

APLICAÇÃO DA LEI DE NEWCOMB-BENFORD NA ANÁLISE DAS DESPESAS PÚBLICAS DO PARANÁ

USING THE NEWCOMB-BENFORD ANALYSIS ON THE PUBLIC SPENDING IN PARANÁ

APLICACIÓN DE LA LEY DE NEWCOMB-BENFORD EN EL ANÁLISIS DE LOS GASTOS PÚBLICOS DE PARANÁ

Gisela Cristiane Ferraro¹
Guilherme Augusto Pianezzer²

Resumo

O objetivo desse estudo foi verificar se as despesas apresentadas pelo governo estadual do Paraná, no período de 2019 a 2022, estavam em conformidade com a “Lei de Newcomb-Benford” (LNB). Para tanto, foram coletadas as observações no banco de dados aberto do portal transparência do governo paranaense, considerando os valores iguais ou maiores a dez reais e selecionados o primeiro, o segundo e os dois primeiros dígitos (DPD) para o cálculo das frequências de cada algarismo. Com base nas frequências esperadas pela LNB, foram adotados os testes do Primeiro Dígito, do Segundo Dígito e dos DPD, realizando-se os testes estatísticos Qui-quadrado, Teste-Z e Kolmogorov-Smirnoff, ao nível de significância de 5%, o teste avançado de Soma e o desvio médio absoluto (DMA). Os resultados permitiram concluir que as despesas estão em conformidade aceitável com a LNB, para o primeiro dígito, mas não para o segundo e nem para os DPD. Pelo Teste de Soma, até 14,4% das categorias dos DPD são críticas e, com exceção de três grupos, todas atingiram o nível máximo de criticidade no confronto com o Teste dos DPD.

Palavras-chave: Lei de Newcomb-Benford; contabilometria; auditoria no setor público; despesas empenhadas; métodos quantitativos.

Abstract

The aim of this study is to verify if the spending presented by the Parana's state government, between 2019 and 2022, that were according to the “Newcomb-Benford Law” (LNB). For that, the data was collected on the open database from the transparency site of the Parana's state, considering the values that are equal or bigger than ten reais, selecting the first, the second and the first two digits (DPD) to calculate the frequencies of each number. Based on the frequencies expected by the LNB. The tests of the first digit, second digit and DPD, together the statistical tests of Chi-squared, Z-test and Kolmogorov-Smirnoff, to the level of significance of 5%, the advanced sum test and the mean absolute deviation (DMA). The results allowed the conclusion that public spending is in conformity to the LNB, for the first digit, but not for the second and for the DPD. In the sum test, up to 14,4% of the categories of DPD are critical and, excepting three groups, all reached the maximum criticality when confronted with the DPD test.

Keywords: Newcomb-Benford Law; accounting; auditing in the public sector; committed spending; quantitative methods.

Resumen

El objetivo de este estudio fue verificar si los gastos presentados por el gobierno estatal de Paraná, en el período de 2019 hasta 2022, estaban en conformidad con la “Ley de Newcomb-Benford” (LNB). Para ello, se recogieron las observaciones en la base de datos abierta en la página de transparencia del gobierno paranaense, considerando los valores iguales o mayores a diez reales y seleccionados el primero, el segundo y los dos primeros dígitos (DPD) para calcular las frecuencias de cada dígito. Sobre la base de las frecuencias esperadas por el LNB, se adoptaron las pruebas del Primer Dígito, del Segundo Dígito y de los DPD, realizando las pruebas estadísticas Chi-cuadrado, Prueba-Z y Kolmogorov-Smirnoff, al nivel de significación del 5%, la prueba avanzada de Soma y la desviación

¹ Acadêmica no curso de Bacharelado em Matemática no Centro Universitário Internacional (UNINTER).

² Docente no Centro Universitário Internacional (UNINTER).

media absoluta (DMA). Los resultados permitieron concluir que los gastos están en conformidad aceptable con el LNB, para la primera cifra, pero no para el segundo y ni para los DPD. Por la prueba de suma, hasta el 14,4% de las categorías de los DPD son críticas y, con excepción de tres grupos, todas alcanzaron el nivel máximo de criticidad en la confrontación con la prueba de los DPD.

Palabras clave: Ley de Newcomb-Benford; contabilidad, auditoría en el sector público; gastos comprometidos; métodos cuantitativos.

1 Introdução

As observações do matemático-astrônomo Newcomb (1881), demonstradas pelos estudos do engenheiro-físico Benford (1938), fundamentaram a “Lei de Newcomb-Benford” (LNB), também conhecida como “Lei dos Números Anômalos”, “Lei do Primeiro Dígito Significativo” ou “Fenômeno Principal do Dígito”. Essa lei estabelece que, nem sempre a distribuição de probabilidade segue uma tendência linear para descrever o primeiro dígito de uma coleção de dados, existindo, em vários casos, um padrão regido por uma escala logarítmica, de maior ocorrência dos números iniciados pelos menores algarismos.

Newcomb (1881) descreveu esse comportamento anômalo a partir de evidências do maior uso das primeiras páginas de tábuas de logaritmos de uma biblioteca, sugerindo que as mantissas dos menores números eram consultadas com maior frequência pelos usuários. O pesquisador calculou as probabilidades de ocorrência dos algarismos, para o primeiro e segundo dígitos, afirmando que a partir da quarta posição a diferença entre as probabilidades tornava-se desprezível. Benford (1938) corroborou esses resultados baseando-se em um estudo empírico extenso, com mais de 20.000 dados coletados de fontes diversas, como a numeração de artigos em revistas, pesos atômicos, estatísticas de beisebol e áreas de rios, mostrando que números aleatórios tinham maior tendência de iniciarem-se com os menores algarismos do que os números com natureza formal, como os que são atribuídos a códigos postais, contas bancárias, loterias e número de telefones.

O modelo teórico proposto por Benford (1938), para o primeiro dígito, segue a distribuição logarítmica descrita abaixo. A partir do segundo dígito ocorre a inclusão do algarismo zero na distribuição, conforme o modelo reescrito por Hill (1995a), que também apresentou uma generalização da lei que determina a probabilidade para qualquer dígito. Considerando os quatro primeiros dígitos, enquanto a frequência, para o primeiro diminui acentuadamente no intervalo entre os algarismos 1 e 9. A partir do segundo, essa diferença torna-se menor, tendendo para uma distribuição uniforme, próxima de 0,11 (Newcomb, 1881; Benford, 1938; Nigrini, 1999) (Tabela 1).

Primeiro Dígito

$$Frequência\ relativa = \log\left(1 + \frac{1}{d_1}\right)$$

Segundo Dígito

$$Frequência\ relativa = \sum_{d_1=1}^9 \log\left(1 + \frac{1}{10 * d_1 + d_2}\right)$$

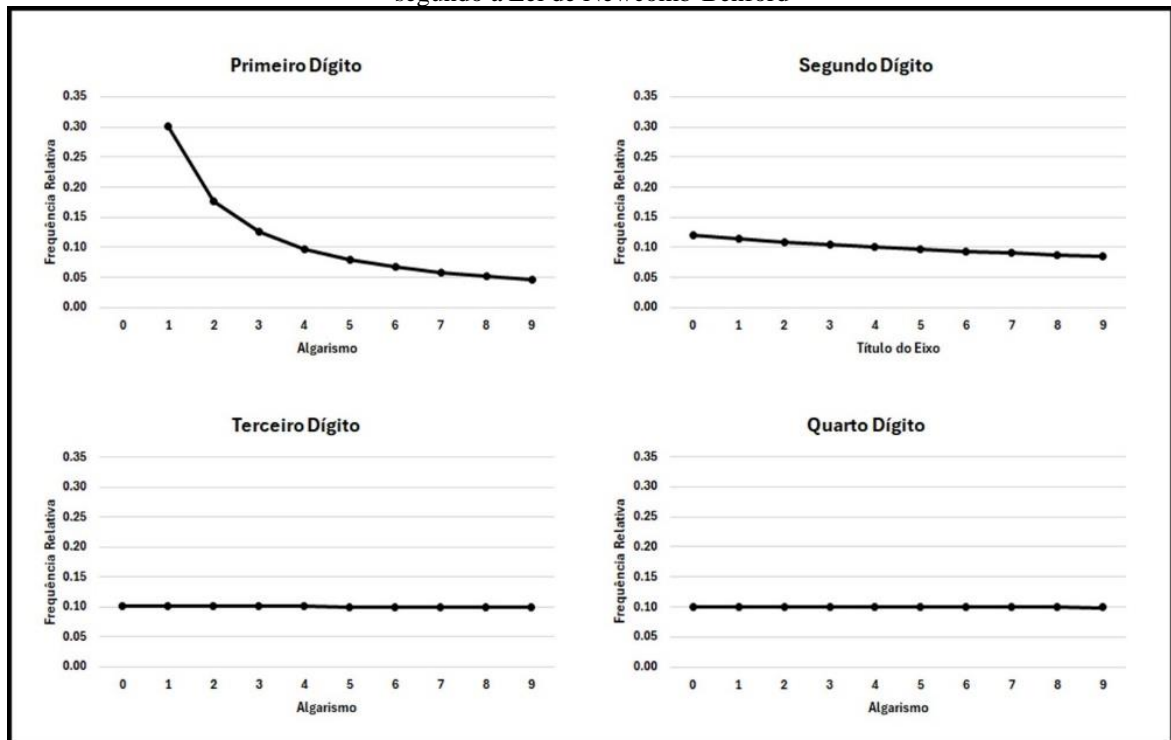
d1: primeiro dígito (varia de 1 a 9)
d2: segundo dígito (varia de 0 a 9)

Tabela 1: Frequências relativas esperadas para o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto dígito, segundo a Lei de Newcomb-Benford

Algarismo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
Primeiro	-	0,3010	0,1761	0,1249	0,0969	0,0792	0,0669	0,0580	0,0512	0,0458	1,00
Segundo	0.1197	0.1139	0.1088	0.1043	0.1003	0.0967	0.0934	0.0904	0.0876	0.0850	1,00
Terceiro	0.1018	0.1014	0.1010	0.1006	0.1002	0.0998	0.0994	0.0990	0.0986	0.0983	1,00
Quarto	0.1002	0.1001	0.1001	0.1001	0.1000	0.1000	0.0999	0.0999	0.0999	0.0998	1,00

Fonte: Nigrini (1999)

Figura 1: Frequências esperadas para o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto dígito, segundo a Lei de Newcomb-Benford



Fonte: Nigrini (1999).

Hill (1995b) derivou a LNB a partir da hipótese de invariância de base, estabelecendo-lhe uma prova matemática robusta. Assim, a partir da sua comprovação, estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender seus fundamentos e limitações (Nigrini, 2012), além de demonstrarem suas aplicações, em diversos ramos do conhecimento (Rocha, 2013; Mendonça *et al.*, 2015; Crocetti; Randi, 2016; Rabelo, 2016; Teixeira; Kira, 2016; Gamermann;

Antunes, 2018; Koch; Okamura, 2020; Terra *et al.*, 2021). A LNB é utilizada como importante ferramenta no auxílio de auditorias de empresas ou setores públicos e privados, por exemplo na investigação de falsificações em dados econômicos, financeiros e sociais (Costa, 2012; Cunha, 2013; Prado *et al.*, 2017; Leoni *et al.*, 2020; Ramos, 2021; Rodrigues *et al.*, 2022).

O uso dos testes estatísticos, aplicados à LNB, para validação dos resultados dos desvios foi estabelecido por Carslaw (1988), enquanto Nigrini e Mittermaier (1997), apresentaram um conjunto de testes que permitiram o uso extensivo da LNB em auditorias, com destaque para o teste do primeiro dígito, teste do segundo dígito; teste dos dois primeiros dígitos e teste da soma. No Brasil, a utilização da LNB como metodologia aplicada à auditoria no setor público foi introduzida por Santos, Tenório e Silva (2003) e Santos, Diniz e Corrar (2005), que desenvolveram um modelo contabilométrico, baseado na relação da LNB com testes de hipóteses.

Costa, Santos e Travassos (2012), aplicando um modelo contabilométrico, fundamentado na LNB, analisaram as despesas de unidades gestoras de dois estados brasileiros no ano de 2009, constatando desvios significativos de conformidade e, demonstrando, assim, viabilidade, utilidade e praticidade na aplicação da LNB, com alto potencial de contribuição nas auditorias públicas.

Cunha (2013), objetivando verificar se a LNB se aplicava às planilhas orçamentárias de obras públicas, analisou 12 obras da Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas de 2016, para propor um modelo de seleção eficiente de amostras para auditorias. Para tanto, realizou testes primários (primeiro dígito; segundo dígito e DPD), visando verificar se a frequência dos primeiros dígitos era compatível com a LNB. Em seguida, para determinação dos valores críticos, realizou testes estatísticos (Teste-Z; Qui-quadrado, Teste Kolmogorov-Smirnoff e Desvio Médio Absoluto) e um teste avançado (Teste de Soma). Para refinar os resultados, aplicou o Teste de Duplicação de Número, Teste de Segunda Ordem, Teste dos Dois Últimos Dígitos, Modelo Fator de Distorção, Regressão Linear e Mantissa Arc Test.

Cavalcanti (2015), analisando a aplicação do modelo contabilométrico da LNB na identificação de irregularidades nos gastos com cartões corporativos do governo federal, no ano de 2013, verificou que esses não seguem a distribuição esperada, sugerindo maiores investigações. Oliveira *et al.* (2018) estudaram a distribuição de frequência do primeiro ao quarto dígito das despesas ministeriais e do gabinete presidencial, no período de 2011 a 2015, comprovando a aplicabilidade da LNB como ferramenta auxiliar no estudo da contabilometria pública, capaz de apontar distorções relevantes e, por conseguinte, a necessidade de pesquisas mais detalhadas.

Rodrigues *et al.* (2022) analisaram registros de despesas empenhadas dos 399 municípios paranaenses, no exercício financeiro de 2019, e verificaram baixa aderência à LNB, sugerindo estudos direcionados aos municípios com as maiores distorções. Sampaio, Figueiredo e Loiola (2022), em um estudo pioneiro, aplicaram a LNB na análise dos valores de pregões eletrônicos do portal de compras do governo federal brasileiro, no período de 2014 a 2018, concluindo pela necessidade de estudos mais aprofundados para distinguir se os indícios encontrados são erros persistentes ou fraudes.

A busca por soluções, na boa gestão, tem suas decisões respaldadas no monitoramento constante de cada setor, sendo os métodos quantitativos recursos importantes para esse controle (Francischetti, 2007). Como instrumento de análise quantitativa, a LNB, para dados compatíveis, pode auxiliar na identificação de indícios de erros ou fraudes, pelo confronto entre as frequências observadas e esperadas pelo modelo de Benford (Silva, 2009).

Na era do *Big Data*, o controle e as auditorias dependem de ferramentas que ofereçam maior velocidade e automação em seus processos de detecção de manipulações, bem como maior confiabilidade nas informações apresentadas (Ramos, 2021). Assim, o objetivo desse estudo foi verificar se as despesas apresentadas pelo governo estadual do Paraná, no período de 2019 a 2022, estão em conformidade com a “Lei de Newcomb-Benford” para o primeiro e o segundo dígitos.

2 Metodologia

Nesse estudo, realizou-se pesquisa bibliográfica e documental, caracterizando-o como descritivo-quantitativo. Na pesquisa bibliográfica, utilizou-se a ferramenta de busca Google Acadêmico®, com os principais descritores: Lei de Newcomb-Benford; fraudes em gastos públicos; auditorias; demonstrações financeiras e métodos quantitativos.

