

## Distribuição de Newcomb-Benford aplicada à auditoria de contas públicas

### Newcomb-Benford's distribution applied to public account auditing

#### RESUMO

**Thiago Schinda Bubniak**  
[thiagobubniak@alunos.utfpr.edu.br](mailto:thiagobubniak@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Inácio Andruski-Guimarães**  
[andruski@utfpr.edu.br](mailto:andruski@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Sônia Maria de Freitas**  
[soniafreitas@alunos.utfpr.edu.br](mailto:soniafreitas@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

A auditoria é um processo necessário e previsto por lei para verificar as conformidades das atividades de uma empresa, instituição ou órgão público. Uma das principais finalidades das auditorias é a detecção de fraudes na demonstração de contas e resultados financeiros. Entretanto, o grande volume de contratos e o tempo requerido para a realização de uma auditoria, fazem com que apenas uma parte dos contratos seja analisada. Este trabalho apresenta a proposta de uma metodologia baseada na Distribuição, ou Lei, de Newcomb-Benford para auditoria de contas em uma autarquia federal. Para avaliar a eficiência da abordagem proposta a metodologia foi testada em uma amostra de contas referentes a contratos de obras já executadas e auditados. Os resultados obtidos, em termos de classificações corretas mostram que a metodologia proposta, além de eficaz, pode auxiliar a detecção de fraudes em qualquer fase da execução dos contratos de obras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Auditoria de Contas. Distribuição de Newcomb-Benford. Detecção de Fraudes.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

AUDITING IS A NECESSARY AND LAWFUL PROCESS TO VERIFY THE ACCORDANCE OF A COMPANY, INSTITUTION OR PUBLIC AGENCY. ONE OF THE MAIN PURPOSE OF THE AUDITS IS TO DETECT FRAUD IN THE FINANCIAL STATEMENTS. HOWEVER, THE LARGE NUMBER OF CONTRACTS, AS WELL THE TIME REQUIRED TO PERFORM AN AUDIT, PREVENT MOST CONTRACTS FROM BEING REVIEWED. THIS PAPER PROPOSES A METHODOLOGY BASED ON NEWCOMB-BENFORD'S LAW FOR AUDITING ACCOUNTS IN A FEDERAL AGENCY. TO EVALUATE THE EFFICIENCY OF THE PROPOSED APPROACH, THE METHODOLOGY WAS TESTED ON A SAMPLE OF ACCOUNTS RELATING TO CONTRACTS ALREADY EXECUTED AND AUDITED. THE RESULTS, IN TERMS OF CORRECT CLASSIFICATIONS, SHOW THAT THE

**PROPOSED METHODOLOGY, BESIDES BEING EFFECTIVE, CAN HELP THE FRAUD DETECTION IN ANY PHASE OF THE EXECUTION OF THE CONTRACTS.**

**KEYWORDS:** Account Auditing. Newcomb-Benford's Distribution. Fraud Detection.

## INTRODUÇÃO

A auditoria é o processo tomado para analisar as atividades desenvolvidas em uma empresa ou instituição afim de averiguar se os demais pontos como a contabilidade, os processos e a documentação estão conformes à lei e às regras estabelecidas previamente. A auditoria pública é exigida pela Constituição Federal, a qual determina que a fiscalização deve ser exercida pelo Congresso Nacional e por órgãos de controle interno.

As técnicas de auditoria podem mudar de acordo com o tipo de evidência que se está analisando. De acordo com Alvin *et al.* (2013), há três métodos de auditoria. A auditoria operacional, que tem como finalidade checar a eficiência e a efetividade de cada parte da organização e do órgão público. Para tal podem ser checados erros em relatórios e registro de folha de pagamentos. A auditoria de conformidade, cuja finalidade é verificar se a instituição está seguindo as leis e as regras previamente estabelecidas, para isso pode-se checar os registros de contratos e outros itens da empresa. Por fim há também a auditoria financeira, que tem o objetivo de se certificar da conformidade financeira da empresa. Neste caso as evidências podem ser obtidas através da conferência de cálculos, comparações e correlações, bem como extração e verificação de dados pelo auditor.

A aplicação das técnicas mencionadas pode demandar um tempo elevado, devido ao enorme volume de dados. Além disto há também o problema da seleção de amostras que devem ser auditadas. O método mais utilizado para esta finalidade é a Curva ABC, que seleciona as contas para auditoria com base nos montantes apresentados, fazendo com que apenas as contas com grandes montantes sejam selecionadas para auditoria. Outro problema com as metodologias citadas reside no fato de que as auditorias, especialmente no setor público, são realizadas apenas após a execução dos contratos, quando o tempo decorrido pode impossibilitar a demanda por reparações por parte da empresa afetada, tornando praticamente sem sentido a detecção da fraude.

