ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS COMPONENTES DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL

Guilherme Ribeiro de Souza
Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Minas Gerais
guilhermers.eng@gmail.com

Polyanna Carvalho Pimenta de Figueiredo
Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Minas Gerais
figueiredopca@gmail.com

Marcelo Azevedo Costa
Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Minas Gerais
macosta@ufmg.br

RESUMO

O objetivo do presente trabalho visa realizar a análise de componentes principais e análise fatorial dos dados dos indicadores econômicos e financeiros disponibilizados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) no ano de 2018 em relação às distribuidoras de energia elétrica do Brasil para determinar quais variáveis explicam, com menor erro estatístico, os dados apresentados e, dessa forma, caracterizar essas componentes de forma qualitativa e interpretativa para as representações dos modelos. Os resultados sugerem que é possível reduzir a quantidade de indicadores sem perder a conjuntura de interpretabilidade dos dados.

PALAVRAS-CHAVE. análise multivariada de dados, análise fatorial, distribuidoras de energia elétrica

Tópico: Análise Fatorial

ABSTRACT

The objective of the present work is to perform the Principal Components Analysis and Factor Analysis of the economic and financial indicators data provided by ANEEL (National Electricity Agency) in 2018 in relation to the Brazilian electricity distributors to determine which variables explain, with less statistical error, the presented data and, therefore, characterize these components in a qualitative and interpretative way for the representations of the models. The suggested results are possible to reduce the number of indicators without losing data interpretation.

KEYWORDS. multivariate data analysis, factorial analysis, electricity distributors

Paper topic: Factorial Analysis

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

1. Introdução

A distribuição de energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico e social de um país. A demanda por energia elétrica traduz características produtivas de uma nação. No Brasil, há condições naturais que favorecem a utilização da energia elétrica, porém, a geração e transmissão de energia elétrica carece de investimentos [Schmidt et al, 2004].

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma agência reguladora e fiscalizadora do setor de energia elétrica no Brasil que identifica os anseios da população para as demandas de eletricidade, seja no setor produtivo, no campo social ou econômico. A ANEEL foi criada com o objetivo de controlar as atividades do setor elétrico que fundamentalmente foi privatizado. A eficiência econômica das empresas distribuidoras de energia elétrica tornou-se condição sem a qual não é possível operar. Os fatores analisados pela ANEEL determinam características do setor e das empresas distribuidoras [Barbosa, 2011]. A criação de indicadores econômicos foi um dos pontos que quantificaram os serviços de forma que as distribuidoras possam construir seus modelos de negócios para corroborar com o desenvolvimento econômico do setor de energia elétrica [Fasolin, 2014].

Em 16 de setembro de 2014, a ANEEL publicou uma nota técnica (NT) no. 353/2014 com a abertura de uma consulta pública com o objetivo de coletar dados e informações pertinentes à formalização e aprimoramento de sua fiscalização do sistema financeiro e econômico das distribuidoras de energia elétrica, com foco na criação de indicadores de sustentabilidade [ANEEL, 2014].

Foi exposto também dentro da NT no. 353/2014 que a Superintendência de Fiscalização Econômica e Financeira (SFF) têm produzido uma série de relatórios técnicos a partir da NT no. 380/2007 com base no "Panorama do Desempenho das Concessionárias de Distribuição". Esses relatórios auxiliam a ANEEL na tomada de decisão quanto a questões do equilíbrio econômico e financeiro das distribuidoras de energia elétrica (como a formação de preço). As empresa distribuidoras de energia elétrica se defrontam com dois desafios financeiros que são os desembolsos de capital (Capital Expenditures - CAPEX), o que seria investir em equipamentos e instalações de forma a realizar a manutenção ou expansão do funcionamento da empresa, tal como os investimentos para a manutenção dos equipamentos e outras despesas operacionais relacionadas à produção e à manutenção da empresa (Operating Expenditures – OPEX). Portanto, as empresas estão, continuamente, realizando investimentos para manter o sistema de distribuição adequado aos padrões exigidos pela ANEEL e para custear suas despesas internas. Contudo, caso as empresas não consigam gerar riqueza o suficiente para cobrir essas despesas e investimentos, a empresa terá que tomar crédito no mercado de forma a contrabalançar suas finanças. Com isso, a SFF se preocupa em manter um controle sobre a forma na qual está a situação financeira das empresas distribuidoras de energia elétrica, pois, caso haja um acúmulo de empréstimos financeiros para cobrir despesas e investimentos, com potencial queda na qualidade dos serviços ou alto endividamento dessas empresas, a ANEEL deverá agir imediatamente para tomar as medidas necessárias e não haver prejuízos aos usuários [ANEEL, 2014].

Através da NT no. 353/2014 a ANEEL realiza o monitoramento econômico-financeiro das distribuidoras para avaliar a capacidade de investimento e melhoria na qualidade do sistema de distribuição de energia elétrica. Para que a ANEEL possa realizar uma fiscalização precisa e eficiente é necessário que haja transparência e governança nos dados, além de informações referentes à situação econômico-financeira das distribuidoras. Os principais objetivos das coletas de dados dessa metodologia são: geração de riqueza das distribuidoras em virtude do pagamento

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

de reposição da infraestrutura, juros da dívida, amortização do principal, remuneração dos acionistas com recolhimento de tributos sobre o lucro, além de investimento para melhoria na qualidade do sistema. Sendo citado que há condições de sustentabilidade mínima quando a empresa consegue pagar a reposição de capital e o juros da dívida, não sendo considerada uma situação totalmente plena em quesito econômico-financeira, mas não sendo considerada crítica a ponto de haver intervenção da ANEEL sobre a distribuidora. Para a criação de indicadores que aferem a sustentabilidade econômico-financeira das distribuidoras de energia elétrica foram caracterizados cinco princípios: (i) Comparabilidade; (ii) Confiabilidade; (iii) Especificidade; (iv) Finalidade Regulatória e (v) Simplicidade. A partir desses princípios a SFF pôde estabelecer as chamadas "dimensões" de equilíbrio econômico-financeiro das empresas de distribuição de energia elétrica, sendo eles: (a) endividamento; (b) eficiência; (c) investimentos; (d) rentabilidade; (e) retorno ao acionista e (f) performance operacional. Para realizar a fiscalização, a SFF estabeleceu um indicador de acompanhamento para cada dimensão, bem como indicadores complementares que detalham e complementam cada dimensão. Esses indicadores estão descritos no ANEXO II, bem como suas respectivas descrições no ANEXO I. Caso a empresa esteja abaixo das metas regulatórias de qualidade, supõe-se que ela precisará investir um valor superior à sua despesa de depreciação. Ao final, a NT recolhe recomendações, sugestões e críticas do público em geral, órgãos governamentais e empresas privadas a fim de aprimorar os indicadores criados [ANEEL, 2014].