Na pesquisa documental, foram coletadas as observações no banco de dados abertos do portal transparência do Governo Estadual do Paraná, referentes às despesas do período de 2019 a 2022. No total, 26 arquivos foram extraídos no formato “.xlsx”, sendo único para os anos 2019 e 2020 e mensais para 2021 e 2022. Os arquivos foram explorados, selecionando apenas a variável de interesse “valor”, organizada por ano em uma planilha eletrônica do Excel®, no formato número com duas casas decimais. Para a análise de dados, como recomendado por Nigrini (2012), foram considerados apenas os valores iguais ou maiores a R\$10,00.

Para testar a hipótese, adotou-se os procedimentos descritos por Nigrini (2012) e replicados por Costa, Santos e Travassos (2012), Cunha (2013) e Café, Bugarin e Portugal

(2021), entre vários autores. Assim, a partir dos dados coletados (observados), foram selecionados o primeiro dígito, o segundo dígito e os dois primeiros dígitos (DPD) da variável “valor” e calculadas as respectivas frequências, absoluta e relativa, de cada algarismo (de um a nove para o primeiro dígito; de zero a nove para o segundo e de 10 a 99 para os DPD).

Em seguida, com base nas frequências, absoluta e relativa, esperadas pela LNB, foram adotados os testes do Primeiro Dígito, do Segundo Dígito e dos DPD para verificação da conformidade dos dados observados. A distribuição da frequência relativa esperada para os DPD segue o modelo a seguir (Nigrini, 2012), cujos resultados estão apresentados no Tabela 2.

$$Frequência\ relativa = \log \left(1 + \frac{1}{d_1 d_2} \right)$$

d1: primeiro dígito (varia de 1 a 9)
d2: segundo dígito (varia de 0 a 9)

Tabela 2: Frequências esperadas dos dois primeiros dígitos (DPD), segundo a Lei de Newcomb-Benford

DPD	Frequência	DPD	Frequência	DPD	Frequência	DPD	Frequência	DPD	Frequência	DPD	Frequência
10	0,0414	25	0,0170	40	0,0107	55	0,0078	70	0,0062	85	0,0051
11	0,0378	26	0,0164	41	0,0105	56	0,0077	71	0,0061	86	0,0050
12	0,0348	27	0,0158	42	0,0102	57	0,0076	72	0,0060	87	0,0050
13	0,0322	28	0,0152	43	0,0100	58	0,0074	73	0,0059	88	0,0049
14	0,0300	29	0,0147	44	0,0098	59	0,0073	74	0,0058	89	0,0049
15	0,0280	30	0,0142	45	0,0095	60	0,0072	75	0,0058	90	0,0048
16	0,0263	31	0,0138	46	0,0093	61	0,0071	76	0,0057	91	0,0047
17	0,0248	32	0,0134	47	0,0091	62	0,0069	77	0,0056	92	0,0047
18	0,0235	33	0,0130	48	0,0090	63	0,0068	78	0,0055	93	0,0046
19	0,0223	34	0,0126	49	0,0088	64	0,0067	79	0,0055	94	0,0046
20	0,0212	35	0,0122	50	0,0086	65	0,0066	80	0,0054	95	0,0045
21	0,0202	36	0,0119	51	0,0084	66	0,0065	81	0,0053	96	0,0045
22	0,0193	37	0,0116	52	0,0083	67	0,0064	82	0,0053	97	0,0045
23	0,0185	38	0,0113	53	0,0081	68	0,0063	83	0,0052	98	0,0044
24	0,0177	39	0,0110	54	0,0080	69	0,0062	84	0,0051	99	0,0044
										Total	1,0000

Fonte: Nigrini (2012)

Para examinar a adequação dos dados observados à LNB, foram realizados os testes estatísticos Qui-quadrado, Teste-Z, Kolmogorov-Smirnoff e, complementando o Teste dos DPD, realizou-se o Teste de Soma, sobre o qual não são aplicadas ferramentas estatísticas. Calculou-se, também, o Desvio Médio Absoluto (DMA), cuja conformidade foi baseada nos critérios apresentados na Tabela 3 (Nigrini, 2012). Para as análises foram usados os softwares Excel - Microsoft365® (2024) e R (2024), sendo o nível de significância adotado de 5%. As fórmulas e parâmetros utilizados estão descritos abaixo.

2.1 Teste- χ^2

<u>Primeiro dígito</u>	<u>Segundo dígito</u>	<u>DPD</u>
$\chi^2 = \sum_{k=1}^9 \frac{(PO - PE)^2}{PE}$	$\chi^2 = \sum_{k=0}^9 \frac{(PO - PE)^2}{PE}$	$\chi^2 = \sum_{k=10}^{99} \frac{(PO - PE)^2}{PE}$

PO: frequência absoluta observada; **PE:** frequência absoluta esperada [PE = n*pe]; **k:** algarismos
n: número de observações; **pe:** frequência relativa esperada (Lei de Newcomb-Benford)

Hipóteses:

H0: PO = PE → não existe diferença estatisticamente significativa entre as frequências observadas e esperadas

H1: PO ≠ PE → existe diferença estatisticamente significativa entre as frequências observadas e esperadas

Valores críticos ao nível de 5% de probabilidade:

Primeiro dígito: (gl = 8) 15,51; **Segundo dígito:** (gl = 9) 16,92; **DPD:** (gl = 89) 112,022

2.2 Teste-Z

$Z = \frac{ po - pe }{\sqrt{\frac{pe * (1 - pe)}{n}}}$
--

po: frequência relativa observada [po = PO/n], **n:** número de observações; **PO:** frequência absoluta observada
pe: frequência relativa esperada (Lei de Newcomb-Benford)

Hipóteses:

H0: po = pe → não existe diferença estatisticamente significativa entre as frequências observadas e esperadas

H1: po ≠ pe → existe diferença estatisticamente significativa entre as frequências observadas e esperadas

Valor crítico ao nível de 5% de probabilidade: 1,96

Observação: utiliza-se o **fator de correção** no numerador “|po-pe| - (n*0,5)”, quando |po - pe| > n*0,5

2.3 Teste Kolmogorov-Smirnoff (K-S)

É obtido a partir da identificação do supremo — a maior diferença entre a soma acumulada das frequências relativas observadas e a soma acumulada das frequências esperadas — para compará-lo ao valor crítico determinado pela seguinte fórmula:

$KS = \frac{1,36}{\sqrt{n}}$

1,36: constante para o nível de significância de 5% **n:** número de dados

Hipóteses:

H0: po = pe → não existe diferença estatisticamente significativa entre as frequências observadas e esperadas

H1: po ≠ pe → existe diferença estatisticamente significativa entre as frequências observadas e esperadas

2.4 Desvio Médio Absoluto (DMA)

$DMA = \frac{\sum_{i=1}^k po - pe }{k}$
--

po: frequência relativa observada [po = PO/n], **n:** número de observações; **PO:** frequência absoluta observada
pe: frequência relativa esperada (Lei de Newcomb-Benford)

k: número de algarismos – **Primeiro dígito:** 9; **Segundo dígito:** 10; **DPD:** 90

Tabela 3: Critérios para análise do Desvio Médio Absoluto (DMA)

Dígito	Grau de conformidade			
	<i>Conforme</i>	<i>Aceitável</i>	<i>Marginal</i>	<i>Desconforme</i>
Primeiro	0,000 a 0,006	0,006 a 0,012	0,012 a 0,015	acima de 0,015
Segundo	0,000 a 0,008	0,008 a 0,010	0,010 a 0,012	acima de 0,012
Dois primeiros	0,000 a 0,0012	0,0012 a 0,0018	0,0018 a 0,0022	acima de 0,0022

Fonte: Nigrini (2012)

2.5 Teste da soma para os DPD

Etapas:

1. Variável “Soma” – somatório de todos os valores absolutos observados (variável “valor”), de cada uma das 90 categorias dos DPD (10,...,99);

$$\text{Soma}_k = \sum_{i=1}^{\text{PO}_k} \text{valor}_k$$

K: categoria dos DPD (10,...,99); **PO:** frequência absoluta observada de cada K;
valor: valores observados das despesas para cada k

2. “Proporção da Soma” – divide-se o valor da variável “Soma”, de cada categoria dos DPD, pelo somatório de todas as categorias “Soma” [total geral das despesas observadas];

$$\text{Prop Soma}_k = \frac{\text{Soma}_k}{\sum_{k=10}^{99} \text{Soma}_k}$$

3. “Diferença” – subtrai-se a proporção esperada pela LNB da observada para cada categoria dos DPD;

$$\text{Diferença}_k = \text{Prop Soma}_k - \text{Prop LNB}_k$$

K: categoria dos DPD (10,...,99); **Prop LNB:** proporção esperada pela LNB = 1/90 = 0,011...

Fonte: Nigrini (2012)

Observação: a Prop LNB é a mesma para todas as categorias dos DPD

4. Categorias críticas – seleção de todas as categorias dos DPD com variável “Diferença” igual ou maior que “Prop LNB”

$$\text{Se Diferença}_k \geq 0,011 \rightarrow k \text{ é crítico}$$

K: categoria dos DPD (10,...,99)

3 Resultados e discussões

3.1 Dados observados

Nesse estudo, foram analisados 2.153.415 valores de despesas do governo paranaense, excluídos todos os valores menores que R\$10,00, referentes ao período de 2019 a 2022, em um total de 200,6 bilhões de reais. Entre os quatro anos, 2022 apresentou o maior número de observações (656.816), bem como o maior valor total de despesas (R\$55,8 bilhões), enquanto 2021 teve o maior valor unitário (R\$1,4 bilhão) (Tabela 4).

Tabela 4: Número de observações e valores*, em reais, das despesas anuais do governo estadual paranaense, no período de 2019 a 2022

Ano	Observações	Despesas (R\$)		
		Total	Mínima	Máxima
2019	598.630	51.540.340.183,91	10,00	250.298.362,14
2020	422.603	48.248.989.737,66	10,00	298.059.207,59
2021	475.366	45.061.437.560,39	10,00	1.400.000.000,00
2022	656.816	55.798.666.880,92	10,00	426.818.323,49
Total	2.153.415	200.649.434.362,88	-	-

Fonte: Portal da Transparência – Governo do PR (s. d.).

*valores iguais ou maiores que R\$10,00

3.2 Primeiro e segundo dígitos

Na análise do primeiro dígito, o algarismo “1” apresentou as maiores frequências no período, enquanto os algarismos “9” (2019 a 2021) e “8” (2021 e 2022), as menores. No confronto pontual, de 2019 a 2022, os desvios máximos foram de 1,75% (algarismo 4), 2,74% (algarismo 4), 1,92% (algarismo 1), e 2,09% (algarismo 7); enquanto os desvios mínimos foram de 0,01% (algarismo 7), 0,03% (algarismo 3), 0,36% (algarismo 5), e 0,48% (algarismo 1), respectivamente. Pela análise estatística, com exceção dos algarismos “3” (2019, 2020) e “7” (2019), todos os demais estão em desconformidade com a LNB, ao nível de 5% de significância. No entanto, o DMA foi considerado com conformidade aceitável para os anos 2019 a 2021 e marginal para 2022 (Tabela 5; Figura 2).

Já para o segundo dígito, os algarismos “0” e “7” apresentaram as maiores e menores frequências no período, respectivamente, sendo que, na comparação direta, de 2019 a 2022, o algarismo “0” apresentou os desvios máximos (6,09%; 8,78%; 6,11% e 5,55%) e os algarismos “5” (0,06%), “9” (0,11%), “6” (0,06%), e “8” (0,30%), os desvios mínimos, respectivamente. Todos os algarismos, excetuando-se o “5 e 9” (2019) e o “6” (2021), não apresentaram conformidade com a LNB pelos testes estatísticos, ao nível de 5% de significância. Os valores para o DMA confirmaram a desconformidade (Tabela 6; Figura 3).

Tabela 5: Frequência observada [absoluta (**PO**) e relativa (**po**)]; Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford [absoluta (**PE**) e relativa (**pe**)]; Valores obtidos para o Teste Qui-quadrado (χ^2), Teste Kolmogorov-Smirnoff (**K-S**), Teste-Z e Desvio Médio Absoluto (**DMA**), para os algarismos de “1 a 9”, do primeiro dígito, dos valores das despesas do governo estadual paranaense, no período de 2019 a 2022

PRIMEIRO DÍGITO									
Ano	Algarismo	PO	po	PE	pe	Teste χ^2	Teste K-S	Teste Z	DMA
2019	1	174.425	0,2914	180.206	0,3010	185,45	0,00966	16,29 *	0,00603
	2	110.759	0,1850	105.414	0,1761	271,02	0,00073	18,14 *	Aceitável
	3	75.202	0,1256	74.792	0,1249	2,25	0,00004	1,60 <i>ns</i>	
	4	68.512	0,1144	58.013	0,0969	1900,07	0,01750 ●	45,87 *	
	5	44.288	0,0740	47.400	0,0792	204,32	0,01230	14,90 *	
	6	36.237	0,0605	40.076	0,0669	367,75	0,00588	19,85 *	
	7	34.670	0,0579	34.716	0,0580	0,06	0,00581	0,25 <i>ns</i>	
	8	28.152	0,0470	30.621	0,0512	199,08	0,00168	14,49 *	
	9	26.385	0,0441	27.392	0,0458	37,02	0,00000	6,23 *	
TOTAL		598.630	1,0000	598.630	1,0000	3167,02 *	-	-	
2020	1	122783	0,2908	127217	0,3010	154,54	0,01019	14,87 *	0,00987
	2	81529	0,1929	74417	0,1761	679,69	0,00664	28,72 *	Aceitável
	3	52672	0,1246	52799	0,1249	0,31	0,00634	0,59 <i>ns</i>	
	4	52540	0,1243	40954	0,0969	3277,71	0,03375 ●	60,24 *	
	5	28250	0,0668	33462	0,0792	811,81	0,02142	29,69 *	
	6	23780	0,0563	28292	0,0669	719,57	0,01074	27,77 *	
	7	21800	0,0516	24508	0,0580	299,22	0,00434	17,82 *	
	8	20214	0,0475	21617	0,0512	91,06	0,00072	10,68 *	
	9	19035	0,0450	19337	0,0458	4,72	0,00000	2,23 *	
TOTAL		422603	1,0000	422603	1,0000	6038,63 *	-	-	
2021	1	133952	0,2818	143099	0,3010	584,68	0,01924 ●	28,92 *	0,01027
	2	86349	0,1816	83708	0,1761	83,32	0,01369	10,06 *	Aceitável
	3	63439	0,1335	59392	0,1249	275,76	0,00517	17,75 *	
	4	52894	0,1113	46068	0,0969	1011,42	0,00919	33,47 *	
	5	39373	0,0828	37640	0,0792	79,79	0,01283	9,31 *	
	6	25422	0,0535	31824	0,0669	1287,88	0,00064	37,15 *	
	7	34299	0,0722	27567	0,0580	1643,99	0,01353	41,77 *	
	8	21402	0,0450	24316	0,0512	349,21	0,00740	19,19 *	
	9	18236	0,0384	21752	0,0458	568,33	0,00000	24,40 *	
TOTAL		475366	1,0000	475366	1,0000	5884,39 *	-	-	
2022	1	194541	0,2962	197721	0,3010	51,14	0,00484	8,55 *	0,01316
	2	105220	0,1602	115660	0,1761	942,36	0,02074 ●	33,82 *	Marginal
	3	92925	0,1415	82062	0,1249	1438,00	0,00420	40,54 *	
	4	55799	0,0850	63652	0,0969	968,86	0,01615	32,75 *	
	5	62964	0,0959	52008	0,0792	2307,99	0,00053	50,07 *	
	6	34445	0,0524	43972	0,0669	2064,13	0,01398	47,03 *	
	7	51845	0,0789	38090	0,0580	4967,18	0,00697	72,62 *	
	8	25696	0,0391	33598	0,0512	1858,49	0,00506	44,26 *	
	9	33381	0,0508	30053	0,0458	368,54	0,00000	19,64 *	
TOTAL		656816	1,0000	656816	1,0000	14966,68 *	-	-	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Valores críticos ao nível de 5% de probabilidade:

Teste K-S: ● supremo > 0,00176 (2019), 0,00209 (2020), 0,00197 (2021), 0,00168 (2022);

Teste χ^2 : [gl = 8] 15,51;

Teste Z: 1,96;

ns: não significativo;

* significativo.

