



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL

CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CECA

CENTRO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS - CEER

HÉLIA THYANA MELO DA SILVA RODRIGUES

**ANÁLISE DA METODOLOGIA DE GESTÃO DE PERDAS NÃO
TÉCNICAS EMPREGADA PELA EQUATORIAL ALAGOAS**

RIO LARGO, AL

MAIO/2026

HÉLIA THYANA MELO DA SILVA RODRIGUES

**ANÁLISE DA METODOLOGIA DE GESTÃO DE PERDAS NÃO
TÉCNICAS EMPREGADA PELA EQUATORIAL ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia
de Energia da Universidade Federal de Alagoas como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Processamento de Energia

Allan David da Costa Silva, MSc

Orientador

RIO LARGO, AL

MAIO/2026

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Stefano João dos Santos

R586a Rodrigues, Hélia Thyana Melo da Silva

Análise da metodologia de gestão de perdas não técnicas empregadas pela equatorial / Alagoas Hélia Thyana Melo da Silva Rodrigues. – Rio Largo - Al, 2026.

44 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia)
Universidade Federal de Alagoas, Campus Ceca – Rio largo, 2026.

Orientador. Prof. MSc Allan David da Costa Silva,.

1 Distribuição de energia elétrica, Gestão de perdas comerciais,..

CDU: 631.95

Folha de Aprovação

HÉLIA THYANA MELO DA SILVA RODRIGUES

ANÁLISE DA METODOLOGIA DE GESTÃO DE PERDAS NÃO TÉCNICAS EMPREGADA PELA EQUATORIAL ALAGOAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia
de Energia da Universidade Federal de Alagoas como
requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia de Energia.

Aprovado em 11 de junho de 2026.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **ALLAN DAVID DA COSTA SILVA**
Data: 11/06/2026 12:30:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. MSc. Allan David da Costa Silva (Orientador)
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Documento assinado digitalmente
 **ALANA KELLY XAVIER DE BARROS BRANCO**
Data: 12/06/2026 09:52:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. DSc. Alana Kelly Xavier de Barros Branco (1º Avaliador)
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Documento assinado digitalmente
 **JULIO INACIO HOLANDA TAVARES NETO**
Data: 16/06/2026 14:21:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. DSc. Júlio Inacio Holanda Tavares Neto (2º Avaliador)
Universidade Federal de Alagoas - UFAL

RESUMO

Este Trabalho analisou a metodologia empregada pela Equatorial Alagoas para identificação e mitigação das Perdas Não Técnicas (PNT) em sistemas de distribuição de energia elétrica, com foco em redes de baixa tensão. A pesquisa, de natureza aplicada, descritiva e qualitativa, baseou-se em revisão bibliográfica, análise de procedimentos internos da concessionária e estudo de dois casos reais de irregularidades ocorridos em Lagoa da Canoa (avaria na medição) e Maceió (ligação clandestina). A metodologia da Equatorial Alagoas mostrou-se estruturada em cinco etapas sequenciais: Análise e Geração de Alvos, Execução em Campo, Serviços Pós-Execução, EQTL Serviços e Regularização e Recuperação de Valores, todas alinhadas à Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021. Os resultados do estudo de caso evidenciaram a recuperação de 2.289 kWh e 1.307 kWh de energia não faturada, com valores totais de R\$2.897,16 e R\$1.486,15, respectivamente. Conclui-se que a concessionária possui metodologia consistente, documentada e transparente, embora a eficácia financeira final não tenha podido ser plenamente avaliada devido às limitações dos dados disponíveis.

Palavras-chave: Distribuição de energia elétrica, Gestão de perdas comerciais, Regularização de fraudes, Eficiência operacional.

ABSTRACT

This work analyzed the methodology employed by Equatorial Alagoas to identify and mitigate Non-Technical Losses (NTL) in electricity distribution systems, focusing on low-voltage networks. The research, of an applied, descriptive, and qualitative nature, was based on a bibliographic review, analysis of the concessionaire's internal procedures, and a study of two real cases of irregularities that occurred in Lagoa da Canoa (metering damage) and Maceió (clandestine connection). Equatorial Alagoas' methodology proved to be structured in five sequential stages: Target Analysis and Generation, Field Execution, Post-Execution Services, EQTL Services, and Regularization and Value Recovery, all aligned with ANEEL Normative Resolution No. 1.000/2021. The results of the case study showed the recovery of 2,289 kWh and 1,307 kWh of unbilled energy, with total amounts of R\$ 2.897,16 and R\$ 1.486,15, respectively. It is concluded that the concessionaire has a consistent, documented, and transparent methodology, although the final financial effectiveness could not be fully evaluated due to the limitations of the available data.

Keywords: Electric energy distribution, Commercial loss management, Fraud regularization, Operational efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de Perdas Elétricas no SIN.	10
Figura 2 – Participação das Perdas Não Técnicas Reais e do Mercado BT em 2024.	11
Figura 3 - Participação das Perdas Não Técnicas nas tarifas residenciais, sem tributos, em 2024.	11
Figura 4 - Diagrama de Ishikawa para PNT de energia elétrica.	14
Figura 5 - Registros de exemplos de furto de energia na rede elétrica.	15
Figura 6 - Diagrama de um SMC.	16
Figura 7 - Como a Equatorial Alagoas organiza o combate às PNT.	29
Figura 8 - Identificação da ausência do selo e lacre no medidor e na tampa.	31
Figura 9 - Medição da passagem de corrente nas conexões.	32
Figura 10 - Medição da passagem de corrente nas conexões.	32
Figura 11 - Medidor embalado para transporte e verificação de danos.	32
Figura 12 - Planilha de cálculo Caso 1.	33
Figura 13 - Planilha de cálculo Caso 2.	34
ANEXO A: CARTA DE NOTIFICAÇÃO DO CASO 1	42
ANEXO B: CARTA DE NOTIFICAÇÃO DO CASO 2.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Normas e Ações Regulatórias da ANEEL para PNT.....	17
Tabela 2 - Síntese Bibliográfica	26
Tabela 3 - Correlação entre Metodologia Proposta e Execução nos Casos.	30
Tabela 4 – Comparativo dos Casos de PNT.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Objetivo.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Perdas de Potência na Distribuição.....	13
2.2 Perdas Não Técnicas.....	14
2.3 Furtos de Energia.....	15
2.4 Erros de Medição e Faturamento	16
2.5 Impactos Econômicos e Ambientais	16
2.6 Aspectos Legais e Regulatórios.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 Aspectos Econômicos e Ambientais.....	22
3.2 Modelos Matemáticos e Ferramentas Computacionais.....	23
3.3 Aspectos Regulatórios e Administrativos	25
3.4 Síntese Bibliográfica	25
4. METODOLOGIA.....	27
4.1 Etapa 1: Análise e Geração de Alvos.....	27
4.2 Etapa 2: Execução em Campo	27
4.3 Etapa 3: Serviços Pós-Execução	28
4.4 Etapa 4: EQTL Serviços.....	28
4.5 Regularização e Recuperação de Valores	28
5. ESTUDOS DE CASO	30
5.1 Identificação das UC Suspeitas.....	30
5.2 Execução do Serviço	31
5.3 Serviços Pós-Execução.....	33
5.4 Etapa 4: EQTL Serviços.....	34
5.5 Etapa 5: Regularização e Recuperação de Valores.....	35
5.6 Síntese dos Casos Analisados	35
6. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência (SEP), que engloba as etapas de geração, transmissão e distribuição, apresenta perdas inevitáveis ao longo de sua operação, decorrentes tanto de limitações físicas quanto de fatores externos ao sistema (GARCIA; DUZZI JÚNIOR, 2012). Segundo Souza (2016), essas perdas decorrem, especialmente, do efeito Joule, fenômeno físico resultante da passagem da corrente elétrica pelos cabos.

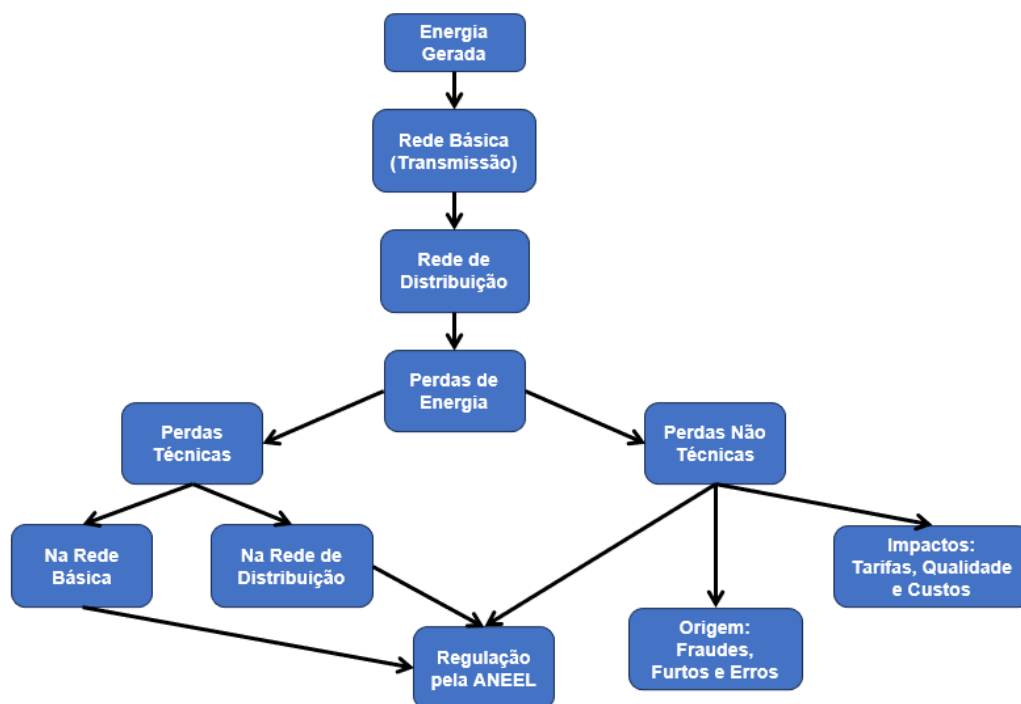
No segmento de distribuição, essas perdas se manifestam como a diferença entre a energia adquirida e a efetivamente faturada pelas concessionárias. Essas perdas são classificadas em Perdas Técnicas (PT) e Perdas Não Técnicas (PNT), cada uma associada a diferentes causas e impactos no sistema elétrico.

As PT são inerentes ao processo de distribuição e, portanto, inevitáveis. Entretanto, o seu impacto pode ser reduzido por meio de investimentos em equipamentos mais eficientes e manutenções adequadas (PEREIRA JÚNIOR, 2019). Os custos associados a essas perdas são repassados aos consumidores, conforme com os valores regulatórios estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Por outro lado, as PNT são originadas de ligações clandestinas, desvios de energia ou falhas nos procedimentos de medição e faturamento. Desse modo, influenciam os custos operacionais e são estimadas pela diferença entre as perdas totais e as PT.

