



# GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

## **Indicadores sobre a Efetividade do Tratamento Regulatório de Perdas Não-Técnicas do Setor de Distribuição de Energia Elétrica Brasileiro**

Ana Carolina Chaves  
Arthur Tavares  
Daniel Viana Ferreira  
Guilherme Dantas  
Luiz Ozório  
Marcelo Maestrini  
Murilo de Miranda  
Priscila Mendes

# TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico

Nº 87

Novembro 2019  
Rio de Janeiro





## **Texto de Discussão do Setor Elétrico**

### **TDSE nº 87**

Indicadores sobre a Efetividade do Tratamento  
Regulatório de Perdas Não-Técnicas do Setor de  
Distribuição de Energia Elétrica Brasileiro

Ana Carolina Chaves

Arthur Tavares

Daniel Viana Ferreira

Guilherme Dantas

Luiz Ozório

Marcelo Maestrini

Murilo de Miranda

Priscila Mendes

ISBN: 978-85-7197-016-8

Novembro 2019

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>METOLOGIA REGULATÓRIA DE PERDAS NÃO TÉCNICAS .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISES MULTICRITÉRIO.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CONSTRUÇÃO DA MÉTRICA DE AVALIAÇÃO PARA A REGULAÇÃO DE PERDAS ....</b>	<b>10</b>
4.1	ESCOLHA DO METODO MULTICRITÉRIO .....	10
4.2	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	16
4.3	FORMULAÇÃO DE INDICADORES ASSOCIADOS AOS CRITÉRIOS.....	17
4.4	ATRIBUIÇÃO DOS PESOS ASSOCIADOS A CADA CRITÉRIO/INDICADOR .....	24
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DA MÉTRICA DE AVALIAÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>36</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das grandes problemáticas das distribuidoras de energia elétrica brasileiras dizem respeito à questão das perdas não técnicas e das medidas regulatórias acerca destas. Nos últimos anos, o Brasil vem registrando um elevado montante de perdas não técnica, alcançando no ano de 2015 um prejuízo de, aproximadamente, oito bilhões de reais para as distribuidoras (SALES, 2017).

As chamadas perdas não técnicas (PNT) na distribuição de energia elétrica envolvem todas as perdas de energia que não estão associadas a fatores técnicos da rede básica durante a operação de suprimento das unidades consumidoras, ou seja, perdas por furtos de energia, erros na apuração dos medidores ou geração de faturamento, ausência de equipamentos para medição, entre outros. As PNT podem ser pensadas também em função de fatores gerenciáveis pela distribuidora e não gerenciáveis. Os fatores gerenciáveis são aqueles associados à atividade de operação e manutenção das redes de distribuição, enquanto os não gerenciáveis representam fenômenos os quais as empresas não têm controle sobre. Ressalta-se que este último fator detém participação significativa nas PNT.

Diante do reconhecimento dos impactos dos fatores não gerenciáveis no montante de PNT e do efeito destas perdas no quadro econômico-financeiro das empresas, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) vem direcionando, desde 2003, políticas regulatórias exclusivas para essa questão. Sendo assim, a Agência estabelece no início dos ciclos de revisão tarifária<sup>1</sup> limites de perdas não-técnicas específicos para cada uma das distribuidoras.

De maneira geral, a metodologia de regulação de PNT busca estabelecer uma trajetória factível de redução de perdas para as distribuidoras. Com esse objetivo, uma parcela das PNT é repassada para as tarifas de distribuição das concessionárias. Os custos relacionados à parcela não reconhecida são arcados pela própria distribuidora. Neste âmbito, pode-se dizer que essa metodologia tem como objetivo atuar em três frentes principais: (i) atribuição de metas condizentes com a complexidade de combate a perdas intrínsecos às áreas de concessão; (ii) estabelecimento de ponto de partida de acordo com

---

<sup>1</sup> Os ciclos de revisão tarifária apresentam duração de 3, 4 ou 5 anos a depender da distribuidora.

tamanho, histórico e saturação no combate a perdas; (iii) estabelecimento de limites de velocidade de redução mediante porte da empresa.

Entretanto, estudos desenvolvidos pelo Grupo de Estudo de Setor Elétrico (GESEL), no âmbito do projeto de P&D intitulado “Avaliação da Metodologia de Definição de Metas para Perdas Não Técnicas e Proposição de Aperfeiçoamentos Regulatórios”, vinculado ao Programa de P&D da ANEEL e desenvolvido pela CPFL Energia, revelam problemas estruturais nesta metodologia que podem estar reduzindo sua efetividade e, conseqüentemente, contribuindo para o quadro de dificuldade das distribuidoras em atingir as metas regulatórias. Questiona-se, assim, a efetividade desta política regulatória em incentivar a redução de perdas e em promover a melhoria na prestação do serviço de distribuição de energia elétrica.

Frente aos problemas citados, percebe-se a necessidade de avaliar as metodologias empregadas até o momento na regulação de PNT, identificando os elementos potencialmente frágeis e que, portanto, exigem aprimoramento específico. Neste sentido, o processo de avaliação pode estar, assim, fundamentado em fatores como: i) a ponderação de interesses distintos dos agentes em diferentes escalas de tempo; ii) a capacidade da regulação de tratar situações concretas adversas, como no caso de contextos econômicos diferentes do esperado; iii) o grau de indução à eficiência de combate às perdas devido à influência da regulação no comportamento das distribuidoras; e iv) a capacidade da regulação de capturar adequadamente as especificidades das áreas de concessão.

Todavia, o processo de avaliação destas políticas e medidas regulamentares não é um exercício trivial, pois não há uma métrica única e objetiva que seja capaz de medir sua eficácia e efetividade. Além das dificuldades encontradas na identificação das melhores métricas a serem utilizadas para este fim, ressalta-se que o processo em si de avaliação da metodologia já envolve uma série de desafios em sua implementação. A própria diversidade de pontos de vista e a ponderação de fatores potencialmente aplicáveis nas avaliações podem acarretar problemas como a dificuldade de comparabilidade entre os elementos selecionados. Outro aspecto diz respeito à natureza dos indicadores, os quais em muitos casos demonstram resistência à quantificação, inexistência de dados consistentes e/ou dificuldades de cálculo matemático.

Dado este contexto, o presente Texto de Discussão apresenta o desenvolvimento de uma métrica capaz de avaliar, mensurar e classificar a efetividade das metodologias regulatórias de tratamento de PNT, de acordo com os resultados obtidos ao final de cada período regulatório. Para esta avaliação, identifica-se a possibilidade de utilizar técnicas de Análise Multicritério, haja vista sua capacidade de lidar com os diferentes interesses dos agentes do setor. Dito isso, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca das diferentes técnicas de análise multicritério, a fim de selecionar um método que abarcasse da melhor forma possível a problemática em análise. Como resultado, foi escolhido o método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) e, posteriormente, elaborados critérios/indicadores classificatórios e seus respectivos pesos para subsidiar a aplicação do método. Este processo baseou-se na consulta a especialistas integrantes do mercado de distribuição de energia elétrica nacional.

Para validação da métrica, realizou-se um exercício adicional ao desenvolvimento da métrica, no qual a aplicação prática consiste em avaliar os ciclos tarifários da ANEEL a partir do segundo ciclo tarifário. A opção por não considerar a metodologia do primeiro ciclo baseia-se na dificuldade para obtenção de dados, além da inconsistência que estes dados poderiam trazer para a análise, em função do caráter incipiente do modelo regulatório para a época.

A coleta de dados considerou as informações obtidas nos documentos disponibilizados pela ANEEL e pelas empresas distribuidoras. A partir destes dados, foram construídos os resultados de desempenho do setor em cada ciclo tarifário. Assim, esses resultados permitem avaliar a efetividade da regulação por meio da implementação do método TODIM de análise de multicritério, visando a avaliação da política de regulação de PNT exposta, com base em critérios e ponderações determinados previamente.

Ao final, espera-se obter uma avaliação da regulação relativa a PNT que seja capaz de considerar a presença de diversos critérios e suas dificuldades. A inclusão de cada critério selecionado na análise e seu respectivo peso na avaliação final irão depender diretamente do(s) ponto(s) de vista adotado(s). A busca pela determinação e seleção de fatores e critérios ótimos a serem aplicados nos processos de avaliação, envolve frequentemente o uso de um conjunto de metodologias desenhadas para lidar com problemas dessa natureza.

O Texto de Discussão está estruturado em seis seções, sendo a primeira esta introdução. A segunda seção realiza uma breve descrição da trajetória histórica dos ciclos de revisão tarifária, destacando avanços e limitações. A terceira trata da revisão bibliográfica sobre a análise multicritério e suas diferentes aplicações. Posteriormente, na quarta seção, é apresentada a construção da métrica, incluindo a descrição das etapas de seleção do método multicritério, definição dos indicadores utilizados e determinação de seus respectivos pesos. A quinta seção, por sua vez, traz a aplicação da métrica e a discussão dos resultados da avaliação dos ciclos de revisão tarifária. Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais do estudo.

## 2 METOLOGIA REGULATÓRIA DE PERDAS NÃO TÉCNICAS

No Brasil, desde a promulgação da lei das concessões em 1995, utiliza-se um modelo de regulação do tipo *Price Cap*. Trata-se de um modelo de incentivo onde se estabelece um preço fixo e os custos são gerenciados pelas empresas durante o período compreendido entre os ciclos de revisão tarifária (CRTP). Neste modelo, os ganhos de eficiência são capturados e gradativamente repassados para a tarifa. Até o momento todas as distribuidoras já passaram ou iniciaram o 4º CRTPs, a citar: primeiro ciclo (2003-2006), segundo ciclo (2007-2010), terceiro ciclo (2011-2014), quarto ciclo (2015-2018).

Ainda sem uma metodologia definida no primeiro ciclo de revisões tarifárias (1CRTP), o referencial de PNT utilizado se baseou na média histórica da própria concessionária, assegurando uma cobertura tarifária para o ciclo limitada aos patamares de PNT histórico. Portanto, somente a partir do segundo ciclo (2CRTP) foi criada e usada uma metodologia mais sofisticada para delinear o tratamento da questão.