Tabela 6: Frequência observada [absoluta (**PO**) e relativa (**po**)]; Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford [absoluta (**PE**) e relativa (**pe**)]; Valores obtidos para o Teste Qui-quadrado (χ^2), Teste Kolmogorov-Smirnoff (**K-S**), Teste-Z e Desvio Médio Absoluto (**DMA**), para os algarismos de “0 a 9”, do segundo dígito, dos valores das despesas do governo estadual paranaense, no período de 2019 a 2022

SEGUNDO DÍGITO									
<i>Ano</i>	<i>Algarismo</i>	<i>PO</i>	<i>po</i>	<i>PE</i>	<i>pe</i>	<i>Teste χ^2</i>	<i>Teste K-S</i>	<i>Teste Z</i>	<i>DMA</i>
2019	0	108.080	0,1805	71.644	0,1197	18530,26	0,06087 ●	145,09 *	0,0129
	1	57.461	0,0960	68.178	0,1139	1684,62	0,04296	43,60 *	Não conforme
	2	58.295	0,0974	65.144	0,1088	720,08	0,03152	28,42 *	
	3	54.089	0,0904	62.455	0,1043	1120,65	0,01755	35,37 *	
	4	61.842	0,1033	60.047	0,1003	53,66	0,02055	7,72 *	
	5	58.252	0,0973	57.874	0,0967	2,47	0,02118	1,65 ns	
	6	51.118	0,0854	55.897	0,0934	408,59	0,01319	21,23 *	
	7	47.129	0,0787	54.087	0,0904	895,11	0,00157	31,37 *	
	8	51.894	0,0867	52.422	0,0876	5,32	0,00069	2,41 *	
	9	50.470	0,0843	50.882	0,0850	3,34	0,00000	1,91 ns	
TOTAL		598.630	1,0000	598.630	1,0000	23424,09 *	-	-	
2020	0	87681	0,2075	50578	0,1197	27218,01	0,08780 ●	175,84 *	0,0197
	1	37945	0,0898	48130	0,1139	2155,29	0,06370	49,32 *	Não conforme
	2	40474	0,0958	45988	0,1088	661,13	0,05065	27,24 *	
	3	35308	0,0835	44090	0,1043	1749,23	0,02987	44,19 *	
	4	38292	0,0906	42391	0,1003	396,35	0,02017	20,99 *	
	5	43225	0,1023	40856	0,0967	137,36	0,02578	12,33 *	
	6	33421	0,0791	39460	0,0934	924,21	0,01148	31,93 *	
	7	31627	0,0748	38183	0,0904	1125,66	0,00403	35,18 *	
	8	39192	0,0927	37007	0,0876	129,01	0,00114	11,89 *	
	9	35438	0,0839	35920	0,0850	6,47	0,00000	2,66 *	
TOTAL		422603	1,0000	422603	1,0000	34502,74 *	-	-	
2021	0	85921	0,1807	56892	0,1197	14811,97	0,06107 ●	129,72 *	0,0169
	1	40433	0,0851	54139	0,1139	3469,85	0,03223	62,58 *	Não conforme
	2	54907	0,1155	51730	0,1088	195,12	0,03892	14,80 *	
	3	37540	0,0790	49595	0,1043	2930,20	0,01356	57,20 *	
	4	50593	0,1064	47683	0,1003	177,59	0,01968	14,05 *	
	5	43740	0,0920	45957	0,0967	106,95	0,01502	10,88 *	
	6	44085	0,0927	44387	0,0934	2,05	0,01438	1,51 ns	
	7	31171	0,0656	42950	0,0904	3230,38	0,01040	59,59 *	
	8	44652	0,0939	41628	0,0876	219,67	0,00404	15,52 *	
	9	42324	0,0890	40405	0,0850	91,14	0,00000	9,98 *	
TOTAL		475366	1,0000	475366	1,0000	25234,93 *	-	-	
2022	0	115037	0,1751	78607	0,1197	16883,29	0,05546 ●	138,49 *	0,0203
	1	52322	0,0797	74805	0,1139	6757,37	0,02123	87,33 *	Não conforme
	2	79583	0,1212	71476	0,1088	919,52	0,03358	32,12 *	
	3	49240	0,0750	68525	0,1043	5427,38	0,00422	77,84 *	
	4	79372	0,1208	65884	0,1003	2761,31	0,02475	55,40 *	
	5	61035	0,0929	63499	0,0967	95,61	0,02100	10,29 *	
	6	67822	0,1033	61330	0,0934	687,20	0,03088	27,53 *	
	7	39875	0,0607	59345	0,0904	6387,75	0,00124	83,80 *	
	8	59516	0,0906	57517	0,0876	69,48	0,00428	8,72 *	
	9	53014	0,0807	55828	0,0850	141,84	0,00000	12,45 *	
TOTAL		656816	1,0000	656816	1,0000	40130,75 *	-	-	

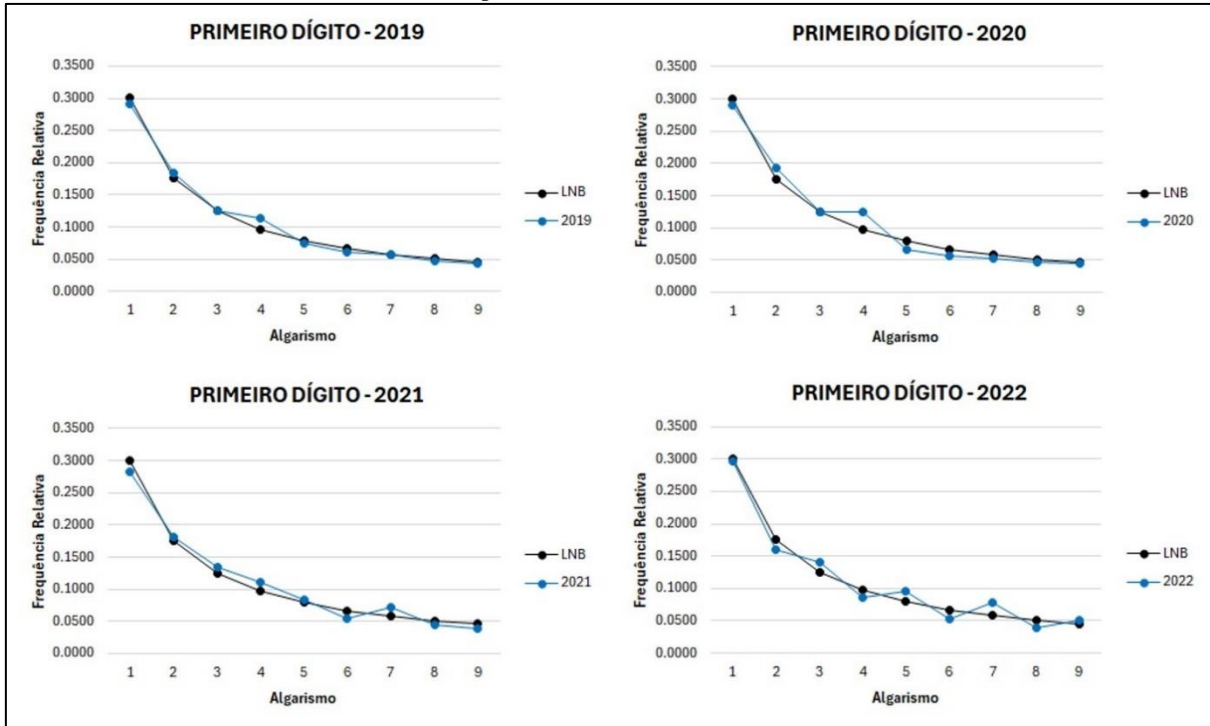
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Valores críticos ao nível de 5% de probabilidade:

Teste K-S: ● supremo > 0,00176 (2019), 0,00209 (2020), 0,00197 (2021), 0,00168 (2022);

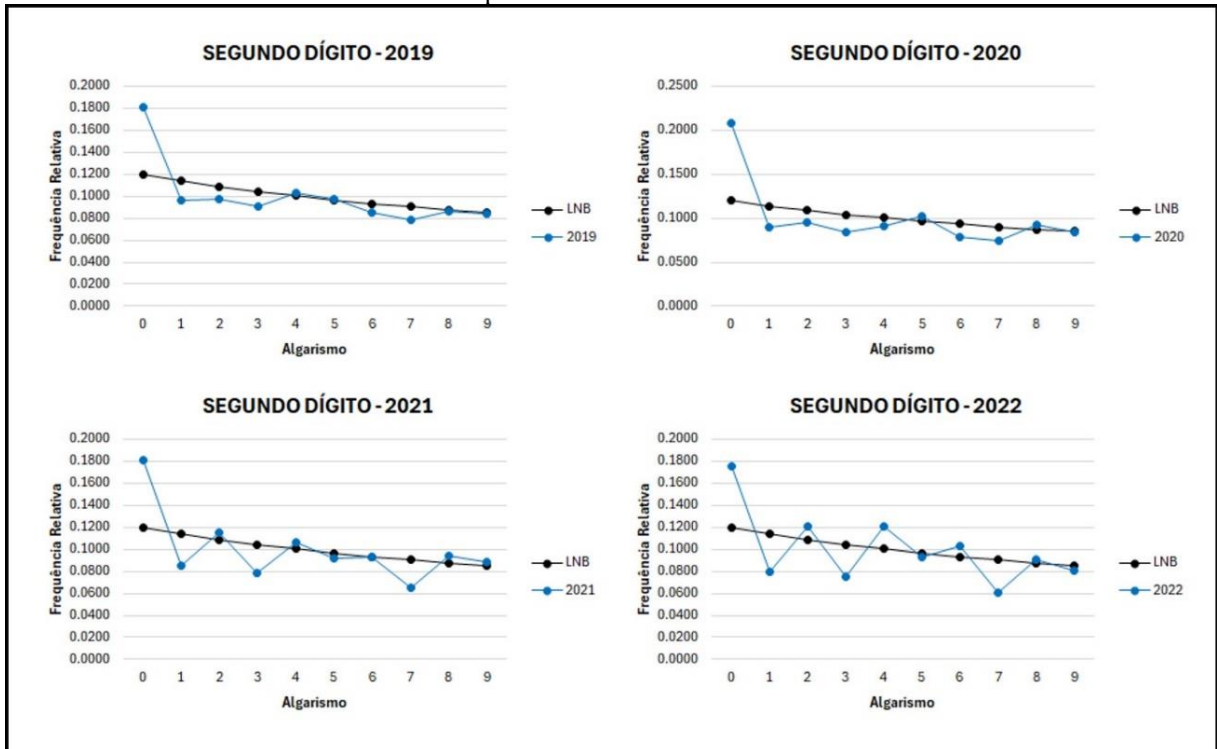
Teste χ^2 : [gl = 9] 16,92; Teste Z: 1,96; ns: não significativo; * significativo

Figura 2: Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford (LNB) e frequência relativa observada para os algarismos de “1 a 9”, do primeiro dígito, dos valores das despesas anuais do governo estadual paranaense, no período de 2019 a 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 3: Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford (LNB) e frequência relativa observada para os algarismos de “0 a 9”, do segundo dígito, dos valores das despesas anuais do governo estadual paranaense, no período de 2019 a 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

3.3 Dois Primeiros Dígitos (DPD)

Em 2019, os DPD com as cinco maiores frequências foram 10, 40, 20, 12 e 11; e, com as menores, 86, 92, 97, 93 e 98. No confronto pontual, os desvios estão entre 0,01% (27) e 2,3% (40) do valor esperado pela LNB. Pelos testes estatísticos, com exceção dos DPD 23, 27, 35 e 36, os demais estão em desconformidade a LNB, ao nível de 5% de significância. No entanto, a conformidade apontada pelo DMA (0,0017) foi aceitável. O Teste de Soma apontou como críticos os DPD 10, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 25, 30 e 31 (Tabela 7; Figura 4).

Já em 2020, os DPD 10, 20, 40, 12 e 15 apresentaram as maiores frequências, enquanto 83, 82, 86, 92 e 91, as menores. Os dados observados estão entre 0,001% (35) e 3,06% (40) do valor esperado pela LNB. Ao nível de 5% de significância, a análise estatística apontou desconformidade a LNB, com exceção dos DPD 12, 31, 35, 54, 59, 65, 70, 95 e 99. A não conformidade foi demonstrada, também, pelo DMA (0,0024). Os DPD críticos, pelo Teste da Soma, foram 10, 11, 12, 16, 18, 20, 23, 25, 27 e 33 (Tabela 8; Figura 4).

Os DPD com as cinco maiores e menores frequências, em 2021, foram 10, 20, 40, 18 e 12; 98, 83; 87, 92 e 91, respectivamente. Considerando as frequências esperadas pela LNB, os dados observados apresentaram-se com desvios entre 0,011% (79) e 2,5% (40). Os testes estatísticos, com exceção dos DPD 21, 24, e 79, mostraram desconformidade com a LNB, ao nível de 5% de significância, corroborada, também, pelo valor do DMA encontrado (0,003). No Teste de Soma, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 28 e 32 foram referidos com DPD críticos (Tabela 9; Figura 4).

Enfim, em 2022, os DPD com as cinco maiores frequências foram 14, 72, 36, 10 e 18 e, com as menores, 92, 87, 96, 94 e 91. Na comparação direta, os dados observados estão entre 0,001% (75) e 3,3% (72) do valor esperado pela LNB. Pelos testes estatísticos, com exceção dos DPD 19, 35, 49, 75 e 79, todo o restante está em desconformidade a LNB, ao nível de 5% de significância. A não conformidade foi mostrada, também, pelo DMA (0,0039). O Teste de Soma apontou como críticos os DPD 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 23 e 32 (Tabela 10; Figura 4).