Em 15 de abril de 2016, a ANEEL publicou outra NT no. 67/2016 com o objetivo de apresentar para a sociedade sua metodologia de monitoramento em relação aos indicadores econômicos e financeiros das distribuidoras de energia elétrica utilizada pela SFF. A partir da NT no. 380/2007 a ANEEL realizou o levantamento de dados e informações pertinentes às distribuidoras que subsidiaram ações para a manutenção do sistema de distribuição de energia elétrica e fosse possível realizar uma análise sobre a sustentabilidade financeira das empresas distribuidoras. Nesse sentido, a ANEEL decidiu tornar público os dados e informações obtidas que subsidiaram uma série de reuniões com órgãos e instituições governamentais e privadas para aprimorar o sistema de indicadores criados. Por meio do decreto no. 8.461/2015 que regulamentou a prorrogação das concessões de distribuição de energia elétrica por trinta anos e de que trata o art. 7° da Lei no. 12.783/2013, em que foram estabelecidas novas diretrizes do decreto em questão, sendo as diretrizes estabelecida: eficiência com relação à qualidade do serviço prestado, eficiência com relação à gestão econômico-financeira, racionalidade operacional e econômica e modicidade tarifária. Sendo que devem ser adotadas métricas que verifiquem o cumprimento de contrato estabelecido em um horizonte de cinco anos. Com isso, a ANEEL utilizou dos indicadores econômicos-financeiros para acompanhar as diretrizes estabelecidas [ANEEL, 2016].

Em consonância com a NT no. 353/2014, o objetivo da análise da dimensão do endividamento das distribuidoras contribui para ações da ANEEL, não sendo automáticas aos fatos de acontecimento nas empresas, mas com foco na manutenção do sistema de distribuição e na sustentabilidade financeira das empresas a longo prazo. Por conta disso, questões como eficiência, investimentos, rentabilidade, retorno ao acionista e despesa operacional exercem papel suplementar na análise econômico-financeira. Para efeitos comparativos, serão utilizados valores do período de doze meses anteriores a coleta dos dados. Dentre as perspectivas adotadas na NT no. 67/2016 houve o acréscimo do item de prorrogação dos contratos. Houve uma redução de indicadores complementares, mas com incremento de qualidade técnica. Sendo assim, suficientes para obter-se uma sensibilidade mínima da situação financeira das distribuidoras. A redução do quantitativo de indicadores visa a simplificação do entendimento da situação das distribuidoras pela sociedade como um todo [ANEEL, 2016].

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Para a ANEEL, a qualidade do serviço prestado está intimamente relacionado ao grau de investimento que deve ser realizado pela empresa distribuidora de energia elétrica. Em relação aos indicadores econômico-financeiros, a NT no. 67/2016 explícita de que haverá uma análise decorrente dos investimentos realizados, porém, com capital próprio das empresas. Pois, dessa forma, é possível obter um grau de confiabilidade maior em relação a geração de caixa e rentabilidade. Dado que, caso a empresa tenha um alto gasto com despesas internas, não será possível realizar grandes investimentos na qualidade do serviço de transmissão. A não ser que seja realizado um aporte financeiro externo com financiadores, o que atribuiria um risco associado a sustentabilidade econômico-financeira da empresa distribuidora. A SFF/ANEEL priorizou o aprimoramento, a sistematização e a publicidade do monitoramento econômico-financeiro das distribuidoras com o potencial de contribuir para o desenvolvimento de uma maior solidez do segmento de distribuição de energia elétrica no Brasil e alinhá-lo às melhores práticas internacionais relacionadas à empresas que estão sujeitas a regulação do setor por uma agência governamental com fiscalização periódica e com objetivos semelhantes aos adotados pela ANEEL no âmbito da distribuição da energia elétrica [ANEEL, 2016].

Em 29 de junho de 2016, a ANEEL publicou a NT no. 111/2016. Esse relatório teve como objetivo apresentar os indicadores elaborados e selecionados pela ANEEL para realizar a fiscalização das distribuidoras de energia elétrica. Esse relatório foi elaborado com a participação da sociedade civil, órgãos governamentais, empresas de distribuição de energia elétrica e financiadores. A diretriz a ser seguida continuou sendo a já estabelecida: eficiência com relação à qualidade do serviço prestado, eficiência com relação à gestão econômico-financeira, racionalidade operacional e econômica e modicidade tarifária. A NT no. 111/2016 pauta-se nas discussões já realizadas por NT anteriores, sem alterações relevantes em relação aos indicadores e suas referências. A NT no 111/2016 está diretamente vinculada, inclusive com os mesmos argumentos técnicos e financeiros, à NT no. 67/2016. A quantidade de indicadores permaneceu a mesma, assim como os indicadores complementares. A periodicidade para publicidade dos dados e informações levantados também mantiveram-se os mesmo, com a primeira publicação ocorrendo no segundo semestre de 2016 e com a liberação dos dados até março ou junho de 2016. O relatório expõe de que o aprimoramento, a sistematização e a publicidade do monitoramento econômico-financeiro realizado pela SFF/ANEEL agrega um valor intrínseco à análise da contribuição do desenvolvimento do sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil de forma a torná-lo sustentável. Dessa forma, a proposta da SFF consiste na utilização de dezesseis indicadores, representativos de sete dimensões das distribuidoras de energia elétrica conforme consta no quadro B do apêndice [ANEEL, 2016].