A redução das PNT tende a beneficiar diretamente os consumidores, principalmente pela diminuição das tarifas, pela melhoria da qualidade do fornecimento e pelo enfrentamento de práticas ilícitas que sobrecarregam o sistema (BRASIL, 2023) e representam um desafio às concessionárias, uma vez que podem comprometer o faturamento. Diante desse cenário, elas têm adotado procedimentos específicos para identificar, monitorar e reduzir essas perdas (PEREIRA JÚNIOR, 2019). Esse processo é apresentado de forma resumida no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma de Perdas Elétricas no SIN.



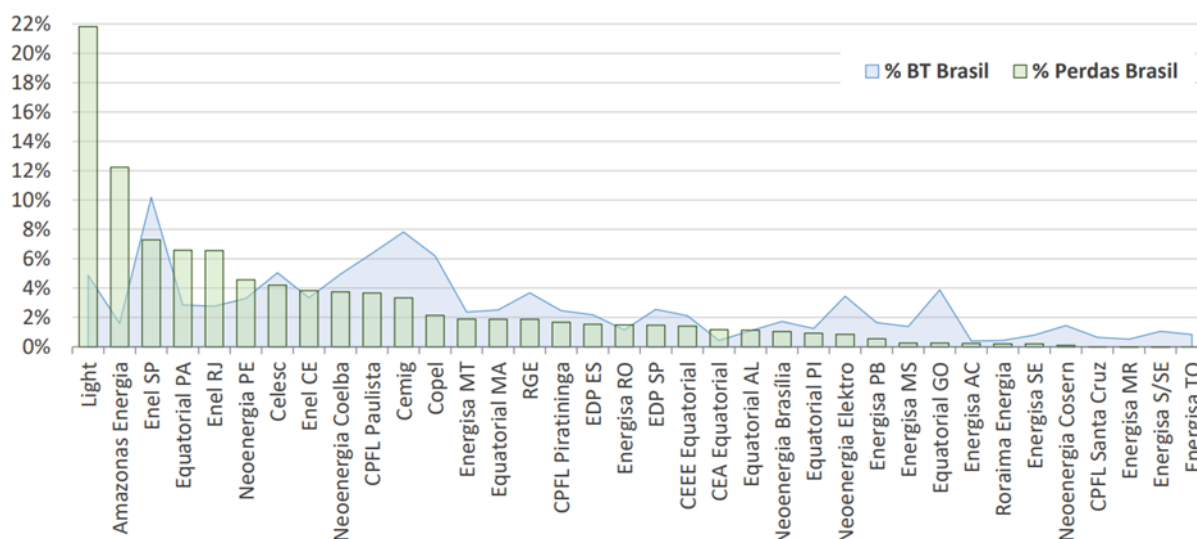
Fonte: Adaptado de Brasil (2023).

Além das questões econômicas, as PNT têm outros impactos: risco de morte para quem opera equipamentos elétricos de forma ilícita, sobrecarga das redes de distribuição pelo consumo excessivo de ligações clandestinas e acabam prejudicando a qualidade do fornecimento de energia. As consequências econômicas das PNT se dão na redução na arrecadação de impostos, como o ICMS, que incide sobre o consumo faturado (BARROS, 2021).

No ano de 2023, as perdas totais sobre a energia injetada representaram 14,0% do mercado consumidor. Esse percentual, quando indicado em valores de energia, representa 42,1 TWh para as perdas técnicas na distribuição e 38,1 TWh nas perdas não técnicas reais (CARVALHO *et al.*, 2024).

No relatório elaborado pela ANEEL (2024), que analisa as Perdas de Energia Elétrica na Distribuição, a Equatorial Alagoas alcançou valores próximos de 2% de participação nas Perdas Não Técnicas Reais e do Mercado BT. O valor supera o da própria empresa no atendimento do Piauí, que possui maior extensão territorial. Como pode ser observado na Figura 2.

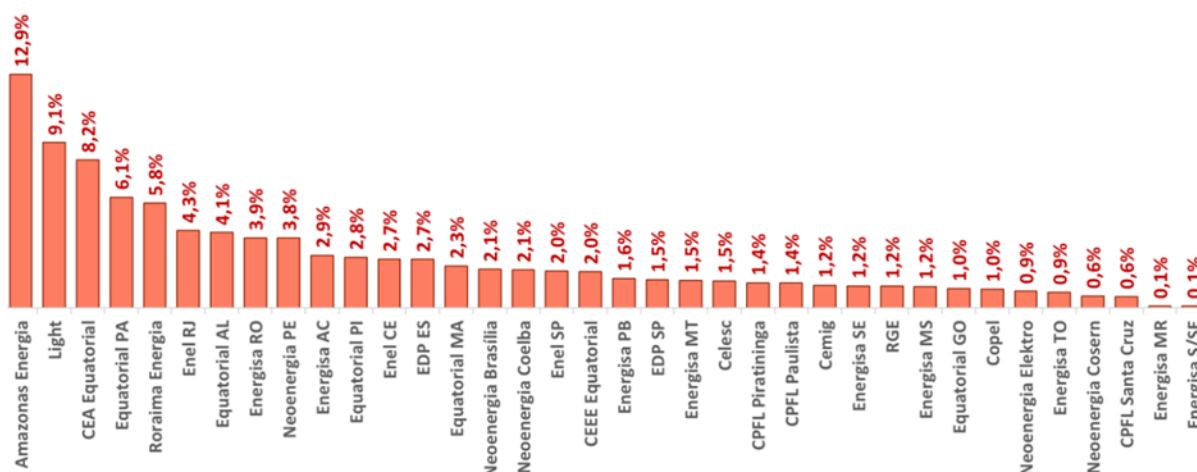
Figura 2 – Participação das Perdas Não Técnicas Reais e do Mercado BT em 2024.



Fonte: ANEEL (2024).

Dados do mesmo relatório indicam que as PNT regulatórias, calculadas pela multiplicação dos montantes reconhecidos nos processos tarifários pelo preço médio de energia de 2024, resultaram em um custo aproximado de R\$ 7,1 bilhões. Isso correspondeu a 2,85% da receita requerida, ou 9,22% da Parcela B das distribuidoras. A Figura 3 indica a variação do custo da componente de PNT nas tarifas residenciais em 2024.

Figura 3 - Participação das Perdas Não Técnicas nas tarifas residenciais, sem tributos, em 2024.



Fonte: ANEEL (2024).

Tendo isso em vista, a concessionária emprega uma série de procedimentos para detectar, quantificar e corrigir esses desvios, buscando minimizar seus impactos econômicos e garantir a integridade do processo de faturamento. A energia recuperada é um dos três principais benefícios esperados do ponto de vista energético das medidas de mitigação de PNT. Essa

energia é encontrada revisando os faturamentos das UC durante o período de tempo, avaliando a presença de irregularidades no consumo de energia na UC, entre outras estratégias.

Dessa forma, este trabalho visa analisar de forma detalhada esses procedimentos e discutir as estratégias adotadas pela Equatorial Alagoas na gestão das PNT.

1.1 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é analisar os procedimentos utilizados pela Equatorial Alagoas para identificar e mitigar as PNT. Como objetivos específicos, pretende-se:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre as metodologias para identificar perdas não técnicas realizadas pelas distribuidoras.
- Descrever a metodologia utilizada pela Equatorial Alagoas para detectar as perdas não técnicas em redes de baixa tensão.
- Apresentar um estudo de caso com dados fornecidos pela Equatorial Alagoas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo reúne os principais conceitos, métodos e tecnologias associados à análise das perdas no sistema de distribuição.

2.1 Perdas de Potência na Distribuição

Quando se trata de gestão de eletricidade é possível a classificação das perdas como Técnicas e Não Técnicas. As Perdas Técnicas são consideradas inevitáveis já que estão ligadas às características físicas dos sistemas de distribuição de energia. Elas são resultado da resistência nos condutores e demais componentes elétricos, que dissipam energia na forma de calor durante o processo de transmissão e distribuição (VIEGAS *et al.*, 2017).

As perdas técnicas decorrem das próprias características de projeto e operação das redes, sendo inerentes ao funcionamento do sistema (PEREIRA JÚNIOR, 2019). A forma a qual o sistema de distribuição é modelado e simulado pode contribuir para a quantificação e minimização dessas perdas técnicas, apesar de não ser possível realizar a sua eliminação total (RODRIGUES, 2021).

Já as PNT estão relacionadas àquelas perdas de energia que não tem relacionamento algum com os fatores físicos ou operacionais, mas sim as ocorrências provenientes de atividades fraudulentas ou erros administrativos. Neste tipo estão incluídas situações como o roubo de energia, fraudes nos medidores, erros de medição, entre outros.

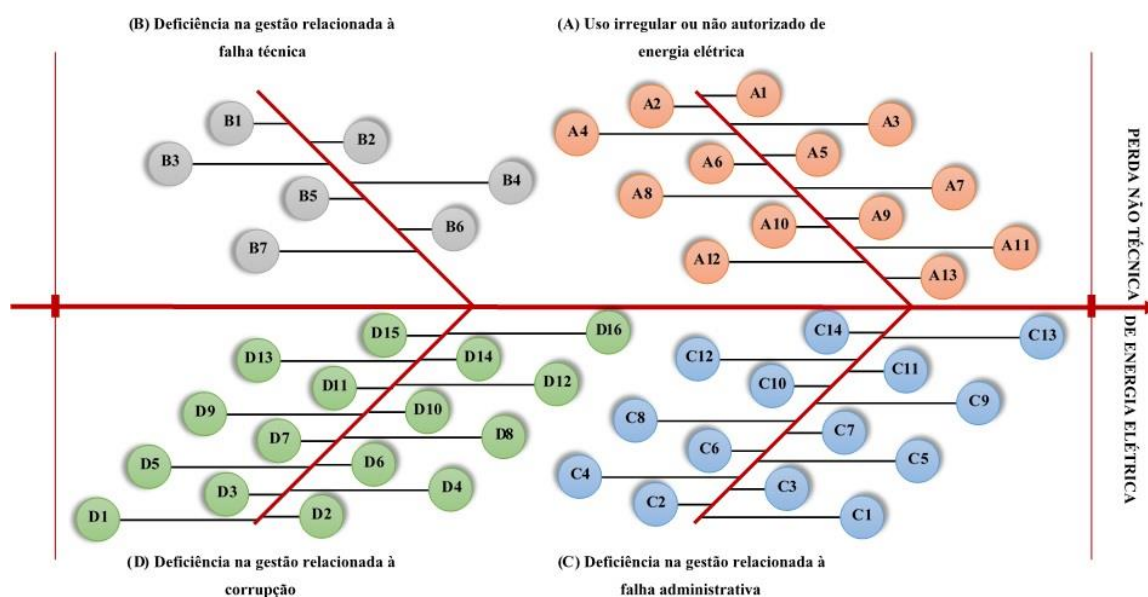
Elas podem ser atribuídas a práticas como: manipulação de medidores e conexões ilegais, que têm um efeito direto na receita das empresas distribuidoras (SILVA; PACHECO; PINHEIRO, 2022). A aplicação de análises avançadas pode ajudar na identificação e quantificação dessas perdas, enfatizando a importância de tecnologias e medidas eficazes para sua mitigação (SAVIAN *et al.*, 2021).