Este trabalho propõe uma metodologia baseada na Lei, ou Distribuição, de Newcomb-Benford para auditoria de contas públicas a partir dos valores informados pelos contratos durante todas as fases de execução. O principal objetivo da metodologia proposta é possibilitar a detecção de fraudes, caso ocorram, no momento em que ocorrem, permitindo que reparação dos danos seja efetuada em um curto espaço de tempo, e de forma mais efetiva.

As aplicações da Lei de Newcomb-Benford incluem a detecção de fraudes contábeis, análise de dados macroeconômicos, detecção de fraudes em experimentos científicos e operações fraudulentas em mercados financeiros. O seu

uso para detectar fraudes em relatórios de aplicações de verbas públicas foi sugerido por Varian (1972). A efetividade como indicador de fraude contábil foi demonstrada por Nigrini (2012). Também utilizando a distribuição, Müller (2011) mostrou que os dados macroeconômicos apresentados pela Grécia para pleitear o seu ingresso na Zona do Euro apresentavam fortes indícios de manipulação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A Lei de Newcomb-Benford, conhecida também como Lei, ou Distribuição, de Benford descreve um fenômeno observado primeiramente por Newcomb (1881), o qual notou que as páginas mais utilizadas nos livros para cálculo de logaritmos era as primeiras. Mais tarde, Benford (1938) analisou vários dados, tais como áreas de rios, população de cidades, entre outros, e então percebeu a tendência observada inicialmente por Newcomb, onde o dígito 1 aparece com uma maior frequência quando comparado com o dígito 2, e o 2 com uma maior frequência que o 3, e assim por diante, ao analisarmos o primeiro dígito destes dados. Este padrão foi nomeado de Lei de Newcomb-Benford, que estabelece que a probabilidade de um dígito  $d_1$  ocorrer na primeira posição é dada por:

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

A probabilidade de que os dois primeiros dígitos sejam  $d_1$  e  $d_2$ , respectivamente, é dada por:

$$P(D_1 D_2 = d_1 d_2) = \log \left( 1 + \frac{1}{d_1 d_2} \right) \quad (2)$$

A generalização da Distribuição de Benford para dígitos além da primeira posição, isto é, que o dígito  $d$  ocupe a  $n$  – ésima posição é dada por:

$$P(d \gg n) = \sum_{k=10^{n-2}}^{10^{n-1}-1} \log \left( 1 + \frac{1}{10k+d} \right) \quad (3)$$

Comparando-se as frequências observadas para cada dígito na primeira posição com as frequências esperadas pela Lei de Benford, caso haja uma discrepância significativa, há uma grande probabilidade de que os dados tenham sido fraudados, ou manipulados, embora esta comparação não seja suficiente para afirmar que eles foram efetivamente fraudados. Levando isto em conta, foram propostos dois testes estatísticos diferentes e que levam em conta as frequências esperada e observada para detectar a ocorrência de manipulação dos dados, um forte indicativo de fraude.

A tabela 1 mostra as probabilidades para todos os dígitos ocupando até a 4ª posição.

Tabela 1 – Probabilidades de cada um dos dígitos ocuparem até a quarta posição

Dígito	Posição no número			
	1ª	2ª	3ª	4ª
0		0.11968	0.10178	0.10018
1	0.30103	0.11389	0.10138	0.10014
2	0.17609	0.10882	0.10097	0.10010
3	0.12494	0.10433	0.10057	0.10006
4	0.09691	0.10031	0.10018	0.10002
5	0.07918	0.09668	0.09979	0.09998
6	0.06695	0.09337	0.09940	0.09994
7	0.05799	0.09035	0.09902	0.09990
8	0.05115	0.08757	0.09864	0.09986
9	0.04576	0.08500	0.09827	0.09982

Fonte: Nigrini (1996).

O primeiro teste é proposto por Leemis (2000), que considera uma amostra de tamanho  $n$ , e utiliza o valor  $m$ , dado por:

$$m = \sqrt{n} \cdot \max_{i=1}^9 \left\{ \left| P(PDS = i) - \log \left( 1 + \frac{1}{i} \right) \right| \right\} \quad (4)$$

A Tabela 2 apresenta os valores críticos para diferentes níveis de significância.

Tabela 2 – Valores críticos para o Teste de Leemis

Nível de Significância ( $\alpha$ )	0,10	0,05	0,01
Valor Crítico	0,851	0,967	1,212

O segundo teste, proposto por Cho e Gaines (2007), utiliza o valor  $d$ , dado por:

$$d = \sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^9 \left[ P(PDS = i) - \log \left( 1 + \frac{1}{i} \right) \right]^2} \quad (5)$$

Os valores críticos para o teste de Cho e Gaines, com 5% de significância, são dados na tabela 3.