Tabela 7: Frequência observada [absoluta (**PO**) e relativa (**po**)]; Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford [absoluta (**PE**) e relativa (**pe**)]; Valores obtidos para o Teste Qui-quadrado (χ^2), Teste Kolmogorov-Smirnoff (**K-S**), Teste-Z, Desvio Médio Absoluto (**DMA**) e Teste da **Soma**, para os dois primeiros dígitos (**DPD**), dos valores das despesas do governo estadual paranaense no ano de 2019

DOIS PRIMEIROS DÍGITOS (2019)												
DPD	PO	po	PE	pe	χ^2	K-S	Z	DMA	TESTE DA SOMA			
									Soma (R\$)	Prop. Soma	Prop. LNB	Diferença
10	26.603	0,0444	24.779	0,0414	134,28	0,00305	11,84 *	0,0017	3.097.214.675,30	0,060	0,011	0,049 ♦
11	18.750	0,0313	22.621	0,0378	662,54	0,00342	26,24 *	Aceitável	2.302.717.617,38	0,045	0,011	0,034 ♦
12	18.941	0,0316	20.810	0,0348	167,80	0,00654	13,18 *		1.401.865.315,51	0,027	0,011	0,016 ♦
13	17.331	0,0290	19.267	0,0322	194,48	0,00978	14,18 *		1.128.276.197,13	0,022	0,011	0,011
14	16.334	0,0273	17.937	0,0300	143,24	0,01245	12,15 *		1.104.689.219,42	0,021	0,011	0,010
15	17.481	0,0292	16.779	0,0280	29,38	0,01128	5,50 *		1.263.571.461,12	0,025	0,011	0,013 ♦
16	15.294	0,0255	15.761	0,0263	13,85	0,01206	3,77 *		1.166.300.609,37	0,023	0,011	0,012 ♦
17	13.511	0,0226	14.860	0,0248	122,49	0,01431	11,21 *		990.491.952,37	0,019	0,011	0,008
18	16.123	0,0269	14.056	0,0235	303,81	0,01086	17,64 *		717.945.361,65	0,014	0,011	0,003
19	14.057	0,0235	13.335	0,0223	39,06	0,00966	6,32 *		1.038.008.516,68	0,020	0,011	0,009
20	19.250	0,0322	12.685	0,0212	3.398,24	0,00131	58,92 *		1.186.706.901,99	0,023	0,011	0,012 ♦
21	10.894	0,0182	12.094	0,0202	119,13	0,00069	11,03 *		1.947.708.063,22	0,038	0,011	0,027 ♦
22	10.478	0,0175	11.557	0,0193	100,68	0,00250	10,13 *		2.162.050.640,97	0,042	0,011	0,031 ♦
23	11.231	0,0188	11.065	0,0185	2,50	0,00222	1,60 <i>ns</i>		1.285.424.867,82	0,025	0,011	0,014 ♦
24	11.658	0,0195	10.613	0,0177	102,90	0,00047	10,24 *		969.459.063,90	0,019	0,011	0,008
25	10.488	0,0175	10.197	0,0170	8,32	0,00001	2,91 *		1.406.705.759,05	0,027	0,011	0,016 ♦
26	8.674	0,0145	9.812	0,0164	131,94	0,00189	11,58 *		750.870.547,53	0,015	0,011	0,003
27	9.507	0,0159	9.455	0,0158	0,29	0,00180	0,54 <i>ns</i>		709.742.027,76	0,014	0,011	0,003
28	8.521	0,0142	9.123	0,0152	39,74	0,00281	6,35 *		890.088.705,95	0,017	0,011	0,006
29	10.058	0,0168	8.814	0,0147	175,64	0,00073	13,35 *		849.466.143,67	0,016	0,011	0,005
30	14.413	0,0241	8.525	0,0142	4.067,15	0,00911	64,23 *		1.422.608.375,86	0,028	0,011	0,016 ♦
31	7.200	0,0120	8.254	0,0138	134,61	0,00735	11,68 *		1.171.407.852,86	0,023	0,011	0,012 ♦
32	7.802	0,0130	8.000	0,0134	4,90	0,00702	2,23 *		813.338.632,83	0,016	0,011	0,005
33	6.794	0,0113	7.761	0,0130	120,54	0,00540	11,05 *		875.565.170,03	0,017	0,011	0,006
34	6.629	0,0111	7.536	0,0126	109,21	0,00389	10,52 *		570.051.928,26	0,011	0,011	-0,0001
35	7.227	0,0121	7.324	0,0122	1,28	0,00372	1,14 <i>ns</i>		786.146.957,31	0,015	0,011	0,004
36	7.260	0,0121	7.123	0,0119	2,63	0,00395	1,63 <i>ns</i>		518.920.504,41	0,010	0,011	-0,001
37	6.022	0,0101	6.933	0,0116	119,77	0,00243	11,01 *		346.115.894,91	0,007	0,011	-0,004
38	5.603	0,0094	6.753	0,0113	195,89	0,00051	14,08 *		535.027.034,53	0,010	0,011	-0,001
39	6.252	0,0104	6.582	0,0110	16,56	0,00004	4,09 *		454.305.786,22	0,009	0,011	-0,002

40	20.059	0,0335	6.420	0,0107	28.978,70	0,02274 ●	171,15 *	603.664.076,61	0.012	0.011	0.001
41	5.654	0,0094	6.265	0,0105	59,57	0,02172	7,76 *	717.653.008,98	0.014	0.011	0.003
42	5.395	0,0090	6.117	0,0102	85,33	0,02051	9,28 *	404.157.888,41	0.008	0.011	-0.003
43	4.550	0,0076	5.977	0,0100	340,63	0,01813	18,55 *	289.411.099,30	0.006	0.011	-0.005
44	5.628	0,0094	5.843	0,0098	7,88	0,01777	2,82 *	280.060.538,96	0.005	0.011	-0.006
45	5.105	0,0085	5.714	0,0095	64,93	0,01676	8,10 *	217.638.227,53	0.004	0.011	-0.007
46	5.213	0,0087	5.591	0,0093	25,58	0,01612	5,08 *	268.530.798,68	0.005	0.011	-0.006
47	4.334	0,0072	5.474	0,0091	237,23	0,01422	15,47 *	225.255.946,04	0.004	0.011	-0.007
48	7.743	0,0129	5.361	0,0090	1.058,76	0,01820	32,69 *	207.036.318,05	0.004	0.011	-0.007
49	4.831	0,0081	5.252	0,0088	33,80	0,01750	5,84 *	265.041.884,50	0.005	0.011	-0.006
50	6.572	0,0110	5.148	0,0086	393,69	0,01987	19,93 *	283.377.456,66	0.005	0.011	-0.006
51	4.060	0,0068	5.048	0,0084	193,50	0,01822	13,97 *	284.114.434,29	0.006	0.011	-0.006
52	4.591	0,0077	4.952	0,0083	26,34	0,01762	5,15 *	308.914.496,37	0.006	0.011	-0.005
53	3.659	0,0061	4.860	0,0081	296,62	0,01561	17,29 *	263.530.188,24	0.005	0.011	-0.006
54	5.916	0,0099	4.770	0,0080	275,09	0,01753	16,65 *	388.077.913,10	0.008	0.011	-0.004
55	4.338	0,0072	4.684	0,0078	25,63	0,01695	5,08 *	274.824.477,73	0.005	0.011	-0.006
56	3.846	0,0064	4.602	0,0077	124,06	0,01569	11,18 *	251.366.409,15	0.005	0.011	-0.006
57	3.619	0,0060	4.522	0,0076	180,15	0,01418	13,47 *	237.284.263,53	0.005	0.011	-0.007
58	3.523	0,0059	4.444	0,0074	190,96	0,01264	13,87 *	268.431.004,12	0.005	0.011	-0.006
59	4.164	0,0070	4.370	0,0073	9,67	0,01230	3,12 *	219.485.117,93	0.004	0.011	-0.007
60	6.832	0,0114	4.297	0,0072	1.495,03	0,01653	38,81 *	237.515.837,63	0.005	0.011	-0.007
61	3.395	0,0057	4.227	0,0071	163,92	0,01514	12,85 *	172.183.413,24	0.003	0.011	-0.008
62	3.306	0,0055	4.160	0,0069	175,24	0,01371	13,28 *	188.504.819,83	0.004	0.011	-0.007
63	3.475	0,0058	4.094	0,0068	93,67	0,01268	9,71 *	281.083.421,31	0.005	0.011	-0.006
64	3.226	0,0054	4.031	0,0067	160,69	0,01134	12,72 *	417.815.373,18	0.008	0.011	-0.003
65	3.736	0,0062	3.969	0,0066	13,71	0,01095	3,71 *	398.677.574,87	0.008	0.011	-0.003
66	2.973	0,0050	3.910	0,0065	224,36	0,00938	15,03 *	461.406.309,09	0.009	0.011	-0.002
67	2.996	0,0050	3.852	0,0064	190,08	0,00795	13,83 *	711.235.120,73	0.014	0.011	0.003
68	2.810	0,0047	3.795	0,0063	255,85	0,00631	16,05 *	665.949.772,00	0.013	0.011	0.002
69	3.488	0,0058	3.741	0,0062	17,09	0,00588	4,15 *	275.260.869,04	0.005	0.011	-0.006
70	3.923	0,0066	3.688	0,0062	15,01	0,00628	3,89 *	216.147.280,07	0.004	0.011	-0.007
71	2.504	0,0042	3.636	0,0061	352,51	0,00439	18,83 *	183.950.061,44	0.004	0.011	-0.008
72	3.274	0,0055	3.586	0,0060	27,15	0,00386	5,23 *	164.547.631,31	0.003	0.011	-0.008
73	2.606	0,0044	3.537	0,0059	245,16	0,00231	15,70 *	170.118.351,33	0.003	0.011	-0.008
74	7.256	0,0121	3.490	0,0058	4.064,69	0,00860	63,94 *	233.580.619,42	0.005	0.011	-0.007
75	3.854	0,0064	3.444	0,0058	48,93	0,00929	7,02 *	243.405.771,62	0.005	0.011	-0.006
76	3.088	0,0052	3.399	0,0057	28,37	0,00877	5,34 *	343.373.896,54	0.007	0.011	-0.004
77	2.699	0,0045	3.355	0,0056	128,14	0,00767	11,35 *	194.555.120,76	0.004	0.011	-0.007
78	2.654	0,0044	3.312	0,0055	130,69	0,00657	11,46 *	320.410.564,73	0.006	0.011	-0.005

Aplicação da lei de Newcomb-Benford na análise das despesas públicas do Paraná

79	2.812	0,0047	3.270	0,0055	64,21	0,00581	8,04 *	214.054.651,75	0.004	0.011	-0.007
80	5.108	0,0085	3.230	0,0054	1.092,47	0,00894	33,14 *	212.669.378,75	0.004	0.011	-0.007
81	2.637	0,0044	3.190	0,0053	95,86	0,00802	9,82 *	255.120.318,64	0.005	0.011	-0.006
82	2.319	0,0039	3.151	0,0053	219,84	0,00663	14,87 *	311.452.517,99	0.006	0.011	-0.005
83	2.275	0,0038	3.114	0,0052	225,86	0,00523	15,07 *	251.405.464,79	0.005	0.011	-0.006
84	2.659	0,0044	3.077	0,0051	56,72	0,00453	7,55 *	489.190.574,78	0.009	0.011	-0.002
85	3.523	0,0059	3.041	0,0051	76,48	0,00534	8,77 *	450.733.961,79	0.009	0.011	-0.002
86	2.219	0,0037	3.006	0,0050	205,86	0,00402	14,38 *	303.713.214,82	0.006	0.011	-0.005
87	2.252	0,0038	2.971	0,0050	174,11	0,00282	13,23 *	263.807.708,64	0.005	0.011	-0.006
88	2.810	0,0047	2.938	0,0049	5,55	0,00261	2,36 *	125.090.412,82	0.002	0.011	-0.009
89	2.350	0,0039	2.905	0,0049	105,98	0,00168	10,32 *	131.739.218,29	0.003	0.011	-0.009
90	5.320	0,0089	2.873	0,0048	2.084,76	0,00577	45,77 *	148.853.511,85	0.003	0.011	-0.008
91	2.367	0,0040	2.841	0,0047	79,19	0,00498	8,92 *	203.768.341,56	0.004	0.011	-0.007
92	2.189	0,0037	2.811	0,0047	137,49	0,00394	11,75 *	117.148.484,79	0.002	0.011	-0.009
93	2.168	0,0036	2.781	0,0046	134,96	0,00292	11,64 *	135.641.981,71	0.003	0.011	-0.008
94	2.536	0,0042	2.751	0,0046	16,83	0,00256	4,11 *	350.047.088,95	0.007	0.011	-0.004
95	2.500	0,0042	2.722	0,0045	18,16	0,00218	4,27 *	406.863.257,16	0.008	0.011	-0.003
96	2.551	0,0043	2.694	0,0045	7,60	0,00195	2,76 *	261.871.339,28	0.005	0.011	-0.006
97	2.189	0,0037	2.667	0,0045	85,51	0,00115	9,27 *	259.043.951,63	0.005	0.011	-0.006
98	2.107	0,0035	2.639	0,0044	107,40	0,00026	10,39 *	196.103.791,82	0.004	0.011	-0.007
99	2.458	0,0041	2.613	0,0044	9,18	0,00000	3,04 *	451.651.870,77	0.009	0.011	-0.002
TOTAL	598.630	1,0000	598.630	1,0000	56.105,32 *	-	-	51.540.340.183,91	1.000	1.000	0.000

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Prop. Soma: Proporção da soma;

Prop. LNB: proporção esperada pela LNB

Valores críticos ao nível de 5% de probabilidade

Teste χ^2 : [gl = 89] 112,022;

Teste K-S: • supremo > 0,00176;

Teste Z: 1,96;

Teste da Soma: ♦ valor encontrado > 0,0111

ns: não significativo;

* significativo

Tabela 8: Frequência observada [absoluta (**PO**) e relativa (**po**)]; Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford [absoluta (**PE**) e relativa (**pe**)]; Valores obtidos para o Teste Qui-quadrado (χ^2), Teste Kolmogorov-Smirnoff (**K-S**), Teste-Z, Desvio Médio Absoluto (**DMA**) e Teste da **Soma**, para os dois primeiros dígitos (**DPD**), dos valores das despesas do governo estadual paranaense no ano de 2020