Para administrar corretamente as redes de distribuição de energia, é fundamental distinguir a conceituação das perdas técnicas e não técnicas. Em seu estudo, Cruz (2007) afirmou que a aplicação de sistemas de medição concentrados e métodos de análise sofisticados pode aumentar a precisão na detecção de PNT. Por outro lado, o controle e a manutenção adequados da infraestrutura elétrica são essenciais para reduzi-las. Além disso, a literatura indica que a abordagem eficaz de ambos os tipos de perdas requer estratégias integradas que compreendam políticas de fiscalização severas e promoção aos avanços tecnológicos (BARROS, 2021; HUBACK, 2018).

2.2 Perdas Não Técnicas

As PNT são aquelas que não decorrem das características intrínsecas do SEP, mas sim de fatores externos e administrativos. Para caracterizar melhor os seus tipos de acordo com sua natureza, são apresentadas algumas definições. Uma das formas mais comuns de geração das PNT é o furto de energia, que ocorre quando os consumidores manipulam os medidores para reduzir o consumo registrado ou fazem conexões ilegais à rede elétrica. Na Figura 4 é mostrado um esquema com os tipos principais de PNT em que estão agrupadas considerando Grupo A as Irregularidades praticadas pelo consumidor (fraudes, desvios e ligações clandestinas); Grupo B as Falhas técnicas dos equipamentos e sistemas de medição; Grupo C os Erros operacionais e administrativos da distribuidora e Grupo D as Ações intencionais ou fraudulentas praticadas por colaboradores da distribuidora.

Figura 4 - Diagrama de Ishikawa para PNT de energia elétrica.



Fonte: Pereira Júnior (2019).

Casos de furtos em unidades residenciais geralmente envolvem métodos complexos de interferência na operação convencional dos medidores, o que exige estratégias mais sofisticadas para a detecção e controle (SILVA *et al.*, 2022). Erros de medição e faturamento contribuem para as perdas. A exatidão dos sistemas de medição é essencial para minimizar as perdas e evitar cobranças incorretas (ALVES; FERREIRA, 2019). Outros fatores são associados a falhas no gerenciamento e controle de faturamento. Assim, são importantes os procedimentos rigorosos

que garantam a integridade do sistema e evitem que essas perdas aumentem (CARRAZZA *et al.*, 2021).

A perda de receita decorrente de furtos de energia e erros de medição impacta na viabilidade econômica das empresas de distribuição. Para desenvolver estratégias eficazes de mitigação, é essencial realizar análises econômicas detalhadas sobre as PNT. O uso não autorizado de energia contribui para um aumento não planejado da demanda por geração elétrica e elevar as emissões de gases poluentes (SAVIAN *et al.*, 2021; BARROS, 2021).

2.3 Furtos de Energia

O furto de energia é uma prática ilegal que diminui significativamente os lucros das empresas de distribuição. Um exemplo de técnica utilizada para realizar o furto de energia elétrica recebe o nome de *by-pass* de medidores, que consiste na instalação de ligações paralelas ou desvios no sistema de medição, permitindo que a energia consumida pelo cliente não seja registrada pelo medidor. Nesse caso, a corrente é desviada antes da medição ou o medidor é isolado do circuito, impedindo o registro do consumo real (BARROS, 2021).

Outro exemplo é a adulteração de registros, em que os dados registrados pelos medidores são alterados para diminuir o valor de consumo reportado. As técnicas de furto, bem como a necessidade de planos sólidos para detecção e prevenção são muito complexas (SILVA *et al.*, 2022). Na Figura 5 há alguns registros de exemplos de furto de energia na rede elétrica, sendo indicados por (a) ligação clandestina, (b) adulteração no medidor e (c) *by-pass* no ramal de ligação.

Figura 5 - Registros de exemplos de furto de energia na rede elétrica.

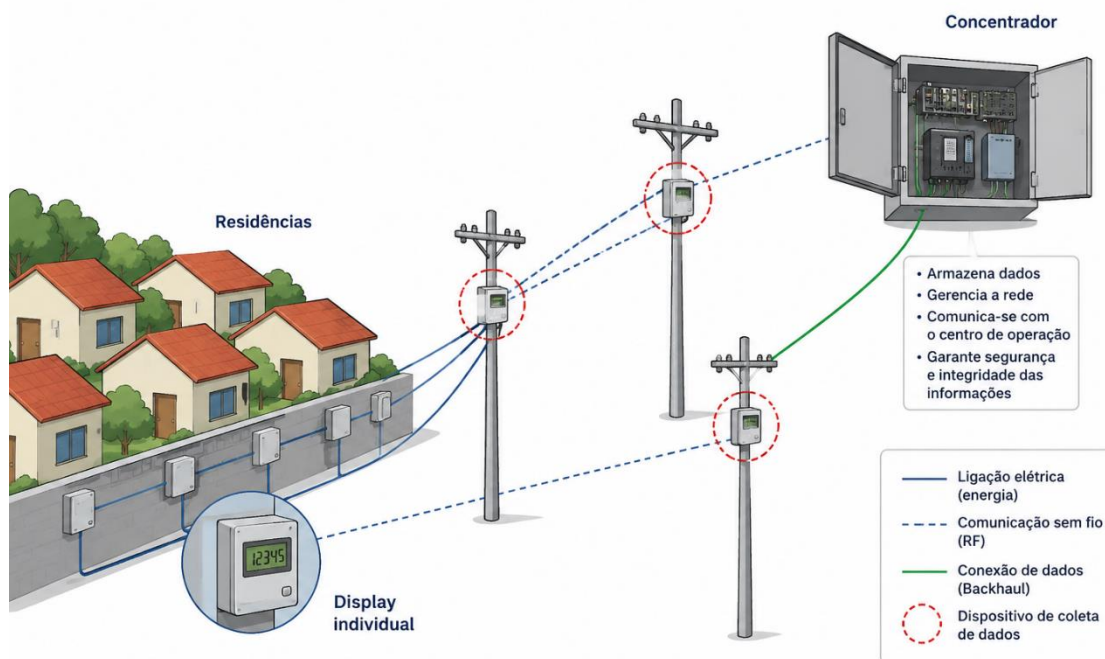


Fonte: Barros (2021).

Para combater o furto de energia, tecnologias avançadas são essenciais, uma das que tem demonstrado crescimento na utilização são os Sistemas de medição concentrados (SMCs), ilustrado na Figura 6. Tratam-se de infraestruturas que combinam vários medidores de energia em um único ponto de leitura, normalmente em postes ou caixas de medição. Eles permitem que vários consumidores sejam monitorados e controlados remotamente, o que facilita a detecção de fraudes, o controle de perdas não técnicas e a gestão mais econômica do consumo

de energia. Esses sistemas podem ajudar a detectar irregularidades em redes de distribuição secundária e fornecer uma solução útil para o problema (ADERALDO, 2019).

Figura 6 - Diagrama de um SMC.



Fonte: O Setor Elétrico (2020).

2.4 Erros de Medição e Faturamento

Erros nas medições podem ser causados por falhas no equipamento, leituras imprecisas ou problemas de calibração dos medidores. Para garantir que o consumo registrado seja o mais próximo possível do consumo real, é necessário medir com precisão.

As medições precisas são cruciais, especialmente em conexões de média tensão, onde fatores como temperatura podem afetar a precisão das medições e, portanto, o faturamento (ALVES; FERREIRA, 2019). O uso de métodos de *Advanced Analytics* podem ser utilizados para melhorar a gestão da medição e reduzir os erros de faturamento, fornecendo uma abordagem contemporânea para resolver esses problemas (LEITE, 2022).

2.5 Impactos Econômicos e Ambientais

Os efeitos das perdas não técnicas são extensos e afetam a economia e o meio ambiente. As perdas não técnicas afetam a receita das empresas de distribuição e a viabilidade financeira. Como as usinas de geração precisam fornecer energia "perdida", o uso não autorizado de energia pode aumentar a demanda por geração e aumentar as emissões de poluentes (SAVIAN *et al.*, 2021; BARROS, 2021).

A ineficiência no uso e na distribuição de energia, amplificada por perdas não técnicas, pode fazer com que a geração de energia a partir de fontes não renováveis seja mais necessária.

Isso resultará em um aumento nas emissões de gases de efeito estufa (MEDEIROS, 2019). Portanto, a eficiência na distribuição de energia afeta não apenas as finanças das empresas, mas também ajuda a preservar o meio ambiente, evitando emissões desnecessárias e desperdício de recursos naturais.

2.6 Aspectos Legais e Regulatórios

As leis e regulamentos são essenciais para a gestão das PNT. A preservação da integridade do sistema de distribuição depende do cumprimento das normas estabelecidas e da aplicação de penalidades por fraude. O cumprimento das regras pode ajudar na sua prevenção e controle, enfatizando a importância de um ambiente regulatório sólido para a eficácia das estratégias de gestão (CRUZ, 2007).

A ANEEL criou diretrizes específicas para lidar com essas perdas no Brasil. A Resolução Normativa nº 414/2010 estabelece procedimentos comerciais aplicáveis aos serviços de distribuição de energia elétrica, incluindo métodos para identificar, quantificar e coibir fraudes e furtos de energia, que são uma das principais fontes de PNT. Por exemplo, essa norma estabelece padrões para a inspeção de medidores e a regularização do fornecimento quando a fraude é identificada. Também prevê punições e o pagamento das distribuidoras pelos danos causados por essas violações. Além da Resolução Normativa nº 414/2010, existem algumas outras regulações da ANEEL, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Normas e Ações Regulatórias da ANEEL para PNT.

Regulamento	Descrição e Ação Reguladora
RN nº 1000/2021	Estabelece o procedimento a ser adotado em caso de suspeita de fraude em medidores de energia elétrica
PRODIST - Módulo 8	Exige que as distribuidoras implementem práticas de controle de PNT, bem como auditorias e inspeções regulares.
Lei nº 9.427/1996	As concessionárias de energia são reguladas e as distribuidoras são responsabilizadas pelo controle de perdas.
RN nº 869/2020	Estabelece novos padrões para detectar fraudes e aplica sanções mais severas.

Fonte: Autoria própria.

Além das diretrizes direcionadas a identificação e redução das PNT, existem regulamentos específicos que as vinculam no contexto da Revisão Tarifária Periódica (RTP) e do Reajuste Tarifário Anual (RTA). A Resolução Normativa nº 1.003/2022 define os parâmetros para a RTP, que engloba a análise das perdas como elemento crucial na

determinação da Parcela B das tarifas. Por outro lado, o Manual de Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET), particularmente em seus Módulos 2 e 7, estabelece os processos necessários para os reajustes tarifários anuais e para a contabilização das perdas de energia, levando em conta metas e índices que abrangem as perdas não técnicas.

Ainda há a Resolução Normativa nº 906/2020 estabelece as considerações para o reajuste tarifário anual, garantindo que as alterações nos custos, encargos setoriais e perdas sejam refletidas de maneira clara nos preços cobrados dos consumidores. Estas diretrizes destacam a incorporação de perdas não técnicas no cálculo tarifário, fomentando medidas de controle e estimulando a eficácia das distribuidoras.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma análise da literatura sobre perdas não técnicas em sistemas de distribuição de energia elétrica. Com tópicos e subtópicos sobre as ferramentas de análise de dados e sistemas de monitoramento avançado como meio de reduzir essas perdas; metodologias preditivas que identificam padrões anômalos de consumo. Bem como desafios associados à implementação dessas soluções, como infraestrutura inadequada e altos custos. A revisão mostra que a otimização da eficiência energética e a redução das perdas não técnicas requer uma abordagem integrada que integre avanços tecnológicos, gestão eficiente e regulamentação adequada.