Por meio das análises estatísticas pôde-se analisar os indicadores econômicos e financeiros estabelecidos pela ANEEL como características de sustentabilidade para as distribuidoras de energia elétrica e indicadores mercadológicos que estabelecem o consumo de energia elétrica em relação ao preço final da energia paga pelos consumidores. Através da base de dados disponibilizada publicamente pela ANEEL em relação ao ano de 2018 foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA), Análise Fatorial (AF) e Regressão Linear (RL) para estabelecer determinadas variáveis que possam explicar os indicadores e, dessa forma, delinear as fronteiras estatísticas que podem caracterizar os dados das empresas distribuidoras de energia e auxiliar a ANEEL quanto a gestão dos indicadores econômicos e financeiros coletados anualmente.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

2. Materiais e Métodos

2.1 Análise de Componentes Principais

A PCA transforma um conjunto de observações de variáveis possivelmente correlacionadas em um conjunto de variáveis linearmente não correlacionadas, através de um processo de ortogonalização. Segundo Mingoti (2005) a PCA possui como objetivo principal explicar p-variáveis de um vetor aleatório estruturados a partir da estrutura de variância e covariância de uma base de dados através de refinadas variáveis com sentidos interpretativos. Ou seja, é possível utilizar-se de uma base de dados estruturada para selecionar determinadas variáveis que expliquem os dados de forma estatística. Dessa forma, é possível reduzir a massa de dados removendo a multicolinearidade entre variáveis transformando-as em um conjunto de variáveis não correlacionadas [Neisse e Hongyu, 2016]. Tendo em vista o número elevado de variáveis que compõe os indicadores de sustentabilidade econômico-financeira das distribuidoras de energia, utiliza-se a PCA a fim de se realizar uma análise de dados a partir da redução da dimensionalidade do conjunto de dados, mantendo a maior parte da variância original e sem perder a interpretabilidade dos dados.

Do ponto de vista algébrico, segundo Johnson e Wichern (2007), componentes principais são um tipo particular de combinação linear de p variáveis aleatórias X_1, X_2, … X_p. Sendo assim, seja X' = [X_1, X_2, … X_p] um vetor aleatório com matriz de covariância Σ, cujo os autovalores são $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \ldots \geq \lambda_p$. A partir disso, considere as combinações lineares:

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_1'X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \ldots + a_{1p}X_p \\ Y_2 &= a_2'X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \ldots + a_{2p}X_p \\ &\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \vdots \\ Y_p &= a_p'X = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \ldots + a_{pp}X_p \end{aligned} \tag{1}$$

Assim temos que:

$$\text{Var}\,(Y_i) = a_i^t \Sigma a_i \qquad i = 1, 2, \ldots, p \tag{2}$$

$$\text{Covar}\,(Y_i, Y_k) = a_i^t \Sigma a_k \quad i, k = 1, 2, \ldots, p \tag{3}$$

Cada componente principal representa uma combinação linear não correlacionada de Y_1, Y_2, … Y_p, onde a primeira componente é a de maior variabilidade e a p-ésima é a de menor.

Seja os valores de a_i como os autovetores e_i, a i-ésima componente principal da matriz de covariância Σ é definida como:

$$Y_i = e_i'X = e_{i1}X_1 + e_{i2}X_2 + \ldots + e_{ip}X_p \qquad i = 1, 2, \ldots, p \tag{4}$$

A variância e a covariância da componente Y_i são respectivamente:

$$\text{Var}\,(Y_i) = e_i^t \Sigma e_i = \lambda_i \qquad i = 1, 2, \ldots, p \tag{5}$$

$$\text{Covar}\,(Y_i, Y_k) = e_i^t \Sigma e_k = 0 \quad i \neq k \tag{6}$$

Sendo assim, cada autovalor λ_i corresponde à variância de uma componente principal Y_i.

A PCA via matriz de covariância não são indicadas no caso de discrepância acentuada entre as variâncias. Para resolver esse problema, pode-se realizar uma transformação das variáveis ou a utilização de PCA via matriz de correlação [Mingoti, 2005]. Sendo assim, Seja X = [X_1 , X_2 , … X_n] um vetor aleatório contento n variáveis. A matriz de correlação é definida por:

$$P_{pxp} = \begin{matrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \cdots & \rho_{1p} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \cdots & \rho_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{p1} & \rho_{p2} & \rho_{p3} & \cdots & 1 \end{matrix} \quad (7)$$

Onde ρ_{ij} é a correlação entre as i-ésima e j-ésima variáveis do vetor X. As componentes principais construídas a partir da matriz de correlação P_{pxp} serão combinações lineares. Os autovalores normalizados são denotados por ε_1 , ε_2 , …, ε_p , onde ε_i = [ε_{i1} , ε_{i2} , …, ε_{ip}]'. Com isso, a j-ésima componente principal, com $j = 1, 2, ..p$, é definida por:

$$Y_j = \varepsilon_j' Z = \varepsilon_{j1} Z_1 + \varepsilon_{j2} Z_2 + \ldots + \varepsilon_{jp} Z_p \quad (8)$$

Em que Z_i é um vetor de variáveis normalizadas do vetor X_i . De acordo com Mingoti (2005), as componentes oriundas da matriz de correlação são numericamente semelhantes às componentes principais via matriz de covariância. Neste estudo foi utilizado a análise de componentes principais via matriz de correlação.

Para a estimação de k componentes principais, considerou-se o procedimento proposto por Kaiser (1958) onde é definido como componente principal os autovalores $\widehat{\lambda}_i > 1$. Além disso, para apoio à decisão do número de k componentes, também utilizou-se a análise do *scree-plot* proposto por Cattell (1966), onde basta olhar no gráfico o ponto onde os valores de $\widehat{\lambda}_i$ tende a se estabilizar.

2.2 Análise Fatorial

A AF, de acordo com Johnson e Wichern (2007), descreve a relação de covariância entre as diversas variáveis em termos de algumas quantidades aleatórias subjacentes, mas não observáveis, denominados fatores. Esses fatores são sustentados pelo argumento de que algumas variáveis podem ser agrupadas pela alta correlação uma com as outras e baixa correlação com outros grupos de variáveis. Com isso, consideramos que cada grupo de variáveis representa um fator responsável pela alta correlação entre as variáveis.