Neste contexto, em 2008, a ANEEL divulgou a nota técnica (NT) final NT 342/2018 criando uma metodologia específica para o tratamento das PNT. Nesta medida foi implementado o modelo *Yardstick Competition*, proposto por Shleifer (1985), e caracterizado pela utilização dos custos de uma empresa semelhante (*benchmark*), porém mais eficiente, na determinação da meta de custo que será utilizada pela empresa examinada. Este “custo referência” pode ser tanto a média dos custos de um grupo de empresas com características parecidas, quanto o de menor valor.

Na análise de *benchmarking*, do 2CRTP, as concessionárias são comparadas entre si através de critérios de similaridade. Para tal, a ANEEL utiliza o chamado “índice de complexidade de combate às perdas não técnicas”, o qual busca sintetizar o conjunto de informações e variáveis sociais e econômicas das áreas de concessão que podem estar contribuindo direta ou indiretamente às PNT (ANEEL, 2008). Diante do resultado apresentado pelo modelo de complexidade, a meta atingida pelo novo modelo era comparada com o histórico da própria empresa, adotando-se o menor valor.

Além do *benchmarking* foram introduzidas, no segundo ciclo, a definição de pontos de partida e velocidades de redução de trajetória. A regra de velocidade neste ciclo foi bem simples, pois se tratava de uma trajetória linear, onde a empresa deveria chegar à meta

regulatória no final do ciclo tarifário, ou seja, não existiu qualquer tipo de limitador de redução.

Durante o terceiro ciclo de revisão tarifária (3CRTP), a metodologia propôs evoluções consideráveis na metodologia, passando a utilizar três modelos econométricos (C, G e K) e, assim, lidar melhor com as diferenças socioeconômicas das áreas de concessão. Além disso, foram observadas evoluções em outros pontos da metodologia, como velocidade da trajetória de perdas e metas. Para a velocidade de redução, foram criados 5 *clusters* considerando as características da área de concessão, em especial fatores como a complexidade socioeconômica, o nível de perdas não técnicas sobre o mercado de baixa tensão e o porte da empresa. Elaboraram-se trajetórias diferenciadas de acordo com tais variáveis, objetivando separar as empresas em grau de dificuldade similar no combate as perdas não técnicas. Os pontos de partida, por sua vez, continuaram com uma metodologia simples, no qual a única regra era que as empresas não poderiam ter um ponto de partida maior que o ponto de chegada observado no ciclo tarifário anterior.

O quarto ciclo (4CRTP), preserva o *framework* de análise criado no segundo ciclo que, salvo algumas alterações, até hoje preserva a essência original da metodologia. Neste ciclo, a meta passou a ser calculada a partir da média dos três modelos econométricos (C, G e K) e as regras de velocidade de redução seguiram os critérios distintos para *cluster* de empresas com portes diferentes (grandes e pequenas). Já o ponto de partida passou a ser definido de acordo com uma regra geral considerando-se o porte da empresa e a possibilidade da tratativa de algumas exceções.

Em uma visão geral da evolução da metodologia pode-se destacar os avanços consideráveis observados ao longo dos ciclos de revisão tarifária, que passou a adotar critérios mais específicos para melhor segregar e coordenar o processo de minimização de perdas não técnicas. Neste ponto, o presente Texto de Discussão visa analisar a eficiência dos três últimos ciclos (2CRTP, 3CRTP, 4CRTP) e suas principais contribuições. O Quadro 1 traz uma síntese dos principais aspectos metodológicos dos ciclos de revisão tarifária, segundo o modelo adotado, a definição de meta regulatória, ponto de partida e velocidade de redução da trajetória.

**Quadro 1: Principais Características dos Ciclos de Revisão Tarifária.**

<b>Ciclos de Revisão</b>	<b>1 CRTP</b>	<b>2 CRTP</b>	<b>3 CRTP</b>	<b>4 CRTP</b>
<b>NT ANEEL</b>	NT nº 030 de 2003	NT nº342 de 2008	NT nº298 de 2011	NT nº106 de 2015
<b>Modelo</b>	Análise de Dados Históricos	Modelo de Complexidade Painel com efeitos aleatórios <i>Benchmarking</i> 3 modelos (C, G e K)	Modelo de Complexidade Painel com efeitos aleatórios <i>Benchmarking</i> 3 modelos (C, G e K)	Modelo de Complexidade Painel com efeitos aleatórios <i>Benchmarking</i> 3 modelos (C, G e K)
<b>Metas</b>	Média Histórica da concessionária	Menor valor encontrado entre o <i>benchmark</i> e o histórico da empresa	Menor meta encontrada entre os 3 modelos (C, G e K)	Média das metas encontradas pelos 3 modelos (C, G e K)
<b>Pontos de Partida</b>	-	Média histórica observada	Precisa ser inferior ao ponto de chegada do ciclo anterior	Regra considerando porte da empresa
<b>Velocidade de Redução</b>	-	Trajetória linear decrescente ou fixa, sem limitador de redução	Criação de 5 clusters com trajetórias diferentes	Criação de 2 clusters (Grupo 1 e 2) com regras específicas

**Fonte: Elaboração Própria.**

### 3 ANÁLISES MULTICRITÉRIO

Segundo Gomes (2009), a necessidade de respostas que abarcassem diversas dimensões para processos decisórios deu início a um novo campo teórico, a Teoria da Decisão (DM – *Decision Making*). Os problemas de decisão são por natureza complexos, pois são envoltos de incertezas, conflitos de valores e de interesses, assimetrias de poder, múltiplos critérios de avaliação e grande volume de dados e informações que, por sua vez, podem se encontrar incompletas.

Para lidar com essas dificuldades, foram desenvolvidas uma série de metodologias de Apoio à Decisão – *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA) - e à Tomada de Decisão – *Mutiple Criteria Decision Making* (MCDM)<sup>2</sup>. Em geral, os métodos de MCDA e MCDM

<sup>2</sup> Em geral, os termos MCDM e MCDA são utilizados para segregar os métodos com abordagem proveniente da Escola Americana (MCDM) e os da Escola Francesa ou Europeia (MCDA).

são aplicados em casos que envolvem problemas de: seleção, ranqueamento, classificação e decisão.

Desde seu surgimento, na década de 60, as análises multicritério têm como objetivo auxiliar o processo de tomada de decisão considerando aspectos relevantes e necessários no processo decisório. A análise de um conjunto de critérios permite uma melhor compreensão e contextualização da problemática como um todo, incluindo o maior número possível de informações e de contradições existentes, tanto no âmbito quantitativo, quanto qualitativo. Desta forma, busca-se alcançar a seleção mais desejável possível para a situação em questão, através da escolha de uma alternativa frente às demais ou através do ordenamento das melhores alternativas.

As análises multicritérios são caracterizadas como ferramentas de comparação. Estas são, frequentemente, aplicadas em questões envolvendo: a busca de solução de casos conflitantes; elaboração de diretrizes e recomendações operacionais; definição de prioridades; e, principalmente, a tradução das diferentes opiniões sobre determinado assunto de forma conjunta, sem desconsiderar as especificidades de cada agente interessado.

Os problemas de decisão podem ser caracterizados pela presença de um número finito de alternativas e critérios de julgamento. Pode-se denotar um problema de DM por meio da representação matemática de matrizes. Assim, uma matriz de decisão  $V: \{V_k(a)\}$  é construída refletindo o ponto de vista da DM, onde o elemento  $V_k(a)$  corresponde a avaliação da alternativa “a” com respeito ao critério k. As alternativas são assim por diante ordenadas de acordo com os critérios e seus respectivos pesos. A partir desta estruturação são aplicados métodos multicritérios para o processamento das informações de forma a otimizar a escolha entre as alternativas com base nos critérios estabelecidos e suas ponderações relativas.

Atualmente, existe uma ampla e diversa gama de métodos multicritérios. Estes podem ser segregados, segundo as diferentes abordagens existentes, em: (i) critério único de síntese, no qual os critérios passam a ser agregados em um único critério síntese; (ii) subordinação de síntese, para o qual se utiliza uma relação binária, considerando a possibilidade de dominância de uma alternativa sobre a outra e (iii) julgamento local interativo, onde as preferências não estão pré-definidas, possibilitando a intervenção no

procedimento e ordem das etapas de cálculo e levando em conta a discussão e participação dos tomadores de decisão na proposta de solução (GOMES, 2009).

Gomes e Rangel (2010) também categorizam esses métodos entre os desenvolvidos pela Escola Francesa ou Europeia e os de origem na Escola Americana. Os métodos da Escola Francesa tratam da noção de relação de superação e adotam uma modelagem mais flexível partindo de um referencial construtivista. Enquanto isso, os métodos da Escola Americana são fundamentados no paradigma racionalista, na noção de agregação de informações e na Teoria da Utilidade. Outros métodos apresentam ainda as técnicas de ambas as escolas e são conhecidos como métodos Híbridos.

Dentre os métodos da Escola Americana, cita-se: *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), *Analytic Network Process* (ANP), *Measuring Attractiveness by Categorical based Evaluation Technique* (MACBETH), *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings* (SMARTER), *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings* (SMARTS) e o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Na Escola Europeia destacam-se os métodos *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE) e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations* (PROMETHÉE). No que diz respeito aos métodos Híbridos, menciona-se o uso frequente do método de Tomada de Decisão Interativa Multicritério (TODIM).

## **4 CONSTRUÇÃO DA MÉTRICA DE AVALIAÇÃO PARA A REGULAÇÃO DE PERDAS**

O desenvolvimento de uma métrica de avaliação permite comparar diferentes processos, a partir de uma mesma dimensão de referência. Assim, a definição de uma métrica passa a ser uma estratégia para mensurar e acompanhar os resultados de determinado processo, além de valorar seu desempenho frente a outras opções comparáveis. A métrica deve ser estruturada de forma simples, clara e objetiva para fornecer respostas que possibilitem a identificação de inconsistências e pontos frágeis do processo. Além disso, a métrica auxilia na compreensão de onde e como ajustar os processos para atingirem seus objetivos.

A revisão bibliográfica a respeito dos métodos multicritérios serviu como embasamento teórico para a construção da métrica a ser utilizada na avaliação da efetividade de cada ciclo regulatório de perdas. Dito isso, a escolha da análise multicritério, como a ferramenta de cálculo da medida de efetividade da regulação, consiste na primeira etapa para o desenvolvimento desta métrica. Ao total são definidas quatro etapas classificadas da seguinte forma: 1) escolher o método multicritério a ser utilizado, 2) definir os critérios de avaliação, com base nos objetivos gerais da regulação, 3) relacionar os critérios a indicadores capazes de quantificá-los, e 4) definir os pesos associados a cada critério/indicador.