A detecção e mitigação das PNT dependem do uso de tecnologias como medidores inteligentes e sistemas de monitoramento em tempo real, que permitem identificar irregularidades com maior rapidez.

No trabalho de Huback (2018) são dadas sugestões de medidas específicas que podem ser adotadas em áreas com restrições severas para garantir uma operação eficiente do sistema e minimizar perdas. Rodrigues (2021), desenvolve uma discussão do papel que os medidores inteligentes têm desempenhado para melhorar a precisão da medição e reduzir as PNT. Inspeções periódicas e auditorias rigorosas são necessárias para identificar e corrigir problemas.

Barros (2021) discute como usar análises sofisticadas para controlar perdas não técnicas de energia em sistemas de distribuição elétrica. Além disso, estudou como as técnicas de análise de dados e *machine learning* podem ser usadas para encontrar e reduzir as PNT. Ainda criou modelos e algoritmos para processar e analisar grandes quantidades de dados de consumo e operação com o objetivo de encontrar padrões e anomalias que possam indicar fraudes ou falhas na medição. Demonstrando que pode ser realizada a gestão das PNT por meio da implementação de modelos para prever padrões e identificar anomalias, bem como a integração de dados de várias fontes para uma análise mais abrangente, o desenvolvimento de *dashboards* para monitoramento em tempo real, a capacitação de equipes para utilizar eficazmente as ferramentas analíticas, e a adoção de tecnologias avançadas para reduzir falhas e fraudes.

Em Savian *et al.* (2021) foi realizada uma revisão sistemática sobre PNT em sistemas de energia, destacando abordagens contemporâneas quanto às causas, consequências e métodos para enfrentá-las. A revisão examina diferentes técnicas e tecnologias, como análise de dados, inteligência artificial e sistemas de monitoramento avançados, utilizados para identificação e redução. Os resultados indicam que, apesar dos avanços significativos, ainda há desafios na

implementação em larga escala dessas soluções devido a fatores como infraestrutura inadequada, falta de políticas regulatórias eficazes e altos custos, frisando que esses eixos precisam estar integrados no combate às PNT.

Sampaio (2012) discute as maneiras pelas quais as PNT são encontradas, monitorados e reduzidos em sistemas de distribuição de energia elétrica. Ele também discute como as concessionárias podem usá-los para melhorar a gestão dessas perdas. Os resultados mostram que a implementação pode reduzir significativamente os custos e aumentar a eficiência dos sistemas de distribuição. Ainda é mencionado que, embora a implementação dessas medidas tenha custos iniciais elevados, os investimentos são justificados por benefícios a longo prazo, como uma redução na fraude e um aumento na eficiência operacional. Por fim, enfatiza que as políticas regulatórias e de incentivos financeiros devem ajudar as concessionárias a adotar tecnologias sofisticadas de gestão de perdas.

Aderaldo (2019) estuda a eficácia do uso de um sistema de medição concentrada como uma alternativa para combater as PNT em redes de distribuição secundária. Os fundamentos e benefícios da medição concentrada são discutidos no trabalho. Um dos benefícios incluía a instalação de instrumentos de medição em pontos estratégicos para monitorar o consumo agregado e identificar anomalias. Os resultados mostraram uma diminuição na incidência de fraude e uma melhoria na precisão da medição em áreas piloto, alcançando uma diminuição de até 20%. Além disso, comparando os métodos tradicionais e enfatizando os benefícios, incluindo a análise dos problemas de implementação do sistema, como despesas e complexidade técnica, e propostas para resolver esses problemas.

Cancian (2013) desenvolve uma metodologia para a identificação e clusterização espacial de PNT em sistemas de distribuição de energia elétrica, ou seja, aplicam uma técnica de agrupamento de áreas geográficas que apresentam características semelhantes. O estudo examina como essas técnicas de clusterização foram usadas para localizar áreas com alta concentração de perdas e descobrir os padrões espaciais dessas perdas. Os resultados mostram que o método permite uma identificação mais precisa das áreas problemáticas e facilita a alocação eficiente de recursos para a mitigação das perdas. A necessidade de dados detalhados e a complexidade dos algoritmos de clusterização são problemas para sua implementação.

Huback (2018) investiga medidas para combater PNT em áreas com severas restrições à operação de sistemas de distribuição de energia elétrica. O estudo propõe a modernização da infraestrutura, a implementação de estratégias de monitoramento mais rigorosas e práticas de gestão adaptadas às condições adversas das áreas analisadas. Mesmo havendo dificuldades na implementação, como resistência a mudanças por parte dos envolvidos e altos custos iniciais,

é possível superar esses desafios com o envolvimento comunitário para melhorar a aceitação das novas práticas. Citando também a busca por financiamento para cobrir os custos de modernização e a adoção de tecnologias de baixo custo que possam ser progressivamente aprimoradas, além de políticas públicas que incentivem a eficiência e combatam fraudes de forma contínua.

Oliveira (2017) desenvolveu uma metodologia de cálculo para PT e PNT em alimentadores de distribuição usando estudos de fluxo de carga. Ele levou em consideração as condições operacionais e as configurações dos alimentadores. O estudo destaca que ela oferece vários benefícios. Eles incluem alta precisão na estimativa de perdas, flexibilidade para ser usada em vários contextos e eficiência na identificação de pontos de intervenção e otimização do sistema. Esses benefícios ajudam na melhoria da gestão dos sistemas de distribuição.

Saraiva (2023) explica o processo de inovação que levou à criação de um dispositivo destinado a combater as PNT de energia elétrica, particularmente aquelas causadas por intervenções com ímãs de neodímio em medidores de energia. O autor explica como o dispositivo foi concebido e desenvolvido para detectar e neutralizar os efeitos dos ímãs de neodímio nos medidores. Os testes também confirmaram que o dispositivo pode ser integrado aos medidores atuais sem fazer grandes mudanças, o que torna mais fácil a implementação em larga escala. O baixo custo de produção também foi notável em comparação com os benefícios econômicos que sua adoção pode gerar para as concessionárias de energia, pois o dispositivo contribui significativamente para a redução das PNT. No entanto, há preocupações com a viabilidade técnica, principalmente quando os medidores são expostos a condições adversas como umidade e mudanças bruscas de temperatura.

Ventura *et al.* (2020) apresentaram um novo método para comparar soluções voltadas à redução das PNT de energia elétrica na América do Sul. Considerou custos, viabilidade técnica e efeitos na recuperação de receita, oferecendo um comparativo que ajuda na seleção de estratégias mais eficazes e adaptadas às circunstâncias locais, levando em consideração as características socioeconômicas e operacionais de cada nação. Os autores descobriram que os métodos mais eficazes combinam programas de conscientização e supervisão aprimorados com tecnologias de medição sofisticadas, como medidores inteligentes, além de enfatizar a importância de políticas regulatórias que promovam a modernização da infraestrutura de distribuição e o combate à fraude. Ainda que haja variações regionais, uma abordagem integrada que incorpora tecnologia e medidas preventivas pode reduzir significativamente as PNT.

Viegas *et al.* (2017) realizaram uma revisão abrangente das soluções existentes para a detecção de PNT na rede elétrica. O estudo examinou várias tecnologias e metodologias usadas para encontrar fraudes e irregularidades no consumo de energia. Se concentrou principalmente em técnicas que incluem inteligência artificial, sistemas de medição avançados e análise de dados. Fornecendo um resumo das principais soluções disponíveis e discutir seus benefícios e desvantagens em vários contextos operacionais. Os autores ressaltaram que a combinação de *machine learning* e *smart grids* é a melhor maneira de encontrar soluções. Essas técnicas permitem a detecção de padrões anômalos de consumo com maior precisão e em tempo real. Concluíram que, apesar dos avanços dessas ferramentas, pesquisas adicionais são necessárias para aumentar a confiabilidade das soluções e torná-las mais acessíveis para concessionárias em regiões com menos recursos.

3.1 Aspectos Econômicos e Ambientais

Medeiros (2019) conduz um estudo sobre os sistemas de distribuição com foco na redução das perdas não técnicas e técnicas. Ele enfatiza melhorias nos processos de medição e monitoramento, como o uso de medidores mais precisos e a implementação de tecnologias de automação e telemetria, que facilitam a detecção mais eficaz de fraudes e irregularidades. No entanto, também são discutidos os problemas associados à implementação dessas soluções, como o alto custo inicial e a necessidade de adaptar os sistemas existentes. Isso requer um planejamento estratégico de longo prazo, onde os investimentos em novas tecnologias devem ser justificados pelos ganhos financeiros decorrentes da diminuição das perdas ao longo do tempo.

Obafemi e Ifere (2013) estudam as PNT no setor elétrico da Nigéria, concentrando-se na cidade de Calabar, no estado de Cross River. O estudo analisa o impacto dessas perdas na eficiência energética e apresenta estratégias para sua redução. As principais causas apontadas são fraudes, roubo de energia e falhas na gestão do sistema de distribuição. Além disso, defendem a adoção de políticas mais rigorosas e de soluções eficazes para a gestão de energia. Os autores também destacam a importância de orientar os consumidores quanto ao uso eficiente da energia, propondo ações educativas para reduzir as perdas.

As PNT têm um efeito considerável nos procedimentos de Revisão Tarifária Periódica (RTP) e Reajuste Tarifário Anual (RTA), devido ao seu impacto direto nos custos operacionais e na eficácia das empresas de distribuição de energia. Conforme Aguiar e Marinho (2019) destacam, na RTP, as PNT são integradas à Parte B das tarifas. São definidas metas regulatórias para estimular a diminuição dessas perdas, que, caso não sejam alcançadas, podem resultar em custos mais altos para os consumidores. No contexto do RTA, as PNT influenciam os ajustes

anuais, uma vez que representam despesas não controláveis ligadas à energia fornecida e não faturada. A superação dos índices regulatórios pode desequilibrar financeiramente as distribuidoras e afetar de forma negativa a equidade tarifária. Aguiar e Marinho (2019) trazem essas informações analisando os ciclos de RTP e o RTA no setor elétrico de Pernambuco, com foco na atuação da Companhia Energética de Pernambuco (Celpe). O estudo aponta para a necessidade de tornar o processo de revisão tarifária mais aberto e democrático, garantindo que os consumidores tenham maior voz nas decisões que impactam diretamente suas contas de energia.

3.2 Modelos Matemáticos e Ferramentas Computacionais

A estimativa e o cálculo de perdas não técnicas dependem de modelos estatísticos e matemáticos. Esses modelos permitem uma análise mais precisa e eficiente, o que resulta em uma melhor compreensão das variáveis que influenciam as perdas no sistema elétrico. Medeiros (2019) apresentou um modelo simplificado para o cálculo das perdas técnicas e não técnicas, enfatizando que é útil para facilitar a gestão dessas perdas e ajudar as distribuidoras de energia a tomar decisões.