A AF possui certa relação com a PCA pois ambas procuram caracterizar determinadas variáveis que expliquem os dados de forma geral. Ou seja, descrever a variabilidade original do vetor aleatório X, através de um número reduzido de variáveis aleatórias, relacionadas ao vetor aleatório X de forma linear [Mingoti, 2005].

De acordo com Johnson e Wichern (2007), Considere um vetor aleatório X com p componentes, média μ e uma matriz de covariância Σ. De acordo com o modelo fatorial, X é linearmente dependente dos fatores comuns $F_1, F_2, ..., F_m$ e os erros do modelo são representados por $\varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_p$.

Assim, o modelo fatorial é representado por:

$$\underset{(p\,x\,1)}{X} - \mu = \underset{(p\,x\,m)}{L}\ \underset{(m\,x\,1)}{F} + \underset{(p\,x\,1)}{\varepsilon} \tag{9}$$

Onde L representa a matriz de carga fatorial. O vetor aleatório de fatores F e ε satisfazem algumas condições:
F e ε são independentes;

$$E(F) = 0,\ Cov(F) = I \tag{10}$$

$$E(\varepsilon) = 0,\ Cov(\varepsilon) = \Psi, \text{ onde } \Psi \text{ é a matriz diagonal.} \tag{11}$$

Para realizar uma comparação dos resultados de uma PCA com os resultados de uma AF, observa-se que a PCA considera a variância específica de cada componente e não a variância comum, diferentemente da AF. Isso dificulta a análise das variáveis latentes que influenciam no grupo de variáveis [Costello e Osborne, 2005].

É importante destacar, que neste trabalho utilizaremos a Análise Fatorial Exploratória (EFA), quando não se sabe quantas variáveis latentes existe e qual sua natureza. Inicialmente, aplicamos o teste para se averiguar a possibilidade de fatoração da matriz de dados, utilizando o critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). A partir deste teste, podemos verificar se é possível ou não aplicar a AF. O KMO é calculado por meio dos coeficientes de correlação linear entre as variáveis e nos coeficientes de correlação entre os resíduos. Seu valor pode variar de zero a um. Quanto mais próximo de zero, maior a possibilidade de ser inapropriada a utilização da AF, pois indica que a soma das correlações parciais é consideravelmente maior que a soma das correlações totais [Pasquali, 1999].

2.3 Base de dados

O conjunto de dados utilizado no presente trabalho é de domínio público, disponível em servidor do governo federal do Brasil e retirado do Relatório de Indicadores de Sustentabilidade Econômico-Financeira das Distribuidoras referente a 6º Edição, base do terceiro trimestre de 2018 e disponível no endereço eletrônico da ANEEL.

Os dados referem-se aos indicadores econômico-financeiros das concessionárias de distribuição de energia elétrica levando em conta fatores como a eficiência com relação à qualidade do serviço prestado, eficiência com relação à gestão econômico-financeira, racionalidade operacional e econômica e modicidade tarifária. Os dados são utilizados no novo contexto de fiscalização da ANEEL em relação à gestão econômico-financeira das distribuidoras de energia elétrica, focada em uma ação preventiva, evitando riscos de degradação do serviço prestado.

Existem 17 variáveis que são organizados nas seguintes categorias: Endividamento; Eficiência; Investimentos; Rentabilidade; *Pay-out Ratio*; Operacional e Contratos de Concessão renovados. Os indicadores mais relevantes, segundo a própria ANEEL enquadram-se em fatores puramente financeiros. São disponibilizados dados de 54 distribuidoras de energia elétrica no Brasil. As variáveis são representadas como X1: DLR; X2: EBITDA.ajst; X3: QRR; X4: VPBReg; X5: PMSOReg; X6: PMSO.ajst; X7: EBIT.ajst; X8: EBITReg; X9: BRL; X10: FluxoAcionista; X11: ResultadoLiquido; X12: BRLKProprio; X13: DGC; X14: PerdasRealizadas; X15: PerdasReg; X16: Mercado.GWh; X17: nconsumidores. Para o presente trabalho, utilizou-se uma base de dados com a média dos valores de 2014 a 2017, para realização da análise de componentes

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

principais, e separou-se a base de dados para cada um dos anos, entre 2014 e 2017, para a análise fatorial.

As variáveis foram utilizadas para demonstrar as análises de componentes principais e análise fatorial. Toda a análise foi realizada através do *software* R 3.0.1 (R Development Core Team, 2014).

3. Resultados

A partir dos resultados obtidos pela técnica das componentes principais, estão apresentados na Tabela 1 os autovalores e as respectivas porcentagens da variância explicada por cada componente principal. A porcentagem de variância total explicada pelas quatro primeiras componentes é de 92,73%, sendo 54,70% da primeira componente, 22,34% da segunda componente, 9,12% da terceira componente e 6,57% da quarta componente. A Tabela 1 apresenta o autovalor, a proporção e a proporção acumulada de todas as 17 componentes e a Figura 1 ilustra, de forma gráfica, a distribuição da variância explicada para cada componente.

Tabela 1. Relação das componentes principais e suas respectivas proporções e proporções acumuladas

Componentes	Autovalor	Proporção (%)	Proporção Acumulada (%)
PC 1	9,30	54,70	54,70
PC 2	3,80	22,34	77,04
PC 3	1,55	9,12	86,16
PC 4	1,12	6,57	92,73
PC 5	0,52	3,04	95,77
PC 6	0,44	2,60	98,37
PC 7	0,08	0,50	98,87
PC 8	0,07	0,39	99,26
PC 9	0,04	0,23	99,49
PC 10	0,03	0,15	99,84
PC 11	0,03	0,15	99,84
PC 12	0,01	0,08	99,93
PC 13	0,01	0,05	99,98
PC 14	0,00	0,01	99,99
PC 15	0,00	0,01	100,00
PC 16	0,00	0,00	100,00
PC 17	0,00	0,00	100,00

