:29:59.667136",
108    "dataHoraAtualizacaoItem": "2024-03-23T03:59:59.642627",
109    "dataResultado": "2023-03-22T03:00:00.000+00:00",
```

```
110     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2015-11-30T16:06:00",
111     "codigoClasse": 8960,
112     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
113 },
114 {
115     "idCompra": "15851706000072022",
116     "idItemCompra": 482860,
117     "forma": "SISPP",
118     "modalidade": 6,
119     "critérioJulgamento": " ",
120     "numeroItemCompra": 1,
121     "descricaoItem": " GUA MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
        ",
122     "codigoItemCatalogo": 445485,
123     "nomeUnidadeMedida": null,
124     "siglaUnidadeMedida": "L",
125     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
126     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
127     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
128     "quantidade": 51,
129     "precoUnitario": 16.45,
130     "percentualMaiorDesconto": 0,
131     "niFornecedor": "05274036000187",
132     "nomeFornecedor": "VIA QUALITA SUPERMERCADO LTDA",
133     "marca": "Da fazenda",
134     "codigoUasg": "158517",
135     "nomeUasg": "UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL",
136     "codigoMunicipio": 4204202,
137     "municipio": "CHAPEC ",
138     "estado": "SC",
139     "codigoOrgao": 26440,
140     "nomeOrgao": "UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL",
141     "poder": "E",
142     "esfera": "F",
143     "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
144     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
145     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
146     "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
147     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2025-04-02T11:02:00",
148     "codigoClasse": 8960,
149     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
```

```
150     },
151     {
152         "idCompra": "17008006000032022",
153         "idItemCompra": 483019,
154         "forma": "SISPP",
155         "modalidade": 6,
156         "critérioJulgamento": " ",
157         "numeroItemCompra": 1,
158         "descricaoItem": " GUA  MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
            MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
            ",
159         "codigoItemCatalogo": 445485,
160         "nomeUnidadeMedida": null,
161         "siglaUnidadeMedida": "L",
162         "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
163         "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
164         "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
165         "quantidade": 50,
166         "precoUnitario": 9.5,
167         "percentualMaiorDesconto": 0,
168         "niFornecedor": "63280002000100",
169         "nomeFornecedor": "SUPERMERCADO MIRANDA LTDA",
170         "marca": "N o informada",
171         "codigoUasg": "170080",
172         "nomeUasg": "DELEGACIA DA REC.FEDERAL EM F.SANTANA/BA",
173         "codigoMunicipio": 2910800,
174         "municipio": "FEIRA DE SANTANA",
175         "estado": "BA",
176         "codigoOrgao": 25000,
177         "nomeOrgao": "MINISTERIO DA FAZENDA",
178         "poder": "E",
179         "esfera": "F",
180         "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
181         "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
182         "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
183         "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
184         "dataHoraAtualizacaoUasg": "2025-05-06T15:24:00",
185         "codigoClasse": 8960,
186         "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
187     },
188     {
189         "idCompra": "49530006000012022",
```

```
190     "idItemCompra": 483101,
191     "forma": "SISPP",
192     "modalidade": 6,
193     "criterioJulgamento": " ",
194     "numeroItemCompra": 1,
195     "descricaoItem": " GUA MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
        ",
196     "codigoItemCatalogo": 445485,
197     "nomeUnidadeMedida": null,
198     "siglaUnidadeMedida": "L",
199     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
200     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
201     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
202     "quantidade": 200,
203     "precoUnitario": 6.745,
204     "percentualMaiorDesconto": 0,
205     "niFornecedor": "33556227000177",
206     "nomeFornecedor": "ELVIS FERNANDO AMADOR TORRES 97652695287",
207     "marca": "ESTRELA D'ALVA",
208     "codigoUasg": "495300",
209     "nomeUasg": "COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS",
210     "codigoMunicipio": 1501402,
211     "municipio": "BEL M",
212     "estado": "PA",
213     "codigoOrgao": 29208,
214     "nomeOrgao": "COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS",
215     "poder": "E",
216     "esfera": "F",
217     "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
218     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
219     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
220     "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
221     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2024-05-09T14:56:00",
222     "codigoClasse": 8960,
223     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
224 },
225 {
226     "idCompra": "24012106000542022",
227     "idItemCompra": 483300,
228     "forma": "SISPP",
229     "modalidade": 6,
```