Silva (2021) estuda a implementação das interfaces para o *software* OpenDSS, concentrando-se em sua aplicação no sistema elétrico de distribuição. Ele examina como as interfaces criadas podem melhorar a simulação e a gestão das redes elétricas, fornecendo uma plataforma de análise de perdas mais acessível e eficiente. É evidente que o OpenDSS tem a capacidade de fornecer informações úteis sobre as causas e o alcance das PNT. O trabalho destaca a importância da customização do *software* para adaptar suas capacidades às necessidades locais, sugerindo melhorias nas interfaces para melhorar a detecção e a gestão dessas perdas. O estudo descobriu que o uso avançado do OpenDSS pode ajudar a tomar decisões melhores sobre gerenciamento de redes elétricas.

Paye (2018) estuda como calcular as perdas em redes de distribuição de energia elétrica usando a definição de impedância equivalente de perdas. O estudo explica como a técnica é usada para calcular essas perdas e avaliar sua magnitude em várias situações. Os resultados mostram que a técnica permitiu uma análise mais precisa das perdas, o que melhorou a compreensão e a gestão das mesmas. A dissertação aborda as limitações da metodologia e propõe melhorias para aumentar a precisão dos cálculos e a aplicabilidade em vários contextos.

Matos (2017) estuda a implementação de árvores de decisão para identificar fraudes no consumo de energia elétrica. Modelos conhecidos como árvores de decisão são usados para classificar dados, como consumo de energia, tomando decisões sequenciais com base nas características dos dados. Ao dividir o consumo entre normal e suspeito, eles ajudam a

identificar fraudes, otimizando recursos e reduzindo as inspeções inúteis. Os resultados mostram que o modelo foi capaz de alcançar uma precisão superior a 90%, demonstrando que é eficaz para as concessionárias reduzir o número de inspeções desnecessárias e otimizar seus recursos. O estudo mostra que esse método pode ser útil para detectar perdas não técnicas e ajudar a combater a fraude no setor elétrico.

Lima (2014) fez uma investigação sobre PT e PNT no Sistema de Distribuição de Energia Elétrica (SDEE) da Energisa Paraíba. O estudo foi realizado em duas etapas. A primeira vistoriou perdas em alta tensão; já a segunda fez o mesmo na baixa e média tensão. Foi utilizado o *OpenDSS* para calcular as perdas regulamentares e o *Pertec* para calcular as perdas técnicas na segunda etapa. Apesar de perceber o grande potencial do *OpenDSS*, o autor encontrou problemas com a coleta de dados para programar adequadamente os segmentos interligados em redes de baixa e média tensão. Isso fez com que os cálculos não tivessem uma representação precisa da topologia de cada sistema, o que levou a resultados insatisfatórios.

Leal (2016) seguiu uma linha similar a de Lima (2014), criou uma ferramenta em Excel com macros em VBA para facilitar o uso do *OpenDSS* devido à grande quantidade de dados e elementos. Essa ferramenta gera automaticamente os códigos necessários para a simulação. Ele descobriu, com base nos resultados, que a PT era principalmente causada por elementos como resistência nos condutores, transformadores e conexões inadequadas. A fraude, os erros de medição e as irregularidades nas conexões dos consumidores estavam entre as PNT que afetavam significativamente o faturamento da empresa. O estudo sugeriu melhorias nos sistemas de coleta de dados da empresa porque, embora o *OpenDSS* seja uma ferramenta poderosa para simulação e análise, a qualidade dos dados de entrada é fundamental para obter resultados precisos.

Uma abordagem diferente para o cálculo regulatório das PNT no sistema de distribuição de energia foi proposta por Pulz (2022), que se concentrava na comparação de métodos tradicionais de inspeção mostrando seus problemas e propôs modelos estatísticos de *machine learning*, como redes neurais e algoritmos de classificação, para encontrar irregularidades no consumo de energia, levando em consideração as variações no perfil de consumo e as características particulares das áreas monitoradas. Os resultados mostraram que a detecção de fraudes mais precoce é mais eficaz, o que pode reduzir significativamente as perdas financeiras das concessionárias, tornando o controle mais automatizado e preciso.

3.3 Aspectos Regulatórios e Administrativos

Cruz (2007) discute a implementação de um sistema de medição concentrada como uma opção para lidar com perdas não técnicas em redes de distribuição secundária. O sistema

inclui a colocação de pontos de medição em locais estratégicos para monitorar o consumo agregado e identificar irregularidades. Os resultados mostram que a medição concentrada melhorou significativamente a detecção de fraudes e a precisão da medição, ao mesmo tempo em que diminuiu as perdas não técnicas de aproximadamente 15% nas áreas avaliadas. A dissertação discute questões como os custos de implementação e a complexidade técnica, bem como sugestões para melhorar o sistema e ampliá-lo para vários contextos.

O trabalho de Moreira, Garcia Junior e Camboim (2015) buscou identificar as necessidades de informações por parte das equipes que atuavam na gestão de perdas não-técnicas em cinco unidades da empresa Energisa. A estratégia utilizada para organizar as informações obtidas por meio da consulta com os funcionários foi a adoção de um repositório central que armazena e organiza dados para facilitar análises e decisões estratégicas, conhecido como *Data Warehouse*. A fase de mapeamento do processo foi crucial para entender as necessidades dos usuários, que participaram ativamente, apesar de dificuldades iniciais em articular suas demandas. Com o sistema implantado, a empresa obteve uma redução significativa nas perdas, atingindo o nível regulatório exigido.

3.4 Síntese Bibliográfica

Os estudos escolhidos foram selecionados devido à sua importância no combate às PNT e PT em redes de distribuição, com foco em metodologias aplicáveis e tecnologias implementadas pela Equatorial Alagoas. Especialmente, o uso de medidores centrais, similar a medição concentrada, está em consonância com as medidas já adotadas pela concessionária para detectar e minimizar perdas. Escritores como Rodrigues (2021) e Cruz (2007) abordam diretamente os sistemas de medição avançada e concentrada, tecnologias fundamentais na luta contra as irregularidades de consumo.

Além disso, as pesquisas de Cancian (2013), Oliveira (2017) e Medeiros (2019) proporcionam metodologias sólidas para a avaliação de PNT, seja através de instrumentos de agrupamento espacial, cálculos fundamentados em fluxos de carga ou táticas de diminuição. Elas são pertinentes para a replicação e adaptação no ambiente da Equatorial Alagoas, possibilitando uma identificação mais precisa de perdas e eficácia na implementação de soluções corretivas. Assim, a seleção dos trabalhos evidencia a incorporação de tecnologias e estratégias complementares pertinentes ao contexto analisado. A Tabela 2 sintetiza os principais trabalhos analisados.

Tabela 2 - Síntese Bibliográfica

Autor	Problema	Objetivo	Tipo de Trabalho
Rodrigues (2021)	Relação entre medidores inteligentes e perdas não técnicas (PNT).	Estudo conceitual sobre tecnologia de medição inteligente.	TCC
Aderaldo (2019)	Alternativas para combater PNT com medição concentrada.	Estudo técnico sobre aplicação de medição concentrada.	TCC
Cancian (2013)	Identificação de áreas de risco para PNT utilizando clusterização espacial.	Desenvolvimento de metodologia de clusterização.	Dissertação
Oliveira (2017)	Cálculo de PNT e PT com base em estudos de fluxo de carga.	Metodologia de cálculo e análise energética.	Dissertação
Medeiros (2019)	Estratégias para redução de PNT e PT por meio de modelagem de cálculo.	Desenvolvimento de modelos e estratégias para redução.	TCC
Cruz (2007)	Monitoramento e redução de PNT com sistemas de medição concentrada.	Estudo técnico sobre sistemas de medição concentrada.	Dissertação

Fonte: Autoria própria.

4. METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem descritiva, de caráter qualitativo, com foco na análise dos procedimentos utilizados pela Equatorial Alagoas na gestão das Perdas Não Técnicas (PNT). A coleta de dados baseou-se em documentos institucionais da concessionária, manuais técnicos e normas regulatórias estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A metodologia analisada corresponde ao fluxo operacional aplicado pela concessionária para identificação, verificação e tratamento das PNT. Inicialmente, apresenta-se uma visão geral da empresa e dos setores envolvidos no processo. Em seguida, descrevem-se as etapas que estruturam esse procedimento, permitindo compreender como as ações são organizadas desde a detecção de indícios até a recuperação dos valores associados às irregularidades.

De forma geral, o processo adotado pela Equatorial Alagoas é dividido em cinco etapas principais: análise e geração de alvos, execução em campo, serviços pós-execução, encerramento operacional e regularização dos valores. Essas etapas são detalhadas a seguir. De forma resumida, a sequência adotada pela distribuidora é dividida em cinco etapas, conforme apresentado nas subseções 4.1 a 4.5.

4.1 Etapa 1: Análise e Geração de Alvos

A etapa inicial envolve a identificação das UC que podem apresentar perdas não técnicas. O procedimento é conduzido por meio da avaliação de dados históricos e indicadores de consumo atípicos, os quais podem indicar irregularidades.

Esta fase engloba o direcionamento da medição fiscal, contemplando a identificação de alvos a partir da combinação de dados de medição, consumo e histórico do cliente. Além disso, são realizadas ações adicionais em áreas críticas, com o objetivo de intensificar a supervisão e detectar fraudes ou falhas na medição.

4.2 Etapa 2: Execução em Campo

Após a definição dos alvos, a etapa de inspeção em campo envolve atividades práticas de verificação nas unidades consumidoras. Nesta fase, são executadas as seguintes atividades: (i) Execução em Campo, em que as equipes técnicas realizam verificações presenciais nos medidores e nas instalações das unidades consumidoras, com o objetivo de confirmar a presença de irregularidades ou consumo não contabilizado; e (ii) Baixa de Serviço, na qual as conclusões das inspeções são registradas em relatórios contendo as informações coletadas e as próximas etapas do procedimento.

4.3 Etapa 3: Serviços Pós-Execução

A partir das informações obtidas em campo, as unidades consumidoras são categorizadas com base na possibilidade de recuperação da energia não contabilizada, sendo classificadas nos seguintes casos: (i) Serviços Passíveis de Geração de CNR, em que o Cadastro de Nota de Recuperação (CNR) formaliza a recuperação dos valores devidos à distribuidora; e (ii) Serviços sem Possibilidade de Geração de CNR, correspondentes às situações em que a recuperação de valores não é viável, seja pela ausência de irregularidades ou por restrições técnicas no registro do consumo.