A partir destas etapas, a aplicação dos cálculos estabelecidos na análise multicritério resulta em uma “pontuação” relativa ao conjunto de regras impostos a cada ciclo tarifário. Sendo assim, antes de apresentar os resultados da aplicação desta métrica, a sequência do texto descreve a sistemática para a elaboração das quatro etapas mencionadas.

### **4.1 ESCOLHA DO METODO MULTICRITÉRIO**

Inicialmente, destaca-se que a própria subjetividade do tema tratado – avaliação da efetividade da regulação de PNT – já torna por si só o problema complexo e de difícil resolução, principalmente, devido à forte tendência de ocorrência de pontos de vistas conflitantes, oriundos de posições políticas e interesses particulares. No entanto, conforme demonstrado na revisão bibliográfica, os métodos de análise multicritério são desenvolvidos, exatamente, com a proposta de solucionar tais especificidades e incertezas.

Para isso, estes métodos são eficazes em transformar *inputs* conflituosos em *outputs* equilibrados e capazes de gerar soluções, o que demandaria um tempo significativamente elevado, caso fossem adotadas práticas de negociação entre as partes.

Diante deste cenário, optou-se por um método de Tomada de Decisão Multicritério (MCDM) que pudesse solucionar problemas de ranqueamento de forma simples e eficiente, considerando a presença de indicadores quantitativos e qualitativos. A partir de uma extensa revisão bibliográfica sobre os métodos indicados para a questão levantada, o método TODIM foi selecionado.

De forma geral, o método TODIM demonstra capacidade em alinhar, facilmente, as expectativas e estruturas de preferências dos atores envolvidos, oferecendo suporte aos profissionais na tomada de decisão, ao tornar o processo de escolha rápido e preciso (GOMES e LIMA, 1992b; GOMES, RANGEL, 2009; ZINDANIA *et al.*, 2017). A literatura sobre o método converge ao demonstrar o sucesso da aplicação da metodologia em problemas de ranqueamento, o que também pôde ser observado neste estudo. Além disso, o método possui simples aplicação e fácil compreensão dos resultados, sendo possível aplicá-lo por meio de *softwares* conhecidos, como o Microsoft Excel.

O TODIM é um método decisório que utiliza a preferência dos decisores e se encontra fundamentado na Teoria dos Prospectos – *Prospect Theory* (OPT)<sup>3</sup>, assim como no modelo de diferença para a análise de decisões multicritério discreta (GOMES e LIMA, 1992a). Desenvolvida por Daniel Kahneman durante a década de 70, a Teoria dos Prospectos introduziu um novo paradigma aos problemas de tomada de decisão frente a percepção normativa da Teoria Clássica de Maximização da Utilidade. Debruçando-se na busca pela compreensão do processo mental que envolve a maneira como os indivíduos tomam decisão frente ao risco, a Teoria dos Prospectos oferece um modelo descritivo mais amplo, abrangendo maiores complexidades.

Segundo a Teoria dos Prospectos, as decisões dos seres humanos são realizadas com base em expectativas de perdas e ganhos esperáveis em relação a determinado ponto de referência (*status quo*). Diversos estudos, apontam que os indivíduos apresentam comportamento de propensão ao risco, quando se encontram frente a riscos e, por outro

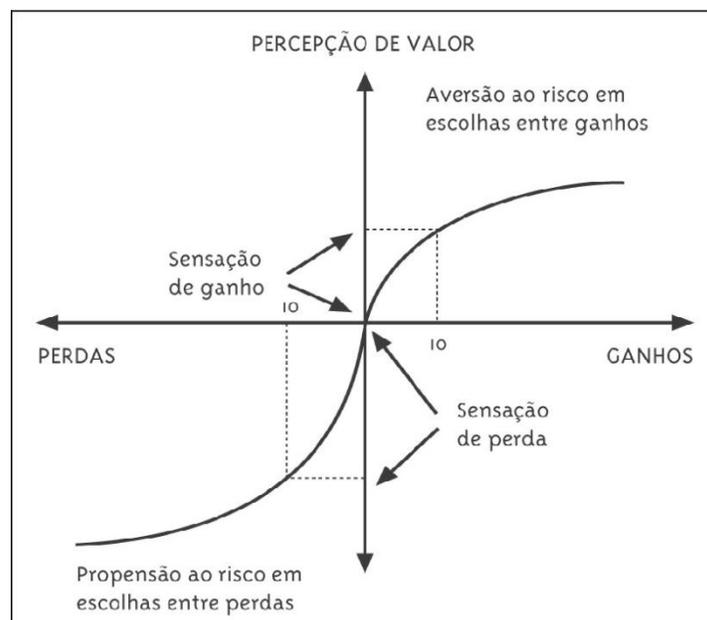
---

<sup>3</sup> OPT é a sigla usada para *The original Prospect Theory*, a fim de diferenciá-la de sua versão Acumulativa designada como CPT.

lado, manifestam comportamentos de aversão ao risco quando diante de ganhos (KAHNEMAN & TVERSKY, 1979, 1982; KORHONEN, MOSKOWITZ & WALLENIUS, 1990; SALMINEN, 1994). Ou seja, em situações frente ao risco, as pessoas descrevem um padrão de preferência que não pode ser capturado pela Teoria da Utilidade Esperada.

Posto isto, dois domínios podem ser assim identificados, um de ganhos e outro de perdas, como observado no gráfico da função valor da Teoria dos Prospectos na Figura 1. A função em formato de “S” exibe uma curva côncava que representa os ganhos e uma curva convexa para as perdas. Em geral, os métodos fundamentados na OPT apresentam maior capacidade prospectiva, haja vista que consideram a existência de um “comportamento de risco” na tomada de decisões complexas. Este é o caso do Método TODIM desenvolvido no início da década de 90 por Gomes (1991).

**Figura 1: Função valor na Teoria dos Prospectos.**



**Fonte: Vasconcelos *et al.* (2014).**

Inicialmente desenvolvido em 1992, o TODIM foi criado com a proposta de modelar o julgamento humano a partir do uso de modelos de ranqueamento (GOMES e LIMA, 1992). Além da Teoria dos Prospectos, o método TODIM apresenta bases teóricas da Escola Europeia e Norte-Americana, agregando elementos da Teoria da Utilidade Multiatributo dos Métodos AHP e ELECTRE. O TODIM é um método não

compensatório<sup>4</sup>, caracterizado pela aplicação de uma função de diferença aditiva<sup>5</sup>, similar a uma função de valor multiatributo<sup>6</sup>, que fornecerá uma ordenação global das alternativas por meio das preferências explicitadas por um decisor ou grupo de decisores - elementos cruciais nesse método decisório. Desta forma, os decisores participam diretamente do processo decisório, declarando os valores de sua preferência quanto aos critérios.

De forma geral, as etapas de desenvolvimento do método TODIM, iniciam-se com a determinação dos pesos dos critérios através da construção de uma matriz de comparação por pares de critérios, preservando-se a capacidade de transitividade. Considere, por exemplo, um conjunto de  $n$  alternativas, as quais se deseja ordenar na presença de  $m$  critérios, onde um deles é denominado como referência. Essa matriz é, então, corrigida para evitar eventuais inconsistências. Os valores de cada uma das colunas da matriz corrigida são somados, depois os recíprocos destas somas são calculados e divididos pelas somas dos recíprocos. Após a definição dos pesos, estima-se, para cada um dos critérios, a contribuição de uma alternativa  $i$  para o objetivo associado ao respectivo critério  $c$  (RANGEL et al, 2013, p.312). Em seguida, é elaborada a matriz de avaliação e, após sua normalização, obtêm-se a matriz de desejabilidades parciais. Complementarmente, são calculadas as matrizes de dominância parcial e final para, enfim, se alcançar os valores globais de cada alternativa.

A função valor multiatributo do TODIM é construída em partes, de maneira a representar os ganhos e perdas observados na função valor da Teoria dos Prospectos, conforme descrito no gráfico da Figura 1. Desta forma, as equações 1 e 2, extraídas de GOMES *et al.* (2009), trazem a expressão da função valor do método TODIM, na qual (a) descreve ganhos, (b) indiferença e (c) perdas.

$$\delta(A_i, A_j) = \sum_{c=1}^m \phi_c(A_i, A_j), \forall(i, j) \quad (1)$$

---

<sup>4</sup> Métodos não compensatórios são aqueles nos quais as vantagens de determinado atributo ou critério não podem ser substituídas pelas desvantagens de outro critério.

<sup>5</sup> A função de diferença aditiva apresenta os valores de dominância de uma dada alternativa sobre cada uma das demais alternativas.

<sup>6</sup> A função multiatributo é uma determinada função que relaciona critérios considerados na tomada de decisão.

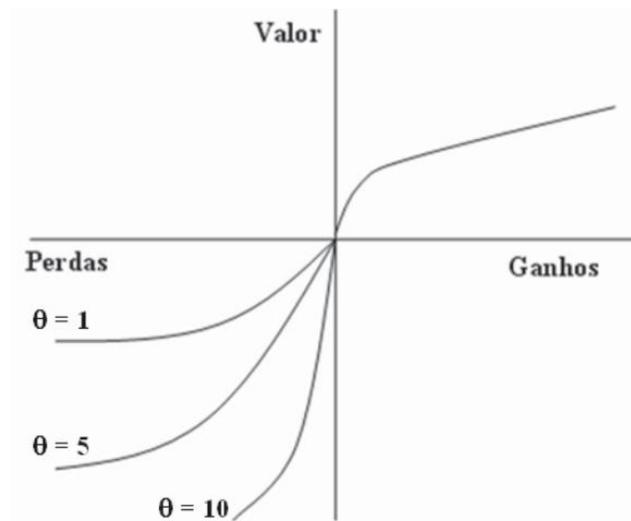
$$\sum_{c=1}^m \phi_c(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{rc}(P_{ic} - P_{jc})}{\sum_{c=1}^m w_{rc}}} & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) > 0, \quad (a) \\ 0 & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) = 0, \quad (b) \\ \frac{-1}{\theta} \sqrt{\frac{(\sum_{c=1}^m w_{rc})(P_{jc} - P_{ic})}{w_{rc}}} & \text{se } (P_{ic} - P_{jc}) < 0, \quad (c) \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

- $\delta(A_i, A_j)$  é a medida de dominância da alternativa  $A_i$  sobre  $A_j$ ;
- $\phi(A_i, A_j)$  mede o valor da alternativa  $A_i$  quando comparada frente a alternativa  $A_j$  de acordo com o critério  $c$ ;
- $W_{rc}$  é equivalente a  $w_c$  dividido por  $w_r$ , onde  $r$  é o critério de referências;
- $P_{ic}$  e  $P_{jc}$  são as performances das alternativas  $A_i$  e  $A_j$  em relação a  $c$ ;
- $\theta$  é o fator de atenuação de perdas.