```
230     "criterioJulgamento": " ",
231     "numeroItemCompra": 1,
232     "descricaoItem": " GUA  MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
        ",
233     "codigoItemCatalogo": 445485,
234     "nomeUnidadeMedida": null,
235     "siglaUnidadeMedida": "L",
236     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
237     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
238     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
239     "quantidade": 2400,
240     "precoUnitario": 4.94,
241     "percentualMaiorDesconto": 0,
242     "niFornecedor": "72602303000195",
243     "nomeFornecedor": "PURISSIMA AGUA MINERAL LTDA",
244     "marca": "AGUA SEIVA DE BRASIL",
245     "codigoUasg": "240121",
246     "nomeUasg": "INST. BRAS. INFORM. EM CI NCIA E TECNOLOGIA",
247     "codigoMunicipio": 5300108,
248     "municipio": "BRAS LIA",
249     "estado": "DF",
250     "codigoOrgao": 24000,
251     "nomeOrgao": "MINISTERIO DA CIENCIA,TECNOLOGIA E INOVA O",
252     "poder": "E",
253     "esfera": "F",
254     "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
255     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
256     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
257     "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
258     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2025-06-02T16:39:00",
259     "codigoClasse": 8960,
260     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
261 },
262 {
263     "idCompra": "15812606000142022",
264     "idItemCompra": 483755,
265     "forma": "SISPP",
266     "modalidade": 6,
267     "criterioJulgamento": " ",
268     "numeroItemCompra": 1,
```

```
269     "descricaoItem": " GUA  MINERAL NATURAL , TIPO: SEM G S ,
        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
        ",
270     "codigoItemCatalogo": 445485,
271     "nomeUnidadeMedida": null,
272     "siglaUnidadeMedida": "L",
273     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF O",
274     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
275     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
276     "quantidade": 50,
277     "precoUnitario": 9.9,
278     "percentualMaiorDesconto": 0,
279     "niFornecedor": "36098338000175",
280     "nomeFornecedor": "NILTON CEZAR MASERA DISTRIBUIDORA DE AGUA
        MINERAL",
281     "marca": "Brisa Leve",
282     "codigoUasg": "158126",
283     "nomeUasg": "INSTITUTO FED SUL R.GRANDENSE",
284     "codigoMunicipio": 4314407,
285     "municipio": "PELOTAS",
286     "estado": "RS",
287     "codigoOrgao": 26436,
288     "nomeOrgao": "INST.FED.DE EDUC.,CIE.E TEC.SUL-RIO-GRANDENSE",
289     "poder": "E",
290     "esfera": "F",
291     "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
292     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
293     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
294     "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
295     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2025-04-01T10:55:00",
296     "codigoClasse": 8960,
297     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
298 },
299 {
300     "idCompra": "92513306000202021",
301     "idItemCompra": 483886,
302     "forma": "SISPP",
303     "modalidade": 6,
304     "critérioJulgamento": " ",
305     "numeroItemCompra": 1,
306     "descricaoItem": " GUA  MINERAL NATURAL , TIPO: SEM G S ,
        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
```

```
    ",
307     "codigoItemCatalogo": 445485,
308     "nomeUnidadeMedida": null,
309     "siglaUnidadeMedida": null,
310     "nomeUnidadeFornecimento": null,
311     "siglaUnidadeFornecimento": null,
312     "capacidadeUnidadeFornecimento": 0,
313     "quantidade": 2000,
314     "precoUnitario": 5.4,
315     "percentualMaiorDesconto": 0,
316     "niFornecedor": "29062235000190",
317     "nomeFornecedor": "ROBERIO PINTO FREIRE",
318     "marca": "LITOR GUA",
319     "codigoUasg": "925133",
320     "nomeUasg": "GERENCIA ADMINISTRATIVA EM FORTALEZA",
321     "codigoMunicipio": 2304400,
322     "municipio": "FORTALEZA",
323     "estado": "CE",
324     "codigoOrgao": 25201,
325     "nomeOrgao": "BANCO CENTRAL DO BRASIL-ORC.FISCAL/SEG.SOCIAL",
326     "poder": "E",
327     "esfera": "F",
328     "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
329     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
330     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
331     "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
332     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2010-08-31T14:37:00",
333     "codigoClasse": 8960,
334     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
335 },
336 {
337     "idCompra": "13510005000032022",
338     "idItemCompra": 563977,
339     "forma": "SISPP",
340     "modalidade": 5,
341     "criterioJulgamento": "V",
342     "numeroItemCompra": 1,
343     "descricaoItem": " GUA MINERAL NATURAL, TIPO: SEM G S ,
        MATERIAL EMBALAGEM: PL STICO , TIPO EMBALAGEM: RETORN VEL
        ",
344     "codigoItemCatalogo": 445485,
345     "nomeUnidadeMedida": null,
```