DOIS PRIMEIROS DÍGITOS (2020)												
DPD	PO	po	PE	pe	χ^2	K-S	Z	DMA	TESTE DA SOMA			
									Soma (R\$)	Prop. Soma	Prop. LNB	Diferença
10	19.503	0,0461	17.493	0,0414	231,03	0,0048	15,52 *	0,0024	2.792.416.954,09	0,0579	0,0111	0,0468 ♦
11	12.375	0,0293	15.970	0,0378	809,09	0,0037	29,00 *	Não conforme	1.805.879.951,25	0,0374	0,0111	0,0263 ♦
12	14.734	0,0349	14.691	0,0348	0,13	0,0036	0,36 ns		1.116.621.777,25	0,0231	0,0111	0,0120 ♦
13	11.312	0,0268	13.601	0,0322	385,34	0,0091	19,95 *		903.921.224,13	0,0187	0,0111	0,0076
14	9.904	0,0234	12.663	0,0300	600,95	0,0156	24,89 *		1.068.274.507,67	0,0221	0,0111	0,0110
15	13.377	0,0317	11.845	0,0280	198,14	0,0120	14,28 *		854.785.426,24	0,0177	0,0111	0,0066
16	10.234	0,0242	11.127	0,0263	71,62	0,0141	8,58 *		1.316.493.793,75	0,0273	0,0111	0,0162 ♦
17	9.235	0,0219	10.491	0,0248	150,26	0,0170	12,41 *		1.002.118.921,94	0,0208	0,0111	0,0097
18	12.078	0,0286	9.923	0,0235	467,92	0,0120	21,89 *		1.908.562.205,52	0,0396	0,0111	0,0284 ♦
19	10.031	0,0237	9.414	0,0223	40,43	0,0105	6,43 *		1.023.687.069,33	0,0212	0,0111	0,0101
20	18.461	0,0437	8.955	0,0212	10092,00	0,0120	101,54 *		1.221.871.288,62	0,0253	0,0111	0,0142 ♦
21	7.232	0,0171	8.538	0,0202	199,77	0,0089	14,28 *		971.081.137,68	0,0201	0,0111	0,0090
22	6.520	0,0154	8.158	0,0193	329,04	0,0050	18,32 *		807.133.567,31	0,0167	0,0111	0,0056
23	6.952	0,0165	7.811	0,0185	94,50	0,0030	9,81 *		1.669.245.324,76	0,0346	0,0111	0,0235 ♦
24	8.213	0,0194	7.492	0,0177	69,34	0,0047	8,40 *		1.032.338.943,42	0,0214	0,0111	0,0103
25	9.671	0,0229	7.198	0,0170	849,37	0,0106	29,40 *		1.200.709.893,21	0,0249	0,0111	0,0138 ♦
26	5.556	0,0131	6.927	0,0164	271,22	0,0073	16,61 *		732.968.457,47	0,0152	0,0111	0,0041
27	6.253	0,0148	6.675	0,0158	26,64	0,0063	5,20 *		1.418.759.846,21	0,0294	0,0111	0,0183 ♦
28	5.944	0,0141	6.440	0,0152	38,27	0,0051	6,23 *		1.048.330.864,34	0,0217	0,0111	0,0106
29	6.727	0,0159	6.222	0,0147	40,97	0,0063	6,45 *		921.754.079,59	0,0191	0,0111	0,0080
30	10.135	0,0240	6.018	0,0142	2816,40	0,0161	53,45 *		972.619.623,11	0,0202	0,0111	0,0090
31	5.736	0,0136	5.827	0,0138	1,42	0,0159	1,20 ns		1.015.733.646,59	0,0211	0,0111	0,0099
32	5.479	0,0130	5.648	0,0134	5,04	0,0155	2,26 *		790.933.122,77	0,0164	0,0111	0,0053
33	5.201	0,0123	5.479	0,0130	14,11	0,0148	3,78 *		1.208.249.713,11	0,0250	0,0111	0,0139 ♦
34	4.352	0,0103	5.320	0,0126	176,20	0,0125	13,36 *		735.635.013,20	0,0152	0,0111	0,0041
35	5.167	0,0122	5.170	0,0122	0,00	0,0125	0,05 ns		534.524.225,03	0,0111	0,0111	0,00003
36	4.512	0,0107	5.029	0,0119	53,08	0,0113	7,33 *		467.015.419,79	0,0097	0,0111	-0,0014
37	4.240	0,0100	4.895	0,0116	87,53	0,0097	9,41 *		245.615.045,32	0,0051	0,0111	-0,0060
38	3.385	0,0080	4.767	0,0113	400,85	0,0065	20,14 *		390.733.045,35	0,0081	0,0111	-0,0030
39	4.465	0,0106	4.647	0,0110	7,10	0,0060	2,68 *		436.215.307,02	0,0090	0,0111	-0,0021
40	17.457	0,0413	4.532	0,0107	36862,21	0,0366 ●	193,03 *		378.241.926,73	0,0078	0,0111	-0,0033
41	3.720	0,0088	4.423	0,0105	111,66	0,0350	10,62 *		479.936.328,86	0,0099	0,0111	-0,0012

Aplicação da lei de Newcomb-Benford na análise das despesas públicas do Paraná

42	3.983	0,0094	4.319	0,0102	26,09	0,0342	5,13 *	301.784.840,10	0,0063	0,0111	-0,0049
43	3.021	0,0071	4.219	0,0100	340,35	0,0313	18,54 *	375.059.781,43	0,0078	0,0111	-0,0033
44	3.925	0,0093	4.125	0,0098	9,65	0,0309	3,12 *	189.398.410,60	0,0039	0,0111	-0,0072
45	3.179	0,0075	4.034	0,0095	181,17	0,0288	13,52 *	208.685.453,36	0,0043	0,0111	-0,0068
46	3.133	0,0074	3.947	0,0093	167,92	0,0269	13,02 *	260.679.810,93	0,0054	0,0111	-0,0057
47	2.775	0,0066	3.864	0,0091	306,92	0,0243	17,60 *	337.470.514,30	0,0070	0,0111	-0,0041
48	7.976	0,0189	3.784	0,0090	4642,81	0,0342	68,45 *	408.772.027,46	0,0085	0,0111	-0,0026
49	3.371	0,0080	3.708	0,0088	30,61	0,0335	5,56 *	241.445.316,57	0,0050	0,0111	-0,0061
50	4.455	0,0105	3.634	0,0086	185,25	0,0354	13,67 *	212.755.808,30	0,0044	0,0111	-0,0067
51	2.436	0,0058	3.564	0,0084	356,95	0,0327	18,97 *	182.939.285,94	0,0038	0,0111	-0,0073
52	2.907	0,0069	3.496	0,0083	99,23	0,0313	10,00 *	228.323.859,59	0,0047	0,0111	-0,0064
53	2.293	0,0054	3.431	0,0081	377,26	0,0286	19,50 *	231.888.760,22	0,0048	0,0111	-0,0063
54	3.272	0,0077	3.368	0,0080	2,72	0,0284	1,66 <i>ns</i>	137.426.522,10	0,0028	0,0111	-0,0083
55	2.584	0,0061	3.307	0,0078	158,07	0,0267	12,62 *	128.625.246,09	0,0027	0,0111	-0,0084
56	2.417	0,0057	3.248	0,0077	212,82	0,0247	14,64 *	157.075.815,01	0,0033	0,0111	-0,0079
57	2.288	0,0054	3.192	0,0076	256,01	0,0226	16,06 *	151.457.772,02	0,0031	0,0111	-0,0080
58	2.576	0,0061	3.137	0,0074	100,46	0,0213	10,06 *	432.036.595,30	0,0090	0,0111	-0,0022
59	3.022	0,0072	3.085	0,0073	1,27	0,0211	1,13 <i>ns</i>	232.903.484,13	0,0048	0,0111	-0,0063
60	4.966	0,0118	3.034	0,0072	1230,78	0,0257	35,21 *	387.381.736,35	0,0080	0,0111	-0,0031
61	2.150	0,0051	2.984	0,0071	233,27	0,0237	15,33 *	299.930.567,94	0,0062	0,0111	-0,0049
62	2.165	0,0051	2.937	0,0069	202,74	0,0219	14,29 *	424.415.478,17	0,0088	0,0111	-0,0023
63	2.069	0,0049	2.890	0,0068	233,41	0,0199	15,33 *	486.829.946,11	0,0101	0,0111	-0,0010
64	2.195	0,0052	2.846	0,0067	148,73	0,0184	12,24 *	250.791.311,28	0,0052	0,0111	-0,0059
65	2.732	0,0065	2.802	0,0066	1,75	0,0182	1,33 <i>ns</i>	174.324.275,42	0,0036	0,0111	-0,0075
66	1.853	0,0044	2.760	0,0065	298,04	0,0161	17,32 *	133.471.016,45	0,0028	0,0111	-0,0083
67	1.817	0,0043	2.719	0,0064	299,27	0,0140	17,36 *	290.333.448,43	0,0060	0,0111	-0,0051
68	1.650	0,0039	2.679	0,0063	395,47	0,0115	19,95 *	294.259.017,88	0,0061	0,0111	-0,0050
69	2.183	0,0052	2.641	0,0062	79,37	0,0104	8,94 *	724.219.368,47	0,0150	0,0111	0,0039
70	2.641	0,0062	2.603	0,0062	0,54	0,0105	0,74 <i>ns</i>	322.378.434,66	0,0067	0,0111	-0,0044
71	1.563	0,0037	2.567	0,0061	392,65	0,0082	19,88 *	259.707.121,55	0,0054	0,0111	-0,0057
72	1.942	0,0046	2.532	0,0060	137,29	0,0068	11,75 *	181.597.655,93	0,0038	0,0111	-0,0073
73	1.491	0,0035	2.497	0,0059	405,37	0,0044	20,19 *	188.042.583,20	0,0039	0,0111	-0,0072
74	3.232	0,0076	2.464	0,0058	239,68	0,0062	15,53 *	143.694.129,28	0,0030	0,0111	-0,0081
75	2.733	0,0065	2.431	0,0058	37,53	0,0069	6,14 *	252.843.764,13	0,0052	0,0111	-0,0059
76	2.592	0,0061	2.399	0,0057	15,50	0,0074	3,95 *	335.538.375,84	0,0070	0,0111	-0,0042
77	1.946	0,0046	2.368	0,0056	75,27	0,0064	8,70 *	269.637.967,09	0,0056	0,0111	-0,0055
78	1.566	0,0037	2.338	0,0055	254,94	0,0045	16,01 *	135.834.623,40	0,0028	0,0111	-0,0083
79	2.094	0,0050	2.309	0,0055	19,95	0,0040	4,48 *	179.195.990,56	0,0037	0,0111	-0,0074
80	5.455	0,0129	2.280	0,0054	4421,53	0,0115	66,67 *	200.353.565,59	0,0042	0,0111	-0,0070

81	1.622	0,0038	2.252	0,0053	176,23	0,0101	13,31 *	226.882.279,36	0,0047	0,0111	-0,0064
82	1.393	0,0033	2.225	0,0053	310,92	0,0081	17,68 *	211.852.233,69	0,0044	0,0111	-0,0067
83	1.417	0,0034	2.198	0,0052	277,53	0,0062	16,70 *	590.670.297,86	0,0122	0,0111	0,0011
84	1.717	0,0041	2.172	0,0051	95,33	0,0052	9,79 *	458.923.774,78	0,0095	0,0111	-0,0016
85	1.869	0,0044	2.147	0,0051	35,90	0,0045	6,01 *	308.199.237,47	0,0064	0,0111	-0,0047
86	1.371	0,0032	2.122	0,0050	265,67	0,0027	16,34 *	187.010.630,93	0,0039	0,0111	-0,0072
87	1.466	0,0035	2.098	0,0050	190,16	0,0012	13,82 *	73.035.944,46	0,0015	0,0111	-0,0096
88	2.286	0,0054	2.074	0,0049	21,70	0,0017	4,67 *	376.324.696,77	0,0078	0,0111	-0,0033
89	1.618	0,0038	2.051	0,0049	91,29	0,0007	9,58 *	406.765.080,89	0,0084	0,0111	-0,0027
90	4.608	0,0109	2.028	0,0048	3282,16	0,0068	57,43 *	374.202.486,59	0,0078	0,0111	-0,0034
91	1.111	0,0026	2.006	0,0047	399,22	0,0047	20,03 *	478.903.378,97	0,0099	0,0111	-0,0012
92	1.351	0,0032	1.984	0,0047	202,05	0,0032	14,25 *	203.663.176,34	0,0042	0,0111	-0,0069
93	1.552	0,0037	1.963	0,0046	86,03	0,0022	9,30 *	152.122.573,26	0,0032	0,0111	-0,0080
94	1.482	0,0035	1.942	0,0046	109,03	0,0011	10,47 *	157.302.788,12	0,0033	0,0111	-0,0079
95	1.913	0,0045	1.922	0,0045	0,04	0,0011	0,20 <i>ns</i>	196.879.470,08	0,0041	0,0111	-0,0070
96	1.753	0,0041	1.902	0,0045	11,66	0,0008	3,42 *	160.650.340,10	0,0033	0,0111	-0,0078
97	1.607	0,0038	1.882	0,0045	40,30	0,0001	6,36 *	238.455.781,94	0,0049	0,0111	-0,0062
98	1.731	0,0041	1.863	0,0044	9,39	0,0002	3,07 *	295.447.523,15	0,0061	0,0111	-0,0050
99	1.927	0,0046	1.845	0,0044	3,68	0,0000	1,92 <i>ns</i>	325.780.711,05	0,0068	0,0111	-0,0044
TOTAL	422.603	1,0000	422.603	1,0000	77.688,61 *	-	-	4.8248.989.737,65	1,0000	1,0000	0,0000

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Prop. Soma: Proporção da soma;**Prop. LNB:** proporção esperada pela LNBValores críticos ao nível de 5% de probabilidade**Teste χ^2 :** [gl = 89] 112,022;**Teste K-S:** • supremo > 0,00209;**Teste Z:** 1,96;**Teste da Soma:** ♦ valor encontrado > 0,0111**ns:** não significativo;

* significativo

Tabela 9: Frequência observada [absoluta (**PO**) e relativa (**po**)]; Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford [absoluta (**PE**) e relativa (**pe**)]; Valores obtidos para o Teste Qui-quadrado (χ^2), Teste Kolmogorov-Smirnoff (**K-S**), Teste-Z, Desvio Médio Absoluto (**DMA**) e Teste da **Soma**, para os dois primeiros dígitos (**DPD**), dos valores das despesas do governo estadual paranaense no ano de 2021

DOIS PRIMEIROS DÍGITOS (2021)												
DPD	PO	po	PE	pe	χ^2	K-S	Z	DMA	TESTE DA SOMA			
									Soma (R\$)	Prop. Soma	Prop. LNB	Diferença
10	19.379	0,0408	19.677	0,0414	4,50	0,0006	2,17 *	0,0032	2.387.698.954,69	0,0530	0,0111	0.0419 ♦
11	12.820	0,0270	17.963	0,0378	1.472,69	0,0114	39,12 *	Não conforme	1.121.920.406,20	0,0249	0,0111	0.0138 ♦
12	14.738	0,0310	16.525	0,0348	193,19	0,0152	14,15 *		669.619.903,10	0,0149	0,0111	0.0037
13	11.866	0,0250	15.300	0,0322	770,54	0,0224	28,22 *		857.709.611,82	0,0190	0,0111	0.0079
14	11.382	0,0239	14.243	0,0300	574,87	0,0284	24,34 *		2.330.413.712,89	0,0517	0,0111	0.0406 ♦
15	11.867	0,0250	13.324	0,0280	159,30	0,0315	12,80 *		1.114.769.264,25	0,0247	0,0111	0.0136 ♦
16	11.993	0,0252	12.516	0,0263	21,84	0,0326	4,74 *		741.135.372,86	0,0164	0,0111	0.0053
17	9.124	0,0192	11.800	0,0248	606,98	0,0382 ●	24,95 *		845.379.481,31	0,0188	0,0111	0.0076
18	16.754	0,0352	11.162	0,0235	2.801,37	0,0265	53,56 *		1.598.257.925,37	0,0355	0,0111	0.0244 ♦
19	14.029	0,0295	10.589	0,0223	1117,20	0,0192	33,80 *		1.880.344.119,33	0,0417	0,0111	0.0306 ♦
20	17.750	0,0373	10.073	0,0212	5.851,61	0,0031	77,32 *		1.153.371.796,21	0,0256	0,0111	0.0145 ♦
21	9.536	0,0201	9.604	0,0202	0,48	0,0032	0,70 <i>ns</i>		1.065.137.337,65	0,0236	0,0111	0.0125 ♦
22	7.830	0,0165	9.177	0,0193	197,72	0,0061	14,20 *		1.214.105.373,32	0,0269	0,0111	0.0158 ♦
23	6.880	0,0145	8.786	0,0185	413,63	0,0101	20,53 *		997.548.814,84	0,0221	0,0111	0.01103
24	8.602	0,0181	8.428	0,0177	3,61	0,0097	1,92 <i>ns</i>		509.013.781,97	0,0113	0,0111	0.0002
25	10.648	0,0224	8.097	0,0170	803,65	0,0043	28,59 *		1.249.986.397,91	0,0277	0,0111	0.0166 ♦
26	6.184	0,0130	7.791	0,0164	331,63	0,0077	18,36 *		857.592.651,68	0,0190	0,0111	0.0079
27	6.112	0,0129	7.508	0,0158	259,58	0,0107	16,24 *		1.172.025.850,39	0,0260	0,0111	0.0149 ♦
28	6.080	0,0128	7.245	0,0152	187,20	0,0131	13,79 *		1.164.502.964,13	0,0258	0,0111	0.0147 ♦
29	6.727	0,0142	6.999	0,0147	10,57	0,0137	3,27 *		498.813.557,48	0,0111	0,0111	-0.00004
30	8.222	0,0173	6.769	0,0142	311,69	0,0106	17,78 *		533.095.268,08	0,0118	0,0111	0.0007
31	5.157	0,0108	6.554	0,0138	297,96	0,0136	17,38 *		538.802.799,96	0,0120	0,0111	0.0008
32	7.321	0,0154	6.353	0,0134	147,57	0,0115	12,23 *		1.110.157.994,92	0,0246	0,0111	0.0135 ♦
33	6.712	0,0141	6.163	0,0130	48,88	0,0104	7,04 *		444.264.713,71	0,0099	0,0111	-0.0013
34	5.241	0,0110	5.984	0,0126	92,36	0,0119	9,67 *		997.462.233,76	0,0221	0,0111	0.01102
35	5.377	0,0113	5.816	0,0122	33,11	0,0129	5,79 *		393.547.492,22	0,0087	0,0111	-0.0024
36	12.623	0,0266	5.656	0,0119	8.579,94	0,0018	93,18 *		451.124.949,39	0,0100	0,0111	-0.0011
37	4.141	0,0087	5.506	0,0116	338,24	0,0011	18,50 *		695.024.678,17	0,0154	0,0111	0.0043
38	3.728	0,0078	5.363	0,0113	498,25	0,0045	22,45 *		786.533.573,32	0,0175	0,0111	0.0063
39	4.917	0,0103	5.227	0,0110	18,37	0,0052	4,31 *		716.687.209,86	0,0159	0,0111	0.0048
40	16.961	0,0357	5.098	0,0107	27.607,50	0,0198	167,05 *		420.868.932,93	0,0093	0,0111	-0.0018
41	3.973	0,0084	4.975	0,0105	201,78	0,0177	14,28 *		392.328.367,01	0,0087	0,0111	-0.0024