Segundo Rangel, *et al.* (2013), o fator de atenuação  $\theta$  possibilita a obtenção de diferentes formas da função de valor da teoria dos prospectos no terceiro quadrante, como pode ser observado na Figura 2. Esse fator, representa o quanto o decisor está disposto a considerar nas avaliações entre duas alternativas do processo decisório em que ocorre perda.

**Figura 2 - Função de valor para diferentes valores do fator de atenuação das perdas**



Fonte: Rangel, et al. (2013)

A expressão da equação 2 pode ser simplificada na equação 3 que, por sua vez, é utilizada para calcular o valor global de uma alternativa  $i$  através dos valores encontrados na matriz de dominância (GOMES et al. 2009). São estes valores globais que permitirão a ordenação das alternativas existentes.

$$\frac{\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)}{\max \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)} \quad (3)$$

A principal motivação para a construção do método TODIM foi a criação de uma ferramenta de análise relativamente simples que lançasse mão de conceitos básicos de álgebra linear. A primeira aplicação utilizando este método foi desenvolvida por Gomes e Lima (1992b). No referido estudo, os autores buscavam avaliar a construção de uma estrada ligando a cidade de Paraty a Cunha com um trecho a ser construído inserido em um parque nacional protegido pelo IBAMA. O estudo propôs que três especialistas, com distintos pontos de vista sobre o fenômeno, fizessem um ranqueamento das alternativas levantadas. Os resultados encontrados comprovaram a eficácia da aplicação da metodologia na construção de estruturas de preferência, contribuindo para a racionalidade do processo de escolha.

Outro exemplo de aplicação refere-se à problemática acerca da busca por um valor de referência para os alugueis cobrados por propriedades residenciais no município de Volta Redonda (RJ). Nesta pesquisa, Gomes e Rangel (2009), ordenaram as propriedades de acordo com suas características, formando um *ranking* com todas as residências analisadas, juntamente com faixas de valor de aluguel. Na maior parte dos casos, os critérios utilizados para fazer a avaliação das alternativas eram conflitantes, no entanto, o método TODIM ainda se mostrou capaz de atender de maneira fácil e eficaz as expectativas dos especialistas do setor, ao refletir em seus resultados as preferências dos agentes decisores. Desta forma, a resolução de conflitos entre critérios, além de facilitada, forneceu suporte aos profissionais para a tomada de suas decisões.

O método TODIM também foi utilizado por Zindania *et al.* (2017) para otimizar a seleção de materiais em uma linha de produção, segundo as características necessárias para a fabricação de dois tipos de peças para motores. Utilizando um universo de cinco tipos de materiais com diferentes características, os autores concluíram que o método é de simples

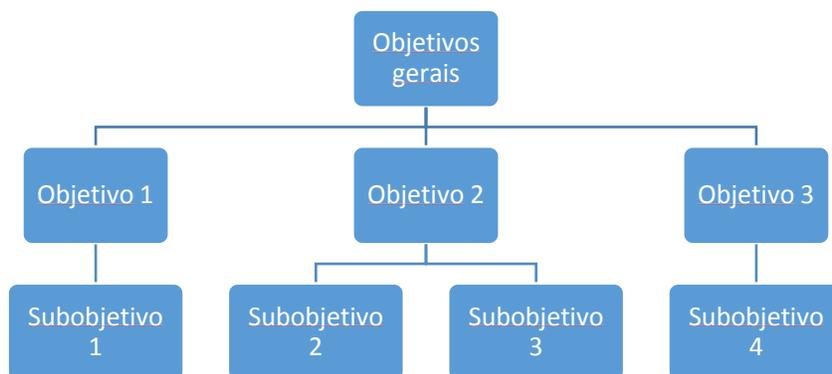
compreensão, trabalhando de forma satisfatória tanto com atributos quantitativos, quanto qualitativos, além de se apresentar robusto em relação a mudanças nos valores do fator de atenuação das perdas. Por fim, os autores destacaram o fato dos resultados do TODIM convergirem para os alcançados no passado com o uso do Método dos Elementos Finitos (MEF)<sup>7</sup>, o que significou a resolução com maior simplicidade de um problema complexo da engenharia dentro de uma linha de produção.

Até aqui foram mostradas aplicações do método TODIM focadas no ranqueamento de critérios, haja vista sua conformidade com o objetivo deste trabalho. Entretanto, variações do modelo como o TODIM-FSE (PASSOS *et. al.*, 2014; PASSOS e GOMES; 2014) e o TODIM Estendido (ZHANG *et. al.*, 2019) também são utilizadas para a classificação de alternativas. Além disso, em alguns casos, o método TODIM surge de maneira combinada com outras técnicas, como QUALIFLEX-TODIM (JI *et. al.*, 2017), para comparar alternativas mais complexas.

## 4.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Segundo Chankong e Haimes (2008), problemas de decisão devem estar atrelados a objetivos gerais, que geralmente são abstratos e de difícil lógica operacional. Os autores ainda colocam que, para executar com eficiência a técnica de multicritério, a análise deve compreender uma hierarquia de objetivos, onde abaixo dos objetivos gerais entrariam linhas de objetivos mais específicos e operacionais, conforme ilustra a Figura 3.

**Figura 3 – Hierarquia de Objetivos**



<sup>7</sup> Método dos Elementos Finitos – Corresponde a um procedimento numérico para determinar soluções aproximadas de problemas de valores sobre o contorno de equações diferenciais

**Fonte: Elaboração própria.**

Como estratégia para embasar a definição dos objetivos gerais a serem considerados na avaliação da regulação de perdas da ANEEL, julga-se que a fundamentação teórica deve considerar a lógica utilizada para a formulação dos princípios de atuação governamental do setor. Segundo a Lei nº 10.848 de 2004, o atual modelo do setor elétrico, foi estabelecido de acordo com as seguintes diretrizes principais: (i) segurança de suprimento, (ii) modicidade tarifária, (iii) universalização do acesso e inclusão social. Atualmente, os princípios norteadores do setor têm sido discutidos em função dos novos *drivers* para reestruturação do modelo setorial.

A partir dessas dimensões, os objetivos intermediários, doravante chamados de critérios, foram criados, respeitando a premissa de ortogonalidade entre si. Desta forma, buscou-se garantir a independência entre os critérios por meio da análise da correlação entre os conceitos de cada um, no intuito de evitar efeitos sobrepostos que poderiam vir a enviesar o cálculo. Por fim, foram definidos seis critérios centrais para a mensurar a efetividade das metodologias adotadas nos ciclos de revisão tarifária. São eles:

- i. Critério 1: Garantir Tarifas Mólicas;
- ii. Critério 2: Promover Eficiência Energética;
- iii. Critério 3: Garantir Sustentabilidade Econômico-Financeira do mercado;
- iv. Critério 4: Estabelecer incentivos regulatório coerentes com a capacidade de resposta das empresas;
- v. Critério 5: Estabelecer incentivos regulatório abrangentes aos diferentes desafios do setor;
- vi. Critério 6: Garantir qualidade da informação a respeito das práticas no setor;

#### 4.3 FORMULAÇÃO DE INDICADORES ASSOCIADOS AOS CRITÉRIOS

Com a finalidade de operacionalizar a mensuração dos critérios apresentados, foram construídos indicadores operacionais, que na hierarquia definida no início desta seção, funcionam como os subjetivos. Vale destacar que, conforme argumentado por Chankong e Haimes (2008), um subobjetivo pode estar presente em mais de um critério. Para atender

aos seis critérios estabelecidos, foram elaborados onze indicadores, os quais se relacionam aos critérios conforme mostra o Quadro 2.

**Quadro 2 – Relacionamento entre Critérios e Indicadores**

<b>Critério</b>	<b>Indicador</b>
<b>1 - Garantir Tarifas Modicas</b>	Indicador de modicidade tarifária
<b>2 - Promover Eficiência Energética</b>	Indicador de redução de perdas
<b>3- Garantir Sustentabilidade Econômico-Financeira do mercado</b>	Indicador de impacto financeiro nas empresas
<b>4- Estabelecer incentivos regulatório coerentes com a capacidade de resposta das empresas</b>	Indicador de grau de factibilidade das metas impostas
	Indicador de reação das empresas ao incentivo
	Indicador de capacidade de atingimento das metas pelas empresas
	Indicador de evolução do número de empresas em níveis mínimos de PNT
<b>5- Estabelecer incentivos regulatório abrangentes aos diferentes desafios do setor</b>	Indicador de similaridade da reação ao incentivo
	Indicador de sensibilidade ao Contexto Socioeconômico
<b>6- Garantir qualidade da informação</b>	Indicador de grau de observabilidade para separação de PNT e Perdas Técnicas (PTec)
	Indicador de capacidade de distinguir perdas gerenciáveis e não gerenciáveis

**Fonte: Elaboração Própria**

A elaboração dos indicadores transcorreu por meio de intenso debate sobre os aspectos relevantes para avaliar a regulação e atender aos critérios estabelecidos, baseado nos dados e nas variáveis disponíveis para mensurar os efeitos do modelo regulatório em cada ciclo tarifário. Além disso, este processo contou com a consulta a especialistas no tema de perdas do setor elétrico, para garantir o amplo mapeamento das possibilidades de indicadores a serem construídos e para considerar os diferentes interesses do setor. A grosso modo, pode-se sintetizar os diferentes interesses dos agentes em dimensões atreladas aos pontos de vista do consumidor, das empresas e do regulador, conforme ilustra a Figura 4.

