



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROBSON FECCI RODRIGUES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE DADOS FINANCEIROS UTILIZANDO A
LEI DE BENFORD**

CURITIBA

2018

ROBSON FECCI RODRIGUES DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE DADOS FINANCEIROS UTILIZANDO A
LEI DE BENFORD**

Monografia ao Departamento de Ciências Contábeis,
do Setor de Ciências Sociais Aplicadas, da
Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito
para obtenção do título de Especialista em MBA –
Auditoria Integral

Orientador: Prof. Dr. Blênio Cezar Severo Peixe

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

ROBSON FECCI RODRIGUES DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DE DADOS FINANCEIROS UTILIZANDO A LEI DE BENFORD

Monografia apresentada ao curso de MBA em Auditoria Integral, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em MBA – Auditoria Integral.

Orientador - Prof. Dr. Blênio Cezar Severo Peixe
Departamento de Ciências Contábeis, UFPR

Prof.: _____
Departamento: _____

Prof.: _____
Departamento: _____

Prof.: _____
Departamento: _____

Curitiba, __ de _____ de 201__.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha esposa Kátia e minha filha Alice por compreenderem a minha ausência durante o período do curso.

Agradeço aos meus colegas de curso e grandes amigos: Alessandra Bueno, Alexandre Costa e Angela Pinati pelo companheirismo, incentivo, parceria e por dividirmos momentos bons e ruins que tornaram o curso mais leve.

Novamente, agradeço à minha esposa Kátia e aos amigos supracitados pelo incentivo vital para que eu pudesse desenvolver e concluir essa monografia.

Agradeço aos meus amigos e colegas de pós-graduação.

Agradeço também a todos que uma alguma forma contribuíram para a realização desta monografia.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a conformidade de dados financeiros com a Lei de Benford em um estudo de caso aplicado à uma instituição privada. Esta pesquisa apresenta a metodologia do tipo bibliográfica, documental e estudo de caso, descritiva, observacional e quantitativa. Apresenta o entendimento do que se trata a Lei de Benford e seu histórico, determina se ela pode ser uma ferramenta objetiva e eficaz para identificar possíveis fraudes, erros ou irregularidades nos dados. Além de determinar quais tipos de conjuntos de dados que deveriam estar em conformidade com a Lei de Benford. Ainda, determina as limitações e restrições para aplicação, determinar os benefícios do uso da Lei de Benford em uma investigação forense e foi realizado um estudo empírico com dados financeiros reais para analisar os resultados e tirar conclusões. O estudo de caso foi realizado com dados de uma empresa privada do setor educacional avaliação da conformidade com a Lei de Benford de despesas com aquisição de produtos e serviços lançadas no sistema de gestão financeira durante o ano de 2017, e avaliou se a frequência de repetição do primeiro, segundo e dos dois primeiros dígitos das despesas estão em conformidade com a Lei de Benford. As diferenças encontradas foram submetidas ao teste estatístico do Desvio Absoluto Médio, que concluiu que existem valores não conformes, mercendo uma análise aprofundada por parte dos auditores para entender a origem do desvio.

Palavras-chave: Lei de Benford. Análise Forense. Fraude em Dados Financeiros.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to evaluate the compliance of financial data with Benford's Law in a case study applied to a private institution. This research presents the methodology of bibliographic, documentary and case study, descriptive, observational and quantitative. It presents the understanding of what Benford's Law is all about and its history, determines whether it can be an objective and effective tool to identify possible fraud, errors or irregularities in the data. In addition to determining what types of datasets should be in compliance with Benford's Law. Further, it determines the limitations and restrictions for application, determine the benefits of using Benford's Law in a forensic investigation, and an empirical study with real financial data was conducted to analyze the results and draw conclusions. The case study was conducted with data from a private sector education firm assessing compliance with the Benford Act of expenses for procurement of products and services launched in the financial management system during the year 2017 and evaluated whether the frequency of repetition of the first, second and first two digits of expenditure are in accordance with Benford's Law. The differences found were subjected to the statistical test of the Mean Absolute Deviation, which concluded that there are nonconforming values, requiring an in-depth analysis by the auditors to understand the origin of the deviation.

Keywords: Benford's Law. Forensic Analysis. Financial Data Fraud.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – LEI DE BENFORD - PROVAVELMENTE EFICAZ	27
QUADRO 2 – LEI DE BENFORD – PROVAVELMENTE INEFICAZ.....	27
QUADRO 3 - APLICAÇÃO PARA DETECÇÃO DE FRAUDE.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – FREQUÊNCIAS OBSERVADAS – NEWCOMB	18
TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DO PRIMEIRO DÍGITO	20
TABELA 3 – OBSERVAÇÕES (NEWCOMB) X ESPERADO (BENFORD).....	22
TABELA 4 – FREQUÊNCIAS ESPERADAS DA LEI DE BENFORD	25
TABELA 5 – INTERPRETAÇÃO DO DESVIO ABSOLUTO MÉDIO	35
TABELA 6 - RESULTADO DO TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO	44
TABELA 7 - RESULTADO DO TESTE DO SEGUNDO DÍGITO	45
TABELA 8 – RESULTADO DO TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – FREQUÊNCIAS OBSERVADAS – NEWCOMB.....	19
GRÁFICO 2 – FREQUÊNCIAS OBSERVADAS – FRANK BENFORD	21
GRÁFICO 3 - OBSERVAÇÕES (NEWCOMB) X ESPERADO (BENFORD).....	21
GRÁFICO 4 – RESULTADO DO TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO	44
GRÁFICO 5 – RESULTADO DO TESTE DO SEGUNDO DÍGITO.....	45
GRÁFICO 6 – RESULTADO DO TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTO E PROBLEMA	11
1.2	OBJETIVOS	12
1.3	JUSTIFICATIVAS	13
2	METODOLOGIA DA PESQUISA	15
2.1	TIPOLOGIA DA PESQUISA QUANTO AOS OBJETIVO	15
2.2	TIPOLOGIA DA PESQUISA QUANTO AO PROBLEMA DE PESQUISA	15
2.3	TIPOLOGIA DA PESQUISA QUANTO AOS PROCEDIMENTOS	15
2.4	COLETA DOS DADOS E INFORMAÇÕES	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1	HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA TEORIA DA LEI DE BENFORD	17
3.2	FÓRMULAS MATEMÁTICAS DA LEI DE BENFORD	24
3.3	ANÁLISE FORENSE E LEI DE BENFORD	26
3.4	TESTES DA LEI DE BENFORD	29
3.4.1	Teste do primeiro dígito	30
3.4.2	Teste do segundo dígito	30
3.4.3	Teste dos dois primeiros dígitos	31
3.5	TESTES DE VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA	31
3.5.1	Teste Qui-quadrado	33
3.5.2	Teste Estatística Z	33
3.5.3	Teste de Kolmogorov-Smirnoff	34
3.5.4	Teste do Desvio Absoluto Médio	35
3.6	BENEFÍCIOS DA LEI DE BENFORD	36
3.7	LIMITAÇÕES DA LEI DE BENFORD	39
4	ESTUDO DE CASO	43
4.1	RESULTADO DO TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO	43
4.2	RESULTADO DO TESTE DO SEGUNDO DÍGITO	45
4.3	RESULTADO DO TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS	46
4.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

Em uma sequência aleatória de números extraídos dos livros de uma empresa, cada dígito de 1 a 9 parece ter uma chance em nove de ser o primeiro dígito quando usado em uma série de números. Mas, de acordo com uma fórmula matemática de mais de 60 anos entrando no campo da contabilidade, certos números são na verdade mais populares que outros (NIGRINI, 2011).

A Lei de Benford baseia-se na teoria de que há frequências esperadas de dígitos em uma lista ou conjunto de dados. A característica significativa da Lei de Benford, que foi aplicada pela primeira vez por contadores no final dos anos 80, é que essas frequências são evidentes apenas em números que ocorrem naturalmente, em outras palavras, não ocorrem em números que foram falsamente inventados (NIGRINI e MITTERMAIER, 1997).

Vários pesquisadores testaram dados de diferentes categorias para detectar fraudes e irregularidades, mas Carslaw (1988) foi o primeiro a aplicar a Lei de Benford à contabilidade. Ele descobriu que os números de receitas reportados com base em empresas na Nova Zelândia não estavam de acordo com as frequências esperadas de certos segundos dígitos. Segundo Durtschi, Hillison e Pacini (2004), Mark J. Nigrini parece ser o primeiro pesquisador a aplicar a Lei de Benford extensivamente a dados contábeis com o objetivo de detectar fraudes.

Essa lei tem o nome de Frank Benford, um físico nascido em 1883. Ele notou que as páginas das tabelas de logaritmos contendo números baixos, como um e dois, estavam mais desgastadas do que aquelas com números mais altos, oito e nove (BENFORD, 1938). Benford testou sua teoria analisando 20.229 conjuntos de números reunidos a partir de uma variedade de campos, por exemplo, áreas de superfície de rios, médias de beisebol, números em artigos de revistas e pesos atômicos. Os dados variaram desde de fontes que incluem números aleatórios a tipos que seguiram as leis matemáticas. Os resultados da análise substanciaram a observação empírica. A chance de um número de vários dígitos começando com 1 era, sem dúvida, maior do que para o primeiro dígito de 9. Por meio da Lei de Benford, os dígitos individuais têm diversas probabilidades de ocorrência como primeiro dígito.

Uma racionalização perspicaz da Lei de Benford é pensar sobre uma conta de poupança que está aumentando a 10% ao ano em juros. Quando o valor do investimento for \$100, com o primeiro dígito como 1, o primeiro dígito permanecerá 1 até que o saldo da conta atinja \$200. O aumento de 100% (de 100 para 200), a uma taxa de crescimento de 10% ao ano combinada, levaria aproximadamente 7,3 anos. No \$500, o primeiro dígito será 5. Crescendo a 10% ao ano, o saldo total aumentará de \$500 para \$600 em cerca de 1,9 anos, significativamente menos tempo do que o saldo da conta crescer de \$100 para \$200. No \$900, o primeiro dígito será 9 até o saldo da conta atingir \$1.000, ou cerca de 1,1 anos a 10%. Quando o saldo da conta atingir \$1.000, o primeiro dígito será novamente 1, até que o saldo da conta cresça em mais 100%. A persistência de um 1 como primeiro dígito ocorrerá com qualquer fenômeno que tenha uma taxa de crescimento constante ou variável (NIGRINI, 1999).

No âmbito da detecção de fraudes financeiras, quanto mais um conjunto observado de dados contábeis difere o padrão previsto pela Lei de Benford, maior a possibilidade de manipulação dos dados (NIGRINI, 2012).

Nigrini e Mittermaier (1997) forneceram uma visão geral dos testes digitais para determinar se os conjuntos de dados estão de acordo com as frequências esperadas da Lei de Benford. Os testes determinam a frequência comparativa das seguintes combinações de dígitos: primeiros dígitos, segundos dígitos; primeiros dois dígitos; primeiros três dígitos; e os dois últimos dígitos.

À luz do acima exposto, a declaração do problema é formulada da seguinte forma: **Como avaliar a conformidade de dados financeiros utilizando a Lei de Benford?**

1.2 OBJETIVOS

- Objetivo Geral

Este trabalho tem o seguinte objetivo: avaliar a conformidade de dados financeiros com a Lei de Benford em um estudo de caso aplicado à uma instituição privada.

- Objetivos Específicos:

- (i). obter o entendimento do que se trata a Lei de Benford e seu histórico;
- (ii). determinar se a Lei de Benford pode ser uma ferramenta objetiva e eficaz para identificar possíveis fraudes, erros ou irregularidades nos dados;

- (iii). determinar quais tipos de conjuntos de dados contábeis que podem estar em conformidade com a Lei de Benford;
- (iv). determinar as limitações e restrições da Lei de Benford;
- (v). determinar os benefícios do uso da Lei de Benford em uma investigação forense;
- (vi). realizar um estudo empírico com dados financeiros reais; e
- (vii). analisar os resultados e tirar conclusões.

1.3 JUSTIFICATIVAS

De acordo com Hill (1999), com o aumento exponencial da disponibilidade de dados digitais e força computacional, o uso de testes estatísticos sutis e vigorosos para a detecção de fraudes e outros dados manipulados deve aumentar drasticamente. A Lei de Benford é apenas o começo. O método de relatório financeiro é baseado na regra primária da escrituração de dupla entrada, significando que cada transação deve consistir em duas entradas nos livros com efeitos opostos, tanto uma entrada de débito quanto de crédito. Tal dualidade amplifica a probabilidade de a fraude ser capturada em uma investigação forense, porque os infratores têm que encobrir uma fraude financeira duas vezes para evitar qualquer sistema de auditoria interna. Quando as entradas de contrapartida são registradas em livros contábeis para cobrir os lados de uma transação fraudulenta, alguns dígitos são compostos. Isso implica que os números não estão mais ocorrendo naturalmente em uma seleção aleatória de registros contábeis, e a Lei de Benford pode se tornar útil (NIGRINI, 2012).