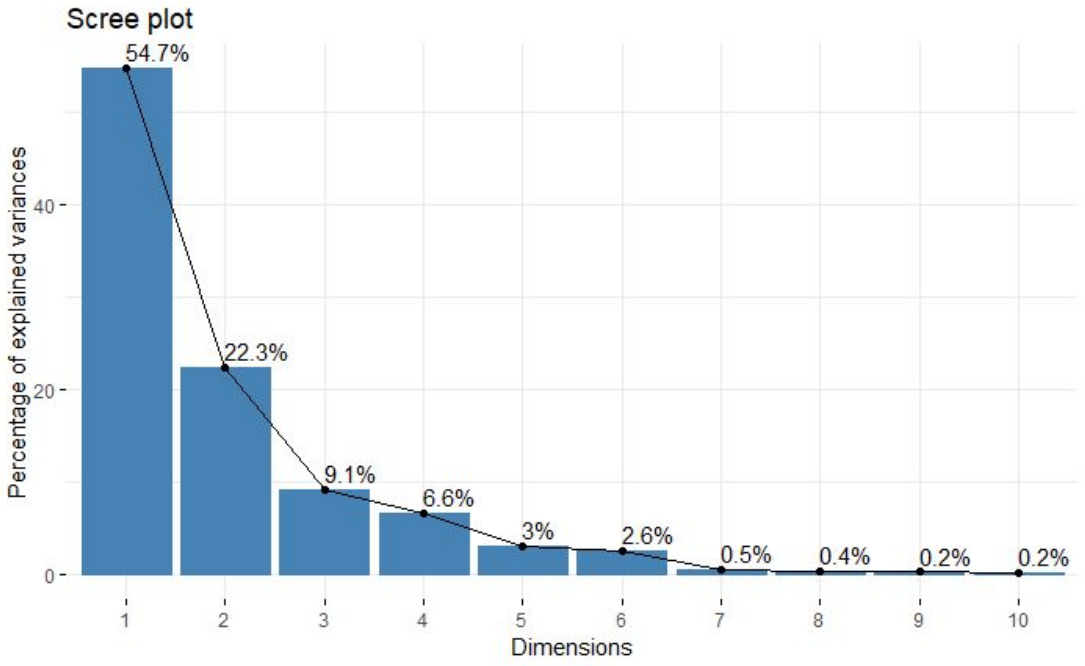


Figura 1. Percentual de proporção de cada Componente Principal

Um dos critérios que podem ser utilizados para a escolha do valor de k componentes, é analisar os autovalores que possuem valor maior que 1 (λi>1) [Kaiser, 1958]. Neste caso, as quatro primeiras componentes apresentaram valores maiores que 1. Outro método que auxilia na escolha do número de k é por meio da análise do gráfico *scree plot* [Cattell, 1966]. Por meio deste gráfico, observa-se onde o ponto e onde os valores de λi tendem a se estabilizar. A Figura 2 apresenta o *scree plot* e o gráfico sugere que o número de componentes seja igual à três ou quatro.

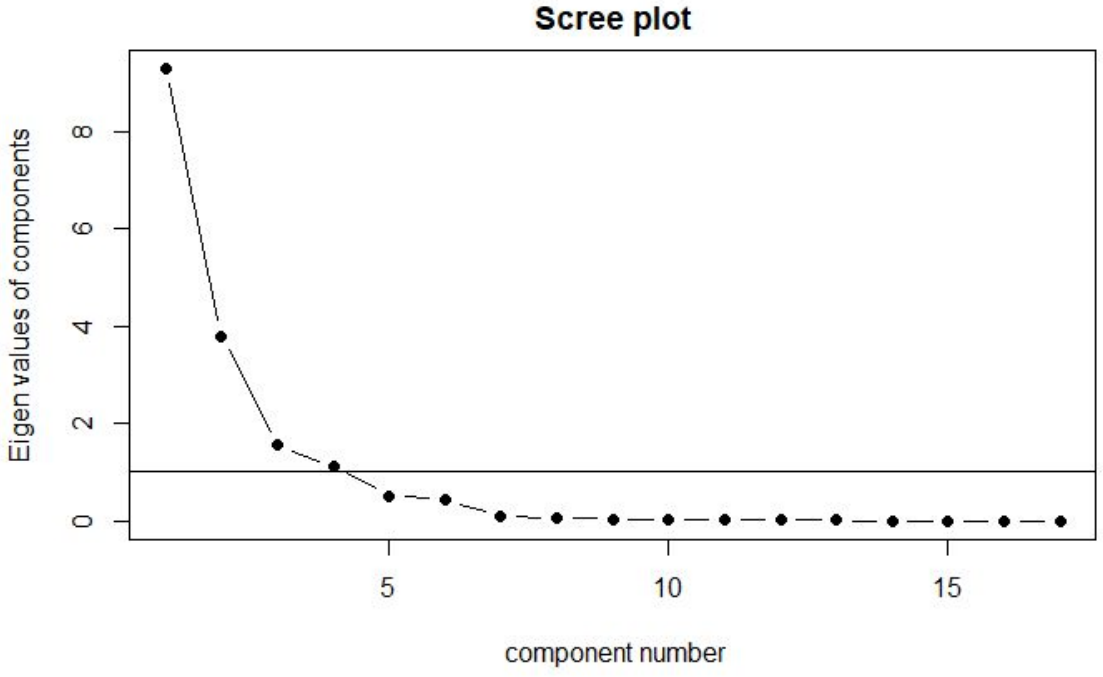


Figura 2. representação do *Scree plot* das Componentes Principais, proposto por Cattell (1966)

Percebeu-se, entretanto, que três componentes principais poderiam ser suficientes, já que o ganho com a quarta componente em proporção acumulada seria pequeno (6,6%). Além disso, a partir da terceira componente o *scree plot* tende a se estabilizar. Tendo isso em vista, pode-se concluir que três componentes são suficientes para resumir a variação dos dados de maneira eficiente. As equações 12, 13 e 14 apresentam as funções das componentes correspondentes.

$$CP1 = 0{,}303X1 + 0{,}124X2 + 0{,}322X3 + 0{,}326X4 + 0{,}322X5 + 0{,}282X6 + 0{,}149X7 + 0{,}321X8 + 0{,}322X9 + 0{,}129X12 + 0{,}111X13 + 0{,}310X16 + 0{,}323X17 \quad (12)$$

$$CP2 = 0{,}127X1 - 0{,}362X2 + 0{,}228X6 - 0{,}418X7 - 0{,}291X10 - 0{,}456X11 + 0{,}208X13 + 0{,}445X14 + 0{,}366X15 \quad (13)$$

$$CP3 = 0{,}131X1 - 0{,}166X2 + 0{,}156X6 - 0{,}226X7 - 0{,}275X10 - 0{,}252X11 - 0{,}598X12 - 0{,}144X13 - 0{,}330X14 - 0{,}463X15 + 0{,}135X16 \quad (14)$$