4.4 Etapa 4: EQTL Serviços

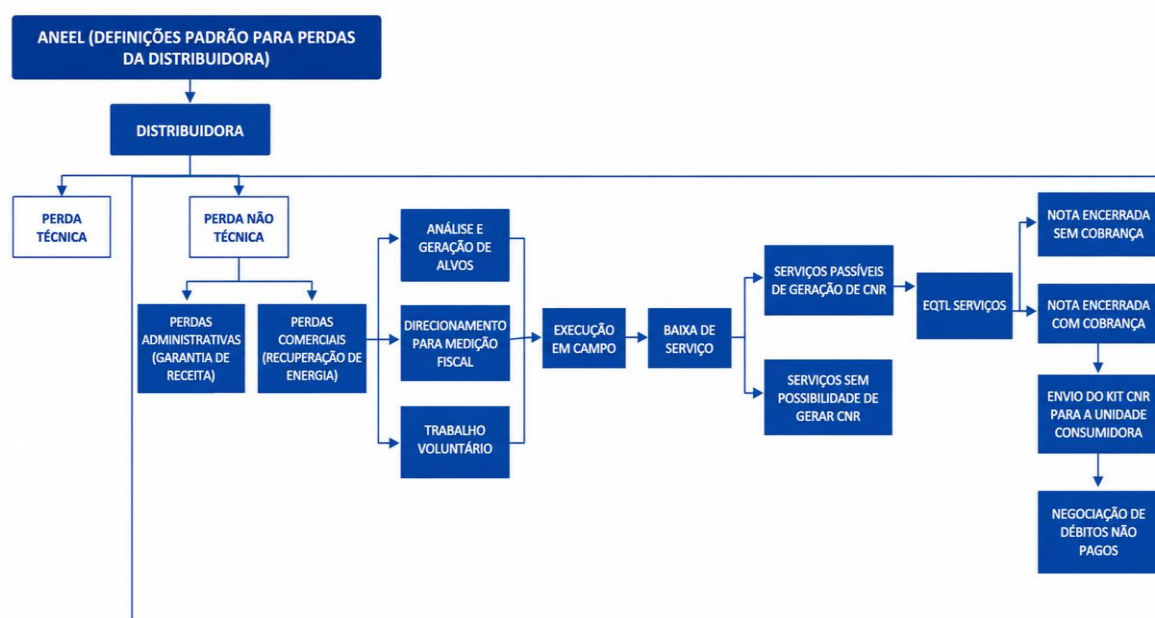
Nesta fase, os serviços são oficialmente finalizados, gerando dois cenários possíveis: (i) Nota Encerrada sem Cobrança, que ocorre quando a inspeção em campo não detecta irregularidades ou situações passíveis de cobrança; e (ii) Nota Encerrada com Cobrança, situação em que, havendo consumo não contabilizado, é emitido o Cadastro de Nota de Recuperação (CNR), permitindo a cobrança dos valores reconhecidos como devidos.

4.5 Regularização e Recuperação de Valores

Em situações de recuperação de energia, são implementadas medidas voltadas à regularização da situação e à negociação dos valores devidos: (i) Envio do Kit CNR, em que o cliente é informado sobre os valores referentes à energia não registrada por meio de documentação detalhada; e (ii) Negociação dos Débitos Não Pagos, etapa na qual a distribuidora conduz a negociação com o cliente, visando à regularização das pendências e à recuperação dos montantes identificados.

O conjunto dessas etapas é representado por um fluxograma na Figura 7, que sintetiza o fluxo operacional adotado pela Equatorial Alagoas. Essa representação facilita a visualização do processo como um todo, evidenciando a sequência das atividades, os pontos de decisão e os possíveis desdobramentos em cada fase.

Figura 7 - Como a Equatorial Alagoas organiza o combate às PNT.



Fonte: Autoria própria.

5. ESTUDOS DE CASO

Para ilustrar a aplicação da metodologia empregada pela Equatorial, descrita na Seção 4, foram selecionados dois casos de irregularidades identificadas pela Equatorial Alagoas, abrangendo dois tipos distintos de PNT: Avaria na medição (Caso 1 – Lagoa da Canoa) e ligação clandestina (Caso 2 – Maceió). Os documentos analisados incluem notificações ao cliente, faturas de revisão e planilhas de cálculo de faturamento, todos emitidos pela concessionária com base na Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021.

A análise a seguir foi estruturada de acordo com as cinco etapas da metodologia apresentada na Figura 7, estabelecendo uma correlação direta entre o que foi proposto teoricamente e o que foi executado na prática. A Tabela 3 apresenta um resumo dessa correlação, que será detalhada nas subseções subsequentes.

Tabela 3 - Correlação entre Metodologia Proposta e Execução nos Casos.

Etapas	Proposta	Execução
Etapa 1: Análise e Geração de Alvos	Identificação de UC com possíveis PNT por meio de análise de dados históricos e consumo atípico.	No Caso 2, a identificação foi facilitada pelo registro de consumo zero; no Caso 1, por inconsistências no padrão de consumo.
Etapa 2: Execução em Campo	Verificação presencial nos medidores e instalações; registro em relatório (Baixa de Serviço).	Inspeções realizadas em 09/07/2025 (Caso 1) e 21/10/2025 (Caso 2); constatadas as irregularidades conforme notificações.
Etapa 3: Serviços Pós-Execução	Categorização das UC quanto à possível geração de CNR.	Ambos os casos foram classificados como passíveis de geração de CNR, pois havia energia não contabilizada.
Etapa 4: EQTL Serviços	Finalização: Nota Encerrada com ou sem cobrança.	Ambos resultaram em Nota Encerrada com Cobrança e emissão de fatura de revisão.
Etapa 5: Regularização e Recuperação	Envio de Kit CNR e negociação dos débitos.	As faturas de revisão foram emitidas e os clientes notificados sobre prazos para pagamento ou recurso.

Fonte: Autoria própria

5.1 Identificação das UC Suspeitas

No Caso 1, a irregularidade foi identificada a partir da análise do histórico de consumo, o que permitiu estimar um período de duração de 6 meses, com base no Art. 596 da REN nº 1.000/2021. A notificação ao cliente por meio da carta de cobrança enviada pela concessionária informa que “o período de duração da irregularidade foi determinado pela análise do histórico dos consumos de energia elétrica” no terceiro parágrafo, como visto na Figura 8. Isso

demonstra que ela aplicou o direcionamento para medição fiscal com base em indícios obtidos a partir dos dados de consumo da unidade.

Figura 8 – Apresentação de informações referentes a Carta de Cobrança.

LA [REDACTED]

Nº NS de Cálculo: [REDACTED]

equatorial
ENERGIA

1ª via – Cliente

09.04.2026 [REDACTED]

[REDACTED] - LAGOA DA CANOA - AL

Unidade Consumidora: [REDACTED]

Prezado Cliente,

A Equatorial Alagoas está trabalhando para garantir a segurança e cumprimento das disposições legais no fornecimento de energia elétrica aos seus clientes, por isso, realizamos a visita de inspeção N° [REDACTED] em 09.07.2025, no medidor/instalação desta unidade consumidora, de vossa responsabilidade e verificamos a existência de Proced. Irregular - Avaria na Medição, por intervenção não autorizada pela Equatorial Alagoas.

Detalhamento da fatura:

Verificamos que o consumo registrado no período de 21.01.2025 a 09.07.2025 foi de 2618 kWh e o consumo apurado foi de 4907 kWh, sendo assim faturamos a diferença de energia não cobrada no valor total de R\$ 2475,34. Sendo cobrado adicionalmente o valor de R\$ 421,82 que se refere a cobrança do custo administrativo conforme Art. 597 da Resolução normativa nº 1000/2021 ANEEL: II - por ação comprovada que possa ser imputada ao consumidor; ou III - quando a responsabilidade for comprovadamente atribuída ao consumidor, sendo o valor total da fatura de R\$ 2.897,16.

Apuração do período de cobrança

O período de duração da irregularidade foi determinado pela análise do histórico dos consumos de energia elétrica, conforme Art. 596 da Resolução normativa nº 1000/2021 ANEEL.

Fonte: Autoria própria

No Caso 2, a identificação foi ainda mais evidente, pois o medidor registrou consumo zero (0 kWh) durante três meses consecutivos (agosto a outubro de 2025). Esse padrão de consumo é altamente atípico para uma unidade residencial, constituindo um forte indicativo de ligação clandestina ou *by-pass* total. A própria notificação classifica a irregularidade como “Ligação Clandestina”, confirmando que o alvo foi gerado a partir da detecção desse comportamento anômalo.

Em ambos os casos, a Equatorial Alagoas seguiu rigorosamente o fluxo previsto na Etapa 1: (i) análise de dados históricos e identificação de consumo atípico (destaque para o consumo zero no Caso 2); (ii) geração de alvos para inspeção; (iii) direcionamento para medição fiscal, resultando nas ordens de serviço de inspeção.

5.2 Execução do Serviço

No Caso 1, a inspeção ocorreu em 09 de julho de 2025. Foi constatada a ocorrência de procedimento irregular, indicando avaria na medição por intervenção não autorizada pela

Equatorial Alagoas. Na planilha de cálculo, o motivo da revisão encontra-se registrado, e as justificativas para o critério de cálculo adotado indicam que o medidor não apresentava selos, lacres, tampa ou base intactos, evidenciando as irregularidades verificadas em campo. Os registros realizados durante a inspeção podem ser observados nas Figuras 9 a 11.

Figura 9 - Identificação da ausência do selo e lacre no medidor e na tampa.



Figura 10 - Medição da passagem de corrente nas conexões.



Fonte: Autoria própria

Figura 11 - Medidor embalado para transporte e verificação de danos.



Fonte: Autoria própria

Já no Caso 2, a inspeção foi realizada em 21 de outubro de 2025, sendo constatada a Ligação Clandestina. A planilha de cálculo registra o motivo da irregularidade, e a justificativa para a não utilização de outros critérios informa que não foi possível, no momento da inspeção, levantar a carga total da unidade consumidora ou identificar quais equipamentos estavam sendo alimentados pelo desvio de energia. Isso demonstra que a equipe técnica realizou tentativa de levantamento de carga, conforme previsto nos procedimentos operacionais.

Em ambos os casos, a execução em campo ocorreu conforme planejado, com as equipes técnicas realizando verificações presenciais e identificando as irregularidades. A baixa de serviço está representada nos próprios documentos analisados, que contêm os números das inspeções, as descrições das irregularidades encontradas e as justificativas técnicas que embasaram as decisões posteriores.

5.3 Serviços Pós-Execução

A partir das informações obtidas em campo, as unidades consumidoras são categorizadas conforme a possibilidade de recuperação da energia não contabilizada, distinguindo-se entre serviços passíveis de geração de CNR e serviços sem possibilidade de geração de CNR. Em ambos os casos analisados, as unidades foram classificadas como passíveis de geração de CNR, dada a energia não faturada passível de recuperação.

No Caso 1, a planilha de cálculo na Figura 12 registra um total de 2.289 kWh de consumo ativo não faturado, correspondente ao valor de R\$ 1.883,46, montante a ser

recuperado por meio do CNR. A planilha também discrimina os valores referentes às bandeiras tarifárias amarela e vermelha incidentes sobre o período, evidenciando o detalhamento da recuperação efetuada.

Figura 12 - Planilha de cálculo Caso 1.