A lei de Benford oferece um método único de análise de dados, permitindo que o contador forense identifique fraudes, manipulações, ineficiências de processamento, erros e outros padrões anormais conforme aplicável aos registros contábeis de uma empresa (NIGRINI, 2011).

O objetivo de uma auditoria ao avaliar os controles internos e recomendar melhorias é salvaguardar ativos da empresa, verificar a adequação e o suporte dos dados contábeis, promover a eficiência operacional e encorajar a aderência às políticas definidas pela direção, com o objetivo de evitar fraudes, erros, ineficiências e crises.

A busca por dados não conformes, advindos de manipulação voluntária ou não, é um grande desafio, pois nem sempre esses dados podem ser facilmente

percebidos sem que haja outros indícios que levem o auditor à essa constatação, geralmente não controláveis, como denúncias.

A utilização da Lei de Benford permite maior aprofundamento na análise das contas e documentos relacionados à uma auditoria. Essa análise preliminar de auditoria demonstra em uma empresa a probabilidade de possuir irregularidades. O processo de aplicação da Lei de Benford, permite trabalhar a população e não apenas com sua amostra, o que reflete em melhores resultados.

A Lei de Benford é um método útil para o auditor, quando se trata da avaliação de dados financeiros, uma vez que a utilização desse Lei como parâmetro permite encontrar não conformidades, se existirem, em conjuntos numéricos extensos, utilizando técnicas computacionais. Dessa forma, poupa-se recursos para encontrar indícios de erros e fraudes, que talvez nunca fossem achados utilizando outros procedimentos.

Para a comunidade acadêmica, a utilização da Lei de Benford é um método útil e de amplo potencial como objeto de estudos, pois o modelo matemático pode ser aplicado nos mais variados conjuntos numéricos, bem como instiga a análise estatística e qualitativa dos resultados obtidos, tornando esse tema possível de ser explorado de diversas formas e com diferentes graus de complexidade, até mesmo culminando em estudos inéditos.

No âmbito da profissão de auditor, justifica-se a presente pesquisa em decorrência dos seguintes fatos: importância da implantação procedimentos de auditoria com técnicas computacionais de análise de dados, tornando mais aprimorando a capacidade de detectar indícios de fraude e erros; otimização de recursos por meio da seleção dos dados que integrarão a amostra com a base nas detecções de anomalias encontradas previamente pela aplicação da Lei de Benford.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA QUANTO AOS OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo descrever uma lei matemática utilizada como método de auditoria na detecção de erros e fraudes em dados financeiros. Para atingir os objetivos propostos nesta monografia a pesquisa utilizada foi a descritiva. Para Gil (2008), esse tipo de pesquisa tem como característica a descrição de populações, fenômenos e relação entre variáveis. A pesquisa descritiva é habitualmente voltada para questões práticas.

2.2 TIPOLOGIA DA PESQUISA QUANTO AO PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho responderá ao problema de pesquisa por meio de três abordagens: a pesquisa bibliográfica e documental sobre a Lei de Benford e sua utilização como ferramenta de análise forense, bem como o estudo de caso aplicado à uma instituição privada.

Gil (2008) aborda os três tipos de pesquisa em sua publicação. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Esse tipo de pesquisa permite ao investigador a cobertura ampla de fenômenos. A pesquisa documental é muito similar a bibliográfica, porém, utilizando documentos que podem não ter recebido o tratamento estatístico adequado, no âmbito da pesquisa científica. Os estudos de caso procuram o aprofundamento das questões propostas, utiliza técnicas de observação e ressalta a interação entre componentes em um grupo ou comunidade.

2.3 TIPOLOGIA DA PESQUISA QUANTO AOS PROCEDIMENTOS

Para este trabalho, a abordagem dos procedimentos foi por meio de uma pesquisa quantitativa. Segundo Gil (2008), a pesquisa quantitativa se caracteriza pela coleta de dados e aplicação de um tratamento estatístico adequado, que poderá ser simples ou complexo. Nesse tipo de abordagem é de suma importância buscar garantir a precisão dos resultados e evitar distorções de análise e interpretação. A

análise quantitativa costuma ser aplicada em estudos descritivos, quando há a necessidade de estudar a relação entre variáveis e relação entre fenômenos.

2.4 COLETA DOS DADOS E INFORMAÇÕES

Os objetivos específicos serão abordados pela pesquisa descritiva e aplicação de uma análise quantitativa para realização de um estudo de caso com dados reais de uma empresa privada.

Em um primeiro momento, foi feito um levantamento geral acerca da Lei de Benford, trazendo a teoria pertinente. Na sequência, serão obtidos dados financeiros relacionados às despesas com aquisição de bens e serviços em uma empresa privada do setor educacional. Esses dados serão obtidos por meio de consulta em banco de dados do sistema de gestão financeira. Essa consulta irá abranger a totalidade das despesas que foram lançadas entre 1 de janeiro de 2017 e 31 de dezembro de 2017, sem realização de amostragem.

Foi realizada a verificação da distribuição de frequência do primeiro dígito, segundo dígito e primeiros dois dígitos para cada valor total (quantidade x valor unitário) das despesas com aquisição de bens e serviços.

A frequência observada na distribuição dos dígitos foi comparada com a frequência esperada da Lei de Benford. Foi aplicado um teste estatístico apropriado para avaliar a conformidade do resultado com a Lei de Benford, considerando um conjunto grande de dados. O teste a ser aplicado é o Desvio Absoluto Médio, utilizado para medir o grau de conformidade da distribuição de probabilidade observada com a esperada, dentro de uma perspectiva de análise global.

Por fim, foi avaliado se o conjunto de dados financeiros está em conformidade ou não com a Lei de Benford, sendo que a resposta negativa pode representar um indício de erros ou fraudes nas despesas. Esses resultados podem servir de subsídio para a realização de uma auditoria que se aprofunde nas causas das possíveis não conformidades do conjunto de dados financeiros com a Lei de Benford.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A abordagem teórica foi apresentada a história, desenvolvimento e princípios fundamentais da teoria da Lei de Benford. As contribuições de alguns indivíduos para o desenvolvimento da teoria também foram mencionadas e a matemática por trás da lei foi explicada brevemente.

Na sequência, foi realizada a abordagem teórica da aplicação da Lei de Benford à contabilidade forense, em particular à detecção de fraude, embasando as razões que tornam a Lei de Benford útil para a investigação forense. Os tipos de conjuntos de dados que devem estar em conformidade com a Lei de Benford também foram analisados.

Foi abordado quais são os dígitos mais comuns a serem testados e os testes estatísticos mais utilizados para analisar os resultados da conformidade de um conjunto de dados com Lei de Benford.

A abordagem teórica também discorre sobre os benefícios do uso da Lei de Benford e sobre algumas das limitações e restrições relativas ao seu uso em uma investigação forense, bem como certos aspectos que o investigador forense precisa considerar ao aplicar essa lei.

3.1 HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA TEORIA DA LEI DE BENFORD

A lei de Benford, também reconhecida como a lei do primeiro dígito, tem sido vista como uma lei emocionante e mistificadora da natureza. Por cerca de 90 anos, matemáticos e estatísticos apresentaram uma variedade de explicações para esse fenômeno. Embora Frank Benford fornecesse ampla evidência da autenticidade da Lei e sua aplicação geral, a evidência matemática não foi obtida até 1996 (DURTSCHI; HILLISON; PACINI, 2004).

Hill (1998) explica que, nos 60 anos a partir do momento em que o artigo de Benford apareceu, houve vários esforços de físicos, matemáticos e amadores para “demonstrar” a Lei de Benford. Havia, no entanto, dois grandes obstáculos: o primeiro era que alguns conjuntos de dados cumpriam a lei e outros não. De maneira alguma havia uma definição clara de um experimento estatístico comum que previsse quais conjuntos de dados corresponderiam e quais não corresponderiam. Esforços foram baseados em uma variedade de técnicas matemáticas de média e integração, bem

como em esquemas de probabilidade. O segundo obstáculo foi que nenhuma das evidências foi precisa no que diz respeito à atual teoria da probabilidade (HILL, 1998).

A Lei foi descoberta pela primeira vez pelo astrônomo e matemático Simon Newcomb, que publicou sua pesquisa em 1881 em um artigo intitulado “Nota sobre a frequência de uso dos diferentes dígitos em números naturais” (NEWCOMB, 1881). Ele afirmou que os dez dígitos, 0 a 9, não ocorrem com igual taxa de recorrência, o que deve ser óbvio quando se observa o quão mais rápido as primeiras páginas de tabelas logarítmicas se desgastam do que as últimas. Nos dias anteriores às calculadoras, as tabelas logarítmicas eram usadas para multiplicar e dividir grandes números.

Newcomb (1881) determinou que a probabilidade de um número ter qualquer dígito primeiro diferente de zero é:

$$Prob_{(D=d)} = \log_{10} \left(1 + \frac{1}{d} \right)$$

onde:

d = dígito 1,2,3... 9

P = probabilidade

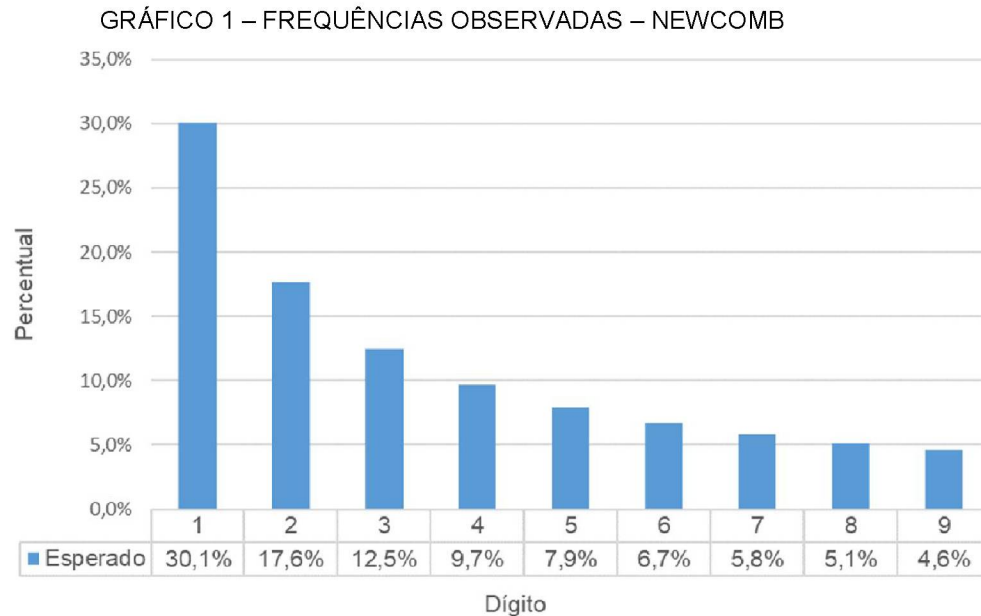
A Tabela 1 apresenta as descobertas de Newcomb (1881) sobre as probabilidades de ocorrência necessárias no caso dos dois primeiros dígitos significativos de um número natural.

TABELA 1 – FREQUÊNCIAS OBSERVADAS – NEWCOMB

Dígito	Primeira posição	Segunda posição
0		0.11968
1	0.30103	0.11389
2	0.17609	0.10882
3	0.12494	0.10433
4	0.09691	0.10331
5	0.07918	0.09668
6	0.06695	0.09337
7	0.05799	0.09035
8	0.05115	0.08757
9	0.04576	0.08500

FONTE: NEWCOMB (1881)

O gráfico 1 explica a distribuição do primeiro dígito conforme esperado pela distribuição de Benford.



FONTE: O autor (2018)

A figura indica claramente uma tendência decrescente da ocorrência do dígito 1 para o dígito 9.

Sem argumentos convincentes sobre por que a fórmula deveria funcionar, o artigo de Newcomb não conseguiu provocar nenhuma atenção significativa (MATTHEWS, 1999). Uma das falhas de Newcomb foi que ele não forneceu qualquer explicação teórica para o fenômeno que ele descreveu e seu artigo passou praticamente despercebido (DURTSCHI; HILLISON; PACINI, 2004).

Quase meio século depois da descoberta de Newcomb, desconhecendo o artigo de Newcomb, Frank Benford fez a mesma observação: As primeiras páginas dos livros de logaritmo eram mais gastas do que as últimas páginas (BENFORD, 1938). Na década de 1920, Frank Benford foi contratado como físico no General Electric Research Laboratory, em Schenectady, Nova York (BENFORD, 1938). A variedade de tabelas de log foi impressa em livros de logaritmo e todos os engenheiros do centro de pesquisa da GEC os usariam extensivamente. Benford concluiu a partir desse padrão que os colegas engenheiros estavam inclinados a procurar registros de números de vários dígitos, começando com números mais baixos com mais frequência do que números de vários dígitos, começando com dígitos altos.