**Figura 4: Estrutura esquemática das dimensões, segundo os diferentes interesses dos agentes do SEB.**



**Fonte: Elaboração Própria.**

O Quadro 3 lista os onze indicadores, conjuntamente, com os objetivos específicos de cada um. Os oito primeiros indicadores possuem caráter quantitativo, ou seja, podem ser calculados mediante um conjunto de dados existentes e disponíveis. Por sua vez, os três últimos indicadores são mensurados de forma qualitativa, em função da impossibilidade de agregar dados numéricos que pudessem retratá-los. Por esta razão, estes últimos são valorados por meio de uma escala subjetiva que varia de 1 a 5, na qual o valor 1 representa uma avaliação muito ruim e o valor 5 representa uma avaliação muito boa<sup>8</sup>. Para avaliar os ciclos tarifários através desta escala, foi realizada uma pesquisa com uma amostra de especialistas do setor, a qual incluiu profissionais da agência reguladora e das empresas distribuidoras<sup>9</sup>. Ao final, todos os indicadores são normalizados para a implementação do método multicritério.

**Quadro 3 - Indicadores selecionados para a primeira rodada de consulta aos especialistas.**

<b>Indicador</b>	<b>Objetivo</b>
<b>1-Redução de perdas</b>	Avaliar se a regulação foi efetiva em promover a redução de perdas
<b>2 - Grau de factibilidade das metas impostas</b>	Avaliar se a regulação foi efetiva em impor metas factíveis ao setor
<b>3 - Reação das empresas ao incentivo</b>	Avaliar se a regulação foi efetiva em incentivar as empresas a buscarem reduzir PNT

<sup>8</sup> Nesta escala, o valor 3 assume a condição de regular na avaliação do respondente

<sup>9</sup> Vale destacar que a definição da amostra de especialista procurou equilibrar as diferentes visões do setor, por meio da escolha de respondentes que representem percepções de interesse distintos, como empresas com elevadas perdas e empresas com perdas baixas.

<b>4 - Atingimento das metas pelas empresas</b>	Avaliar se a regulação foi efetiva em criar metas alcançáveis pelas empresas
<b>5 - Evolução do número de empresas dentro dos limites de PNT</b>	Avaliar se a regulação foi efetiva em conduzir as empresas para os níveis ótimos de PNT
<b>6 - Similaridade de reação ao incentivo</b>	Avaliar se a regulação obteve respostas similares das empresas
<b>7 - Vulnerabilidade financeira das empresas</b>	Avaliar o nível de exposição das empresas a vulnerabilidades relacionadas à PNT não reconhecidas pelo regulador
<b>8 - Modicidade Tarifária</b>	Avaliar o impacto da regulação de PNT na tarifa paga pelos consumidores
<b>9 - Sensibilidade ao contexto socioeconômico</b>	Avaliar se regulação consegue refletir o contexto socioeconômico e seu impacto no decorrer do período analisado
<b>10 - Acurácia de segregação de perdas técnicas e não técnicas</b>	Avaliar se a regulação está sendo eficaz na segmentação entre perdas técnicas e não técnicas.
<b>11- Capacidade de estimação de perdas gerenciáveis e não gerenciáveis</b>	Avaliar se a regulação está sendo eficaz na segmentação entre perdas gerenciáveis e não gerenciáveis.

**Fonte: Elaboração Própria**

De acordo com as características e os propósitos específicos de cada indicador, são avaliadas formas de calculá-los. O indicador 1 representa o nível de efetividade do setor em reduzir perdas totais. Para mensurá-lo, é necessário medir a diferença entre o início e o final do período regulatório, em termos da razão de perdas globais<sup>10</sup> sobre a energia injetada<sup>11</sup> de todas as empresas.

O indicador 2 descreve o nível de exequibilidade das metas, medido pela distância das metas em relação aos valores reais de perdas globais, verificados durante o período regulatório. Para simplificação deste cálculo, adota-se como premissa um cenário em que a regulação, de fato, esteja incentivando todas as empresas a operarem de forma eficiente e, com isso, o não atingimento das metas pelas empresas ocorre, exclusivamente, por conta da não factibilidade das metas. Sendo assim, a construção deste indicador considera a razão entre o quanto cada empresa reduziu de perdas globais ao final de um ano tarifário e o quanto elas deveriam ter reduzido para atingir suas metas neste mesmo ano tarifário.

<sup>10</sup> As perdas globais equivalem às perdas totais, técnicas e não-técnicas, das distribuidoras.

<sup>11</sup> Segundo a Resolução Normativa da ANEEL nº482/2012, a “[...] quantidade de energia elétrica injetada nas redes do sistema de distribuição, englobam os montantes de energias suprida de redes elétricas de outras concessionárias de transmissão e distribuição e de centrais geradoras com instalações conectadas à rede da distribuidora, incluindo a geração própria.”

Além disso, o indicador 2 deve considerar algumas restrições intrínsecas a seu propósito. Para uma meta ser factível, a redução de perdas precisa ser igual ou superior à distância até a meta, o que resulta em um valor 100% factível (independente de ultrapassar a meta). Da mesma forma, se uma empresa, durante o ciclo, já apresentou valor inicial de perdas reais igual ou inferior à meta, assume-se que esta meta seja 100% factível, uma vez que a empresa já conseguiu atingir esta meta anteriormente. Por outro lado, uma meta será totalmente não factível (0% factível), caso ela imponha uma trajetória de redução para uma empresa que não apresente redução do índice de perdas<sup>12</sup>.

Para exemplificar o cálculo geral, suponha uma empresa com uma meta de 8% e com perdas reais iniciais de 10%, caso ao final do ano ela tenha reduzido suas perdas para 9%, esta empresa terá percorrido 50% da distância até a meta. Esta forma de formular o indicador 2 objetiva mensurar o desempenho das empresas em uma escala comparativa equânime de avaliação, o que permite obter uma medida proporcional ao desafio de cada empresa. Isto é importante, pois, em função do grau de saturação de redução, as empresas com menores perdas possuem mais dificuldade em combater uma unidade de energia perdida do que uma empresa com elevadas perdas. Por fim, ao ponderar este resultado para todo o setor durante o ciclo regulatório, obtém-se um percentual, limitado entre 0 e 100% factível, do quanto foi possível executar de redução de perdas pelas empresas frente ao desafio imposto pelas metas regulatórias.

Seguindo a ordem de descrição dos indicadores, o indicador 3 consiste no nível de adesão das empresas ao objetivo de reduzir PNT. Em outras palavras, este indicador contabiliza o número de empresas, no universo de empresas que possuíam metas de redução de PNT, que conseguiram reduzir o percentual de PNT do mercado, independentemente do quanto foi esta redução. O valor final do indicador para o ciclo regulatório é dado pela média desta quantidade de empresas entre os anos tarifários do período regulatório, ponderada pelo total de empresa do universo examinado em cada ano.

O indicador 4 descreve o nível de exequibilidade do atingimento das metas pelas empresas. A formulação do indicador 4 busca contabilizar o número de empresas que alcançaram as metas impostas pelo regulador. Este cálculo é similar ao realizado para o

---

<sup>12</sup> De acordo com as suposições assumidas para este indicador, este caso significa que as condições de operação da concessão impedem totalmente o combate às perdas por parte da empresa.

indicador 3, no qual valor final do indicador é dado pela média desta quantidade de empresas entre os anos tarifários do período regulatório, porém, agora, a ponderação considera o total de empresa do mercado em cada ano.

O indicador 5 retrata o grau de viabilidade dos limites mínimos de PNT, definidos pelo regulador para o setor. Para isso, é contabilizado o número de empresas que, dentro do período regulatório analisado, atingem estes valores (assumidos como 7,5% para o grupo de empresas de grande porte e 2,5% para o grupo de empresas de pequeno porte, de acordo com o modelo atual - quarto ciclo de revisão tarifária). O valor final do indicador é dado pela média desta quantidade de empresas entre os anos tarifários do período regulatório, ponderada pelo total de empresas do mercado em cada ano.

O indicador 6 corresponde ao nível de uniformidade da reação das empresas em resposta ao incentivo estabelecido. Ou seja, procura-se avaliar se os incentivos regulatórios estão promovendo um movimento de resposta similar entre as empresas por meio de uma medida de dispersão em torno da média. Para isso, a mensuração do indicador consiste em calcular o desvio padrão da amostra de desempenhos das empresas em relação à meta, medidos pela diferença entre a variação de perdas reais e a variação exigida pela meta.

O indicador 7 mede o nível de impacto financeiro nas distribuidoras provocado pela regulação de PNT. Evidentemente, a mensuração deste indicador considera o valor monetário da frustração financeira dado pelas PNT não reconhecidas no setor para cada ano do ciclo tarifário<sup>13</sup> e ponderado pelo EBIT regulatório<sup>14</sup> de cada empresa para os respectivos anos. Para normalizar este indicador, é importante ter atenção pois a lógica de valoração é invertida em relação aos demais indicadores, ou seja, quanto maior o seu valor, pior será a avaliação da regulação quanto ao critério de impacto nas distribuidoras. Para fins de comparação, foram estabelecidos limites mínimos e máximos para esse indicador com base nos resultados extremos ocorridos no 2CRT.

Encerrando os indicadores quantitativos, o indicador 8 representa a visão inversa àquela avaliada pelo indicador 7. Ele trata do nível de impacto para os consumidores, mediante os efeitos causados sobre a modicidade tarifária. O cálculo deste indicador

---

<sup>13</sup> Este valor é dado pela diferença entre o nível de PNT regulatório medido vezes o PMIX.

<sup>14</sup> O EBIT (*Earnings Before Interests and Taxes*) regulatório refere-se à soma da remuneração do capital investido em ativos elétricos e à remuneração do capital investido em ativos não elétricos.

corresponde à média de PNT reconhecidas no setor durante o ciclo regulatório. Assim como no indicador 7, no processo de normalização do indicador 8, deve-se atentar para a inversão da lógica de valoração para o critério de avaliação relacionado.

Por fim, os indicadores 9, 10 e 11 foram definidos como indicadores qualitativos e, por isso, são mensurados mediante a percepção de especialistas quanto aos aspectos tratados por cada indicador. A inclusão de indicadores qualitativos, embora de grande importância, possui dificuldades relacionadas à mensuração, que agregam incertezas à análise, relativas à percepção dos especialistas. Por isso, a estratégia para eliminar possíveis vieses nos valores a serem considerados na análise multicritério consiste em diversificar e equilibrar a amostra de especialistas, conforme já abordado anteriormente.