Opção: Consumo Pós Normalização												
VALOR(ES) DE REFERÊNCIA												
Descrição		Mês/Ano							Parâmetros			
		08/2025		09/2025			10/2025					
Consumo Ativo		866							866			
TABELA DE CÁLCULO												
Mês/Ano		Esp.		Faturamento		Dias		Consumo			Diferença (R\$)	
				Início	Fim	Fatur.	Irreg.	Faturado	Revisto	Diferença	Tarifa	Valor
02/2025	Consumo Ativo		21/01/2025	19/02/2025	30	30	464	866	402	0,80807	324,84	
03/2025	Consumo Ativo		20/02/2025	20/03/2025	29	29	493	837	344	0,80807	277,97	
04/2025	Consumo Ativo		21/03/2025	17/04/2025	28	28	429	808	379	0,80807	306,27	
05/2025	Consumo Ativo		18/04/2025	19/05/2025	32	32	529	924	395	0,80807	319,19	
05/2025	Bandeira Amarela		18/04/2025	19/05/2025	19	19	314,094	548,625	234,531	0,01885	4,42	
06/2025	Consumo Ativo		20/05/2025	18/06/2025	30	30	385	866	481	0,80807	388,69	
06/2025	Bandeira Vermelha		20/05/2025	18/06/2025	18	18	231	519,600	288,600	0,04463	12,88	
06/2025	Bandeira Amarela		20/05/2025	18/06/2025	12	12	154	346,400	192,400	0,01885	3,62	
07/2025	Consumo Ativo		19/06/2025	19/07/2025	31	21	318	606	288	0,80807	232,73	
07/2025	Bandeira Vermelha		19/06/2025	19/07/2025	21	21	318	606	288	0,04463	12,85	
TOTAL POR ESPECIFICAÇÃO												
Consumo Ativo		kWh	2289		Bandeira Amarela			kWh	426,931			
					Bandeira Vermelha			kWh	576,600			

Fonte: Autoria própria.

No Caso 2, foi identificado um total de 1.307 kWh, com valor correspondente de R\$ 1.114,43, a ser recuperado via CNR. Nesse caso, não houve cobrança de custo administrativo, em razão da impossibilidade técnica de levantamento da carga total da unidade consumidora.

Figura 13 - Planilha de cálculo Caso 2.

Opção: Consumo Pós Normalização											
VALOR(ES) DE REFERÊNCIA											
Descrição	Mês/Ano								Parâmetros		
	11/2025		12/2025			01/2026					
Consumo Ativo										568	
TABELA DE CÁLCULO											
Mês/Ano	Esp.	Faturamento		Dias		Consumo			Diferença (R\$)		
		Início	Fim	Fatur.	Irreg.	Faturado	Revisto	Diferença	Tarifa	Valor	
08/2025	Consumo Ativo	14/08/2025	31/08/2025	18	18	-	341	341	0,80807	275,55	
08/2025	Bandeira Vermelha	14/08/2025	31/08/2025	18	18	-	341	341	0,04463	15,21	
09/2025	Consumo Ativo	01/09/2025	30/09/2025	30	30	-	568	568	0,80807	458,97	
09/2025	Bandeira Vermelha	01/09/2025	30/09/2025	30	30	-	568	568	0,04463	25,34	
10/2025	Consumo Ativo	01/10/2025	31/10/2025	21	21	-	398	398	0,80807	321,60	
10/2025	Bandeira Vermelha	01/10/2025	31/10/2025	21	21	-	398	398	0,04463	17,76	
TOTAL POR ESPECIFICAÇÃO											
Consumo Ativo		kWh		1307		Bandeira Vermelha		kWh		1307	

Fonte: Autoria própria.

5.4 Etapa 4: EQTL Serviços

Nesta fase, os serviços são oficialmente finalizados, podendo resultar em nota encerrada sem cobrança, quando não são identificadas irregularidades passíveis de faturamento, ou nota encerrada com cobrança, nos casos em que há consumo não contabilizado, com emissão do CNR e cobrança dos valores devidos.

Ambos os casos analisados resultaram em nota encerrada com cobrança, com emissão das respectivas faturas de revisão. No Caso 1, a fatura apresentou valor total de R\$ 2.897,16, contendo o detalhamento do consumo recuperado de 2.289 kWh, além do acréscimo do custo administrativo de R\$ 421,82 e dos tributos incidentes (PIS, COFINS e ICMS). A notificação enviada ao cliente constitui o próprio “Kit CNR” mencionado na metodologia e no fluxograma, contendo os valores devidos e o prazo para pagamento ou apresentação de recurso.

No Caso 2, a fatura de revisão apresentou valor total de R\$ 1.486,15, vinculado ao consumo recuperado de 1.307 kWh e aos tributos incidentes. Embora não tenha havido cobrança de custo administrativo, o processo de encerramento com cobrança foi igualmente realizado, com envio da notificação e da fatura ao cliente.

5.5 Etapa 5: Regularização e Recuperação de Valores

Implementam-se medidas voltadas à regularização da situação e à negociação dos valores, incluindo o envio do Kit CNR e a negociação dos débitos não pagos. Ambos os documentos analisados contêm informações detalhadas sobre o tipo de irregularidade identificada, o período de duração, o consumo registrado em comparação ao consumo apurado, a diferença de energia não faturada, o valor total da fatura e os dispositivos legais que fundamentam a cobrança (arts. 595, 596 e 597 da REN nº 1.000/2021).

As notificações informam expressamente que o cliente possui prazo de 30 dias corridos para apresentação de recurso administrativo, conforme o §2º do Art. 325 da REN nº 1.000/2021, e que o não pagamento implica incidência de juros, multa e negativação nos órgãos de proteção ao crédito.

Dessa forma, a concessionária cumpriu integralmente a Etapa 5 ao encaminhar o Kit CNR por meio das notificações e faturas emitidas, além de disponibilizar prazo para negociação ou apresentação de recurso administrativo.

5.6 Síntese dos Casos Analisados

A análise detalhada dos dois casos, confrontada com a metodologia descrita no Capítulo 4 e com o fluxograma simplificado da ANEEL/Equatorial, permite afirmar que a metodologia

é aplicada de forma consistente. A Equatorial Alagoas segue as cinco etapas previstas, desde a análise de dados até a regularização e recuperação de valores, em conformidade com as normas da Agência Nacional de Energia Elétrica e com as práticas adotadas no setor elétrico.

A documentação analisada apresenta padronização e rastreabilidade, uma vez que as notificações, faturas e planilhas de cálculo seguem um padrão que permite identificar a etapa do processo à qual cada documento está associado, facilitando auditorias e eventuais contestações.

Observa-se também flexibilidade na adaptação a diferentes tipos de irregularidades, visto que o fluxo metodológico se mostrou adequado tanto para o caso de avaria na medição (Caso 1) quanto para o caso de ligação clandestina total (Caso 2), com as devidas adaptações nos critérios de cálculo e na cobrança de custo administrativo.

Além disso, a transparência e a fundamentação regulatória são priorizadas, uma vez que todas as decisões são justificadas com base nos dispositivos da REN nº 1.000/2021, conferindo maior segurança jurídica ao processo e reduzindo o risco de contestações. Em ambos os casos, foram emitidas notificações contendo a descrição das irregularidades identificadas, os resultados financeiros apurados e os dispositivos normativos utilizados como fundamentação da cobrança, conforme os documentos apresentados nos Anexos A e B.

A Tabela 4 apresenta uma comparação entre os dois casos analisados de PNT, evidenciando diferenças relevantes quanto à natureza da irregularidade, ao período de ocorrência e aos impactos econômicos decorrentes. No Caso 1, que ocorreu em Lagoa da Canoa, a irregularidade foi identificada por meio de uma falha no sistema de medição, o que levou a um registro incompleto do consumo ao longo de seis meses. Embora tenham sido registrados 2.618 kWh durante o período, a distribuidora detectou uma energia não faturada adicional de 2.289 kWh, que necessitou ser recuperada por meio de um processo de regularização. Dada a realização da inspeção, análise técnica e processamento administrativo do caso, foram cobrados custos administrativos no montante de R\$ 421,82. Isso fez com que o valor total da fatura de recuperação chegasse a R\$ 2.897,16.

Por outro lado, o Caso 2, ocorrido em Maceió, envolveu uma conexão ilegal, situação em que não havia medição do consumo, levando a um registro igual a zero. Apesar de a irregularidade ter durado menos tempo, com uma estimativa de três meses, foram recuperados 1.307 kWh de energia consumida sem cobrança. Não foram cobrados custos administrativos, resultando em um faturamento menor, no valor de R\$ 1.486,15. O prejuízo financeiro para a distribuidora não está apenas relacionado à quantidade de energia recuperada, mas também ao tempo de duração da irregularidade, à natureza da fraude ou defeito identificado e aos gastos

operacionais vinculados ao processo de inspeção e regularização. Esses resultados destacam a complexidade do tratamento das perdas não técnicas e a necessidade de abordagens específicas para cada cenário identificado em campo.

Tabela 4 – Comparativo dos Casos de PNT.

Parâmetro	Caso 1 (Lagoa da Canoa)	Caso 2 (Maceió)
Tipo de irregularidade	Avaria na medição	Ligação clandestina
Duração	6 meses	3 meses
Consumo registrado	2.618 kWh	0 kWh
Energia recuperada	2.289 kWh	1.307 kWh
Custo administrativo	R\$ 421,82	R\$ 0,00
Valor total da fatura	R\$ 2.897,16	R\$ 1.486,15

Fonte: Autoria própria.

6. CONCLUSÃO

O estudo permitiu analisar, de forma aplicada, os procedimentos adotados pela Equatorial Alagoas na identificação e mitigação das PNT. Essa metodologia, estruturada nas etapas de análise e geração de alvos, execução em campo, serviços pós-execução, EQTL Serviços e regularização e recuperação de valores, mostrou-se alinhada às diretrizes regulatórias estabelecidas pela ANEEL, particularmente à Resolução Normativa nº 1.000/2021. A estrutura documental padronizada, composta por notificações, faturas de revisão e planilhas de cálculo, contribui para garantir rastreabilidade e transparência ao processo, elementos essenciais para assegurar o direito de defesa do consumidor. A análise da execução dos estudos de caso também evidenciou que as etapas previstas na metodologia são aplicadas de forma compatível com os procedimentos internos da concessionária e com as diretrizes regulatórias observadas.

Os estudos de caso, baseados em dois casos reais de irregularidades identificadas em Lagoa da Canoa (avaria na medição) e Maceió (ligação clandestina), permitiram correlacionar diretamente o que foi proposto na metodologia com o que foi executado em campo. Foram recuperados 2.289 kWh no primeiro caso e 1.307 kWh no segundo, com valores faturados de R\$ 2.897,16 e R\$ 1.486,15, respectivamente.

Como contribuição, este TCC apresenta o modelo aplicado pela Equatorial Alagoas no combate às PNT, servindo como referência para trabalhos futuros para identificação da metodologia adotada em outras distribuidoras. O trabalho também evidencia a importância da integração entre tecnologia, gestão e regulação como elementos fundamentais para a redução sustentável das perdas.

REFERÊNCIAS

ADERALDO, S. M. A. **Uso do sistema de medição concentrada como alternativa ao combate de perdas não técnicas em rede de distribuição secundária**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50682/1/2019_tcc_smaaderaldo.pdf. Acesso em: set. 2024.

AGUIAR, M. L.; MARINHO, M. N. Análise dos Ciclos de Revisões Tarifárias Periódicas em Pernambuco. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4, n. 1, jan. 2019. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/587>. Acesso em: dez. 2024.