Ao contrário de seu antecessor, Benford tentou testar sua hipótese reunindo e analisando dados e passou vários anos reunindo provas do fenômeno. Além disso, ele entusiasticamente perseguiu esse fenômeno e publicou suas descobertas em

vários artigos escolares. A teoria matemática que define a frequência dos dígitos ficou conhecida como Lei de Benford, embora tenha sido Newcomb quem primeiro descobriu o fenômeno (DURTSCHI; HILLISON; PACINI, 2004).

A lista de dados coletados e compostos por Frank Benford abrangia dados independentes e fracamente dependentes. As listas independentes foram compiladas a partir de fontes como endereços, números que aparecem em edições de revistas e as áreas de drenagem dos rios. As listas fracamente dependentes consistiam em tabelas matemáticas de manuais de engenharia e tabulações de pesos e constantes físicas, por exemplo, pesos moleculares, calores específicos, constantes físicas e pesos atômicos (NIGRINI; MITTERMAIER, 1997).

Os resultados dos dados acima mencionados estão contidos na tabela 2, onde "Grupo" indica o conjunto ao qual os dados pertencem; "Título" as listas independentes / dependentes; "Primeiro dígito 1 a 9" as ocorrências do número usado como primeiro dígito; e "Conta" a contagem de dados usados para o grupo específico.

TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DO PRIMEIRO DÍGITO

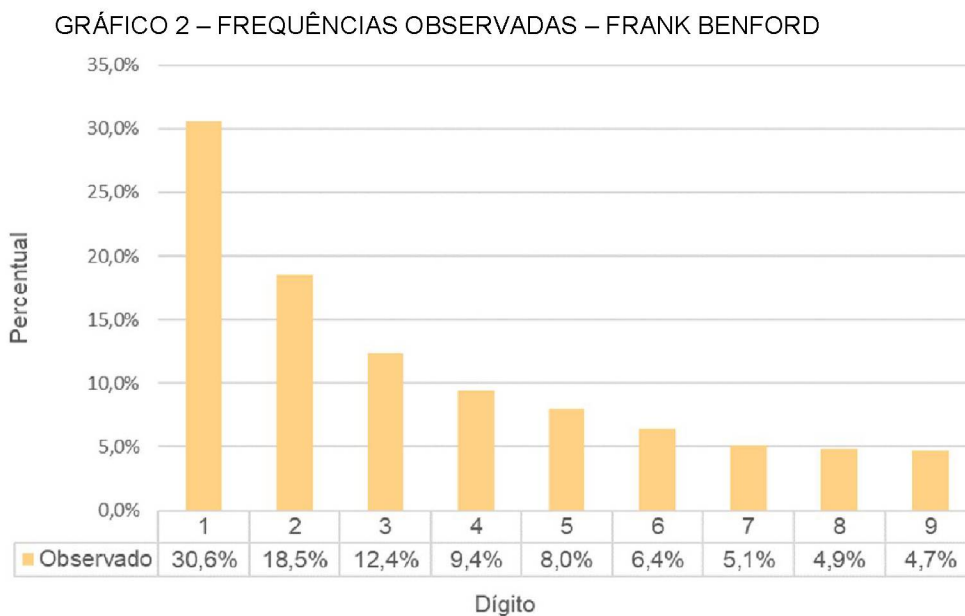
Grupo	Título	Primeiro dígito									Conta
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	Rivers, area	31,0	16,4	10,7	11,3	7,2	8,6	5,5	4,2	5,1	335
B	Population	33,9	20,4	14,2	8,1	7,2	6,2	4,1	3,7	2,2	3259
C	Constants	41,3	14,4	4,8	8,6	10,6	5,8	1,0	2,9	10,6	104
D	Newspapers	30,0	18,0	12,0	10,0	8,0	6,0	6,0	5,0	5,0	100
E	Spec. heat	24,0	18,4	16,2	14,6	10,6	4,1	3,2	4,8	4,1	1389
F	Pressure	29,6	18,3	12,8	9,8	8,3	6,4	5,7	4,4	4,7	703
G	H.P. lost	30,0	18,4	11,9	10,8	8,1	7,0	5,1	5,1	3,6	690
H	Mol. wgt.	26,7	25,2	15,4	10,8	6,7	5,1	4,1	2,8	3,2	1800
I	Drainage	27,1	23,9	13,8	12,6	8,2	5,0	5,0	2,5	1,9	159
J	Atomic wgt.	42,7	18,7	5,5	4,4	6,6	4,4	3,3	4,4	5,5	91
K	n^{-1} , \sqrt{n}	25,7	20,3	9,7	6,8	6,6	6,8	7,2	8,0	8,9	5000
L	Design	26,8	14,8	14,3	7,5	8,3	8,4	7,0	7,3	5,6	560
M	Digest	33,4	18,5	12,4	7,5	7,1	6,5	5,5	4,9	4,2	308
N	Cost data	32,4	18,8	10,1	10,1	9,8	5,5	4,7	5,5	3,1	741
O	X-ray volts	27,9	17,5	14,4	9,0	8,1	7,4	5,1	5,8	4,8	707
P	Am. league	32,7	17,6	12,6	9,8	7,4	6,4	4,9	5,6	3,0	1458
Q	Black body	31,0	17,3	14,1	8,7	6,6	7,0	5,2	4,7	5,4	1165
R	Addresses	28,9	19,2	12,6	8,8	8,5	6,4	5,6	5,0	5,0	342
S	n^1 , $n^2 \dots n!$	25,3	16,0	12,0	10,0	8,5	8,8	6,8	7,1	5,5	900
T	Death rate	27,0	18,6	15,7	9,4	6,7	6,5	7,2	4,8	4,1	418
Média		30,6	18,5	12,4	9,4	8,0	6,4	5,1	4,9	4,7	1011
Erro provável		$\pm 0,8$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	-

FONTE: BENFORD (1938)

Um estudo dos itens da tabela 2 demonstra uma tendência distinta para aqueles de natureza aleatória concordarem melhor com a lei logarítmica do que de natureza formal ou matemática (BENFORD, 1938). Na parte inferior de cada coluna

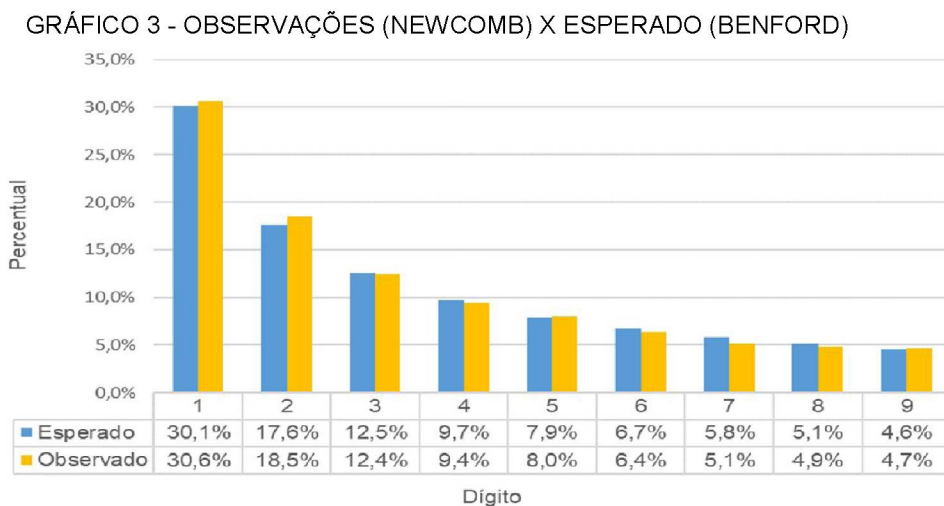
da tabela 2, a porcentagem média é dada para cada um dos dígitos iniciais, bem como a possibilidade de erro no cálculo da média (BENFORD, 1938).

O gráfico 2 mostra as frequências das 20.229 observações que consistiram na lista de dados coletados e compostos por Frank Benford.



FONTE: O autor (2018)

O gráfico 3 mostra o detalhe entre as frequências da lista de dados coletados e compostos por Frank Benford versus as frequências esperadas, como notado por Newcomb. Desta figura é evidente que estas frequências são muito similares



FONTE: O autor (2018)

Com referência à tabela 3, a frequência do primeiro dígito, determinada por 20.299 observações feitas por Frank Benford, é igual a 0,306. Isso está em estreita relação com a frequência esperada do primeiro dígito, conforme determinado por Simon Newcomb, que é 0,301. É, portanto, evidente que há apenas uma ligeira diferença de 0,005 em relação ao primeiro dígito.

TABELA 3 – OBSERVAÇÕES (NEWCOMB) X ESPERADO (BENFORD)

Dígito	Frequência observada	Frequência esperada	Diferença
1	30,6%	30,1%	0,50%
2	18,5%	17,6%	0,89%
3	12,4%	12,5%	-0,09%
4	9,4%	9,7%	-0,29%
5	8,0%	7,9%	0,08%
6	6,4%	6,7%	-0,29%
7	5,1%	5,8%	-0,70%
8	4,9%	5,1%	-0,22%
9	4,7%	4,6%	0,12%

FONTE: BENFORD (1938)

As diferenças para todos os dígitos podem ser facilmente calculadas deduzindo as frequências esperadas das frequências observadas. A diferença será positiva em alguns casos e negativa em outros (BENFORD, 1938). A tabela acima mencionada não indica diferenças significativas entre as frequências observadas e as frequências esperadas. Portanto, as frequências médias das 20.229 observações seguem de perto a relação logarítmica.

Semelhante a Newcomb, Benford não deu qualquer explicação de qualidade para a existência da lei. No entanto, a pura riqueza de evidências que ele forneceu para revelar a realidade e a onipresença desta Lei resultou em seu nome estar ligado a Lei desde então (MATTHEWS, 1999).

O primeiro passo significativo para explicar essa curiosidade matemática foi dado em 1961 por Rodger Pinkham. Com algum pensamento criativo de sua parte, Pinkham apresentou o que parece ser uma explicação matemática para esse fenômeno. Pinkham (1961) apresenta seu artigo afirmando que qualquer leitor que anteriormente desconhecia essa curiosidade, chamada Lei de Benford, acharia uma experiência de amostragem real extraordinariamente tentadora.

Pinkham (1961) afirmou como premissa que se houvesse de fato alguma lei governando distribuições digitais, essa lei deveria ser invariante em escala. Assim, se as áreas das ilhas do mundo ou os cumprimentos dos rios do mundo seguissem uma

lei de algum tipo, seria irrelevante se esses números fossem expressos em milhas ou quilômetros. Pinkham mostrou que a Lei de Benford é invariante em escala sob multiplicação. Isso significa que se todos os números em um campo que se conformassem à lei de Benford fossem multiplicados por uma constante (diferente de zero), a nova lista também seria um conjunto de Benford. Pinkham também mostrou que apenas as frequências da Lei de Benford eram invariantes sob a multiplicação. Portanto, se uma lista de números tiver frequências de dígitos diferentes das da Lei de Benford, a multiplicação por uma constante resultará em diferentes frequências digitais.

Matthews (1999) afirma que o trabalho feito por Pinkham deu à Lei de Benford um grande impulso em relação à sua credibilidade, e encorajou outros matemáticos e estatísticos a levá-lo mais a sério e apresentar outras possíveis aplicações da lei. No entanto, a lei permaneceu misterioso por quase 90 anos, já que evidências matematicamente precisas não foram apresentadas até que Theodore P. Hill publicou seu teorema em 1995 que finalmente forneceu uma prova para a Lei de Benford (DURTSCHI; HILLISON; PACINI, 2004).

Carslaw (1988) aplicou a Lei de Benford para investigar a possível manipulação do lucro líquido reportado. Carslaw (1988) forneceu evidências de que a frequência de ocorrência de certos segundos dígitos (especialmente zero) contidos nos números de renda líquida de algumas firmas neozelandesas afasta-se bastante das expectativas. Em particular, ele observou a frequência mais do que esperada de 0s e a frequência menor que a esperada de 9s na posição do segundo dígito.

Em uma análise de dígitos realizada na Nova Zelândia, determinou-se uma semelhança nos padrões do lucro líquido das empresas dos EUA e da Nova Zelândia. Consequentemente, foi descoberto o efeito oposto para as empresas que relatavam perdas: essas empresas pareciam evitar números redondos de lucro líquido. Esses resultados sugerem que o lucro líquido e o lucro por ação foram arredondados para cima e que as perdas líquidas foram arredondadas para baixo (NIGRINI; MITTERMAIER, 1997).

Em uma tese de doutorado pioneira de Nigrini em 1992, "A detecção da evasão fiscal por meio de uma análise da distribuição digital", a aplicação da Lei de Benford aos casos de evasão fiscal foi pioneira.