```
346     "siglaUnidadeMedida": "L",
347     "nomeUnidadeFornecimento": "GARRAF 0",
348     "siglaUnidadeFornecimento": "GRR",
349     "capacidadeUnidadeFornecimento": 20,
350     "quantidade": 7538,
351     "precoUnitario": 6.5,
352     "percentualMaiorDesconto": 0,
353     "niFornecedor": "72602303000195",
354     "nomeFornecedor": "PURISSIMA AGUA MINERAL LTDA",
355     "marca": "AGUA SEIVA DE BRAS L",
356     "codigoUasg": "135100",
357     "nomeUasg": "COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO CONAB",
358     "codigoMunicipio": 5300108,
359     "municipio": "BRAS LIA",
360     "estado": "DF",
361     "codigoOrgao": 22211,
362     "nomeOrgao": "COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO",
363     "poder": "E",
364     "esfera": "F",
365     "dataCompra": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
366     "dataHoraAtualizacaoCompra": "2023-03-23T03:30:00.051764",
367     "dataHoraAtualizacaoItem": "2023-03-23T04:00:00.048595",
368     "dataResultado": "2022-03-22T03:00:00.000+00:00",
369     "dataHoraAtualizacaoUasg": "2025-06-12T11:00:00",
370     "codigoClasse": 8960,
371     "nomeClasse": "BEBIDAS N O ALCO LICAS "
372   }
373 ],
374 "totalRegistros": 8236,
375 "totalPaginas": 824,
376 "paginasRestantes": 823,
377 "dataHoraConsulta": "2025-06-22T20:01:04.818959663",
378 "timeZoneAtual": "GMT-03:00"
379 }
```

**Fonte:** (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2024b)

## ANEXO B – Exemplo de Resposta da API de Transparência de Contratos

```
1 {
2   "draw": 1,
3   "recordsTotal": 1079555,
4   "recordsFiltered": 1079555,
5   "data": [
6     {
7       "descricao detalhada": "PORTA-PALETE, TIPO DESMONT VEL ,
8         COMPRIMENTO 2.300 MM, PROFUNDIDADE 1.000 MM, ALTURA
9         4.200 MM, CAPACIDADE CARGA 2.500 KG, CARACTER STICAS
10        ADICIONAIS COM 04 N VEIS DE ARMAZENAGEM (PISO + 3)",
11      "unidade_federacao": "Distrito Federal",
12      "id": 17773,
13      "numero_item_compra": "00001",
14      "codigo_pdm": "15657",
15      "descricao_pdm": "PORTA-PALETE",
16      "fornecedor": "22.566.110/0001-58 - METRIKA COMERCIO E
17        SERVICOS DE EQUIPAMENTOS LOGISTICOS LTDA",
18      "unidade_gerenciadora": "160072 - 11. DEPOSITO DE
19        SUPRIMENTO",
20      "quantidade_registrada": "102.0000",
21      "saldo_adesao": "0.00000",
22      "numero": "00001/2023",
23      "vigencia_inicial": "2023-12-05",
24      "vigencia_final": "2024-12-04",
25      "catmatseritem_id": 322867,
26      "nomeresumido": "11. D SUP",
27      "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
28      "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br
          /transparencia/arpshow/itens/00001/
          17773/show\" class=\"\"><i class=\"
          fas fa-eye\"></i></a>"
29    },
30    {
31      "descricao detalhada": "PORTA-PALETE, TIPO DESMONT VEL ,
32        COMPRIMENTO 2.300 MM, PROFUNDIDADE 1.000 MM, ALTURA
33        4.200 MM, CAPACIDADE CARGA 2.500 KG, CARACTER STICAS
```