42	3.968	0,0083	4.858	0,0102	163,00	0,0158	12,83 *	382.075.708,28	0,0085	0,0111	-0.0026
43	3.286	0,0069	4.746	0,0100	449,22	0,0127	21,30 *	205.949.468,78	0,0046	0,0111	-0.0065
44	3.615	0,0076	4.639	0,0098	226,23	0,0106	15,11 *	254.337.700,17	0,0056	0,0111	-0.0055
45	3.607	0,0076	4.538	0,0095	190,82	0,0086	13,88 *	304.858.537,83	0,0068	0,0111	-0.0043
46	3.064	0,0064	4.440	0,0093	426,40	0,0057	20,75 *	221.544.921,96	0,0049	0,0111	-0.0062
47	2.500	0,0053	4.346	0,0091	784,41	0,0018	28,14 *	260.137.912,64	0,0058	0,0111	-0.0053
48	8.159	0,0172	4.257	0,0090	3.577,06	0,0100	60,08 *	263.027.500,31	0,0058	0,0111	-0.0053
49	3.761	0,0079	4.171	0,0088	40,27	0,0092	6,37 *	207.197.213,96	0,0046	0,0111	-0.0065
50	5.340	0,0112	4.088	0,0086	383,28	0,0118	19,66 *	207.319.225,41	0,0046	0,0111	-0.0065
51	2.463	0,0052	4.009	0,0084	596,09	0,0086	24,52 *	356.663.016,45	0,0079	0,0111	-0.0032
52	2.823	0,0059	3.932	0,0083	313,02	0,0062	17,77 *	291.749.511,99	0,0065	0,0111	-0.0046
53	2.399	0,0050	3.859	0,0081	552,35	0,0032	23,60 *	195.097.320,59	0,0043	0,0111	-0.0068
54	12.798	0,0269	3.788	0,0080	21.429,21	0,0221	146,97 *	293.932.817,98	0,0065	0,0111	-0.0046
55	2.970	0,0062	3.720	0,0078	151,17	0,0205	12,34 *	412.029.490,49	0,0091	0,0111	-0.0020
56	2.390	0,0050	3.654	0,0077	437,28	0,0179	20,99 *	222.536.030,44	0,0049	0,0111	-0.0062
57	2.326	0,0049	3.591	0,0076	445,33	0,0152	21,18 *	200.935.173,06	0,0045	0,0111	-0.0067
58	2.225	0,0047	3.529	0,0074	481,92	0,0125	22,03 *	174.634.847,21	0,0039	0,0111	-0.0072
59	3.639	0,0077	3.470	0,0073	8,25	0,0128	2,88 *	257.823.634,15	0,0057	0,0111	-0.0054
60	5.283	0,0111	3.412	0,0072	1.025,34	0,0168	32,14 *	177.033.057,20	0,0039	0,0111	-0.0072
61	2.147	0,0045	3.357	0,0071	436,11	0,0142	20,96 *	288.445.894,23	0,0064	0,0111	-0.0047
62	2.184	0,0046	3.303	0,0069	379,24	0,0119	19,54 *	264.917.860,58	0,0059	0,0111	-0.0052
63	2.042	0,0043	3.251	0,0068	449,75	0,0093	21,28 *	160.958.987,06	0,0036	0,0111	-0.0075
64	2.367	0,0050	3.201	0,0067	217,21	0,0076	14,79 *	248.352.162,00	0,0055	0,0111	-0.0056
65	2.966	0,0062	3.152	0,0066	10,97	0,0072	3,32 *	478.561.728,48	0,0106	0,0111	-0.0005
66	2.169	0,0046	3.105	0,0065	281,93	0,0052	16,85 *	291.552.496,42	0,0065	0,0111	-0.0046
67	1.994	0,0042	3.059	0,0064	370,53	0,0030	19,31 *	227.174.489,11	0,0050	0,0111	-0.0061
68	1.872	0,0039	3.014	0,0063	432,64	0,0006	20,87 *	212.891.943,00	0,0047	0,0111	-0.0064
69	2.398	0,0050	2.971	0,0062	110,35	0,0006	10,54 *	189.091.243,83	0,0042	0,0111	-0.0069
70	2.691	0,0057	2.928	0,0062	19,25	0,0011	4,40 *	224.228.303,14	0,0050	0,0111	-0.0061
71	1.634	0,0034	2.887	0,0061	544,12	0,0038	23,40 *	148.038.368,75	0,0033	0,0111	-0.0078
72	13.272	0,0279	2.848	0,0060	38.160,98	0,0182	195,94 *	166.031.214,79	0,0037	0,0111	-0.0074
73	1.591	0,0033	2.809	0,0059	528,04	0,0156	23,05 *	169.519.755,17	0,0038	0,0111	-0.0073
74	3.331	0,0070	2.771	0,0058	113,10	0,0168	10,67 *	168.705.333,26	0,0037	0,0111	-0.0074
75	2.906	0,0061	2.734	0,0058	10,76	0,0171	3,29 *	169.512.414,62	0,0038	0,0111	-0.0073
76	2.566	0,0054	2.699	0,0057	6,53	0,0169	2,56 *	290.694.943,85	0,0065	0,0111	-0.0047
77	2.009	0,0042	2.664	0,0056	161,00	0,0155	12,72 *	178.412.807,86	0,0040	0,0111	-0.0072
78	1.650	0,0035	2.630	0,0055	365,15	0,0134	19,16 *	192.785.697,63	0,0043	0,0111	-0.0068
79	2.649	0,0056	2.597	0,0055	1,05	0,0135	1,03 <i>ns</i>	147.455.074,74	0,0033	0,0111	-0.0078
80	5.656	0,0119	2.565	0,0054	3.726,35	0,0200	61,21 *	173.134.379,80	0,0038	0,0111	-0.0073

Aplicação da lei de Newcomb-Benford na análise das despesas públicas do Paraná

81	1.590	0,0033	2.533	0,0053	351,15	0,0180	18,79 *	206.116.676,05	0,0046	0,0111	-0.0065
82	1.554	0,0033	2.502	0,0053	359,46	0,0160	19,01 *	440.284.888,29	0,0098	0,0111	-0.0013
83	1.371	0,0029	2.472	0,0052	490,70	0,0137	22,21 *	493.505.471,23	0,0110	0,0111	-0.0002
84	1.804	0,0038	2.443	0,0051	167,23	0,0124	12,97 *	799.087.503,24	0,0177	0,0111	0.0066
85	1.778	0,0037	2.415	0,0051	167,85	0,0110	12,99 *	281.025.378,14	0,0062	0,0111	-0.0049
86	1.570	0,0033	2.387	0,0050	279,48	0,0093	16,76 *	295.607.893,38	0,0066	0,0111	-0.0046
87	1.321	0,0028	2.359	0,0050	457,04	0,0071	21,43 *	208.994.510,74	0,0046	0,0111	-0.0065
88	2.802	0,0059	2.333	0,0049	94,38	0,0081	9,74 *	173.037.583,78	0,0038	0,0111	-0.0073
89	1.956	0,0041	2.307	0,0049	53,32	0,0074	7,32 *	276.354.393,14	0,0061	0,0111	-0.0050
90	4.639	0,0098	2.281	0,0048	2.436,89	0,0124	49,48 *	307.006.614,53	0,0068	0,0111	-0.0043
91	1.113	0,0023	2.256	0,0047	579,32	0,0100	24,13 *	141.377.554,50	0,0031	0,0111	-0.0080
92	1.217	0,0026	2.232	0,0047	461,50	0,0078	21,53 *	175.393.123,43	0,0039	0,0111	-0.0072
93	1.393	0,0029	2.208	0,0046	300,84	0,0061	17,39 *	137.766.939,31	0,0031	0,0111	-0.0081
94	1.453	0,0031	2.185	0,0046	245,04	0,0046	15,69 *	126.189.849,91	0,0028	0,0111	-0.0083
95	1.621	0,0034	2.162	0,0045	135,28	0,0034	11,66 *	195.728.857,62	0,0043	0,0111	-0.0068
96	1.526	0,0032	2.139	0,0045	175,86	0,0021	13,29 *	214.602.378,07	0,0048	0,0111	-0.0063
97	1.644	0,0035	2.117	0,0045	105,86	0,0011	10,31 *	190.561.149,16	0,0042	0,0111	-0.0069
98	1.382	0,0029	2.096	0,0044	243,19	0,0004	15,63 *	85.338.999,34	0,0019	0,0111	-0.0092
99	2.248	0,0047	2.075	0,0044	14,44	0,0000	3,81 *	124.864.118,58	0,0028	0,0111	-0.0083
TOTAL	475.366	1,0000	475.366	1,0000	139.082,41 *	-	-	45061437560,39	1,0000	1,0000	0.0000

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Prop. Soma: Proporção da soma;

Prop. LNB: proporção esperada pela LNB

Valores críticos ao nível de 5% de probabilidade

Teste χ^2 : [gl = 89] 112,022;

Teste K-S: • supremo > 0,00197;

Teste Z: 1,96;

Teste da Soma: ♦ valor encontrado > 0,0111

ns: não significativo;

* significativo

Tabela 10: Frequência observada, absoluta (**PO**) e relativa (**po**); Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford, absoluta (**PE**) e relativa (**pe**); Valores obtidos para o Teste Qui-quadrado (χ^2), Teste Kolmogorov-Smirnoff (**K-S**), Teste-**Z**, Desvio Médio Absoluto (**DMA**) e Teste da Soma, para os dois primeiros dígitos (**DPD**), de “10 a 99”, dos valores das despesas do governo estadual paranaense, no ano de 2022

DOIS PRIMEIROS DÍGITOS (2022)												
DPD	PO	po	PE	pe	χ^2	K-S	Z	DMA	TESTE DA SOMA			
									Soma (R\$)	Prop. Soma	Prop. LNB	Diferença
10	30.305	0,0461	27.187	0,0414	357,50	0,0047	19,31 *	0,0039	3.417.405.914,29	0,0612	0,0111	0,0501 ♦
11	16.558	0,0252	24.820	0,0378	2.750,30	0,0078	53,46 *	<i>Não conforme</i>	1.824.609.384,73	0,0327	0,0111	0,0216 ♦
12	20.273	0,0309	22.832	0,0348	286,88	0,0117	17,24 *		1.098.784.703,04	0,0197	0,0111	0,0086
13	13.746	0,0209	21.139	0,0322	2.585,81	0,0230	51,69 *		999.459.726,52	0,0179	0,0111	0,0068
14	23.329	0,0355	19.680	0,0300	676,45	0,0174	26,41 *		1.262.854.221,33	0,0226	0,0111	0,0115 ♦
15	15.451	0,0235	18.410	0,0280	475,51	0,0219	22,12 *		1.246.963.075,38	0,0223	0,0111	0,0112 ♦
16	16.340	0,0249	17.293	0,0263	52,55	0,0234	7,35 *		1.301.926.397,21	0,0233	0,0111	0,0122 ♦
17	12.368	0,0188	16.305	0,0248	950,43	0,0294	31,22 *		1.412.771.368,96	0,0253	0,0111	0,0142 ♦
18	31.716	0,0483	15.423	0,0235	17.212,85	0,0046	132,77 *		910.985.091,05	0,0163	0,0111	0,0052
19	14.455	0,0220	14.631	0,0223	2,13	0,0048	1,48 <i>ns</i>		1.035.241.382,56	0,0186	0,0111	0,0074
20	15.908	0,0242	13.917	0,0212	284,69	0,0018	17,05 *		1.994.194.187,06	0,0357	0,0111	0,0246 ♦
21	12.378	0,0188	13.270	0,0202	59,95	0,0032	7,82 *		2.269.167.207,98	0,0407	0,0111	0,0296 ♦
22	11.634	0,0177	12.680	0,0193	86,28	0,0048	9,38 *		1.088.140.646,48	0,0195	0,0111	0,0084
23	8.999	0,0137	12.140	0,0185	812,76	0,0095	28,78 *		1.329.167.319,43	0,0238	0,0111	0,0127 ♦
24	11.237	0,0171	11.645	0,0177	14,26	0,0102	3,81 *		837.414.584,36	0,0150	0,0111	0,0039
25	16.114	0,0245	11.188	0,0170	2.169,13	0,0027	46,98 *		1.030.291.581,69	0,0185	0,0111	0,0074
26	6.679	0,0102	10.765	0,0164	1.551,20	0,0089	39,71 *		958.470.481,98	0,0172	0,0111	0,0061
27	7.782	0,0118	10.374	0,0158	647,59	0,0128	25,65 *		870.383.376,04	0,0156	0,0111	0,0045
28	6.672	0,0102	10.010	0,0152	1.113,03	0,0179	33,62 *		817.615.663,07	0,0147	0,0111	0,0035
29	7.817	0,0119	9.670	0,0147	355,24	0,0207	18,99 *		639.099.141,64	0,0115	0,0111	0,0003
30	10.857	0,0165	9.353	0,0142	241,73	0,0184	15,66 *		925.970.057,51	0,0166	0,0111	0,0055
31	6.761	0,0103	9.056	0,0138	581,77	0,0219	24,29 *		996.695.875,43	0,0179	0,0111	0,0068
32	6.859	0,0104	8.778	0,0134	419,39	0,0249	20,62 *		1.325.123.661,28	0,0237	0,0111	0,0126 ♦
33	6.743	0,0103	8.516	0,0130	368,98	0,0276	19,33 *		1.092.814.040,19	0,0196	0,0111	0,0085
34	6.919	0,0105	8.269	0,0126	220,32	0,0296	14,94 *		994.738.019,62	0,0178	0,0111	0,0067
35	7.942	0,0121	8.036	0,0122	1,09	0,0298 ●	1,05 <i>ns</i>		709.231.449,91	0,0127	0,0111	0,0016
36	29.143	0,0444	7.816	0,0119	58.198,73	0,0027	242,69 *		816.521.923,33	0,0146	0,0111	0,0035
37	5.076	0,0077	7.607	0,0116	842,20	0,0011	29,19 *		739.046.963,95	0,0132	0,0111	0,0021
38	4.655	0,0071	7.410	0,0113	1.024,02	0,0053	32,18 *		599.078.150,02	0,0107	0,0111	-0,0004
39	7.970	0,0121	7.222	0,0110	77,48	0,0042	8,85 *		709.009.151,83	0,0127	0,0111	0,0016
40	13.014	0,0198	7.044	0,0107	5.060,70	0,0049	71,52 *		476.198.973,22	0,0085	0,0111	-0,0026
41	5.349	0,0081	6.874	0,0105	338,27	0,0026	18,49 *		462.136.750,50	0,0083	0,0111	-0,0028