Em junho de 1993, Nigrini publicou seu primeiro artigo sobre a Lei de Benford, consistindo de apenas duas páginas, no *The Balance Sheet*, o jornal do Grupo de

Interesse de Investigações e Contabilidade Forense do Instituto Canadense de Contadores Oficiais de Contas. Ele afirmou que a análise de frequências digitais da Lei de Benford pode ser usada na detecção de fraudes (NIGRINI, 1994). O estudo baseou-se na sugestão de que “os indivíduos, por meio de hábitos psicológicos ou outras restrições peculiares à situação, inventarão números fraudulentos que não aderirão às frequências digitais esperadas”.

Nigrini encorajou os outros a ver que a Lei de Benford é muito mais do que apenas uma frivolidade matemática. Nos últimos anos, Nigrini tornou-se a força motriz por trás de um uso despreocupado da lei: a detecção de fraudes (MATTHEWS, 1999).

3.2 FÓRMULAS MATEMÁTICAS DA LEI DE BENFORD

Ao fazer uso do cálculo integral, Benford formulou as frequências digitais esperadas para o primeiro e segundo dígitos e combinações de dígitos em listas de números. As fórmulas para as frequências digitais esperadas (P) são mostradas abaixo, onde D_1 representa o primeiro dígito de um número (01); D_2 representa o segundo dígito de um número (02); e uma combinação de dois dígitos é D_1D_2 (03). Fazendo uso dos logaritmos da base dez, as fórmulas são expressas da seguinte forma por Nigrini (2012):

$$Prob(D_1=d_1) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1}\right); d_1 \in \{1,2,3 \dots 9\} \quad (01)$$

$$Prob(D_2=d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \left(1 + \frac{1}{d_1d_2}\right) \in \{0,1,2 \dots 9\} \quad (02)$$

$$Prob(D_1D_2 = d_1d_2) = \log\left(1 + \frac{1}{d_1d_2}\right); d_1d_2 \in \{10,11 \dots 99\} \quad (03)$$

Para facilitar as fórmulas acima mencionadas, os exemplos a seguir são fornecidos por Nigrini (2012):

A probabilidade do primeiro dígito ser igual a 2 é calculada abaixo:

$$Prob(D_1=2) = \log\left(1 + \frac{1}{2}\right) = \log\left(\frac{3}{2}\right) = 0,17609$$

A probabilidade do segundo dígito ser igual a 2 é calculada abaixo:

$$\begin{aligned}
 Prob(D_2 = 2) &= \sum_{d_1=2}^9 \left(1 + \frac{1}{d_1 d_2}\right) \\
 &= \log\left(1 + \frac{1}{12}\right) + \log\left(1 + \frac{1}{22}\right) + \log\left(1 + \frac{1}{32}\right) \\
 &+ \log\left(1 + \frac{1}{42}\right) + \log\left(1 + \frac{1}{52}\right) + \log\left(1 + \frac{1}{62}\right) \\
 &+ \log\left(1 + \frac{1}{72}\right) + \log\left(1 + \frac{1}{82}\right) + \log\left(1 + \frac{1}{92}\right) \\
 &= 0,10882
 \end{aligned}$$

As etapas na equação acima são baseadas no fato de que o segundo dígito é igual a 2 se os dois primeiros dígitos forem um dos seguintes: 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82 ou 92. A probabilidade do segundo dígito sendo 2 é calculado como a soma das nove probabilidades.

A probabilidade dos primeiros dois dígitos serem 22 é calculada abaixo:

$$Prob(D_1 D_2 = 22) = \log\left(1 + \frac{1}{22}\right) = 0,01931$$

A Tabela 4 mostra as frequências esperadas para todos os dígitos de 0 a 9 das primeiras quatro posições em qualquer número.

TABELA 4 – FREQUÊNCIAS ESPERADAS DA LEI DE BENFORD

Dígito	Primeira posição	Segunda posição	Terceira posição	Quarta posição
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	0,10331	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)

Por muitos anos, a Lei de Benford foi reconhecida como uma curiosidade matemática. Vários pesquisadores contribuíram para o desenvolvimento da teoria da Lei de Benford e forneceram explicações para a teoria, de Simon Newcomb sendo o primeiro pesquisador, a Frank Benford, de quem a Lei tomou seu nome, Theodore Hill, que forneceu a primeira prova matemática da Lei e Mark Nigrini, que é a força motriz por trás da aplicação da lei na detecção de fraude. De acordo com a Lei de Benford, os dígitos 1 a 9 têm diferentes probabilidades de ocorrência como o primeiro dígito. A fórmula $P(n) = \log(n + 1) - \log(n)$ foi criada para descrever as relações empíricas. Ao substituir n por vários valores, a probabilidade para $n = 1$ é de 30,1% e $n = 9$ é de 4,6%.

A primeira aplicação da Lei de Benford à contabilidade e auditoria foi registrada. Carslaw (1988) aplicou a Lei de Benford para investigar a possível manipulação do lucro líquido reportado. Nesse ambiente em que o nível e a complexidade do crime comercial estão aumentando constantemente, a demanda por uma ferramenta útil e econômica está crescendo rapidamente.

3.3 ANÁLISE FORENSE E LEI DE BENFORD

Independentemente de sua origem na década de 1920, a Lei de Benford não foi reconhecida como uma técnica útil para a análise contábil forense até o final da década de 1990. No ambiente de contabilidade forense, a aplicação da Lei de Benford foi identificada como uma técnica para apontar irregularidades em dados numéricos (ODUEKE; WEIR, 2012).

Um contador forense pode aplicar a Lei de Benford como uma ferramenta abrangente para avaliar os resultados da análise dos registros contábeis da empresa-alvo, porque o princípio desta aplicação é examinar séries de dígitos em um conjunto de números que seguem um padrão previsível (NIGRINI, 2011). A Lei de Benford fornece esse benchmark de comparação definindo as distribuições esperadas de dígitos, permitindo que o contador forense interprete os resultados observados. Se qualquer número nos registros contábeis da empresa-alvo estiver fora do índice de referência da Lei de Benford, uma investigação adicional poderá ser executada para as transações específicas (NIGRINI, 2011).

A lei de Benford é geralmente empregada por contadores forenses e auditores em relação à fraude. Segundo Durtschi, Hillison e Pacini (2004), quando um auditor

decide usar a análise digital em um esforço de detecção de fraude, vários assuntos precisam ser considerados:

- (i) Tipos de contas em que a Lei de Benford pode ser eficaz;
- (ii) Tipos de testes que devem ser executados, bem como a interpretação desses testes; e
- (iii) Em que estágio a análise digital é vista como ineficaz.

Durtschi, Hillison e Pacini (2004) resumiu uma tabela para indicar quando é apropriado usar a análise digital baseada na Lei de Benford e quando trazer a prudência em jogo. Os quadros 1 e 2 fornecem exemplos de quando a Lei de Benford provavelmente será eficaz e quando não, assim como um exemplo de um conjunto de dados específico.

QUADRO 1 – LEI DE BENFORD - PROVAVELMENTE EFICAZ

Quando a Lei de Benford é provável que seja eficaz	Exemplos
Conjuntos de números que resultam de combinações matemáticas.	Contas a receber (quantidade vendida x preço). Contas a pagar (quantidade comprada x preço).
Dados no nível da transação.	Desembolsos, vendas, despesas.
Em grandes conjuntos de dados.	Transações de todo o ano.
Quando a média de um conjunto de números é maior que a mediana e a assimetria é positiva.	A maioria dos conjuntos de números contábeis.

FONTE: DURTSCHI; HILLISON; PACINI (2004)

QUADRO 2 – LEI DE BENFORD – PROVAVELMENTE INEFICAZ

Quando a Lei de Benford não é provável que seja eficaz	Exemplos
Conjunto de dados composto por números atribuídos.	Número de verificação, números de faturas, códigos postais.
Números que são influenciados pelo pensamento humano.	Preços fixados em limiares psicológicos (\$1,99); Saques de ATM.
Contas com grande número de firmas e números específicos.	Uma conta especificamente configurada para registrar reembolsos de \$100.
Contas com um mínimo ou máximo interno.	Conjunto de ativos que devem atender a um limite a ser registrado.
Onde nenhuma transação é registrada.	Roubos, propinas, contratação de equipamentos.

FONTE: DURTSCHI; HILLISON; PACINI (2004)

Nigrini (1999) listou várias contas potenciais para as quais a Lei de Benford e a análise digital podem ser úteis:

1. Dados de contas a pagar;
2. Estimativas no razão geral;
3. O tamanho relativo dos preços unitários de estoque entre locais;
4. Pagamentos duplicados;
5. Conversão de sistema de computador;
6. Novas combinações de preços de venda; e
7. Reembolsos do cliente.

Outros objetivos que são igualmente aplicáveis incluem análise de transações com cartão de crédito, ordens de compra, dados de empréstimos, preços de ações e saldos de clientes (SINGLETON, 2011).

A fim de ilustrar a aplicação de detecção de fraude da Lei de Benford, Nigrini (2012) preparou um quadro (quadro 3) com os seguintes títulos de coluna: Área, Objetivo e Unidade de teste. “Área” refere-se ao tipo de conta ou item da demonstração financeira, “Objetivo” é o alvo definido, e a “Unidade de teste” consiste na quantidade ou componente que precisa ser testado. O objetivo do quadro 3 é exemplificar a área ampla de contas que é adequada para a Lei de Benford, juntamente com a finalidade de por que a conta específica seria selecionada.

QUADRO 3 - APLICAÇÃO PARA DETECÇÃO DE FRAUDE

Área	Objetivo	Unidade de teste
Contas a pagar	Identificar desembolsos de fornecedores questionáveis ou incomuns	Quantia paga
Contas a receber	Identificar contas a receber questionáveis ou incomuns	Valor da fatura
Relatório de despesas	Identificar desembolsos de funcionários questionáveis ou incomuns	Quantia paga
Ativo permanente	Identificar desembolsos de fornecedores questionáveis ou incomuns	Quantia paga
Imposto de Renda	Conformidade - identificar retornos corporativos suspeitos	Montante
Reivindicações de seguro	Identificar alegações potencialmente fraudulentas	Quantia paga
Inventário	Identificar patrimônio subdimensionada / superdimensionada	Inventário físico
Resultado líquido	Identificar o lucro líquido potencialmente fraudulento	Conta
Folha de pagamento	Identificar possíveis funcionários fantasmas	Endereço
Vendas	Identificar receita potencialmente fraudulenta	Montante
Ativo total	Identificar ativos potencialmente fraudulentos	Montante

FONTE: NIGRINI (2012)

É evidente a partir do quadro 3 que a Lei de Benford pode ser aplicada a uma série de áreas por meio de diferentes objetivos e implementação de várias unidades de teste. Uma vez que o contador forense tenha identificado o objetivo, a área e a unidade de teste podem ser selecionadas. Por exemplo, se o contador forense descobriu sinais de alerta em relação a créditos incomuns, a área de seleção será contas a receber e a quantia será a unidade de teste.

Nigrini (2012) fornece uma sinopse das sete regras que devem ser lembradas ao criar conjuntos de dados:

1. Assegurar que os dados formam conjunto coerente;
2. Fazer uso de dados relevantes para uma entidade corporativa;
3. Selecionar um período contábil definido;
4. Certificar-se de que as transações sejam catalogadas de maneira independente e exclusiva;
5. Aplicar uma legenda de tipos de transação;
6. Reconciliar com os registros financeiros; e
7. Empregar o menor conjunto estatisticamente válido.

3.4 TESTES DA LEI DE BENFORD

Nigrini e Mittermaier (1997) recomendaram seis testes de digitais que podem ser utilizados por auditores internos e externos. De acordo com Nigrini (2011), vários dos testes de análise digital podem ser empregados por um contador forense durante uma investigação. Na aplicação desses testes, o contador forense avalia a atividade de saída dos registros contábeis e livros selecionados da entidade-alvo para a frequência de dígitos esperados, de acordo com a Lei de Benford. Esses são os três principais testes digitais que podem ser usados para determinar se os conjuntos de dados em conformidade com a Lei de Benford (NIGRINI, 2011). Os testes são listados da maneira como são normalmente executados, com uma breve descrição de seu uso específico. O objetivo com testes da Lei de Benford é separar o grupo anormal de centenas ou milhares de resultados para um exame mais aprofundado do grupo (NIGRINI; MITTERMAIER, 1997).