```
ADICIONAIS COM 04 N VEIS DE ARMAZENAGEM (PISO + 3)",
29     "unidade_federacao": "Distrito Federal",
30     "id": 17773,
31     "numero_item_compra": "00002",
32     "codigo_pdm": "15657",
33     "descricao_pdm": "PORTA-PALETE",
34     "fornecedor": "22.566.110/0001-58 - METRIKA COMERCIO E
        SERVICOS DE EQUIPAMENTOS LOGISTICOS LTDA",
35     "unidade_gerencidora": "160072 - 11. DEPOSITO DE
        SUPRIMENTO",
36     "quantidade_registrada": "128.0000",
37     "saldo_adesao": "0.00000",
38     "numero": "00001/2023",
39     "vigencia_inicial": "2023-12-05",
40     "vigencia_final": "2024-12-04",
41     "catmatseritem_id": 322867,
42     "nomeresumido": "11. D SUP",
43     "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
44     "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br
        /transparencia/arpshow/itens/00002/
45     17773/show\" class=\"\"><i class=
46     \"fas fa-eye\"></i></a>"
47 },
48 {
49     "descricao_detalhada": "PORTA-PALETE, MATERIAL A O ,
        COMPRIMENTO 2.300 MM, ALTURA 4.450 MM,
        CARACTERISTICAS ADICIONAIS COM 3 PARES DE
        LONGARINAS",
50     "unidade_federacao": "Distrito Federal",
51     "id": 17773,
52     "numero_item_compra": "00003",
53     "codigo_pdm": "15657",
54     "descricao_pdm": "PORTA-PALETE",
55     "fornecedor": "22.566.110/0001-58 - METRIKA COMERCIO E
        SERVICOS DE EQUIPAMENTOS LOGISTICOS LTDA",
56     "unidade_gerencidora": "160072 - 11. DEPOSITO DE
        SUPRIMENTO",
57     "quantidade_registrada": "1.112.0000",
58     "saldo_adesao": "0.00000",
59     "numero": "00001/2023",
60     "vigencia_inicial": "2023-12-05",
61     "vigencia_final": "2024-12-04",
```

```
62         "catmatseritem_id": 124964,  
63         "nomeresumido": "11. D SUP",  
64         "nome": "COMANDO DO EXERCITO",  
65         "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br  
66 /transparencia/arpshow/itens/00003/  
67 17773/show\" class=\"\"><i class=  
68 \"fas fa-eye\"></i></a>",  
69     },  
70     {  
71         "descricao detalhada": "PORTA-PALETE, TIPO DESMONT VEL ,  
        COMPRIMENTO 2.300 MM, PROFUNDIDADE 1.000 MM, ALTURA  
        4.200 MM, CAPACIDADE CARGA 2.500 KG, CARACTER STICAS  
        ADICIONAIS COM 04 N VEIS DE ARMAZENAGEM (PISO + 3)",  
72         "unidade_federacao": "Distrito Federal",  
73         "id": 17773,  
74         "numero_item_compra": "00004",  
75         "codigo_pdm": "15657",  
76         "descricao_pdm": "PORTA-PALETE",  
77         "fornecedor": "22.566.110/0001-58 - METRIKA COMERCIO E  
        SERVICOS DE EQUIPAMENTOS LOGISTICOS LTDA",  
78         "unidade_gerenciodora": "160072 - 11. DEPOSITO DE  
        SUPRIMENTO",  
79         "quantidade_registrada": "204.0000",  
80         "saldo_adesao": "0.00000",  
81         "numero": "00001/2023",  
82         "vigencia_inicial": "2023-12-05",  
83         "vigencia_final": "2024-12-04",  
84         "catmatseritem_id": 322867,  
85         "nomeresumido": "11. D SUP",  
86         "nome": "COMANDO DO EXERCITO",  
87         "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br  
88 /transparencia/arpshow/itens/00004/  
89 17773/show\" class=\"\"><i class=  
90 \"fas fa-eye\"></i></a>",  
91     },  
92     {  
93         "descricao detalhada": "PORTA-PALETE, TIPO DESMONT VEL ,  
        COMPRIMENTO 2.300 MM, PROFUNDIDADE 1.000 MM, ALTURA  
        4.200 MM, CAPACIDADE CARGA 2.500 KG, CARACTER STICAS  
        ADICIONAIS COM 04 N VEIS DE ARMAZENAGEM (PISO + 3)",  
94         "unidade_federacao": "Distrito Federal",  
95         "id": 17773,
```