As variáveis mais representativas para a Componente 1 são: X4 (VPBReg), X17 (nconsumidores), X3 (QRR), X5 (PMSOReg) e X9 (BRL). É a componente que representa a maior variação dos dados. Essa componente pode ser interpretada como uma componente que explica a eficiência do uso do capital financeiro pela distribuidora de energia. Isso é devido ao fato do VPBReg e do PMSOReg serem variáveis ligadas diretamente aos custos e despesas realizadas pelas distribuidoras, o número de consumidores ser diretamente proporcional ao aumento de custo e o QRR (Depreciação) e o BRL (Base de Remuneração Líquida) também estarem diretamente relacionados com o aumento de custo. A componente 2 apresenta a diferença entre grupos com as variáveis X7 (EBIT.ajst) e X11(ResultadoLiquido) como coeficientes de maior peso negativo e as variáveis X14 (PerdasRealizadas) e X15(PerdasReg) como coeficientes de maior peso positivo. As PerdasRealizadas e PerdasRegulatórias referem-se a gestão de perdas financeiras da empresa que possui relação direta com sua sustentabilidade financeira e sua geração de caixa. Portanto, significa que essa componente representa a ineficiência gerencial e operacional da distribuidora. Já a terceira componente apresenta a maioria das variáveis negativas, sendo as variáveis X12 (BRLKProprio) e X15 (PerdasReg) de maiores pesos negativos e as variáveis X6 (PMSO.ajst), X16 (Mercado.GWh) e X1 (DLR) de maiores pesos positivos.

Quando utilizada a análise de componentes principais, foi possível reduzir a massa de dados. A redução foi de 17 variáveis para apenas 3 componentes. Entretanto, surgiu-se a necessidade da realização de uma AF , considerando que a PCA não diferencia a variância específica da variância comum das variáveis. Dessa forma, seria possível identificar, de forma analítica e característica às variáveis, uma tendência que tornasse possível identificar uma maior precisão na adequação dos dados a partir da quantificação estatística. Com isso, foi realizada uma análise fatorial com o objetivo de identificar os fatores latentes das variáveis de eficiência que permitissem caracterizar, com maior acuracidade, dentro dos parâmetros da análise fatorial, a confiabilidade dos fatores das componentes.

Para a AF, a base de dados foi organizada por ano, a fim de identificar possíveis mudanças de comportamento ao longo dos anos. Sendo assim, foram utilizadas quatro bases de dados, referentes ao anos de 2014, 2015, 2016 e 2017.

Inicialmente foi utilizado o coeficiente de KMO proposto por Kaiser (1970) com o objetivo de se verificar a adequacidade do ajuste de um modelo de AF. O resultado do teste para os dados de 2014 foi de 0,7145, para os dados de 2015 foi de 0,6690. Para os dados de 2016 foi de 0,6943 e

para os dados de 2017 foi de 0,6203. Estes resultados são considerados de adequação aceitável e intermediária da amostra. Portanto, utilizou-se a AF.

A partir do critério *varimax* para estimação dos fatores, ou seja, encontra-se um grupo com variáveis altamente correlacionadas e outro grupo que tenham correlação desprezível ou moderada com o fator [Mingoti, 2005]. Chegou-se à conclusão de que três fatores seriam suficientes. Na Tabela 2 podemos observar os pesos e a variância específica dos fatores para cada base de dados utilizada.

Tabela 2. Pesos e variância dos fatores para cada um dos anos entre 2014 e 2017

	2014			**2015**			**2016**			**2017**		
Fator	**RC1**	**RC2**	**RC3**	**RC1**	**RC2**	**RC3**	**RC1**	**RC2**	**RC3**	**RC1**	**RC2**	**RC3**
Peso	9,51	2,72	2,57	9,39	3,33	1,78	8,19	3,87	2,34	8,90	3,15	2,57
Variância Específica	0,56	0,16	0,15	0,55	0,20	0,10	0,48	0,23	0,14	0,52	0,19	0,15
Variância Acumulada	0,56	0,72	0,87	0,55	0,75	0,85	0,48	0,71	0,85	0,52	0,71	0,86

A média da variância acumulada de todas as bases de dados foi de 85,75% utilizando-se três fatores. Observa-se que o primeiro fator apresenta uma tendência de diminuição do peso ao longo dos anos e segundo fator apresenta, em geral, um aumento do peso.