3.4.1 Teste do primeiro dígito

O primeiro dígito de um número é o dígito mais à esquerda, com o entendimento de que o dígito nunca pode ser igual a 0. Por exemplo, o primeiro dígito do número 4.535 é 4. O primeiro teste de dígito é um teste que pode ser útil com um conjunto de dados com poucos registros (talvez 300 registros). Um ajuste fraco à Lei de Benford é geralmente um sinal de que o conjunto de dados contém duplicações e anomalias anormais. Se um auditor tiver quatro conjuntos de dados e três deles tiverem uma boa adequação à Lei de Benford, a estratégia deve ser focar no quarto conjunto de dados não conforme, porque ele tem o maior risco de erros ou fraude. Além disso, se uma única empresa tiver três quartos de dados em conformidade e um quarto de dados não conformes, os dados não conformes têm os maiores riscos de erros ou fraudes. O problema com o teste dos primeiros dígitos é que os primeiros dígitos podem mostrar um padrão de conformidade mesmo que os dados tenham alguns problemas sérios (NIGRINI, 2012).

3.4.2 Teste do segundo dígito

O segundo dígito no número 7.939 é 9. O teste de segundo dígito é útil em algumas situações especiais. Para dados de pagamentos e outros conjuntos de dados nos quais os preços estão envolvidos, o gráfico de segundo dígito normalmente mostrará o excesso de 0s e 5s devido a números redondos (como 75, 100 e 250). Isso é normal e não deve ser motivo de preocupação. O segundo teste de dígitos funciona muito bem para detectar vieses nos dados. Um viés surge quando as pessoas visam números específicos ou intervalos de números para contornar os limites de controle interno reais ou percebidos. Os vieses também ocorrem no marketing quando supermercados ou cadeias de desconto estabelecem preços de venda com o dígito final 9s (NIGRINI, 2012).

O teste do segundo dígito foi usado para detectar o comportamento de arredondamento nos relatórios de lucros corporativos. Quando os controladores arredondam seus números de vendas ou lucro líquido de (por exemplo) \$994.000 para \$1.006.000, o efeito é perceptível usando uma análise de segundo dígito porque haverá mais 0 segundo dígito do que o esperado e menos 9s segundo dígito. O teste de segundo dígito também pode ser útil para detectar problemas nas contagens

eleitorais, contagens de estoque, leituras do odômetro e números de vendas diárias. Os números de vendas diárias durante um período de um trimestre ou um ano geralmente não seguem a Lei de Benford porque a variabilidade simplesmente não existe para cobrir todos os primeiros dígitos. Um posto de gasolina que venda 3.000 galões por dia normalmente terá vendas na faixa de \$10.000 a \$12.000, e todos os primeiros dígitos serão iguais a 1. No entanto, mesmo com os primeiros dígitos não conformes, os segundos dígitos ainda devem estar em conformidade com a Lei de Benford (NIGRINI, 2012).

3.4.3 Teste dos dois primeiros dígitos

O teste dos dois primeiros dígitos é mais adequado do que os testes acima mencionados. O objetivo deste teste é diminuir o tamanho do alvo. Por exemplo, os dois primeiros dígitos de 9.434 são 94. Esse teste é executado para descobrir anomalias nos dados que não são facilmente evidentes a partir do primeiro ou do segundo dígitos quando vistos isoladamente. Esse teste é, até certo ponto, poderoso para a detecção de vieses nos dados, por exemplo, números que gravitam em determinados valores e é aplicável para detectar duplicações anormais de dígitos e possíveis vieses nos dados.

O teste de primeira ordem é o principal teste da Lei de Benford, a menos que haja circunstâncias especiais, como um pequeno conjunto de dados ou uma investigação direcionada à um comportamento de arredondamento (NIGRINI, 2012).

3.5 TESTES DE VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA

Ao realizar cada um dos testes mencionados, o auditor precisa frequentemente manter um julgamento profissional, além de determinar os outros procedimentos analíticos compulsórios. Os auditores precisam examinar os dados incomuns com cautela e examinar as evidências de apoio para concluir a presença das inconsistências (ASHCROFT; BAE; NORVELL, 2002).

De acordo com Nigrini (2012), não há uma técnica definida para determinar como um conjunto de dados observado se ajusta à Lei de Benford. Assim, o contador forense tem que determinar o método mais adequado para os dados observados.

Os testes estatísticos de conformidade precisam ser considerados para diminuir as ameaças colocadas pelos erros tipo I e tipo II (OVERHOFF, 2011). Erro tipo I é onde o auditor acredita que a fraude ocorreu quando, de fato, não existe fraude (auditoria em excesso), e o tipo II é quando o auditor acredita que nenhuma fraude ocorreu, enquanto fraude foi cometida (sob auditoria).

Nigrini (2012) destaca as características de um teste de qualidade de ajuste válido:

1. O teste precisa avaliar a adequação do ajuste de toda a distribuição e não apenas uma combinação única de dois dígitos;
2. O teste não deve fazer uso do volume da amostra (n) em vista do fato de que o problema de excesso de poder, que levará constantemente a inconformidades em conjuntos maiores de dados;
3. Os profissionais precisam entender o teste, além da programação do teste no software; e
4. O pronunciamento aceitar ou rejeitar tem que ser determinado sem prejuízo.

Um teste de adequação que tenha sido aplicado a um conjunto de dados contábeis observados, de modo a revelar evidências estatísticas de não conformidade com a Lei de Benford, não pode ser considerado definitivo. No entanto, é uma das várias ferramentas de investigação que devem ser exploradas por um contador forense na detecção de fraudes (NIGRINI, 2012).

Bhattacharya, Kumar e Smarandache (2005) formulou as seguintes hipóteses:

Hipótese nula: As frequências de primeiro dígito observadas em um conjunto de dados são distribuídas de acordo com a Lei de Benford.

Hipótese alternativa: As frequências de primeiro dígito observadas em um conjunto de dados não são distribuídas de acordo com a Lei de Benford.

Se hipótese nula for rejeitada, isso implicaria que os dígitos não se aproximam de uma distribuição Benford. Por outro lado, dado que hipótese alternativa é aceita e H_0 é rejeitado, poderia implicar qualquer uma das quatro explicações possíveis:

1. A Manipulação não existe - ocorreu erro tipo I, ou seja, hipótese nula rejeitada quando verdadeiro;
2. A manipulação existe e tal manipulação é sem dúvida fraudulenta;
3. A manipulação existe e tal manipulação pode ou não ser fraudulenta;
4. Manipulação existe e tal manipulação é sem dúvida não fraudulenta.

3.5.1 Teste Qui-quadrado

Um método de avaliação estatística é o teste do qui-quadrado. Pelo fato do teste qui-quadrado utilizar o número esperado de observações no cálculo da estatística, ele se torna muito sensível à pequenos desvios da Lei de Benford para grandes conjuntos de dados. O teste não é muito útil em análises forenses para avaliação de conformidade, porque geralmente estamos lidando com grandes conjuntos de dados (NIGRINI, 2012).

$$Qui - quadrado = \sum_{i=1}^k \frac{(AC - EC)^2}{EC}$$

onde:

AC = Contagem real

EC = Contagem esperada

K = Número de combinações possíveis

3.5.2 Teste Estatística Z

De acordo com Nigrini (2012), a estatística z é o teste aprovado para determinar se as frequências reais de um dígito se desviam das frequências esperadas da Lei de Benford. A fórmula da estatística Z leva três elementos em consideração: a magnitude absoluta da diferença; o tamanho do conjunto de dados e, por fim; a proporção esperada. Estatísticas Z também podem ser aplicadas para verificar diferenças significativas entre os valores esperado e real, ou seja, a margem de erro. Quanto maior o escore Z, menor a probabilidade de que o resultado seja devido ao acaso. A estatística z é calculada da seguinte forma:

$$Z = \frac{|AP - EP| - \left(\frac{1}{2N}\right)}{\sqrt{\frac{EP(1 - EP)}{N}}}$$

onde:

AP = Proporção real

EP = Proporção esperada

N = número de registros

$1 \div 2N$ = termo de correção de continuidade e é usado somente quando é menor que o primeiro termo no numerador

No que diz respeito à aplicação da Lei de Benford, a norma é a utilização de um nível de significância de 5%. Além disso, um contador forense deve lembrar que a estatística Z é criada para testar um único dígito de cada vez e não se espera que demonstre conformidade completa ou não conformidade (NIGRINI, 2012).

O contador forense normalmente descobrirá variações na análise de dados, mas o emprego da estatística z permite que o contador forense estabeleça os limites da diferença. O aspecto significativo que o contador forense deve ter em mente é que, se a estatística Z para um ponto que não segue a Lei de Benford excede 1,96 ao aplicar um nível de significância de 5%, os dados abrangentes implicam investigação adicional (NIGRINI, 2012).

A estatística Z sofre do problema de excesso de poder. A estatística Z sinaliza muitas diferenças significativas para grandes conjuntos de dados, mesmo que as diferenças sejam visualmente muito pequenas. Como conjuntos de dados de 1 ou 2 milhões de registros são razoavelmente comuns, a estatística Z não é uma boa escolha como indicador de conformidade (NIGRINI, 2012).

3.5.3 Teste de Kolmogorov-Smirnoff

Outro teste de todos os dígitos ao mesmo tempo é o teste Kolmogorov-Smirnoff. Este teste é baseado na função de densidade cumulativa (NIGRINI, 2012):

$$Kolmogorov - Smirnov = \frac{1,36}{\sqrt{N}}$$

onde:

N = Número de registros

Embora o gráfico de comparação com a Lei de Benford possa parecer visualmente bom, apenas pequenos desvios são tolerados quando o número de registros se torna grande. A inclusão de N na fórmula torna esse teste inapropriado em cenários forenses do mundo real.

3.5.4 Teste do Desvio Absoluto Médio

Os testes anteriores levaram em consideração o número de registros para o valor crítico da estatística de teste. Os testes se tornam mais sensíveis a desvios à medida que o N aumenta. Segundo Nigrini (2012), esses testes são pouco práticos para dados do mundo real. O que é necessário é um teste que ignore o número de registros. O teste de Desvio Absoluto Médio é esse teste e a fórmula é mostrada na equação:

$$\text{Desvio Absoluto Médio} = \frac{\sum_{i=1}^K |AP - EP|}{K}$$

onde:

AP: Proporção real

EP: Proporção esperada

K: Número de combinações possíveis

Quanto maior o Desvio Absoluto Médio, maior a diferença média entre as proporções real e esperada, conforme tabela apresentada por Nigrini (2012):

TABELA 5 – INTERPRETAÇÃO DO DESVIO ABSOLUTO MÉDIO

continua		
Dígitos	Intervalo	Conclusão
Primeiro dígito	0,000 a 0,006	Conformidade próxima
	0,006 a 0,012	Conformidade aceitável
	0,012 a 0,015	Conformidade marginalmente aceitável
	Acima de 0,015	Não conformidade

conclusão

Dígitos	Intervalo	Conclusão
Segundo dígito	0,000 a 0,008	Conformidade próxima
	0,008 a 0,010	Conformidade aceitável
	0,010 a 0,012	Conformidade marginalmente aceitável
	Acima de 0,012	Não conformidade
Primeiros dois dígitos	0,0000 a 0,0012	Conformidade próxima
	0,0012 a 0,0018	Conformidade aceitável
	0,0018 a 0,0022	Conformidade marginalmente aceitável
	Acima de 0,0022	Não conformidade

FONTE: NIGRINI (2012)

3.6 BENEFÍCIOS DA LEI DE BENFORD

Desde que a Lei foi descoberta, os difusores da Lei de Benford propuseram que seria uma ferramenta vantajosa para a detecção de fraudes (SINGLETON, 2011). Existem várias vantagens de usar a Lei de Benford para detectar fraudes e tem um amplo espectro de aplicações que são úteis para contadores forenses.

Lynch e Xiaoyuan (2008) sustentam que a Lei de Benford oferece uma ferramenta poderosa, econômica e acessível para auditores, gerentes e analistas verificarem um grande conjunto de dados de totais calculados para possível fraude, erro, viés manipulativo ou ineficiência de processamento ou outras anomalias.

Stalcup (2010) afirma que a fraude é persuasiva e que os examinadores de fraude precisam estar familiarizados com todas as ferramentas e técnicas potenciais para evitar e identificar erros e anomalias. Além disso, a Lei de Benford é uma ferramenta rápida e sofisticada que um examinador de fraudes pode achar valiosa na auditoria de enormes conjuntos de dados. Esta lei é capaz de restringir os testes conforme necessário, enfatizando as irregularidades e suavizando o progresso da detecção de fraudes.

A Lei de Benford tem uma abordagem diversificada de olhar para números. Em combinação com ferramentas adicionais de auditoria, a Lei de Benford auxilia os

auditores a reduzir a “lacuna de expectativas”, aumentando as possibilidades de descobrir fraudes e descobrindo erros e ineficiências nos resultados financeiros das empresas. Além disso, aprimora a amostragem para que os auditores possam prestar atenção a áreas fraudulentas ou suspeitas (OVERHOFF, 2011).