```
96         "numero_item_compra": "000005",
97         "codigo_pdm": "15657",
98         "descricao_pdm": "PORTA-PALETE",
99         "fornecedor": "22.566.110/0001-58 - METRIKA COMERCIO E
100             SERVICOS DE EQUIPAMENTOS LOGISTICOS LTDA",
101         "unidade_gerenciadora": "160072 - 11. DEPOSITO DE
102             SUPRIMENTO",
103         "quantidade_registrada": "8.0000",
104         "saldo_adesao": "0.00000",
105         "numero": "00001/2023",
106         "vigencia_inicial": "2023-12-05",
107         "vigencia_final": "2024-12-04",
108         "catmatseritem_id": 322867,
109         "nomeresumido": "11. D SUP",
110         "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
111         "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br/
112             transparencia/arpshow/itens/000005/
113             17773/show\" class=\"\"><i class=
114             \"fas fa-eye\"></i></a>"
115     },
116     {
117         "descricao_detalhada": "PORTA-PALETE, TIPO DESMONT VEL ,
118             COMPRIMENTO 2.300 MM, PROFUNDIDADE 1.000 MM, ALTURA
119             4.200 MM, CAPACIDADE CARGA 2.500 KG, CARACTER STICAS
120             ADICIONAIS COM 04 N VEIS DE ARMAZENAGEM (PISO + 3)",
121         "unidade_federacao": "Distrito Federal",
122         "id": 17773,
123         "numero_item_compra": "000006",
124         "codigo_pdm": "15657",
125         "descricao_pdm": "PORTA-PALETE",
126         "fornecedor": "22.566.110/0001-58 - METRIKA COMERCIO E
127             SERVICOS DE EQUIPAMENTOS LOGISTICOS LTDA",
128         "unidade_gerenciadora": "160072 - 11. DEPOSITO DE
129             SUPRIMENTO",
130         "quantidade_registrada": "10.0000",
131         "saldo_adesao": "0.00000",
132         "numero": "00001/2023",
133         "vigencia_inicial": "2023-12-05",
134         "vigencia_final": "2024-12-04",
135         "catmatseritem_id": 322867,
136         "nomeresumido": "11. D SUP",
137         "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
```

```
131     "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br/
132     transparencia/arpshow/itens/00006/
133     17773/show\" class=\"\"><i class=
134     \"fas fa-eye\"></i></a>"
135   },
136   {
137     "descricao detalhada": "FLUIDO DE SISTEMA DE FREIO,
138     APLICA O VE CULO AUTOMOTIVO",
139     "unidade_federacao": "Pernambuco",
140     "id": 519,
141     "numero_item_compra": "00038",
142     "codigo_pdm": "07650",
143     "descricao_pdm": "FLUIDO DE SISTEMA DE FREIO",
144     "fornecedor": "13.990.290/0001-00 - STORE DO BRASIL
145     LTDA",
146     "unidade_gerencadora": "160200 - PARQUE REGIONAL DE
147     MANUTENCAO/7",
148     "quantidade_registrada": "400.0000",
149     "saldo_adesao": "800.00000",
150     "numero": "00001/2023",
151     "vigencia_inicial": "2023-06-15",
152     "vigencia_final": "2024-06-14",
153     "catmatseritem_id": 136890,
154     "nomeresumido": "PQ R MNT/7",
155     "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
156     "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br
157     /transparencia/arpshow/itens/00038/
158     519/show\" class=\"\"><i class=
159     \"fas fa-eye\"></i></a>"
160   },
161   {
162     "descricao detalhada": "FLUIDO DE SISTEMA DE FREIO,
163     APLICA O VE CULO AUTOMOTIVO",
164     "unidade_federacao": "Pernambuco",
165     "id": 519,
166     "numero_item_compra": "00043",
167     "codigo_pdm": "07650",
168     "descricao_pdm": "FLUIDO DE SISTEMA DE FREIO",
169     "fornecedor": "13.990.290/0001-00 - STORE DO BRASIL
170     LTDA",
171     "unidade_gerencadora": "160200 - PARQUE REGIONAL DE
172     MANUTENCAO/7",
```