Tabela 3 – Valores críticos para o Teste de Cho e Gaines

Nível de Significância ( $\alpha$ )	0,10	0,05	0,01
Valor Crítico	1,212	1,330	1,569

Para avaliar a aplicabilidade, bem como a eficácia, da metodologia proposta foi utilizada uma amostra de contratos de execução de obras de infraestrutura, contratadas pelo DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

A amostra em questão contém dados de 20 contratos firmados no período de 2014 a 2019, todos executados e já auditados. Para obter os valores necessários à análise baseada na Lei de Newcomb-Benford foi implementado um algoritmo em linguagem C/C++, utilizando o ambiente de desenvolvimento *CodeBlocks* 17.12. Os valores de cada contrato foram analisados com a finalidade de comparar as frequências observadas para cada dígito na primeira posição com as frequências esperadas conforme a Distribuição de Newcomb-Benford. Na sequência, foram calculados os valores para os Testes de Leemis e de Cho e Gaines. A etapa seguinte foi a comparação dos resultados apresentados pelos referidos testes com aqueles apresentados pelas auditorias, a fim de medir o grau de concordância entre os resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 20 contratos da amostra, a auditoria realizada pelo DNIT apontou irregularidades em 14, enquanto os seis restantes foram aprovados. Os valores apresentados pela Distribuição de Newcomb-Benford indicaram irregularidades para os mesmos 14 contratos. Entretanto, a distribuição também apontou irregularidades para um dos seis contratos aprovados. Para melhor avaliar a eficácia da distribuição, a Tabela 4 mostra a matriz de classificações, com as taxas aparentes de erro.

Tabela 4 – Matriz de Classificações

Auditorias Realizadas pelo DNIT	Testes com a Distribuição de Newcomb-Benford	
	Aprovadas	Rejeitadas
Aprovadas	0,83	0,17
Rejeitadas	0,00	1,00

Os valores apresentados na Tabela 4 atestam a eficácia da metodologia proposta, principalmente quando mostram a total concordância entre os resultados das auditorias realizadas pelo DNIT e os que foram apresentados pela Distribuição de Newcomb-Benford no que se refere às contas rejeitadas. Vale ressaltar que os dados analisados constam de relatórios apresentados pelos contratados ainda na primeira fase da execução dos contratos. Com isto, é possível afirmar que, caso a abordagem aqui tratada tivesse sido adotada na época em que os documentos foram apresentados, as irregularidades teriam sido detectadas muito antes do processo final de auditoria.

## CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, pode-se afirmar que a metodologia proposta, baseada na Distribuição de Newcomb-Benford, é uma alternativa viável para a auditoria de contas em qualquer fase de execução de um contrato. No caso específico do material de estudo usado para este trabalho, a abordagem aqui proposta mostrou-se eficaz para a detecção de indícios de manipulação de dados.

Também cabe ressaltar que a aplicação da distribuição não demanda um tempo elevado, já que se concentra na análise dos números apresentados, enquanto a prática hoje adotada exige o exame de cada item apresentado e, adicionalmente, inspeções *in loco*, isto é, diretamente no canteiro de obras, não apenas exigindo mais tempo, mas também acarretando um considerável aumento de custos, devido aos deslocamentos necessários dos auditores. Outra vantagem reside na possibilidade de detectar possíveis irregularidades praticamente em tempo real, possibilitando maior agilidade na demanda por reparações.

## REFERÊNCIAS

Alvin, A. A.; Randal, J. E.; Mark, S. Beasley; Auditing and Assurance Services: An Integrated Approach, 15. ed., Pearson Education Inc., 2013, p. 13 – 15.

Benford, F., The law of anomalous numbers. Proceedings of the American Philosophical Society, 78 (4), pp. 551-572 (1938).

Cho, W. K. T.; Gaines, B. J. Breaking the (Benford) law: Statistical fraud detection in campaign finance. *The American Statistician* 61 (3), 2007, p.218-223.

Leemis, L. M, Schmeister, B. W., Evans, D. L., Survival distributions satisfying Benford's law. *The American Statistician*, 54 (4), 2000, p. 236 – 241.

Müller, H. C., Greece Was Lying About Its Budget Numbers. **Forbes** 12. 2011.

Newcomb, S., Note on the frequency of use of the different digits in natural numbers. *American Journal of Mathematics*, 4 (1), pp. 39-40 (1881)

Nigrini, M. A taxpayer compliance application of Benford's Law. *Journal of the American taxation association*, 18(1), 1996, p. 72-91

Nigrini, M., Benford's law: application for forensic accounting, and fraud detection, 2012.

Varian, H., Benford's Law (Letters to the editor). *The American Statistician* 26 (3) p. 65 1972.