ALVES, I. C. R.; FERREIRA, A. F. A importância da medição da temperatura em conexões a serem substituídas ou reparadas em redes de média tensão por equipe de manutenção de rede aérea energizada (Linha Viva), **Revista TECCEN**, V. 12, Ed. 2, P. 59 - 67. 2019. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/2002>. Acesso em: ago. 2024.

Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório de perdas de energia elétrica na distribuição. Brasília, DF: ANEEL, 2024. Disponível em: ANEEL – Relatório de Perdas de Energia. Disponível em: https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/-/raw/main/relatorioseindicadores/tarifaeconomico/Relatorio_Perdas_Energia.pdf. Acesso em: maio 2026.

BARROS, R. M. R. **Advanced Analytics aplicado à gestão da perda não técnica de energia em sistemas elétricos de distribuição**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/20761>. Acesso em: ago. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 27 dez. 1996.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Manual de Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET. Módulos 2 e 7. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/proret>. Acesso em: dez. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Perdas de energia. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/perdas-de-energia>. Acesso em: nov. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Procedimentos de Distribuição (PRODIST) - Módulo 8, de 25 de abril de 2011. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 110, 26 abr. 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>. Acesso em: set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 84, 15 set. 2010. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa nº 869, de 28 de janeiro de 2020. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 jan. 2020. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020869.pdf>. Acesso em: set. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa nº 906, de 25 de novembro de 2020. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 123, 27 nov. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2020906.pdf>. Acesso em: dez. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 96, 7 dez. 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>. Acesso em: dez. 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Resolução Normativa nº 1.003, de 01 de fevereiro de 2022. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 01 fev. 2022. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221003.pdf>. Acesso em: dez. 2024.

CANCIAN, W. F. **Metodologia para identificação e clusterização espacial de perdas não-técnicas em sistemas de distribuição de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9H7HP3>. Acesso em: set. 2024.

CARRAZZA, L. C. *et al.* (2021). **Perdas de Energia Elétrica na Distribuição. Relatório**, Ed. 1. Brasília. Disponível em: https://antigo.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia_+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2021.pdf/143904c4-3e1d-a4d6-c6f0-94af77bac02a#:~:text=As%20perdas%20totais%20na%20distribui%C3%A7%C3%A3o,e%20Centro%2DOeste%20em%202018. Acesso em: set. 2024.

CARVALHO, D. M. S. *et al.* (2024). **Perdas Não Técnicas de Energia Elétrica**, CEDOC, v.6, n.3. Brasília. Disponível em: <https://biblioteca.aneel.gov.br/Busca/Download?codigoArquivo=180032&tipoMidia=0>. Acesso em: nov. 2024.

CRUZ, K. E. A. **Uso do sistema de medição concentrada como alternativa ao combate de perdas não técnicas em rede de distribuição secundária.** Dissertação (Mestrado em Economia) - Departamento de Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/4431/1/arquivo6056_1.pdf. Acesso em: set. 2024.

GARCIA, D. A. A.; DUZZI JÚNIOR., F. E. **Aspectos de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.** 2012. Disponível em: https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2012/04/Ed73_fasc_distribuicao_cap1.pdf. Acesso em: nov. 2024.

HUBACK, V. B. S. **Medidas ao combate a perdas elétricas não técnicas em áreas com severas restrições à operação de sistemas de distribuição de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/12453>. Acesso em: set. 2024.

IBRAHIM, E. S. Management of loss reduction projects for power distribution systems. **Electric Power Systems Research**, V. 55, Ed. 1, p. 49-56. 2000. Disponível em: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/451/263>. Acesso em: ago. 2024.

LEAL, G. B. **Estágio supervisionado - Energisa Paraíba.** Relatório de estágio (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/20501>. Acesso em: set. 2024.

LEITE, O. S. B. **Aplicação de Advanced Analytics na gestão da perda não técnica de energia em sistema elétrico de distribuição.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27423>. Acesso em: ago. 2024.

LIMA, R. C. **Estágio supervisionado - Energisa Paraíba**. Relatório de estágio (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27633>. Acesso em: set. 2024.

MATOS, Y. C. C. **Deteção de fraudes no consumo de energia elétrica usando árvores de decisão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/9155>. Acesso em: set. 2024.

MEDEIROS, W. F. B. M. **Estudo dos sistemas de distribuição visando a simplificação do cálculo das perdas técnicas e diminuição das perdas não técnicas de energia elétrica**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/19110>. Acesso em: ago. 2024.

MOREIRA, A. C. B.; GARCIA JUNIOR, E. F.; PINHEIRO, E. C. N. M. Identificação de necessidades de informação para a construção de um banco de dados corporativo em uma distribuidora de energia elétrica: um estudo de caso. **Brazilian Revista Tecnologia e Sociedade**, V. 11, Ed. 23. 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/3567>. Acesso em: set. 2024.

O SETOR ELÉTRICO. Telemedicação na baixa tensão. *O Setor Elétrico*, São Paulo, 17 nov. 2020. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/telemedicao-na-baixa-tensao/>. Acesso em: set. 2024.

OBAFEMI, F. N.; IFERE, E. O, Non-technical losses, energy efficiency and conservative methodology in the electricity sector of Nigeria: The case of Calabar, cross river state. **International Journal of Energy Economics and Policy**, V. 3, Ed. 2, p.185 - 192 . 2013. Disponível em: <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/451/263>. Acesso em: ago. 2024.

OLIVEIRA, R. C. **Metodologia para cálculo de perdas técnicas e não técnicas de alimentadores de distribuição via estudos de fluxo de carga pelo Método Somatório de Potência Modificado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/9077>. Acesso em: set. 2024.

PAYE, J. C. H. **Cálculo de perdas técnicas e não técnicas nas redes de distribuição de energia elétrica usando a definição de impedância equivalente de perdas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/10347>. Acesso em: set. 2024.

PEREIRA JÚNIOR, G. A. **Uma Metodologia Para Identificação De Perdas Não Técnicas em Sistemas de Distribuição com vistas ao uso eficiente da energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27049>. Acesso em: ago. 2024.

PULZ, J. **Abordagem alternativa para cálculo regulatório de perdas não-técnicas do sistema de distribuição e técnicas de machine learning para detecção de fraude na baixa tensão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós Graduação de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-23032023-080022/publico/JonatasPulzCorr22.pdf>. Acesso em: set. 2024.

RODRIGUES, L. P. B. **Medidores eletrônicos inteligentes em redes inteligentes de energia elétrica: estudo e análise**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia

Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/62087/3/2021_tcc_lpbdrigues.pdf. Acesso em: set. 2024.

SAMPAIO, M. F. **Procedimentos para gestão de perdas não técnicas em sistemas de distribuição de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/3606>. Acesso em: set. 2024.

SANTOS, M. **Métodos de prevenção das perdas comerciais de energia**. 2018. Projeto de graduação (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10026744.pdf>. Acesso em: set. 2024.

SARAIVA, D. M. G. **Processo de inovação no desenvolvimento de um dispositivo para combate às perdas não técnicas de energia elétrica causadas por intervenção com imã de neodímio em medidores**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/76409/1/2023_tcc_dmgsaraiva.pdf. Acesso em: set. 2024.

SAVIAN, F. S. *et al.* Non-technical losses: A systematic contemporary article review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V. 147, 111205. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121004937>. Acesso em: ago. 2024.

SILVA, A. D. C. **Desenvolvimento de Interfaces para o Software OpenDSS**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/21004>. Acesso em: ago. 2024.

SILVA, T.; PACHECO, M. A. F.; PINHEIRO, E. C. N. M. Furto de energia elétrica – estudo de caso: irregularidade em uma unidade consumidora residencial. **Brazilian Journal of Development**, V. 8, Ed.10, P. 69279–69296. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n10-285>. Acesso em: ago. 2024.

VENTURA, L. O. *et al.* A new way for comparing solutions to non-technical electricity losses in South America. **Utilities Policy**, V. 67, 101113. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957178720301077>. Acesso em: set. 2024.

VIEGAS, J. L. *et al.* Solutions for detection of non-technical losses in the electricity grid: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, V. 80, P. 1256-1268. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117308328>. Acesso em: set. 2024.

ANEXO A: CARTA DE NOTIFICAÇÃO DO CASO 1

09.04.2026

[REDACTED] - LAGOA DA CANOA - AL

Unidade Consumidora: [REDACTED]

Prezado Cliente,

A Equatorial Alagoas está trabalhando para garantir a segurança e cumprimento das disposições legais no fornecimento de energia elétrica aos seus clientes, por isso, realizamos a visita de inspeção N° [REDACTED] em 09.07.2025, no medidor/instalação desta unidade consumidora, de vossa responsabilidade e verificamos a existência de Proced. Irregular - Avaria na Medição, por intervenção não autorizada pela Equatorial Alagoas.

Detalhamento da fatura:

Verificamos que o consumo registrado no período de 21.01.2025 a 09.07.2025 foi de 2618 kWh e o consumo apurado foi de 4907 kWh, sendo assim faturamos a diferença de energia não cobrada no valor total de R\$ 2475.34.

Sendo cobrado adicionalmente o valor de R\$ 421,82 que se refere a cobrança do custo administrativo conforme Art. 597 da Resolução normativa nº 1000/2021 ANEEL: II - por ação comprovada que possa ser imputada ao consumidor; ou III - quando a responsabilidade for comprovadamente atribuída ao consumidor, sendo o valor total da fatura de R\$ 2.897,16.

ANEXO B: CARTA DE NOTIFICAÇÃO DO CASO 2

09.04.2026

[REDACTED] - MACEIO - AL

Unidade Consumidora: [REDACTED]

Unidade Consumidora: [REDACTED]

Prezado Cliente,

A Equatorial Alagoas está trabalhando para garantir a segurança e cumprimento das disposições legais no fornecimento de energia elétrica aos seus clientes, por isso, realizamos a visita de inspeção N° [REDACTED] em 21.10.2025, no medidor/installação desta unidade consumidora, de vossa responsabilidade e verificamos a existência de Ligação Clandestina, por intervenção não autorizada pela Equatorial Alagoas.

Detalhamento da fatura:

Verificamos que o consumo registrado no período de 14.08.2025 a 21.10.2025 foi de 0 kWh e o consumo apurado foi de 1307 kWh, sendo assim faturamos a diferença de energia não cobrada no valor total de R\$ 1486.15.

Apuração do período de cobrança:

O período de duração da irregularidade foi determinado pela análise do histórico dos consumos de energia elétrica, conforme Art. 596 da Resolução normativa nº 1000/2021 ANEEL.

Critério de Cálculo:

Identificamos os valores médios de consumo mensal de sua unidade consumidora, no período acima descrito, e utilizamos como critério de cálculo o Consumo Posterior à normalização, utilizando os valores máximos de consumo de energia elétrica, proporcionalizado em 30 dias, dentre os ocorridos em 3 ciclos imediatamente posteriores à regularização da medição, cuja planilha de cálculo de revisão de faturamento, de número N° [REDACTED] encontra-se anexada a esta.

A título de esclarecimento, informamos os motivos da não utilização do critério anterior:

Não foi possível, no momento da inspeção, levantar a carga total da unidade consumidora, ou, pelo menos, identificar quais equipamentos estavam sendo alimentados pelo desvio de energia.