Tabela 3. Pesos por variável dos fatores para cada um dos anos entre 2014 e 2017

	2014			**2015**			**2016**			**2017**		
Variáveis	**RC1**	**RC2**	**RC3**	**RC1**	**RC2**	**RC3**	**RC1**	**RC2**	**RC3**	**RC1**	**RC2**	**RC3**
DLR	**0,89**	0,02	0,25	**0,9**	-0.19	0,03	**0,93**	-0,11	0,17	**0,95**	-0,05	0,19
EBITDA.ajst	**0,80**	0,55	0,14	0,66	**0,72**	0,16	0,29	**0,94**	-0,07	0,56	**0,79**	-0,17
QRR	**0,98**	0,13	0,01	**0,98**	0,14	0,01	**0,98**	0,08	0,11	**0,97**	0,19	0,07
VPBReg	**0,99**	0,1	0,1	**0,99**	0,09	0,08	**0,99**	0,05	0,11	**0,96**	0,22	0,15
PMSOReg	**0,98**	0,04	0,12	**0,98**	0,04	0,06	**0,97**	0,01	0,14	**0,96**	0,14	0,16
PMSO.ajst	**0,94**	-0,22	0,11	**0,98**	-0,09	0,03	**0,66**	-0,72	0,13	**0,91**	-0,19	0,31
EBIT.ajst	0,62	**0,66**	0,23	0,47	**0,84**	0,2	0,11	**0,98**	-0,08	0,3	**0,89**	-0,24
EBITReg	**0,95**	0,22	0,12	**0,95**	0,19	0,18	**0,95**	0,13	0,15	**0,88**	0,38	0,19
BRL	**0,96**	0,18	0,12	**0,96**	0,14	0,16	**0,96**	0,12	0,19	**0,92**	0,3	0,16
FluxoAcionista	0,01	**0,72**	-0,15	-0,14	0,15	**0,49**	**0,26**	0,2	-0,34	-0,68	**0,25**	0,11
ResultadoLíquido	0,19	**0,9**	0,04	-0,01	**0,92**	0,17	-0,03	**0,98**	-0,12	-0,13	**0,83**	-0,3
BRLKProprio	0,26	0,27	**0,61**	0,3	0,05	**0,72**	0,27	0,13	**0,59**	0,16	**0,51**	0,7
DGC	0,30	-0,6	**0,52**	**0,46**	-0,41	0,22	0,13	0,03	**0,67**	0,17	-0,08	**0,38**
PerdasRealizadas	0,01	0,2	**0,9**	0,09	-0,78	**0,53**	0,06	-0,56	**0,75**	0,05	-0,43	**0,86**
Perdas Reg	0,03	-0,08	**0,94**	0,13	-0,55	**0,73**	0,15	-0,3	**0,83**	0,05	-0,3	**0,86**
Mercado.GWh	**0,97**	0,08	0,03	**0,96**	0,11	-0,07	**0,98**	0,02	0,08	**0,94**	0,17	0,03
nconsumidores	**0,98**	0,07	0,1	**0,98**	0,08	0,09	**0,99**	0,05	0,06	**0,96**	0,19	0,13

A partir das Tabelas 2 e 3, podemos observar que o Fator 1 representa uma média de 55,75%, o Fator 2 representa em média 19,5% e o Fator 3 representa em média 13,5% da variância total. O Fator 1 pode ser interpretado como um fator referente ao porte da distribuidora, já que as variáveis de maior peso em toda as bases de dados são: VPBReg, QRR, PMSOReg, PMSO.ajst, BRL, Mercado.GWh e nconsumidores, nos quais são variáveis referentes à despesas/custos e tamanho operacional das distribuidoras. O Fator 2 pode ser interpretado como um fator que explica o retorno financeiro das distribuidoras, sendo suas principais variáveis: ResultadoLíquido, EBIT.ajst, EBITDA.ajst, variáveis que representam a saúde financeira das distribuidoras. Por fim, o Fator 3 pode ser interpretado como um fator referente à ineficiência gerencial das distribuidoras e suas principais variáveis são: PerdasReg e PerdasRealizadas.

Algumas variáveis apresentam comportamentos divergentes quando se compara a análise fatorial dos anos separadamente. A variável Fluxo Acionista, aparece em diferentes fatores ao longo dos anos, compondo o Fator 1 em 2016, o Fator 2 em 2014 e 2017 e o Fator 3 em 2015. Isso ocorre porque houve uma mudança a partir de 2015 no período considerado (anteriormente considerava-se 4 anos anteriores e depois passou-se a considerar os último 12 meses) e na base de cálculo da variável. Além disso, a variável EBITDA.ajst integra o Fator 1 em 2014 e, a partir de 2015, passa a compor o Fator 2.

4. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo analisar as principais variáveis dos indicadores sustentabilidade econômica-financeira das empresas brasileiras de distribuição de energia elétrica, utilizando PCA e AF. Estes modelos se mostraram eficazes, pois, possibilitaram a redução de 17 variáveis para apenas 3 componentes principais ou três fatores. Com isso, torna-se mais fácil e eficiente realizar a análise destes indicadores e comparações entre as distribuidoras de energia.

A partir das análises estatísticas pode-se adequar às características pertinentes a ANEEL de avaliação da sustentabilidade econômico-financeira das distribuidoras de energia elétrica em determinados indicadores já estabelecidos para averiguar-se a relevância quantitativa, e com maior significância, na função de *status* positivo ou negativo de uma dada distribuidora para com suas finanças. Com isso, a ANEEL pode obter, de maneira mais objetiva e prática, a forma na qual a distribuidora está operando em seus requisitos econômico-financeiros. Para tal, é interessante notar que a redução de variáveis pode aderir a uma nova gama de indicadores de avaliação que permitam uma sinalização de intervenção da ANEEL na distribuidora por riscos na qualidade do serviço prestado e que podem prejudicar os usuários.

Dessa forma, então, o principal objetivo dos métodos foi cumprido com êxito, ou seja, a diminuição da massa de dados mantendo a informação acerca de variabilidade da base de dados sem perda da interpretabilidade das componentes e dos fatores. Isso permite que haja uma maior confiabilidade na interpretação dos dados, maior agilidade na tomada de decisões da ANEEL e possibilidades de criação de novos indicadores que visem a avaliação a longo prazo da sustentabilidade econômico-financeira das empresas distribuidoras de energia elétrica no Brasil mantendo a boa qualidade da prestação do serviço. Para trabalhos futuros poderemos analisar com maior precisão de que forma as componentes sugeridas influenciam a sustentabilidade econômico e financeira das empresas de distribuição de energia elétrica a médio e longo prazo, através de métodos qualitativos e quantitativos, dadas as normas e regras sugeridas pela ANEEL.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Referências

ANEEL. Relatório de indicadores de sustentabilidade econômico-financeira das distribuidoras , 3º trimestre de 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656815/17722207/Relat%C3%B3rio+Base+2018+3T+2018+11+28.pdf/c18f6b05-97fa-82a2-e2fc-df1a9b1f80ae>. Acesso em: 20 de junho de 2019.

ANEEL Nota Técnica nº 353/2014-SFF/ANEEL Brasília, 16 de dezembro de 2014. Disponível em:<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota_Tecnica_2014_353.pdf> Acesso em 20 junho 2019.

ANEEL Nota Técnica nº 67/2016-SFF/ANEEL Brasília, 15 de abril de 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota_Tecnica_2016_67.pdf > Acesso em 20 junho 2019.

ANEEL Nota Técnica nº 111/2016-SFF/ANEEL Brasília, 29 de junho de 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota_Tecnica_2016_111.pdf> Acesso em 20 junho 2019.

BARBOSA, Ailson de Souza. A ANEEL e a qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica no Brasil. 2011.