Já há uma década, James Searing, sócio e diretor de desenvolvimento de serviços estratégicos da Ernst & Young, fez uma comparação médica, dizendo que, assim como os raios X oferecem aos médicos uma abordagem adicional para examinar o corpo, a Lei de Benford fornece aos examinadores de fraude outra abordagem de olhar dados financeiros de uma empresa (NIGRINI, 2011).

Nigrini (2011) sustenta que as técnicas de análise digital, como a Lei de Benford, fornecem ao contador forense várias abordagens prospectivas relacionadas ao computador para conduzir investigações forenses financeiras com sucesso. Além disso, a análise digital permite ao contador forense dar uma olhada geral em todo o conjunto de dados, o que deve ajudar o contador forense a planejar melhor o escopo do trabalho.

Um procedimento de revisão analítica baseado na Lei de Benford não é influenciado pelo tamanho ou histórico de uma transação. É, portanto, um instrumento poderoso na detecção de fraudes relevantes, em que pequenas quantias são fraudadas ao longo de um período de tempo, por meio de transações duvidosas que não são captadas pelos controles internos. Os procedimentos tradicionais de revisão podem identificar fraudes em conexão com uma única transação de alto valor, mas eles podem não ser bem-sucedidos na detecção de tais fraudes com valores menores (BHATTACHARYA; XU; KUMAR; 2010).

Nigrini (2011) afirma que um contador forense pode realizar um exame mais efetivo utilizando a Lei de Benford, com a capacidade de aprofundar a análise dos documentos originais conforme necessário. Por meio da aplicação de julgamento profissional e técnicas estatísticas, um contador forense pode descobrir anomalias que atendem aos critérios para investigação adicional.

Além do fato de que a Lei de Benford oferece uma ferramenta que pode tornar os usuários atentos a possíveis erros ou possíveis fraudes, a Lei de Benford possui outro benefício sobre outras técnicas empregadas para a detecção de fraudes: a lei é aplicada sem dificuldades (SAVILLE, 2006).

Segundo Ashcroft, Bae e Norvell (2002), a análise digital amplia extensivamente o sucesso e a eficiência do auditor, permitindo que o auditor detecte,

sem dificuldade, grupos de transações que se espera que sejam falsificadas ou distorcidas em relação à média. A Lei de Benford fornece uma técnica de mineração de dados intuitiva, mas fácil de implementar, para um auditor ou investigador financeiro que quer determinar a validade de um conjunto de dados contábeis.

Lanza (2000) acrescenta que os contadores forenses deveriam fazer uso da Lei de Benford porque ela é compreendida sem dificuldade e a informação pode ser facilmente apresentada aos gestores.

Dado que a fraude é cometida frequentemente em uma abordagem replicada e coordenada, a Lei de Benford pode ajudar muitas empresas na detecção precoce de algumas formas de fraude. Além disso, com o uso da análise digital, os sistemas podem ser criados para examinar as transações continuamente como um método proativo para a detecção preditiva de fraudes (NIGRINI, 2012).

Lynch e Xiaoyuan (2008) mencionam duas vantagens do uso da Lei de Benford: Primeiro, a Lei não é influenciada por invariância de escala e, segundo a Lei pode auxiliar quando falta um documento de apoio para fornecer evidência sobre a legitimidade das transações listadas no documento em falta.

Durtschi, Hillison e Pacini (2004) descrevem uma análise de Lei de Benford como uma técnica analítica predominantemente útil, porque ela não usa dados combinados, mas é realizada em contas particulares usando todos os dados acessíveis. A Lei pode ser de ajuda excepcional na identificação de contas específicas para análises e investigações adicionais.

Nigrini (2012) afirmam que os contadores forenses precisam compreender a capacidade de mineração de dados por várias razões:

1. A melhor evidência em uma investigação frequentemente existe em sua forma original e eletrônica;
2. Devido a enormes quantidades de dados nas entidades atuais, além do fato de que a maioria, se não todos os eventos de negócios, possui muitos dígitos, a mineração de dados é frequentemente mais eficiente e, ocasionalmente, a única maneira de reunir as evidências necessárias;
3. A análise de dados permite que os investigadores combinem diferentes conjuntos de dados e apresentem informações que não estariam disponíveis por meio de revisão manual; e

4. A aplicação de regras da empresa para a identificação de transações suspeitas pode ser utilizada com mais recursos em grandes conjuntos de dados por meio de mineração de dados.

3.7 LIMITAÇÕES DA LEI DE BENFORD

Quando os dados são de magnitude similar, as distribuições previstas pela Lei de Benford não serão válidas; assim, a Lei de Benford não é aplicável universalmente. Em essência, não se espera que a Lei de Benford se aplique a medições onde a intervenção humana tenha ocorrido, por exemplo, renda de aluguel baseada em contrato ou onde números aleatórios tenham sido alocados, como números telefônicos. Além disso, algumas populações de dados relacionados à contabilidade não estão de acordo com as distribuições esperadas, conforme previsto pela Lei de Benford. Consequentemente, nem todas as contas rotuladas como “não conformes” serão resultado de fraude (DURTSCHI; HILLISON; PACINI, 2004).

Os testes baseados na Lei de Benford são realizados com frequência para fins de detecção de fraudes na literatura contábil e por artigos de outras disciplinas. O charme desse método parece desconsiderar incertezas legítimas em relação à sua praticidade. No entanto, surgem dúvidas sobre o poder deste método. Surpreendentemente, existe pouca preocupação sobre o assunto da validade dos testes de Benford (DIEKMANN; JANN, 2010).

Embora a lei de Benford se apresente como uma ferramenta útil atualmente disponível para contadores forenses, há limitações à sua capacidade.

Durtschi, Hillison e Pacini (2004) afirmam que os resultados de uma análise da lei de Benford são mais confiáveis quando a conta como um todo foi analisada em vez de amostras da conta. A razão é que quanto maior o número de itens ou transações em um conjunto de dados, mais precisa é a análise.

Uma consideração importante a ter em mente, de acordo com Nigrini (2012), é que a Lei não se aplica a todas as populações numéricas. Os dados devem atender aos seguintes critérios para a lei se aplicar:

1. Todas as transações devem medir os mesmos fenômenos. Exemplos corporativos incluem os valores de mercado das empresas na bolsa de valores, a receita de empresas listadas na bolsa de valores ou

inventários de empresas na bolsa de valores. Os valores devem estar todos na mesma moeda;

2. Não deve haver valores mínimos ou máximos incorporados no conjunto de dados, exceto o número zero, que é um mínimo aceitável. A presença de mínimos ou máximos distorcerá as frequências dos dígitos;
3. Os números não devem ser atribuídos números; eles devem ser aleatórios por natureza. Os números atribuídos são números atribuídos a coisas para substituir palavras, por exemplo, números de telefone, códigos postais e números de contas bancárias. Esses números inventados teriam sua distribuição de dígitos determinada pelo indivíduo que atribísse os números;
4. O conjunto de dados deve ter mais observações de itens pequenos do que itens grandes. O número de pequenos eventos financeiros é maior que o número de grandes eventos financeiros;
5. Os números dos dados devem, em geral, ter quatro ou mais dígitos para um bom ajuste com a Lei de Benford; e
6. Um grande conjunto de dados é necessário para um ajuste próximo à distribuição Benford. Uma pequena amostra não pode processar as frequências esperadas de Benford, o que causará desvios da lei. Quando um conjunto de dados aumenta de tamanho, torna-se mais razoável adquirir as frequências esperadas da Lei de Benford.

A principal preocupação em relação à lei de Benford, segundo Albrecht (2008), é que os dados corporativos não seguem padrões naturais o tempo todo. Há muitas razões pelas quais as transações podem não estar de acordo com as distribuições esperadas da Lei de Benford, como ciclos de negócios incomuns, despesas fixas recorrentes e valores atribuídos.

Albrecht (2008) ensinou análise digital a milhares de contadores profissionais. Em dez anos pedindo aos participantes para compartilhar seu sucesso com a análise digital, apenas três pessoas declararam ter encontrado fraude por meio da Lei de Benford. Os outros indivíduos disseram que a análise digital poderia ter sido usada para expor fraudes que já haviam sido descobertas. No entanto, retrospectiva não é previsão.

Stalcup (2010) menciona uma falha da Lei de Benford na medida em que não funcionará em pequenas amostras. Por exemplo, se um contador forense examinar uma conta bancária com 20 cheques para o ano, a amostra não deve seguir os padrões previstos pela Lei de Benford. Uma amostra maior é necessária para fazer o teste funcionar.

Além disso, a análise de Benford não irá capturar um fraudador que manipule uma ou uma quantidade muito pequena de transações. Isto implica que a análise não é susceptível de pegar um criminoso que escreveu um cheque para si mesmo, mas um contador forense pode pegar alguém que, no decurso de uma série de transações, manipula os faturamentos ou pagamentos, tanto quanto necessário para afligir o padrão conforme previsto.

Segundo Lu, Boritz e Covvey (2006), um dos limites da Lei de Benford na detecção de fraudes tem sido a exigência de que os registros analisados não tenham cortes artificiais, o que significa que os registros devem ser completos.

Bierstaker, Brody e Pacini (2006) especificou a natureza das fraudes que não puderam ser detectadas pela análise digital pelo fato de os conjuntos de dados sob exame não serem adequados para o método de análise proposto. De acordo com esses autores (BIERSTAKER; BRODY; PACINI, 2006), a análise digital não detectará fraudes como manipulação de contratos, remessas defeituosas ou entregas defeituosas. Além disso, contas bancárias ou endereços duplicados não podem ser descobertos; no entanto, dois funcionários com o mesmo endereço podem sinalizar uma empresa-fantasma.

Durtschi, Hillison e Pacini (2004) também considera a provável limitação da Lei de Benford e sugeriu que as contas que podem não seguir uma distribuição Benford serão específicas da empresa, por exemplo, uma conta especificamente configurada para registrar reembolsos de até \$100.

Segundo Cho e Gaines (2007), uma ressalva significativa é que nem todos os números seguem o padrão previsto da lei. Por exemplo, na contabilidade, a distribuição do primeiro dígito pode tornar-se distorcida quando os recibos incluem uma grande quantidade de transações indistinguíveis que refletem as vendas de um item particularmente popular cujo preço é invariável.

Nigrini (2011) menciona um problema relativo a alguns dos testes digitais é a existência de muitos falsos positivos, e várias anomalias podem aparecer que não têm relação com a fraude. Diekmann e Jann (2010) observaram que, além do problema

de falsos positivos, a questão pode ser levantada se um teste baseado em distribuições de dígitos é, de fato, uma ferramenta poderosa para diferenciar entre dados fraudulentos e não fraudulentos.

4 ESTUDO DE CASO

Em uma empresa de educação do setor privado, foram obtidas as todos os lançamentos de despesas com a aquisição de bens e serviços que foram lançadas entre 01 de janeiro de 2017 e 31 de dezembro de 2017 no sistema de gestão de compras da empresa. O conjunto obtido é formado por um total de 81.974 itens adquiridos. Desses itens, foram listados os valores totais individuais, resultantes da multiplicação das variáveis “quantidade” e “preço unitário”.

Conforme as teorias que abordam a Lei de Benford, esses valores deveriam seguir a frequência esperada dos dígitos para representar um conjunto sem duplicações, omissões, erros de digitação e manipulações intencionais dos valores.

Os testes da Lei de Benford escolhidos para serem aplicados foram:

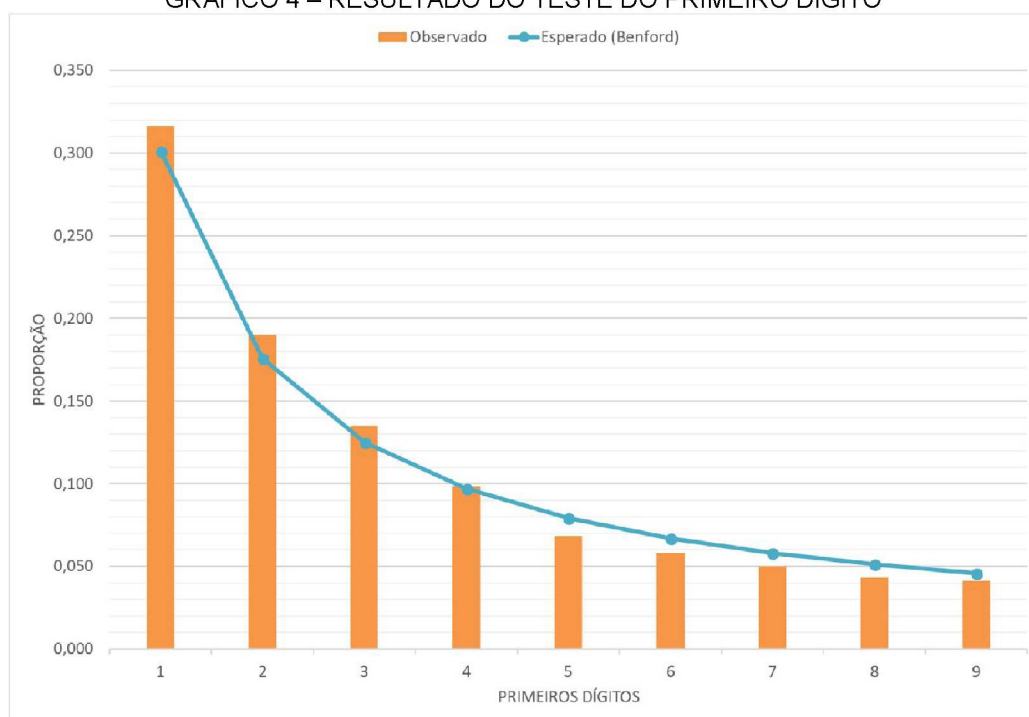
- (i) O teste do primeiro dígito: esse é teste mais conhecido, mas que pode apresentar conformidade, mesmo para conjuntos não conformes.
- (ii) O teste do segundo dígito: Onde é comum encontrar excesso de 0s e 5s para conjunto de dados financeiros e;
- (iii) O teste dos dois primeiros dígitos: O teste mais adequado para encontrar anomalias nos dados.