Em termos descritivos, os aspectos tratados pelo indicador 9 refletem o nível de efetividade da regulação em modelar o contexto socioeconômico para ponderar as análises regulatórias com base na complexidade de combate às perdas associadas a cada concessão. O indicador 10 retrata o nível de qualidade da informação utilizada pelo regulador baseado na visibilidade dos dados e na capacidade de segmentar de maneira satisfatória os índices de Perdas Técnicas (PT) e PNT. De forma a aprofundar a análise a respeito da qualidade da informação processada pelo regulador, o indicador 11 corresponde a uma avaliação consolidada sobre o nível de acurácia das estimativas do modelo regulatório baseada na capacidade de segmentação dos determinantes gerenciáveis e não gerenciáveis das perdas.

Portanto, julga-se que este conjunto de onze indicadores seja suficiente para abarcar os critérios de avaliação da regulação. A partir da formulação de equações para mensurar todos os indicadores, ficam explicitadas as variáveis necessárias para calculá-los. Com isso, parte-se para a obtenção destas variáveis e, posteriormente, para o tratamento das mesmas no intuito de compor uma base de dados que compreenda os resultados de todos os ciclos regulatórios. Desta forma, os cálculos podem ser executados e o método multicritério poderá ser implementado após a definição dos pesos relativos a cada indicador para a avaliação da regulação.

#### 4.4 ATRIBUIÇÃO DOS PESOS ASSOCIADOS A CADA CRITÉRIO/INDICADOR

A última etapa de construção da métrica consiste na distinção da importância relativa a cada critério e aos respectivos indicadores. Com este propósito, foi realizado um *Workshop* com a presença de especialistas para debaterem o tema e atribuírem os pesos relativos aos 11 indicadores desenvolvidos. Dentre os especialistas, estavam presentes profissionais das distribuidoras CPFL, ENEL, LIGHT, além de membros da ANEEL e pesquisadores do GESEL/UFRJ.

O *Workshop* foi estruturado em rodadas de discussões, seguindo a abordagem do método “*World Café*”<sup>15</sup>, o que permitiu abordar os diversos aspectos relacionados à regulação das perdas e obter as contribuições dos especialistas por meio de debates que ajudaram na compreensão do problema. A aplicação do método “*World Café*” foi de fundamental importância, pois proporcionou um diálogo qualificado entre distintas óticas de atores pertencentes a empresas do setor elétrico e a instituição reguladora. O debate foi centrado na identificação dos pontos fortes e fracos da regulamentação, além de permitir a sinalização de novas perspectivas de aprimoramento.

Primeiramente, foram apresentados o objetivo do estudo e o significado detalhado de cada indicador proposto. Com base nessa apresentação, os especialistas foram convidados a apresentar suas primeiras ponderações sobre a importância de cada indicador. O método utilizado para a determinação dos pesos relativos a cada critério foi o *direct rating*, onde os especialistas convidados atribuíram uma importância a cada critério numa escala de zero a cem. Para buscar um maior consenso, aplicou-se o questionário em duas etapas. Considerando a uniformidade de conhecimento e competência dos respondentes, o peso final para cada critério foi obtido mediante agregação por média ponderada<sup>16</sup> das avaliações. Estes pesos serão parâmetros fundamentais para o propósito da aplicação do método multicritério selecionado.

---

<sup>15</sup> O Método “*World Café*” é empregado mundialmente para fomentar a conversação e troca de ideias entre grandes grupos. Este método pode ser estruturado em cinco etapas: i) cenário; ii) introdução; iii) rodadas de grupos pequenos; iv) perguntas e v) coleta.

<sup>16</sup> Definiu-se que a importância das respostas de todos os especialistas entrevistados seria idêntica, o que significa utilizar peso unitário para as respostas no momento da agregação.

Além de pontuar o peso de cada indicador, os especialistas contribuíram no mapeamento de indicadores para a avaliação, propuseram ajustes nas formulações dos indicadores e apontaram possíveis variáveis e bases de dados para os cálculos. Posteriormente, cada especialista teve a oportunidade de apresentar suas considerações a respeito de aspectos relevantes para a regulação, com base em temas pré-estabelecidos. Esta rodada de debates contribuiu para ampliar a compreensão de todos os participantes a respeito dos principais aspectos e fragilidades relacionadas à regulação de perdas. Após amadurecer o tema nos debates, os especialistas foram novamente convidados a pontuar os pesos de cada indicador.

Por consequência das contribuições dos debates, originaram-se os indicadores 10 e 11 (apresentados anteriormente), os quais passaram a compor o conjunto de indicadores a serem ponderados pelos especialistas na segunda rodada de avaliação. Neste segundo momento de avaliação, as médias dos pesos dados para cada indicador foram apresentadas, de acordo com os valores obtidos na primeira rodada de avaliações. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** desenvolve uma análise descritiva composta de estatísticas básicas, incluindo valores mínimos e máximos, média e desvio padrão, da primeira e da segunda rodadas de avaliação.

**Tabela 1 - Estatísticas das Atribuições de Notas**

Indicador	Primeira Rodada				Segunda Rodada			
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
<b>1</b>	66	100	20	31,6	<b>62</b>	93	20	26,0
<b>2</b>	75	100	30	24,3	<b>76</b>	96	40	20,0
<b>3</b>	78	95	30	22,5	<b>78</b>	90	30	21,6
<b>4</b>	73	94	20	25,0	<b>71</b>	92	40	15,8
<b>5</b>	69	96	30	25,7	<b>69</b>	94	40	21,9
<b>6</b>	59	90	20	22,4	<b>57</b>	84	20	20,7
<b>7</b>	85	92	80	5,4	<b>85</b>	91	70	7,8
<b>8</b>	64	88	30	21,3	<b>63</b>	84	30	18,4
<b>9</b>	89	100	75	9,3	<b>90</b>	100	75	8,7
<b>10</b>	-	-	-	-	<b>77</b>	90	40	18,0
<b>11</b>	-	-	-	-	<b>93</b>	100	65	12,8

**Fonte: Elaboração própria**

Na segunda rodada, é possível observar que os desvios-padrões reduziram para todos os critérios iniciais, com exceção do Indicador 7. Além disso, a distância entre máximos e mínimos também diminuiu, com exceção, novamente, do Indicador 7. Isso indica que os resultados do debate foram positivos em gerar uma maior convergência na opinião dos especialistas. Apesar disso, ainda há uma grande heterogeneidade entre as avaliações dos especialistas, com altos desvios padrões e grandes divergências entre valores máximos e mínimos, mesmo após as rodadas de discussões.

Por fim, ressalta-se que o Indicador 11, incluído após as discussões, foi o que apresentou a maior relevância em média, refletindo um ponto positivo do debate para a inclusão de uma variável nova de grande importância. De maneira geral, os indicadores qualitativos apresentaram uma maior importância em média, o que agrega complexidade para a análise.

Em seguida, é necessário transmitir os resultados dos indicadores para determinar a relevância dos critérios que os enquadram. Assim, os valores de média da 2ª rodada irão compor os pesos associados aos critérios, de acordo com as relações estabelecidas no Quadro 1. O resultado final deste processo é apresentado na Tabela 2, onde se observa os valores normalizados dos pesos associados a cada critério.

**Tabela 2 - Peso dos critérios obtidos através da agregação média.**

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>
<b><u>Critério 1: Garantir Tarifas Múdicas</u></b>	0,077
<b><u>Critério 2: Eficiência Energética</u></b>	0,076
<b><u>Critério 3: Estabelecer incentivos regulatórios coerentes a capacidade de resposta das empresas</u></b>	0,357
<b><u>Critério 4: Estabelecer incentivos regulatórios que abranjam todo o setor</u></b>	0,179
<b><u>Critério 5: Garantir qualidade de informações Críticas</u></b>	0,207
<b><u>Critério 6 Garantir sustentabilidade econômico-financeira</u></b>	0,104

**Fonte: Elaboração própria.**

Esta matriz de pesos normalizados irá subsidiar os cálculos da análise multicritério, de forma a garantir que a avaliação dos ciclos regulatórios priorize o desempenho nos

critérios mais relevantes. Isso permitirá decompor o resultado final da análise para identificar os pontos em que cada ciclo regulatório desempenhou bem ou mal.

## 5 APLICAÇÃO DA MÉTRICA DE AVALIAÇÃO

Após sua construção, a métrica foi aplicada para avaliar a efetividade da regulação de perdas adotada em cada ciclo regulatório da ANEEL. Em outras palavras, o conjunto de regras e normativas impostas em um determinado ciclo regulatório resulta em um desempenho geral do setor mensurado por meio da métrica desenvolvida neste trabalho. Dito isso, o primeiro passo consistiu na elaboração de um banco de dados contendo as variáveis necessárias para o cálculo dos indicadores quantitativos. Estas foram coletadas com base nas Notas Técnicas da ANEEL referentes aos processos de Reajuste e de Revisão Tarifária. Informações qualitativas foram obtidas por meio de questionários respondidos por especialistas do setor, em *Workshop* presencial ou via *e-mail*.

Os resultados desses indicadores são apresentados na Tabela 3, conjuntamente com a informação dos valores máximos e mínimos que cada indicador poderia atingir. Esses limites máximos e mínimos foram utilizados para adicionar dois ciclos hipotéticos, um pessimista que obteve um *score* de 0% e outro otimista, que obteve um *score* de 100%.