CATTELL, R.. B. The screem teste for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1,p. 140-161, 1966

FASOLIN, Luiza Betânia et al. Relação entre o índice de sustentabilidade e os indicadores econômico-financeiros das empresas de energia brasileiras. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 2, p. 955-981, 2014.

JOHNSON, Richard A.; WICHERN, Dean W. Applied multivariate statistical analysis. 6th. New Jersey, US: Pearson Prentice Hall, 2007.
KAISER, Henry F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

MINGOTI, Sueli Aparecida. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Editora: UFMG, 2005.

NEISSE, Anderson Cristiano; HONGYU, Kuang. Aplicação de componentes principais e análise fatorial a dados criminais de 26 estados dos EUA. E&S Engineering and Science, v. 5, n. 2, p. 105-115, 2016.

OSBORNE, Jason W.; COSTELLO, Anna B. Best practices in exploratory factor analysis: Four recommendations for getting the most from your analysis. Pan-Pacific Management Review, 2009, 12.2: 131-146.
PASQUALI, L. Análise fatorial: um manual teórico-prático. Brasília: Editora da UnB, no prelo, 1998.

SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos AM. A demanda por energia elétrica no Brasil. Revista brasileira de economia, v. 58, n. 1, p. 68-98, 2004.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Apêndice

Quadro A. Definição dos termos econômicos-financeiros utilizados nos indicadores

Termo	Descrição
1. % Perdas Realizadas	Perdas da energia injetada no ano civil anterior. Obtenção por meio do cálculo pro rata mês das revisões/reajustes anteriores. Fonte: IRT.
2. % Perdas Reg	Perdas regulatórias de energia injetada no ano civil anterior. Obtenção por meio do cálculo pro rata mês das revisões/reajustes anteriores. Fonte: IRT.
3. BRB	Base de Remuneração Bruta corrigido pelo IGP-M. Fonte: Laudo de Avaliação.
4. BRL	Base de Remuneração Líquida corrigido pelo IGP-M e QRR. Fonte: Laudo de Avaliação.
5. Capex	Investimento realizado pela concessionária em AIS e AIC pela média entre com e sem baixas líquidas, deduzidos das Obrigações Especiais em AIS e AIC, corrigido pelo IGP-M. Fonte: RIT - RP 1232.D.
6. DLR	Dívida Líquida com Ativos e Passivos Financeiros Setoriais
7. EBIT	Earns Before Interest and Taxes = Resultado das Atividades
8. EBIT Ajst	EBIT Ajustado = Resultado das Atividades Ajustado
9. EBIT Reg	EBIT Regulatório = Resultado da Atividade Regulatório = Remuneração Bruta
10. EBITDA	Earns Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization = Geração Operacional Bruta de Caixa
11. EBITDA Ajst	EBITDA Ajustado
12. Increm	Investimentos incrementais
13. Mercado GWh CAGR U5A	Taxa composta de crescimento anual (Compound Annual Growth Rate) do mercado livre e cativo em GWh nos últimos 5 anos. Fonte: SAMP.
14. Nº Consumidores CAGR U5A	Taxa composta de crescimento anual (Compound Annual Growth Rate) do número total de consumidores nos últimos 5 anos. Fonte: SAMP.
15. PMSO Ajst	PMSO Ajustado
16. PMSO Reg	PMSO Regulatório (CAOM, CAIMI e Ajustes da Parcela B). Nos interstícios entre revisões terá alteração conforme a variação % entre o VPB1 DRP Ano 1 e o VPB1 DRP Ano 0.
17. QRR	Despesa da Quota de Reintegração Regulatória (Depreciação)
18. Selic	Taxa média anual ponderada e ajustada das operações de financiamento lastreadas em títulos públicos federais, calculada diariamente e apresentada no sítio do Banco Central do Brasil - http://www.bcb.gov.br/?SELICACUMUL. Para fins específicos deste projeto e em consonância com os novos contratos de distribuição, a Selic deverá ser limitada ao valor de 12,87% (doze inteiros e oitenta e sete centésimos por cento) ao ano, caso supere esse percentual.
19. Constituição	Diferença entre Ativos e Passivos Financeiros Setoriais em Constituição (ainda não contemplados na tarifa). Fonte: a partir do RIT 2016 - RP 1X11.D
20. Set	Ativos e Passivos Financeiros Setoriais em Constituição
21. U4A	Últimos 4 (quatro) anos. Valores médios dos Últimos 4 Anos. Em regra, serão trazidos a valor presente pelo IGPM/IPCA antes do cálculo da média.
22. UDM	Últimos 12 (doze) meses. Valor dos Últimos Doze Meses. Em regra, será pelo valor corrente quando se tratar de valores realizados. Para o regulatório, haverá apuração de forma proporcional à data do IRT, mais eventual inflação.
23. VPB Reg	Parcela B Regulatória

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Quadro B. Descrição dos indicadores econômicos-financeiros utilizados pela ANEEL, com suas respectivas perspectivas, para fins de análise de cada distribuidora de energia elétrica.

Perspectiva	Indicadores			
1. Endividamento	1. DLR / (EBITDA Ajst UDM - QQR UDM)			
2. Eficiência	2. EBITDA Ajst UDM / VPB Reg UDM	2.2 (PMSO Ajst UDM / PMSO Reg UDM) - 1		
3. Investimentos	3. (Capex U4/5A / QRR U4/5A) - 1			
4. Rentabilidade	4.1 EBIT Ajst UDM− EBIT Reg / BRL + Increm	4.2 Set Constituição / EBITDA Reg UDM		
5. Pay-out Ratio	5. Fluxo do Acionista UDM / Res Líq UDM			
6. Operacional	6.1 Indicador de Desempenho Global de Continuidade – DGC	6.2 % Perdas Realizadas (-) % Perdas Reg	6.3 Mercado GWh CAGR U5A	6.4 Nº Consumidores CAGR U5A
7. Contratos de Concessão Renovados	7.1 EBITDA Ajst UDM – QRR UDM – 111% Selic x DLR > 0	7.2 EBITDA Ajst > 0	7.3 EBITDA Ajst UDM – QRR UDM >0	7.4 Ind <= 1/ 80% selic
	7.5 Ind <= 1 / 111% selic			