Aplicação da lei de Newcomb-Benford na análise das despesas públicas do Paraná

42	5.145	0,0078	6.712	0,0102	365,88	0,0002	19,23 *	998.102.024,52	0,0179	0,0111	0,0068
43	5.674	0,0086	6.558	0,0100	119,11	0,0012	10,97 *	557.640.239,91	0,0100	0,0111	-0,0011
44	5.254	0,0080	6.410	0,0098	208,61	0,0029	14,51 *	587.390.935,82	0,0105	0,0111	-0,0006
45	4.273	0,0065	6.270	0,0095	635,79	0,0060	25,34 *	516.963.481,40	0,0093	0,0111	-0,0018
46	3.796	0,0058	6.135	0,0093	891,56	0,0095	30,00 *	415.572.816,96	0,0074	0,0111	-0,0037
47	3.627	0,0055	6.006	0,0091	942,02	0,0131	30,83 *	382.898.934,40	0,0069	0,0111	-0,0042
48	3.778	0,0058	5.882	0,0090	752,42	0,0163	27,55 *	561.834.084,70	0,0101	0,0111	-0,0010
49	5.889	0,0090	5.763	0,0088	2,76	0,0162	1,67 <i>ns</i>	366.018.405,26	0,0066	0,0111	-0,0046
50	14.953	0,0228	5.649	0,0086	15.325,47	0,0020	124,33 *	603.334.170,39	0,0108	0,0111	-0,0003
51	3.202	0,0049	5.539	0,0084	986,05	0,0055	31,53 *	550.616.504,29	0,0099	0,0111	-0,0012
52	3.346	0,0051	5.434	0,0083	802,02	0,0087	28,44 *	273.301.758,14	0,0049	0,0111	-0,0062
53	2.915	0,0044	5.332	0,0081	1.095,60	0,0124	33,24 *	297.872.322,80	0,0053	0,0111	-0,0058
54	22.231	0,0338	5.234	0,0080	55.194,36	0,0135	235,88 *	186.488.372,53	0,0033	0,0111	-0,0078
55	3.427	0,0052	5.140	0,0078	570,78	0,0109	23,99 *	439.232.020,47	0,0079	0,0111	-0,0032
56	2.573	0,0039	5.049	0,0077	1.214,09	0,0071	34,98 *	386.983.264,51	0,0069	0,0111	-0,0042
57	2.908	0,0044	4.961	0,0076	849,60	0,0040	29,26 *	364.079.180,12	0,0065	0,0111	-0,0046
58	2.825	0,0043	4.876	0,0074	862,86	0,0008	29,48 *	319.096.539,04	0,0057	0,0111	-0,0054
59	4.584	0,0070	4.794	0,0073	9,22	0,0005	3,05 *	241.387.601,07	0,0043	0,0111	-0,0068
60	8.660	0,0132	4.715	0,0072	3.300,73	0,0065	57,66 *	246.090.737,27	0,0044	0,0111	-0,0067
61	2.587	0,0039	4.638	0,0071	907,22	0,0034	30,23 *	297.368.089,62	0,0053	0,0111	-0,0058
62	2.955	0,0045	4.564	0,0069	567,31	0,0010	23,90 *	326.730.378,14	0,0059	0,0111	-0,0053
63	2.623	0,0040	4.492	0,0068	777,80	0,0019	27,98 *	300.952.050,73	0,0054	0,0111	-0,0057
64	3.074	0,0047	4.423	0,0067	411,23	0,0039	20,35 *	281.063.185,52	0,0050	0,0111	-0,0061
65	4.010	0,0061	4.355	0,0066	27,34	0,0045	5,25 *	322.786.942,68	0,0058	0,0111	-0,0053
66	2.702	0,0041	4.290	0,0065	587,56	0,0069	24,32 *	360.453.295,56	0,0065	0,0111	-0,0047
67	2.236	0,0034	4.226	0,0064	937,10	0,0099	30,71 *	261.702.013,38	0,0047	0,0111	-0,0064
68	2.402	0,0037	4.164	0,0063	745,81	0,0126	27,40 *	431.148.870,59	0,0077	0,0111	-0,0034
69	3.196	0,0049	4.104	0,0062	201,05	0,0140	14,22 *	409.013.561,17	0,0073	0,0111	-0,0038
70	3.295	0,0050	4.046	0,0062	139,46	0,0151	11,85 *	276.859.508,22	0,0050	0,0111	-0,0061
71	1.894	0,0029	3.990	0,0061	1.100,74	0,0183	33,28 *	317.449.176,82	0,0057	0,0111	-0,0054
72	25.803	0,0393	3.935	0,0060	121.545,37	0,0150	349,68 *	246.050.098,20	0,0044	0,0111	-0,0067
73	2.014	0,0031	3.881	0,0059	898,17	0,0121	30,06 *	431.444.014,30	0,0077	0,0111	-0,0034
74	3.301	0,0050	3.829	0,0058	72,79	0,0113	8,56 *	606.150.114,09	0,0109	0,0111	-0,0002
75	3.782	0,0058	3.778	0,0058	0,00	0,0113	0,06 <i>ns</i>	374.292.102,26	0,0067	0,0111	-0,0044
76	2.945	0,0045	3.729	0,0057	164,77	0,0102	12,87 *	298.393.542,13	0,0053	0,0111	-0,0058
77	2.338	0,0036	3.681	0,0056	489,82	0,0081	22,19 *	201.670.732,25	0,0036	0,0111	-0,0075
78	2.796	0,0043	3.634	0,0055	193,17	0,0068	13,94 *	443.096.844,05	0,0079	0,0111	-0,0032
79	3.677	0,0056	3.588	0,0055	2,20	0,0070	1,49 <i>ns</i>	412.621.154,53	0,0074	0,0111	-0,0037
80	4.560	0,0069	3.544	0,0054	291,57	0,0085	17,12 *	148.586.662,54	0,0027	0,0111	-0,0084

81	2.048	0,0031	3.500	0,0053	602,41	0,0063	24,61 *	199.019.559,51	0,0036	0,0111	-0,0075
82	1.879	0,0029	3.458	0,0053	720,75	0,0039	26,92 *	141.146.740,01	0,0025	0,0111	-0,0086
83	1.942	0,0030	3.416	0,0052	636,18	0,0017	25,29 *	98.070.861,46	0,0018	0,0111	-0,0094
84	2.440	0,0037	3.376	0,0051	259,41	0,0002	16,15 *	149.175.174,01	0,0027	0,0111	-0,0084
85	3.861	0,0059	3.336	0,0051	82,51	0,0010	9,11 *	168.101.425,16	0,0030	0,0111	-0,0081
86	2.024	0,0031	3.298	0,0050	491,98	0,0009	22,24 *	130.522.838,11	0,0023	0,0111	-0,0088
87	1.671	0,0025	3.260	0,0050	774,55	0,0033	27,90 *	93.999.682,56	0,0017	0,0111	-0,0094
88	2.859	0,0044	3.223	0,0049	41,16	0,0039	6,43 *	119.359.298,09	0,0021	0,0111	-0,0090
89	2.412	0,0037	3.187	0,0049	188,55	0,0051	13,76 *	175.785.103,86	0,0032	0,0111	-0,0080
90	13.485	0,0205	3.152	0,0048	33.874,31	0,0107	184,49 *	400.394.576,76	0,0072	0,0111	-0,0039
91	1.545	0,0024	3.118	0,0047	793,21	0,0083	28,23 *	215.495.598,51	0,0039	0,0111	-0,0072
92	1.689	0,0026	3.084	0,0047	630,89	0,0061	25,18 *	464.023.590,65	0,0083	0,0111	-0,0028
93	4.584	0,0070	3.051	0,0046	770,46	0,0085	27,82 *	497.598.051,90	0,0089	0,0111	-0,0022
94	1.587	0,0024	3.019	0,0046	678,92	0,0063	26,12 *	494.022.958,12	0,0089	0,0111	-0,0023
95	2.175	0,0033	2.987	0,0045	220,72	0,0051	14,89 *	272.796.947,77	0,0049	0,0111	-0,0062
96	1.620	0,0025	2.956	0,0045	603,82	0,0030	24,63 *	158.066.035,26	0,0028	0,0111	-0,0083
97	1.869	0,0028	2.926	0,0045	381,65	0,0014	19,58 *	340.488.219,86	0,0061	0,0111	-0,0050
98	1.813	0,0028	2.896	0,0044	404,99	0,0002	20,17 *	234.726.007,69	0,0042	0,0111	-0,0069
99	3.014	0,0046	2.867	0,0044	7,55	0,0000	2,75 *	211.628.009,66	0,0038	0,0111	-0,0073
TOTAL	656.816	1,0000	656.816	1,0000	356.172,69 *	-	-	55798666880,92	1,0000	1,0000	0,0000

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Prop. Soma: Proporção da soma;

Prop. LNB: proporção esperada pela LNB

Valores críticos ao nível de 5% de probabilidade

Teste χ^2 : [gl = 89] 112,022;

Teste K-S: • supremo > 0,00168;

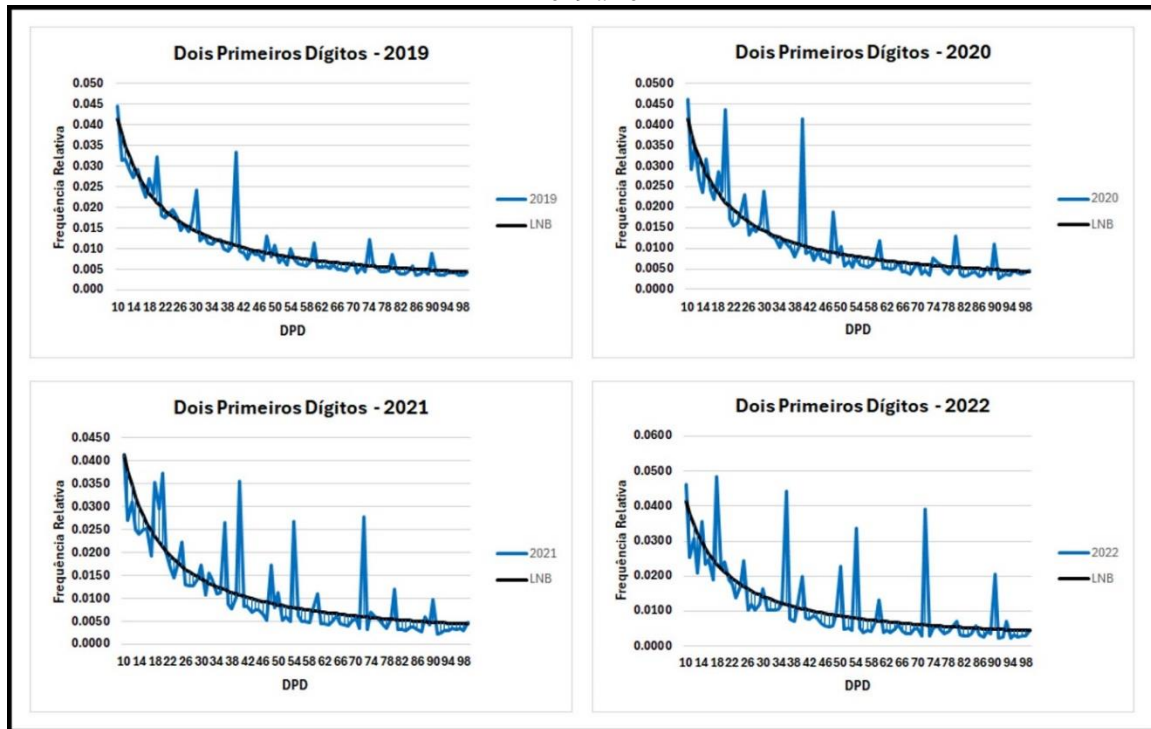
Teste Z: 1,96;

Teste da Soma: ♦ valor encontrado > 0,0111

ns: não significativo;

* significativo

Figura 4: Frequência esperada pela Lei de Newcomb-Benford (LNB) e frequência relativa observada para os Dois Primeiros Dígitos (DPD) de “10 a 99”, das despesas anuais do governo estadual paranaense, no período de 2019 a 2022



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Este artigo analisou, frente à literatura revisada, a conformidade dos valores das despesas do governo paranaense, de 2019 a 2022, com a LNB. Segundo Silva (2009), é sempre recomendável verificar se as observações coletadas apresentam a distribuição de Benford, para que não sejam sugeridas irregularidades inexistentes, enquanto Nigrini (2012) ressalta a importância de se realizar o exame do perfil dos dados. Assim, entre as características a serem consideradas para validação de um conjunto de dados, apontadas por Durtschi, Hillison e Pacini (2004), esse estudo apresenta a de possuir um número extenso de observações e a de se referir a dados do nível de transações (pagamentos, vendas e despesas). Além disso, por recomendações de Nigrini (2012) e Cavalcanti (2015), foram considerados somente os registros cujo valor da transação era igual ou maior a R\$ 10,00, devido a presença de um segundo dígito inteiro, viabilizando a análise do segundo e dos DPD sem comprometimento da amostra, dada a baixa materialidade e relevância dos valores eliminados (máximo de 0,7% das observações e $0,3 \times 10^{-4}\%$ do total das despesas em cada ano).

Quanto ao perfil, todos os valores possuem no mínimo dois dígitos significantes, conferindo cobertura aos testes de Benford. Não há valores negativos ou iguais a zero e os valores menores que mil reais correspondem, no máximo, a 41,2% das observações e 0,22% do montante das despesas.

De acordo com Nigrini (2012); Cunha (2013) e Bugarin e Cunha (2015; 2017), os Testes do Primeiro e Segundo Dígitos são considerados testes primários de visão “macro”, pois dividem o conjunto de dados em nove e dez classes, respectivamente, podendo cada um desses grupos apresentar-se muito grande, dependendo do volume de observações. Dessa forma, mostram somente uma visão geral de eventuais anomalias no banco de dados, com seus resultados limitados para amostras volumosas, com a identificação de vieses e redundâncias pelo segundo teste, mas sem a capacidade de indicarem claramente onde se encontram as maiores não conformidades (Café; Bugarin; Portugal, 2021). Já o Teste dos DPD é considerado, por Nigrini (2012) e Cavalcanti (2015), o melhor dos testes primários, por oferecer um polimento dos dados, permitindo a identificação de alterações e manipulações nos números (como aproximações, reduções e arredondamentos) com maior confiança estatística e, por conseguinte, a redução da amostra para averiguações mais detalhadas.