A diferença entre a frequência de dígitos esperada e observada é submetida ao teste estatístico chamado Desvio Absoluto Médio, que tem por objetivo validar se a diferença é significativa ou não. Esse teste é recomendado por Nigrini (2012) como o mais adequado para a avaliação de conjuntos com grande quantidade de dados, pois ele não tem a sensibilidade afetada pelo tamanho do conjunto. Outros testes, como a estatística Z e o qui-quadrado são muito sensíveis para grandes conjuntos, não tolerando pequenas diferenças entre frequência esperada e observada.

4.1 RESULTADO DO TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO

Para observar a frequência de dígitos das despesas, foi realizada a contagem de repetições de cada primeiro dígito, comparada com a frequência esperada e analisada a diferença entre as frequências com o teste Desvio Absoluto Médio. Os resultados estão presentes no gráfico 4 e tabela 6.

GRÁFICO 4 – RESULTADO DO TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO



FONTE: O autor (2018)

TABELA 6 - RESULTADO DO TESTE DO PRIMEIRO DÍGITO

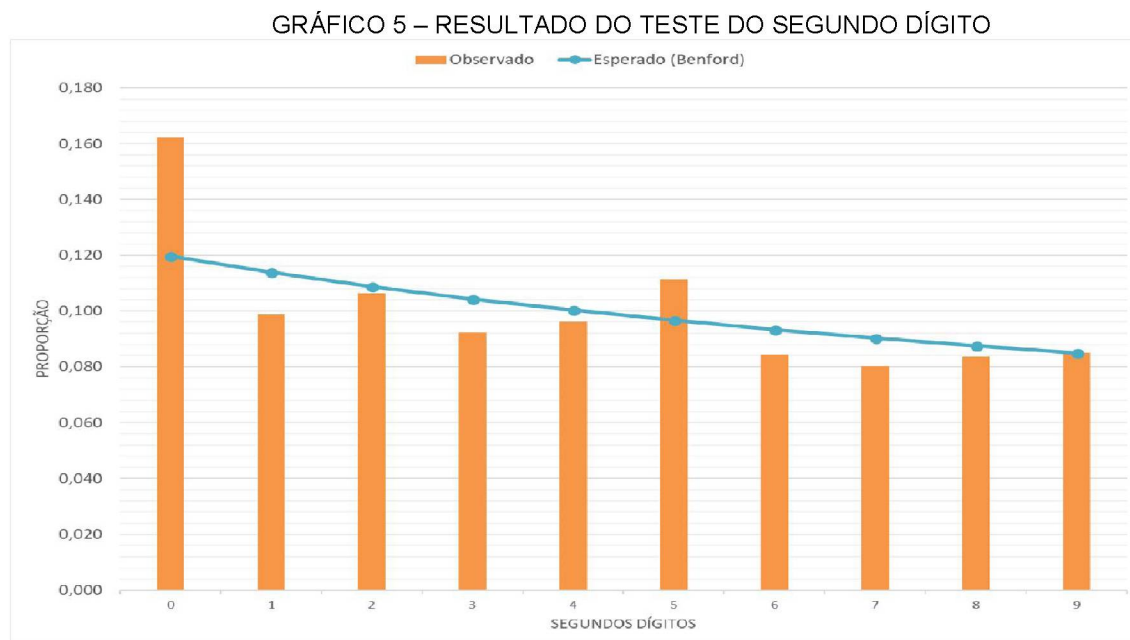
Primeiro dígito	Contagem	Observado	Esperado (Benford)	Diferença
1	25.931	0,316	0,301	0,015
2	15.579	0,190	0,176	0,014
3	11.039	0,135	0,125	0,010
4	8.069	0,098	0,097	0,002
5	5.602	0,068	0,079	-0,011
6	4.768	0,058	0,067	-0,009
7	4.100	0,050	0,058	-0,008
8	3.534	0,043	0,051	-0,008
9	3.352	0,041	0,046	-0,005
Desvio Absoluto Médio				0,009

FONTE: O autor (2018)

O resultado do cálculo do Desvio Absoluto Médio foi 0,009, o que significa que o conjunto tem uma conformidade aceitável. Se utilizarmos os parâmetros de conformidade do Desvio Absoluto Médio para analisarmos a diferença absoluta entre Observado e Esperado para cada dígito, o dígito 1 possui uma conformidade marginalmente aceitável.

4.2 RESULTADO DO TESTE DO SEGUNDO DÍGITO

Para observar a frequência de dígitos das despesas, foi realizada a contagem de repetições de cada segundo dígito, comparada com a frequência esperada e analisada a diferença entre as frequências com o teste Desvio Absoluto Médio. Os resultados estão presentes no Gráfico 5 e Tabela 7.



FONTE: O autor (2018)

TABELA 7 - RESULTADO DO TESTE DO SEGUNDO DÍGITO

Segundo dígito	Contagem	Observado	Esperado (Benford)	Diferença
0	13301	0,162	0,120	0,043
1	8098	0,099	0,114	-0,015
2	8716	0,106	0,109	-0,002
3	7565	0,092	0,104	-0,012
4	7873	0,096	0,100	-0,004
5	9119	0,111	0,097	0,015
6	6911	0,084	0,093	-0,009
7	6568	0,080	0,090	-0,010
8	6857	0,084	0,088	-0,004
9	6966	0,085	0,085	0,000
			Desvio Médio Absoluto	0,01143

FONTE: O autor (2018)

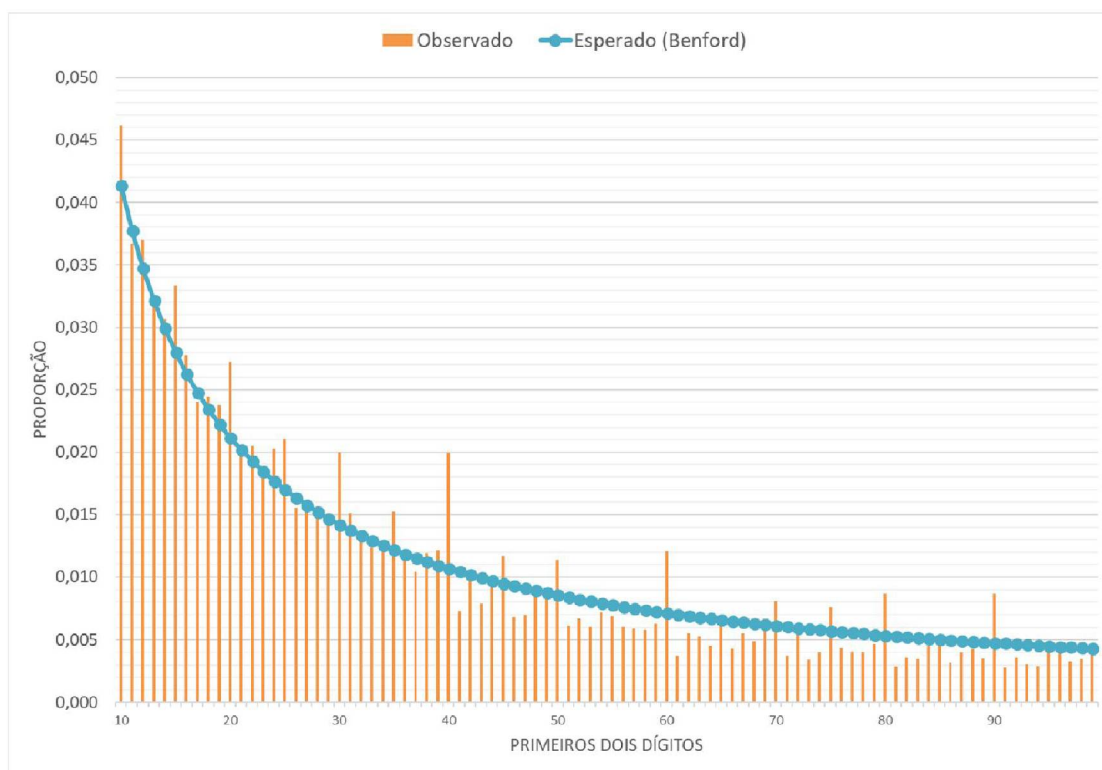
O resultado do cálculo do Desvio Absoluto Médio foi 0,01143, o que significa que o conjunto tem uma conformidade marginalmente aceitável. Se utilizarmos os

parâmetros de conformidade do Desvio Absoluto Médio para analisarmos a diferença absoluta entre Observado e Esperado para cada dígito, podemos concluir que a frequência observada para o segundo dígito quando 0 é não conforme e quando 5 é marginalmente aceitável.

4.3 RESULTADO DO TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS

Para observar a frequência de dígitos das despesas, foi realizada a contagem de repetições dos dois primeiros dígitos, comparada com a frequência esperada e analisada a diferença entre as frequências com o teste Desvio Absoluto Médio. Os resultados estão presentes no gráfico 6 e tabela 8.

GRÁFICO 6 – RESULTADO DO TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS



FONTE: O autor (2018)

TABELA 8 – RESULTADO DO TESTE DOS DOIS PRIMEIROS DÍGITOS

continua

Primeiros dois dígitos	Contagem	Observado	Esperado (Benford)	Diferença
10	3784	0,046	0,041	0,0048
11	3008	0,037	0,038	0,0011
12	3032	0,037	0,035	0,0022

continua

Primeiros dois dígitos	Contagem	Observado	Esperado (Benford)	Diferença
13	2664	0,032	0,032	0,0003
14	2512	0,031	0,030	0,0007
15	2734	0,033	0,028	0,0053
16	2273	0,028	0,026	0,0014
17	1971	0,024	0,025	0,0008
18	2002	0,024	0,023	0,0009
19	1951	0,024	0,022	0,0015
20	2228	0,027	0,021	0,0060
21	1672	0,020	0,020	0,0002
22	1677	0,020	0,019	0,0012
23	1505	0,018	0,018	0,0001
24	1662	0,020	0,018	0,0025
25	1725	0,021	0,017	0,0040
26	1276	0,016	0,016	0,0008
27	1312	0,016	0,016	0,0002
28	1282	0,016	0,015	0,0004
29	1240	0,015	0,015	0,0004
30	1641	0,020	0,014	0,0058
31	1237	0,015	0,014	0,0013
32	1070	0,013	0,013	0,0003
33	1012	0,012	0,013	0,0006
34	1009	0,012	0,013	0,0003
35	1249	0,015	0,012	0,0030
36	990	0,012	0,012	0,0002
37	853	0,010	0,012	0,0012
38	979	0,012	0,011	0,0007
39	999	0,012	0,011	0,0012
40	1635	0,020	0,011	0,0092
41	598	0,007	0,010	0,0032
42	846	0,010	0,010	0,0001
43	647	0,008	0,010	0,0021
44	790	0,010	0,010	0,0001
45	958	0,012	0,010	0,0021
46	558	0,007	0,009	0,0025
47	573	0,007	0,009	0,0022
48	761	0,009	0,009	0,0003
49	703	0,009	0,009	0,0002
50	936	0,011	0,009	0,0028
51	501	0,006	0,008	0,0023
52	547	0,007	0,008	0,0016
53	497	0,006	0,008	0,0021
54	590	0,007	0,008	0,0008
55	563	0,007	0,008	0,0010
56	494	0,006	0,008	0,0017
57	484	0,006	0,008	0,0016

continua

Primeiros dois dígitos	Contagem	Observado	Esperado (Benford)	Diferença
58	473	0,006	0,007	0,0017
59	517	0,006	0,007	0,0010
60	988	0,012	0,007	0,0049
61	307	0,004	0,007	0,0033
62	451	0,006	0,007	0,0014
63	432	0,005	0,007	0,0016
64	372	0,005	0,007	0,0022
65	512	0,006	0,007	0,0004
66	350	0,004	0,007	0,0023
67	451	0,006	0,006	0,0009
68	401	0,005	0,006	0,0014
69	504	0,006	0,006	0,0001
70	664	0,008	0,006	0,0019
71	309	0,004	0,006	0,0023
72	506	0,006	0,006	0,0002
73	278	0,003	0,006	0,0025
74	326	0,004	0,006	0,0019
75	622	0,008	0,006	0,0018
76	357	0,004	0,006	0,0013
77	330	0,004	0,006	0,0016
78	327	0,004	0,006	0,0015
79	381	0,005	0,005	0,0008
80	711	0,009	0,005	0,0033
81	235	0,003	0,005	0,0025
82	292	0,004	0,005	0,0017
83	281	0,003	0,005	0,0018
84	371	0,005	0,005	0,0006
85	429	0,005	0,005	0,0002
86	256	0,003	0,005	0,0019
87	325	0,004	0,005	0,0010
88	348	0,004	0,005	0,0007
89	286	0,003	0,005	0,0014
90	714	0,009	0,005	0,0039
91	231	0,003	0,005	0,0019
92	295	0,004	0,005	0,0011
93	249	0,003	0,005	0,0016
94	241	0,003	0,005	0,0017
95	327	0,004	0,005	0,0006
96	357	0,004	0,005	0,0001
97	269	0,003	0,004	0,0012
98	284	0,003	0,004	0,0009
99	385	0,005	0,004	0,0003
Desvio Absoluto Médio				0,00167