```
167     "quantidade_registrada": "150.0000",
168     "saldo_adesao": "294.00000",
169     "numero": "00001/2023",
170     "vigencia_inicial": "2023-06-15",
171     "vigencia_final": "2024-06-14",
172     "catmatseritem_id": 136890,
173     "nomeresumido": "PQ R MNT/7",
174     "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
175     "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br
176 /transparencia/arpshow/itens/00043/
177 519/show\" class=\"\"><i class=
178 \"fas fa-eye\"></i></a>"
179 },
180 {
181     "descricao_detalhada": "PE A MEC NICA/EL TRICA -
182     VE CULO AUTOMOTIVO, USO MOTOR, APLICA O VE CULO
183     AGRALE MARRU 4 X 4 DIESEL, REFER NCIA 13
184     6013.001.180.00.6, TIPO 6 EJETOR DO LEO ",
185     "unidade_federacao": "Distrito Federal",
186     "id": 1986,
187     "numero_item_compra": "00001",
188     "codigo_pdm": "13798",
189     "descricao_pdm": "PE A MEC NICA/EL TRICA - VE CULO
190     AUTOMOTIVO",
191     "fornecedor": "34.674.089/0001-93 - ROMEO COMERCIAL
192     LTDA",
193     "unidade_gerencidora": "160086 - GABINETE DO COMANDANTE
194     DO EXERCITO",
195     "quantidade_registrada": "6.463.0000",
196     "saldo_adesao": "12926.00000",
197     "numero": "00001/2023",
198     "vigencia_inicial": "2023-08-02",
199     "vigencia_final": "2024-08-01",
200     "catmatseritem_id": 324182,
201     "nomeresumido": "GAB CMT EX",
202     "nome": "COMANDO DO EXERCITO",
203     "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br
204 /transparencia/arpshow/itens/00001/
205 1986/show\" class=\"\"><i class=
206 \"fas fa-eye\"></i></a>"
207 },
208 {
```

```
203     "descricao detalhada": "PE A MEC NICA/EL TRICA -  
204         VE CULO AUTOMOTIVO, USO MOTOR, APLICA O VE CULO  
205         AGRALE MARRU 4 X 4 DIESEL, REFER NCIA 13  
206         6013.001.180.00.6, TIPO 6 EJETOR DO LEO ",  
207     "unidade_federacao": "Distrito Federal",  
208     "id": 1986,  
209     "numero_item_compra": "00002",  
210     "codigo_pdm": "13798",  
211     "descricao_pdm": "PE A MEC NICA/EL TRICA - VE CULO  
212         AUTOMOTIVO",  
213     "fornecedor": "34.674.089/0001-93 - ROMEO COMERCIAL  
214         LTDA",  
215     "unidade_gerencidora": "160086 - GABINETE DO COMANDANTE  
216         DO EXERCITO",  
217     "quantidade_registrada": "19.482.0000",  
218     "saldo_adesao": "38964.00000",  
219     "numero": "00001/2023",  
220     "vigencia_inicial": "2023-08-02",  
221     "vigencia_final": "2024-08-01",  
222     "catmatseritem_id": 324182,  
223     "nomeresumido": "GAB CMT EX",  
224     "nome": "COMANDO DO EXERCITO",  
225     "acao": "<a href=\"https://contratos.sistema.gov.br  
/transparencia/arpshow/itens/00002/  
1986/show\" class=\"\"><i class=  
\"fas fa-eye\"></i></a>"  
    }  
  ]  
}
```

**Fonte:** (MINISTÉRIO DA GESTÃO E DA INOVAÇÃO EM SERVIÇOS PÚBLICOS, 2024a)