Silva (2009), relata que o uso de testes estatísticos é a forma mais exigente de se verificar a conformidade dos dados coletados, pois, ainda que sempre haja desvios em relação à distribuição predita, o foco da questão é saber em qual magnitude deve-se desconfiar deles e se aconteceram por manipulação ou por variação aleatória. Enquanto o Teste Qui-quadrado verifica se a distribuição dos dígitos, conjuntamente, se ajusta à LNB, o Teste-Z realiza a análise dos dígitos individualmente. Contudo, como são bem sensíveis para amostras volumosas, aplica-se, também, o DMA, que não é afetado pela quantidade de dados analisados (Nigrini, 2012; Bugarin; Cunha, 2015; 2017). O Teste K-S, da mesma forma, abrange todo o conjunto de dados, baseando-se na função densidade acumulada e não tolera discrepâncias para grandes bancos de dados, pois, à medida que o número de observações cresce, o valor crítico diminui (Cavalcanti, 2015).

Para os Testes do Primeiro e Segundo Dígitos, nossos resultados mostraram que os Algarismos com maiores frequências foram o “1” e “0” e os desvios máximos foram de 2,7% e 8,8%. Pela análise estatística, tivemos não conformidade com a LNB no Testes Qui-quadrado; 77,8% e 70% dos Algarismos sem conformidade no Testes-Z e supremos significativos no Testes K-S. Para o Teste dos DPD, “10” apresentaram a maior frequência, com exceção de 2022, e o maior desvio foi identificado para “40”, variando entre 2,3% e 3,3%. Já os testes estatísticos mostraram não conformidade ao Teste Qui-quadrado, o mínimo de 90% dos grupos apresentando não conformidade pelo Teste-Z, e supremos, também, significativos pelo Testes K-S. Na aplicação do DMA, os valores encontrados no Teste do Primeiro Dígito mostraram conformidade aceitável, não corroborando os resultados estatístico; e, para os Testes do

Segundo Dígito e dos DPD, os valores foram todos de não conformidade, como as respectivas estatísticas observadas.

Cavalcanti (2015), também relatou desvios estatisticamente significativos em relação à LNB, com conformidade marginal para o Teste do Primeiro Dígito, e não conformidade para o Teste do Segundo Dígito e Teste dos DPD; na análise dos gastos com cartões corporativos do governo federal, no ano de 2013. Igualmente, Rodrigues *et al.* (2022), no estudo das despesas de 399 municípios paranaenses em 2019, verificaram não conformidade, pelos testes estatísticos, Qui-quadrado e Teste-Z, para o primeiro e DPD e, pelo DMA, conformidade para o primeiro dígito, mas não para os DPD.

Desenvolvido por Nigrini (2012), o Teste de Soma é considerado um teste avançado entre os testes da LNB, que examina a importância de cada categoria dos DPD, alertando sobre grupos com valores muito altos, baixos ou com muitas repetições (Cunha, 2013). Em estudos objetivando identificar irregularidades, todas as categorias críticas, apontadas pelo teste, são automaticamente consideradas para investigações mais detalhadas. Já o restante, deve ser cuidadosamente confrontado com as categorias, também críticas, do Teste dos DPD e selecionados, quando relevantes, para novas avaliações. Caso a categoria se mostre crítica para os dois testes, é classificada para o maior nível de criticidade identificável, recebendo prioridade na análise (Cunha; Bugarin; Portugal, 2016).

Nossos resultados apontam que de 10% a 14,4% das categorias dos DPD são críticas pelo Teste de Soma e, com exceção dos grupos “23” (2019), “12” (2020) e “21” (2021), todas as outras categorias críticas pertencem ao nível máximo de criticidade por serem, também, selecionadas pelo Teste dos DPD, com destaque para “10, 11, 20” e “15, 16, 23, 25”, que apareceram, respectivamente, em quatro e em três anos do período avaliado.

4 Considerações finais

Os resultados obtidos nas condições do presente estudo permitiram concluir que as despesas apresentadas pelo governo estadual do Paraná, no período de 2019 a 2022, estão em conformidade aceitável com a “Lei de Newcomb-Benford”, para o primeiro dígito, mas não para o segundo e nem para os DPD. Pelo Teste de Soma, até 14,4% das categorias dos DPD são críticas e, com exceção de três grupos, todas atingiram o nível máximo de criticidade no confronto com o Teste dos DPD.

Com as referências consultadas e a metodologia aplicada, a LNB mostrou-se uma ferramenta matemática importante para identificação de desvios e do nível de sua criticidade.

Embora a distinção dos indícios, entre erros ou manipulações, possa ser de relevância política-econômica-social, esse não era o nosso objetivo, além de demandar *know-how* e análises bem mais detalhadas do que as propostas aqui. Sem contar com o fato, amplamente demonstrado pela literatura, de que a presença de desvios em relação à LNB não são, obrigatoriamente, indicativos de fraudes, ainda que devam levantar algum nível de suspeita; bem como a sua conformidade não impede a ocorrência dessas variabilidades.

Referências

BENFORD, F. The law of anomalous numbers. **Proceedings of the American Philosophical Society**, Ann Arbor, v. 78, n. 4, p. 551-572, 1938. Disponível em: pdfcoffee.com/the-law-of-anomalous-numbers-pdf-free.html. Acesso em: 1 maio 2023.

BUGARIN, M. S.; CUNHA, F. C. R. A didactic note on the use of Benford's Law in public works auditing, with an application to the construction of Brazilian Amazon Arena 2014 World Cup soccer stadium. **Economia**, Yokohama, v. 66, p. 23-55, 2015. Disponível em: <https://ynu.repo.nii.ac.jp/record/7839/files/66-1-2.pdf>. Acesso em: 1 maio 2023

BUGARIN, M. S.; CUNHA, F. C. R. Lei de Benford aplicada à auditoria da reforma do Aeroporto Internacional de Minas Gerais. **Revista do Serviço Público**, [s. l.], v. 68, n. 4, 2017. DOI: 10.21874/rsp.v68i4.1567. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/1567>. Acesso em: 1 maio 2023

CAFÉ, R. M.; BUGARIN, M. S.; PORTUGAL, A. C. Auditoria de obras públicas e Lei de Benford: o caso do Expresso DF Sul no Distrito Federal. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 72, n. 2, p. 360-399, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21874/rsp.v72i2.4570>. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/4570/3315>. Acesso em: 1 maio 2023

CARSLAW, C. Anomalies in income numbers: evidence of goal-oriented behavior. **The Accounting Review**, Gainesville, v. 63, n. 2, p. 321-327, 1988. Disponível em: www.semanticscholar.org/paper/Anomolies-in-Income-Numbers%3A-Evidence-of-Goal-Carslaw/8a0f98e824ec012e77b92eadead82260baf07b7a4. Acesso em: 1 maio 2023

CAVALCANTI, G. H. V. Aplicação da Lei de Newcomb-Benford na identificação de irregularidades: o exemplo dos gastos com cartões de pagamento do governo federal – CPGF. **Revista da Procuradoria-Geral do Banco Central**, v. 1, n. 9, p. 131, 2015. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/handle/1/42560?locale=pt_BR. Acesso em: 1 maio 2023

COSTA, J. I. F. **Desenvolvimento de metodologias contabilométricas aplicadas a auditoria contábil digital**: uma proposta de análise da lei de Newcomb-Benford para os Tribunais de Contas. 2012. 447f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10416. Acesso em: 1 maio 2023

COSTA, J. I. F.; SANTOS, J.; TRAVASSOS, S. K. M. Análise de conformidade nos gastos públicos dos entes federativos: aplicação da lei de Newcomb-Benford para o primeiro e

segundo dígitos dos gastos em dois estados brasileiros. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 23, n. 60, p. 187-198, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-70772012000300004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcf/a/vhDwwBgZSs4wdxSvCShpmKr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 maio 2023

CROCETTI, E.; RANDI, G. Using the Benford's Law as a first step to assess the quality of the cancer registry data. **Frontiers in Public Health**, Londres, v. 4, 2016. DOI: 10.3389/fpubh.2016.00225. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00225>. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpubh.2016.00225/full>. Acesso em: 1 maio 2023

CUNHA, F. C. R. **Aplicações da Lei Newcomb-Benford à auditoria de obras públicas**. 2013. 486f. Dissertação (Mestrado em Regulação e Gestão de Negócios) — UNB, Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/16379?mode=full>. Acesso em: 1 maio 2023

CUNHA, F. C. R.; BUGARIN, M. S. PORTUGAL, A. C. **Seleção de amostras de auditoria de obras públicas pela Lei de Benford – versão estendida**. São Paulo: IBRAOP, 2016. Disponível em: <https://irbcontas.org.br/wp-content/uploads/2020/04/selecao-de-amostra-de-auditoria-obras-publicas.pdf>. Acesso em: 2 maio 2023.

DURTSCHI, C.; HILLISON, W.; PACINI, C. The Effective Use of Benford's Law to Assist in Detecting Fraud in Accounting Data, **Journal of Forensic Accounting**, v. 5, p. 17-34. 2004. Disponível em: digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1040&context=rgp_rsr. Acesso em: 2 maio 2023.

FRANCISCHETTI, C. D. **Aplicação da Lei dos Números Anômalos ou Lei de Newcomb-Benford para o controle das demonstrações financeiras das organizações**. 2007. 104f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) — Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2007. Disponível em: ieapp.unimep.br/biblioteca_digital/visualiza.php?cod=MzY1. Acesso em: 2 maio 2023.

GAMERMANN, D.; ANTUNES, F. L. Statistical analysis of Brazilian electoral campaigns via Benford's law. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 496, p. 171–188, 2018. DOI: 10.1016/j.physa.2017.12.120. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437117313699?via%3Dihub>. Acesso em: 2 maio 2023.

HILL, T. P. A statistical derivation of the significant-digit law. **Statistical Science**, Bethesda, v. 10, n. 4, p. 354-363, 1995a. Disponível em: projecteuclid.org/journals/statistical-science/volume-10/issue-4/A-Statistical-Derivation-of-the-Significant-Digit-Law/10.1214/ss/1177009869.full. Acesso em: 2 maio 2023.

HILL, T. P. Base-invariance implies Benford's law. **Proceedings of the American Mathematical Society**, Boston, v. 123, n. 3, p. 887-895, 1995b. Disponível em: digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1040&context=rgp_rsr. Acesso em: 2 maio 2023.

- KOCH, C.; OKAMURA, K. Benford's Law and Covid-19 reporting. **Economics Letters**, v. 196, p. 109573, 2020. DOI: 10.1016/j.econlet.2020.109573. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165176520303475?via%3Dihub>. Acesso em: 2 maio 2023.
- LEONI, R. C. *et al.* Aplicação da lei de Newcomb-Benford no auxílio à detecção de fraudes. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. 314985276, 2020. DOI:10.33448/rsd-v9i8.5276. Disponível em: rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5276. Acesso em: 2 maio 2023.
- MENDONÇA, A. *et al.* **Lei de Newcomb-Benford** – Métodos Estatísticos em Física Experimental. São Paulo: IF, USP, 2015. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/321501/mod_wiki/attachments/254/CasasBenford.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.
- NEWCOMB, S. Note on the frequency of use of the different digits in natural numbers. **American Journal of Mathematics**, Baltimore, v. 4, n. 1, p. 39-40, 1881. Disponível em: pdodds.w3.uvm.edu/files/papers/others/1881/newcomb1881a.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.
- NIGRINI, M. J. I've got your number. **Journal of Accountancy**, v. 187, n. 5, p. 79-83, 1999. Disponível em: <https://www.journalofaccountancy.com/issues/1999/may/nigrini.html>. Acesso em: 2 maio 2023.
- NIGRINI, M. **Benford's Law: applications for forensic accounting auditing, and fraud detection**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.
- NIGRINI, M. J.; MITTERMAIER, L. J. The use of Benford's law as an aid in analytical procedures. **Auditing**, v. 16, n. 2, p. 52-67, 1997. Disponível em: pdodds.w3.uvm.edu/files/papers/others/1881/newcomb1881a.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.
- OLIVEIRA, J. A. J. *et al.* Uma análise nos gastos da união: aplicabilidade da lei de Newcomb-Benford. **Contabilometria - Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting**, Monte Carmelo, v. 5, n. 2, p. 123-141, 2018. Disponível em: revistas.fucamp.edu.br/index.php/contabilometria/article/view/1112/985. Acesso em: 2 maio 2023.
- PRADO, J. W. *et al.* Em busca de números anômalos: aplicação da lei de Newcomb-Benford em notas de empenho de um Instituto Federal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN ACCOUNTING, 17., USP, São Paulo, 2017. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 2017. Disponível em: congressosp.fipecafi.org/anais/17UspInternational/ArtigosDownload/351.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.
- RABELO, E. S. G. **A Lei de Benford e fraudes eleitorais: o caso das eleições presidenciais brasileiras de 2014**. 2016. 95f. Monografia (Bacharel no Curso de Ciências Econômicas) — FEAC, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/15626/1/2016_EricadaSilvaGomesRabelo_tcc.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.
- RAMOS, P. C. R. **Lei de Benford: uma Integração no Trabalho de Auditoria**. 2021. 89 f., il. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível

em: repositorio.unb.br/bitstream/10482/42313/1/2021_PauloC%C3%A9sarRoxoRamos.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.

ROCHA, T. P. **A Conformidade à Lei De Newcomb-Benford de gradiente triplo em vídeos digitais**. 2013. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29272>. Acesso em: 2 maio 2023.

RODRIGUES, L. M. *et al.* A Lei de Newcomb-Benford: uma análise das despesas orçamentárias nos municípios paranaenses. *In: ENCONTRO DA ANPAD – ENANPAD*, 46., 2022, *on-line*. **Anais** [...] Maringá: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2022. p. 2177-2576. Disponível em: <http://www.anpad.org.br>. Acesso em: 2 maio 2023.

SANTOS, J.; TENÓRIO, J. N. B.; SILVA, L. G. C. Uma aplicação da Teoria das probabilidades na contabilometria: a Lei de Newcomb-Benford como medida para análise de dados no campo da auditoria contábil. **Contabilidade Gestão e Governança**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 35-54, 2003. Disponível em: revistacgg.org/index.php/contabil/article/view/192/pdf_61. Acesso em: 2 maio 2023.

SANTOS, J.; DINIZ, J. A.; CORRAR, L. J. O Foco é a teoria amostral nos campos da auditoria contábil tradicional e da auditoria digital: testando a Lei de Newcomb- Benford para o primeiro dígito nas contas públicas. **Brazilian Business Review**, v. 2, n. 1, p. 71-89, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242644212_O_Foco_e_a_Teoria_Amostral_nos_Campos_da_Auditoria_Contabil_Tradicional_e_da_Auditoria_Digital_testando_a_Lei_de_Newcomb-Benford_para_o_primeiro_digito_nas_contas_publicas. Acesso em: 2 maio 2023.

SAMPAIO, A. 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, 2022. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/cgpc/article/view/82760>. Acesso em: 2 maio 2023.

SILVA, A. H. L. O uso da Lei Newcomb-Benford na contabilidade e auditoria. **Revista do TCU**, Brasília, n. 115, p. 17-23, 2009. Disponível em: revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/314. Acesso em: 2 maio 2023.

TEIXEIRA, A. C.; KIRA, E. **Lei de Benford e aplicações**. São Paulo: Instituto de Matemática e Estatística da USP, 2016. Disponível em: www.ime.usp.br/~act/Artigo_ACT_SIICUSP.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.

TERRA, A. V. *et al.* Avaliação dos dados reportados sobre a Covid-19 no Brasil: aplicação da Lei de Newcomb-Benford ao 1º e 2º dígitos significativos do número de casos confirmados e de mortos pelo novo coronavírus. **Revista Simep**, v. 1, n. 2, p. 85-98, 2021. DOI:10.29327/236221.1.2-5. Disponível em: www.ime.usp.br/~act/Artigo_ACT_SIICUSP.pdf. Acesso em: 2 maio 2023.