**Tabela 3 - Valores dos indicadores quantitativos**

Indicador	Ciclo Tarifário	Resultado	Escala de Avaliação	
			Mínimo	Máximo
Indicador 1	2ºCRT	7,24072E-05	-1	1
	3ºCRT	2,68907E-06		
	4ºCRT	3,60681E-05		
Indicador 2	2ºCRT	0,4272882	0	1
	3ºCRT	0,2891737		
	4ºCRT	0,5848864		
Indicador 3	2ºCRT	0,6157895	0	1
	3ºCRT	0,4149378		
	4ºCRT	0,372093		
Indicador 4	2ºCRT	0,4069767	0	1
	3ºCRT	0,4180328		
	4ºCRT	0,5		
Indicador 5	2ºCRT	0,3100775	0	1
	3ºCRT	0,307377		
	4ºCRT	0,3538462		
Indicador 6	2ºCRT	0,0312153	0	1

	3ºCRT	0,02766274		
	4ºCRT	0,02186305		
<b>Indicador 7</b>	2ºCRT	0,5095292		
	3ºCRT	0,6053529	0	1
	4ºCRT	0,5538861		
<b>Indicador 8</b>	2ºCRT	0,08953492		
	3ºCRT	0,06541327	0	1
	4ºCRT	0,05127265		

**Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANEEL.**

Em relação aos indicadores qualitativos, a avaliação foi obtida mediante resultado da pesquisa de opinião respondida por especialistas. Assim como na determinação dos pesos, não houve juízo de valor quanto às respostas obtidas pelos especialistas, de forma a considerá-los igualmente competentes. Com isso, o valor final de cada indicador corresponde à média simples das respostas. Os resultados das avaliações são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Estatísticas das avaliações de critérios qualitativos entre Ciclos de Revisão Tarifária**

<b>Indicador</b>	<b>Ciclo Tarifário</b>	<b>Média</b>	<b>Máximo verificado</b>	<b>Mínimo verificado</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Indicador 9</b>	2ºCRT	2,7	4,0	1,0	1,1
	3ºCRT	2,3	4,0	1,0	1,0
	4ºCRT	3,1	4,0	2,0	1,0
<b>Indicador 10</b>	2ºCRT	2,1	4,0	1,0	1,0
	3ºCRT	2,1	3,0	1,0	0,6
	4ºCRT	2,6	3,0	2,0	0,5
<b>Indicador 11</b>	2ºCRT	2,6	4,0	1,0	1,2
	3ºCRT	2,1	3,0	1,0	0,6
	4ºCRT	3,1	4,0	2,0	0,6

**Fonte: Elaboração própria**

A avaliação das notas apresenta resultados regulares ou abaixo da média para todos os critérios entre os diferentes ciclos tarifários. Além disso, é possível observar um significativo desvio padrão nas avaliações e grandes distâncias entre os limites máximos e mínimos.

A partir da mensuração de todos os indicadores, estes valores são inseridos nos cálculos do Modelo TODIM para a execução da análise multicritério. O *score* é definido com base nos resultados da matriz de dominância final, elaborados por meio da agregação das matrizes de dominância parcial. As matrizes de dominância parcial, são construídas a partir do desempenho relativo entre Ciclos de Revisão Tarifária (CRT) para cada um dos critérios, seguindo a equação 2 da Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

As matrizes de dominância final foram posteriormente normalizadas conforme a equação 3 da Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, gerando os *scores* padronizados entre 0 e 1, que são apresentados como um percentual na Tabela 5<sup>17</sup>. O 4CRT foi o melhor classificado, se comparado com o resultado dos demais ciclos.

<b>Tabela 5 - Notas dos Ciclos</b>	
<b>Ciclos de Revisão</b>	<b>Score</b>
	<b>63</b>
2CRT	%
	<b>61</b>
3CRT	%
	<b>72</b>
4CRT	%

**Fonte: Elaboração própria.**

Portanto, pode-se perceber que o modelo regulatório vem apresentando evolução nos anos, porém o valor ainda está aquém do ideal para remunerar empresas por fatores que em parte podem ser não gerenciáveis pelas distribuidoras. Uma análise de sensibilidade foi realizada, alterando-se o parâmetro  $\theta$  da função de valor multiatributo, sem modificação no ordenamento das alternativas, o que mostrou que os resultados são robustos a mudanças nesse parâmetro.

<sup>17</sup> Vale explicitar que esses valores não necessariamente são factíveis, de forma que não se espera que o regulador desempenhe 100% em algum ciclo tarifário dentro da escala utilizada nesse estudo. Outras escalas poderiam ser utilizadas, sem prejuízo na mudança do ordenamento dos ciclos tarifários.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De maneira, geral, os ciclos regulatórios obtiveram uma avaliação mediana quanto à efetividade da regulação. Evidentemente, ainda há muito espaço para aprimoramentos que garantam a melhoria neste desempenho e o mais importante, um reconhecimento condizente com os cenários enfrentados pelas distribuidoras.

Com base na aplicação da métrica, é possível realizar uma análise dos resultados segregada pelos critérios de avaliação da regulação. O desempenho em cada critério indica os pontos de fragilidade ou de adequabilidade associados a cada metodologia regulatória. Para isso, é importante identificar as relações de causalidade, de acordo com a evolução da regulamentação. No entanto, este exercício não é trivial e a aplicação da métrica permite apenas que sejam feitas suposições iniciais a respeito das causas de piora ou melhora na avaliação entre os ciclos.

A Tabela 6 sintetiza o resultado do ranqueamento dos ciclos em cada critério. A aplicação da métrica serve para o mapeamento dos aspectos a serem aprimorados em cada processo tarifário. Em geral, o 4CRT obteve o melhor desempenho entre os ciclos, o que denota um progresso evolutivo na efetividade da regulamentação. No entanto, há critérios em que esta progressão não ocorreu. Além disso, a análise histórica dos ciclos, possibilita realizar um levantamento ao longo de todo o período de atuação do modelo regulatório de PNT, no qual busca-se identificar alterações que possam explicar o desempenho de cada ciclo em relação a cada critério. Este processo pode indicar medidas que foram adequadas ou que deveriam ser evitadas para a proposição de inovações.

**Tabela 6- Classificação dos ciclos.**

<b>Crítérios</b>	<b>Ciclo</b>	<b>Classificação</b>
<b>Critério 1 - Eficiência Energética</b>	2CRT	3
	3CRT	1
	4CRT	2
<b>Critério 2 - Garantir sustentabilidade econômico-financeira</b>	2CRT	1
	3CRT	3
	4CRT	2
<b>Critério 3: Garantir Tarifas</b>	2CRT	3

<b>Módicas</b>	3CRT	2
	4CRT	1
<b>Critério 4: Estabelecer incentivos regulatórios coerentes a capacidade de resposta das empresas</b>	2CRT	3
	3CRT	1
	4CRT	2
<b>Critério 5: Estabelecer incentivos regulatórios que abrangem todo o setor de distribuição</b>	2CRT	2
	3CRT	3
	4CRT	1
<b>Critério 6: Garantir qualidade de informações Críticas</b>	2CRT	2
	3CRT	3
	4CRT	1

**Fonte: Elaboração Própria**

A razão para o desempenho superior do 4CRTP em seu melhor resultado comparativo reside no fato desse manifestar um melhor desempenho nos critérios 3 (garantir tarifas módicas), 5 (estabelecer incentivos regulatórios que abrangem todo o setor de distribuição) e 6 (garantir qualidade de informações críticas). Isto se deu principalmente pelos indicadores qualitativos com capacidade de estimação de perdas gerenciáveis e não gerenciáveis, de sensibilidade ao contexto socioeconômico e de acurácia de segregação de perdas técnicas e não técnicas, quando comparados com as metodologias aplicadas nos ciclos anteriores, sinalizando uma evolução da metodologia nos ciclos. Porém, o resultado não garante que os objetivos acima tenham sido atingidos por completo, visto que o resultado dos demais critérios foi inferior aos ciclos anteriores.

Observa-se que o desempenho dos critérios 1 (eficiência energética), 2 (garantir sustentabilidade econômico-financeira) e 4 (estabelecer incentivos regulatórios coerentes a capacidade de resposta das empresas) é inferior no 4 CRTP, devido ao mau desempenho dos indicadores de redução de perdas (indicador 1), graus de factibilidade das metas impostas (indicador 2) e vulnerabilidade financeira das empresas (indicador 7). Portanto, pode-se supor que o 4CRTP pressionou as distribuidoras com metas não tão condizentes com o desempenho das empresas, dado o resultado no critério 4 (estabelecer incentivos regulatórios coerentes a capacidade de resposta das empresas). Isso pode ter prejudicado o

desempenho financeiro do setor, indicado no critério 2 (garantir sustentabilidade econômico-financeira). Em contrapartida, estas medidas não resultaram em uma redução de perdas superior aos ciclos anteriores, demonstrado pelo resultado no critério 1 (eficiência energética).

No entanto, vale reiterar que esta lógica de acontecimentos se trata de suposições, as quais necessitam de uma avaliação aprofundada das relações de causalidade. De fato, externalidades ao setor, como a crise econômica dos últimos anos no país ou o aumento dos custos de aquisição de energia no período de escassez hídrica<sup>18</sup>, podem ter afetado, em certa medida, os resultados quantitativos de desempenho do setor, independente da efetividade da regulação do 4CRT. Dito isso, as suposições aqui mencionadas servem para reflexão sobre possíveis efeitos a serem considerados como pontos de atenção para a proposição de inovações regulatórias que garantam um melhor desempenho da regulação.

Ao estender a análise para os demais ciclos, nota-se que o 3CRT foi o que apresentou melhor desempenho nos indicadores 1 (redução de perdas) e 2 (grau de factibilidade das metas impostas), enquanto o 2 CRT demonstrou a melhor performance no indicador 7 (vulnerabilidade financeira das empresas). O indicador 2 (grau de factibilidade das metas impostas) teve um peso significativo para compor o critério 4 (estabelecer incentivos regulatórios coerentes a capacidade de resposta das empresas), por isso, o 3CRT teve o melhor desempenho neste critério. Embora a análise do cenário socioeconômico tenha sido feita de modo qualitativo, pode-se supor que fatores externos que não foram quantificados possam influenciar nesse resultado.