FONTE: O autor (2018)

O resultado do cálculo do Desvio Absoluto Médio foi 0,00167, o que significa que o conjunto tem uma conformidade marginalmente aceitável. Cabe destacar que os primeiros dígitos 10, 15, 20, 24, 25, 30, 35, 40, 41, 46, 50, 51, 60, 61, 71, 73, 80, 81 e 90 podem ser classificados como não conformes. Desses, os destaques ficam com os dígitos 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 60, 90 como sendo os mais críticos.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O resultado do teste do primeiro dígito apresentou uma boa relação com as frequências esperadas da Lei de Benford. Entretanto, esse teste pode apresentar conformidade, mesmo quando há erros e fraudes.

O resultado do teste do segundo dígito teve como destaque o excesso de 0s e 5s, mas Nigrini (2012) realizou uma observação empírica que esse fenômeno é comum para dados financeiros.

Por fim, o teste mais refinado, que avalia os dois primeiros dígitos, demonstrou alguns picos específicos, mostrando um excesso de despesas gravitando ao redor de alguns dígitos específicos. O teste estatístico Desvio Médio Absoluto confirmou a significância dessa diferença.

Recomenda-se uma auditoria é realizar uma análise documental das despesas que iniciam com os dígitos com frequência não conforme, para buscar entender o motivo das diferenças. Adicionalmente, recomenda-se aplicar os mesmos testes em outros conjuntos de dados da empresa, considerando estratificar o resultado por período, unidades de negócio, categorias, rubricas, etc. visando buscar não conformidades em diferentes perspectivas de análise.

5 CONCLUSÃO

A Lei de Benford fornece as frequências esperadas dos dígitos em conjunto de dados naturais. Essas frequências digitais esperadas são nomeadas em homenagem a Frank Benford, um físico que publicou o artigo sobre o assunto. Os dados de Benford mostraram que, por exemplo, em média, 30,6% de seus números tinham um primeiro dígito 1 e 18,5% de seus números tinham um primeiro dígito 2. As probabilidades dos dígitos são tais que há um grande viés em favor dos dígitos mais baixos (como 1, 2 e 3) sobre os dígitos mais altos (como 7, 8 e 9). Por muitos anos, a Lei de Benford foi reconhecida como uma curiosidade matemática. Vários pesquisadores contribuíram para o desenvolvimento da teoria da Lei de Benford e forneceram explicações para a teoria. Simon Newcomb foi o primeiro a observar o fenômeno. Frank Benford realizou uma valiosa pesquisa e teve seu nome associado à Lei. Theodore Hill, forneceu a primeira prova matemática da Lei. Mark Nigrini, tem sido o grande nome por trás da aplicação de detecção de fraude utilizando a Lei de Benford.

A Lei de Benford é uma poderosa ferramenta de investigação para apoiar o contador forense na detecção de atividades fraudulentas nos registros contábeis de uma organização. O contador forense pode aplicar os testes para determinar a frequência real dos dígitos no conjunto de dados. Os três principais testes digitais são: o teste do primeiro dígito, o teste do segundo dígito e o teste dos dois primeiros dígitos. Uma parte essencial da realização desses testes é a interpretação dos resultados do teste. Não existe uma técnica específica para concluir como o conjunto de dados está de acordo com a Lei de Benford. Várias medidas de adequação de ajuste estão disponíveis e o método mais adequado deve ser selecionado, por exemplo, o teste Qui-quadrado, o teste Estatística Z ou o Desvio Absoluto Médio.

Os valores presentes em registros contábeis que devem ser adequados a Lei de Benford, são dados como os de contas a receber (quantidade vendida x preço), contas a pagar (quantidade comprada x preço), desembolsos, reembolsos, custos, estoques, patrimônio, vendas, despesas, etc.

As vantagens da análise da Lei de Benford como ferramenta de investigação forense são as seguintes: ferramenta com custo-benefício atrativo; pode ser aplicado a grandes conjuntos de dados; possui uma abordagem adicional para a análise de

dados financeiros de uma empresa; é fácil de aplicar e; sua aplicação tem abordagem proativa.

As limitações da Lei de Benford são: as transações devem avaliar o mesmo fenômeno; nenhum valor com limite mínimo ou máximo deve estar presente no conjunto de dados; números não devem ser atribuídos seguindo um padrão numérico pré-estabelecido; o conjunto de dados deve ser grande o suficiente para a distribuição de Benford surgir; a Lei de Benford não será útil quando nenhuma transação tiver sido registrada e; podem surgir resultados falso-positivos.

Os resultados do estudo de caso demonstraram a aplicabilidade do modelo baseado na Lei de Benford para avaliar a conformidade de dados financeiros de uma empresa privada da área de educação com o Lei de Benford. Para isso, foram avaliados valores totais (preço unitário x quantidade) das despesas com a aquisição de produtos e serviços. O teste dos dois primeiros dígitos é considerado como o teste mais adequado para a análise forense e as diferenças encontradas entre a frequência esperada e a observada no estudo de caso identificaram alguns dígitos estatisticamente como não conformes. Como o processo de cadastro de despesas é manual, elas estão sujeitas a erro de digitação, falta ou duplicidade de valores. As não conformidades com a Lei de Benford também podem ser alertas de fraude financeira, com alteração ou criação de valores. Os resultados de não conformidade obtidos com a Lei de Benford devem ser avaliados utilizando outros métodos de auditoria, como a avaliação documental das despesas que iniciadas com os dígitos não conformes, para eliminar possíveis resultados falso-positivos.

A Lei de Benford como ferramenta de auditoria e análise forense apresenta um custo-benefício interessante, pois é um modelo de fácil aplicação, com um consumo de tempo mínimo e destaca não conformidades em dados financeiros que não seriam facilmente localizados com outros métodos de análise.

Como sugestão de trabalhos futuros, há diversas aplicações dos testes da Lei de Benford em outros conjuntos de dados financeiros, como: contas a receber; dados de análise de crédito; reembolsos para funcionários; valores de depreciação de bens patrimoniais; retorno de investimentos; entre outras aplicações possíveis. Outra sugestão é que esses testes poderiam ser incluídos como procedimento de auditoria contínua. Utilizando ferramentas tecnológicas de extração e análise de dados e geração de gráficos e relatórios de forma automatizada, os dados financeiros poderiam ser avaliados e reportados tempestivamente.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, C.C. **Fraud And Forensic Accounting In A Digital Environment**. *White Paper for the Institute of Fraud Detection*, 2008.
- ASHCROFT, P.; BAE, B.; NORVELL, J. **Application Of Digital Analysis In The Audit**, *Nicholls State University, Department of Accounting and Business Law*, 2002.
- BENFORD, F. **The Law of Anomalous Numbers**. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 78(1), p.551-572, 1938.
- BHATTACHARYA, S.; KUMAR, K.; SMARANDACHE, F. **Conditional Probability Of Actually Detecting A Financial Fraud – A Neutrosophic Extension To Benford’s Law**. *International journal of applied mathematics*, 17(1), p.7-14, 2005.
- BHATTACHARYA, S.; XU, D; KUMAR, K. **An ANN-based Auditor Decision Support System Using Benford’s Law**. *Decision support systems*, 50(3), p.576-584, 2010.
- BIERSTAKER, J.L.; BRODY, R.G.; PACINI, C. **Accountants’ Perceptions Regarding Fraud Detection And Prevention Methods**. *Managerial auditing journal*, 21(5), p.520-535, 2006.
- CARSLAW, C.A.P.N. **Anomalies In Income Numbers: Evidence Of Goal Oriented Behavior**. *The accounting review*, 63(2), p.321-327, 1988.
- CHO, W.K.T.; GAINES, B.J. 2007. **Breaking The (Benford) Law: Statistical Fraud Detection In Campaign Finance**. *American Statistician*, 61(3), p.218-223, 2007.
- DIEKMANN, A.; JANN, B. **Benford’s Law and Fraud Detection. Facts and Legends**. *German Economic Review*, 11(3), p.397-401, 2010.
- 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*, 1524-5586(5), p.17-34, 2004.
- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HILL, T.P. **The First-Digit Phenomenon**. *American scientist*, 86(4), p.358-363, 1998.
- HILL, T.P. **The Difficulty Of Faking Data**. *Chance*, 12(3), p.27-31, 1999.
- LANZA, R.B. **Using Digital Analysis to Detect Fraud**. *Journal of forensic accountancy*, 1, p.291-296, 2000.

LU, F., BORITZ, J.E.; COVVEY, D. **Adaptive Fraud Detection Using Benford's Law**. Springer: Heidelberg, 2006.

LYNCH, A.; XIAOYUAN, Z. **Putting Benford's Law to Work**. Disponível em: <https://iaonline.theiia.org/putting-benford-s-law-to-work>. Acessado em: 23 de junho de 2018.

MATTHEWS, R. **The Power Of One**. *New Scientist*, 163, p.26-30, 1999.

NEWCOMB, S. **Note On The Frequency Of Use Of The Different Digits In Natural Numbers**. *American Journal of Mathematics*, 4(1), p.39-40, 1881.

NIGRINI, M.J. **The Detection of Income Tax Evasion Through an Analysis of Digital Frequencies**. Cincinnati, OH: University of Cincinnati. (Tese – PhD), 1992.

NIGRINI, M.J. **Using Digital Frequencies to Detect Fraud**. *The White Paper Index* 8(2), p.3-6, 1994.

NIGRINI, M.J. **A Taxpayer Compliance Application Of Benford's Law**. *Journal Of The American Taxation Association*, 18(1), p.72-91, 1996.

NIGRINI, M.J. **I've Got Your Number**. *Journal of accountancy*, 187(5), p.79-83, 1999.

NIGRINI, M.J. **Forensic Analytics**. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.

NIGRINI, M.J. 2012. **Benford's Law: Applications For Forensic Accounting, Auditing And Fraud Detection**. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

NIGRINI, M.J. **Forensic Analytics**. Hoboken, NJ: Wiley, 2011.

NIGRINI, M.J.; MITTERMAIER, L.J. **The Use Of Benford's Law As An Aid In Analytical Procedures**. *Auditing – A Journal Of Practice & Theory*, 16(2), p.52-67, 1997.

ODUEKE, A.; WEIR, G.R.S. **Triage in Forensic Accounting Using Zipf's Law**. *Issues in Cybercrime and Digital Forensics*, p.33-43, 2012.

OVERHOFF, G. **The Impact and Reality of Fraud Auditing – Benford's Law: Why and How to Use It**. *22nd Annual ACFE Fraud Conference and Exhibition*, 2011

PINKHAM, R.S. **On The Distribution Of First Significant Digits**. *Annals Of Mathematical Statistics*, 32(4), p.1223-1230, 1961.

SAVILLE, A. **Using Benford's Law to Detect Data Error and Fraud: An Examination of Companies Listed on the Johannesburg Stock Exchange.** *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 9(3), p.341-354, 2006.

SINGLETON, T.W. **Understanding and Applying Benford's Law.** Disponível em: <https://www.isaca.org/Journal/archives/2011/Volume-3/Pages/Understanding-and-Applying-Benfords-Law.aspx>. Acessado em: 23 de junho de 2018.

STALCUP, K. 2010. **Benford's Law.** Disponível em: <http://www.fraud-magazine.com/article.aspx?id=203>. Acessado em: 25 de junho 2018.