Em resumo, a análise dos resultados de aplicação da métrica desenvolvida permite supor que o 2CRT trouxe inovações importantes para o aprimoramento do tratamento de PNT, as quais, em um primeiro momento, induziram a avaliação relativamente boa para o ciclo. No entanto, o desenvolvimento deste modelo regulatório para o 3CRT não sinalizou melhora em aspectos importantes, o que induziu a uma avaliação pior para este período

---

<sup>18</sup> O período de crise econômica reflete em deterioração de diversos aspectos financeiros e socioeconômicos do sistema. Em consequência, mais usuários de energia elétrica torna-se inadimplentes ou passam a adotar práticas ilegais para obter a energia. Isso afeta diretamente o desempenho do setor no combate às perdas, constituindo uma ação externa a ser considerada na análise da efetividade da regulação. Da mesma forma o aumento de custos de energia reflete em um maior valor monetário das perdas, o que pode, naturalmente, enviesar o desempenho das empresas no combate às perdas e aumentar o impacto financeiro causado pelas perdas não reconhecidas.

regulatório. A partir do insucesso do 3CRT, o 4CRT aparenta ter um desempenho melhor por justamente tentar ajustar as fragilidades observadas no ciclo anterior. De fato, é possível notar as inovações introduzidas pelo 3CRT, como o uso de 3 modelos (C, G, K), a inserção de mais variáveis, as regras de ponto de partida e a análise por *cluster* de empresas, foram posteriormente aprimoradas no 4CRT. Além disso, a ANEEL ampliou o tratamento específico para algumas empresas, via exceções do modelo, o que induziu uma maior aderência das metas regulatórias ao contexto de cada empresa e uma melhor avaliação dos especialistas quanto à abrangência da regulação.

Portanto, a métrica é importante para tentar identificar estes ajustes de um ciclo para outro que fizeram variar as notas. Com isso, é possível mapear os melhores caminhos para o desenvolvimento de proposições de aprimoramento da regulação. Adicionalmente, a análise individualizada do resultado dos indicadores permitiu endereçar a priorização de alternativas regulatórias, a partir da identificação dos indicadores que estão com piores *scores* na escala de avaliação (vide Tabelas Tabela 3 e Tabela 4)

## 7. CONCLUSÕES

A métrica desenvolvida buscou avaliar a efetividade do regulador no tratamento de PNT por ciclo de revisão tarifária. Para tal, foi construída uma estrutura metodológica composta por um conjunto de etapas que permitiram mensurar e ranquear o desempenho dos ciclos tarifários da ANEEL, a partir do 2CRT. Trata-se de uma análise histórica crítica para nortear a proposição de inovações, com base em uma métrica de avaliação clara, isenta e pré-estabelecida.

Devido à complexidade da avaliação, oriunda da subjetividade dos conceitos envolvidos, recorreu-se aos métodos de análise multicritério. Dentro desta área de conhecimento, identificou-se o modelo TODIM como sendo apropriado para lidar com tal desafio, devido a sua vocação para tratar problemas de ranqueamento com critérios qualitativos e quantitativos, além de sua simplicidade operacional. Após a seleção do método multicritério, foram definidos os critérios/indicadores e seus respectivos pesos através da aplicação de rodadas de discussões e da coleta de dados primários com especialistas do setor por meio de questionários.

Os resultados de aplicação da métrica mostram que o 4CRT apresentou a metodologia de melhor desempenho dentre os demais ciclos de revisão tarifária analisados (2CRT e 3CRT), no entanto, alguns indicadores tiveram um desempenho inferior ao demais ciclo mostrando a grande fragilidade da metodologia identificada atualmente, que se trata da factibilidade das metas impostas e a vulnerabilidade financeira

Com isso, a análise revelou a necessidade de aperfeiçoamento para futuros ciclos, com destaque para os relacionados à promoção de redução de perdas, à garantia da saúde financeira das distribuidoras e à coerência das metas impostas. Ademais, o peso associado a cada critério denota a importância da efetividade da regulação em garantir a definição de metas coerentes e em garantir o uso de informações de qualidade, o que, sobretudo, é medido pela acurácia do modelo em estimar as perdas gerenciáveis e não gerenciáveis, sendo este um ponto de extrema relevância para a proposição de inovações regulatórias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEQUUS. Estudo sobre as condições socioeconômicas dos municípios que compõem a área de concessão da Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. (Escelsa), 2007.

ALMEIDA, A. C. O Componente Social das Perdas e Inadimplência na área de concessão da CERJ. XVI Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 2004.

ARAUJO, A. C. M. Perdas e Inadimplência na Atividade de Distribuição de Energia Elétrica. Tese (Doutorado em Ciências e Planejamento Energético) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL, I. A. Perdas comerciais e inadimplência no setor elétrico. **Instituto Acende Brasil**, Tech. Rep, v. 18, 2017.

BRANDAO, R. et. al. Determinantes do Desempenho Econômico das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica, Gesel. 2018.

CASTRO, N. et al. As tarifas de energia elétrica no Brasil e em outros países: O porquê das diferenças. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Publit, 2017.

CHANKONG, Vira; HAIMES, Yacov Y. Multiobjective decision making: theory and methodology. Courier Dover Publications, 2008.

GOMES, L. F. A. M.; LIMA, M. M. P. P. From modeling individual preferences to multicriteria ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model. **Foundations of Computing and Decision Sciences**, v. 17, n. 3, p. 171-184, 1992a.

TODIM: Basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. **Foundations of Computing and Decision Sciences**, v. 16, n. 4, p. 113-127, 1992b.

GOMES, L. F. A. M., RANGEL, L. A. D.; MARANHÃO, F. J. C. . Multicriteria analysis of natural gas destination in Brazil: An application of the TODIM method. **Mathematical and Computer Modelling**, 50(1-2), 92-100, 2009.

GOMES, L. F. A. M. RANGEL, L. A. D. . An application of the TODIM method to the multicriteria rental evaluation of residential properties. **European Journal of Operational Research**, 193(1), 204-211. 2009

GOMES, K. G. A. Um método multicritério para a localização de unidades celulares de intendência da FAB. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da PUC. Rio de Janeiro, 2009.

JAMIL, F. Electricity theft among residential consumers in Rawalpindi and Islamabad. **Energy Policy**, v. 123, p. 147-154, 2018.

JI, P.; ZHANG, H.; WANG, J. Fuzzy decision-making framework for treatment selection based on the combined QUALIFLEX–TODIM method. **International Journal of Systems Science**, v. 48, n. 14, p. 3072-3086, 2017.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. (1979); Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. **Econometrica**, Vol. 47, No. 2, pp. 263-292.

KAHNEMAN, D. & TVERSKY, A. (1982). The psychology of preferences, **Scientific American**, 246, 136-141. 1982

KORHONEN, P., MOSKOWITZ, H. & WALLENIUS, J. (1990) “Choice Behavior in Interactive Multiple Criteria Decision-Making”. **Annals of Operations Research**, Vol. 23, Issue 1, p. 161-179.

SALMINEN, P. (1994) “Solving the discrete multiple criteria problem using linear prospect theory”. **European Journal of Operational Research**, Vol. 72, Issue 1, p. 146-154.

MME. Nota Técnica nº 3 de 2018. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2018. NOBRE, F. F.; TROTTA, L. T. F.; GOMES, L. F. A. M. Multi-criteria decision making – an approach to setting priorities in health care. **Statistics in Medicine**. V. 18, 1999.

PASSOS, A. C. T.; TEIXEIRA, M. G.; GARCIA, K. C.; CARDOSO, A. M.; GOMES, L. F. A. M Using the TODIM-FSE method as a decision-making support methodology for oil spill response. **Computers & Operations Research**, v. 42, p. 40-48, 2014.

PASSOS, A. C.; GOMES, L. F. M. TODIM-FSE: A multicriteria classification method based on prospect theory. **Multiple Criteria Decision Making**, v. 9, p. 123-139, 2014.

RANGEL, L. A. D.; GOMES, L. F. A.; RANGEL, S. V. D. Avaliação de alternativas pelo método TODIM considerando diferentes valores do fator de atenuação de perdas. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Natal, 2013.

ROCHA, M. S. Classificação multicritério de projetos de novos negócios: uma aplicação do método TODIM-FSE. Dissertação de Mestrado Profissional em Economia do IBMEC. Orientador(a): Dr. Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes. - Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

SMITH, T. B. Electricity theft: a comparative analysis. *Energy Policy* 32:2067-2076, 2004.

TENDÊNCIAS. Consultoria Integrada. Determinantes Estruturais de Perdas Não-Técnicas no Setor Elétrico Brasileiro 2005.

ZHANG, L.; XIM, H.; KAN, Z. Renewable energy project performance evaluation using a hybrid multi-criteria decision-making approach: Case study in Fujian, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p. 1123-1137, 2019.

ZINDANI, D. et al. A material selection approach using the TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) method and its analysis. **International Journal of Materials Research**, v. 108, n. 5, p. 345-354, 2017.

ZNOTINAS, Nora M.; HIPEL, Keith William. COMPARISON OF ALTERNATIVE ENGINEERING DESIGNS 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, v. 15, n. 1, p. 44-59, 1979



# Grupo de Estudos do Setor elétrico

## Gesel

Toda a produção acadêmica e científica do GESEL está disponível no site do Grupo, que também mantém uma intensa relação com o setor através das redes sociais Facebook e Twitter.

Destaca-se ainda a publicação diária do IFE - Informativo Eletrônico do Setor Elétrico, editado desde 1998 e distribuído para mais de 10.000 usuários, onde são apresentados resumos das principais informações, estudos e dados sobre o setor elétrico do Brasil e exterior, podendo ser feita inscrição gratuita em <http://cadastro-ife.gesel.ie.ufrj.br>

GESEL – Destacado think tank do setor elétrico brasileiro, fundado em 1997, desenvolve estudos buscando contribuir com o aperfeiçoamento do modelo de estruturação e funcionamento do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Além das pesquisas, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e livros – em grande parte associados a projetos realizados no âmbito do Programa de P&D da Aneel – ministra cursos de qualificação para as instituições e agentes do setor e realiza eventos – work shops, seminários, visitas e reuniões técnicas – no Brasil e no exterior. Ao nível acadêmico é responsável pela área de energia elétrica do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ

ISBN: 978-85-7197-016-8

**SITE:** [gesel.ie.ufrj.br](http://gesel.ie.ufrj.br)

**FACEBOOK:** [facebook.com/geselufrj](https://facebook.com/geselufrj)

**TWITTER:** [twitter.com/geselufrj](https://twitter.com/geselufrj)

**E-MAIL:** [gesel@gesel.ie.ufrj.br](mailto:gesel@gesel.ie.ufrj.br)

**TELEFONE:** (21) 3938-5249  
(21) 3577-3953



Versão Digital

**ENDEREÇO:**

UFRJ - Instituto de Economia.  
Campus da Praia Vermelha.

Av. Pasteur 250, sala 226 - Urca.  
Rio de Janeiro, RJ - Brasil.  
CEP: 22290-240