



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LIGAÇÕES CLANDESTINAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO  
ELÉTRICA: ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E DE  
SEGURANÇA**

**MAÍRA APARECIDA DA SILVA**

**Brasília, Dezembro de 2020**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica

**Maíra Aparecida da Silva**

**LIGAÇÕES CLANDESTINAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO  
ELÉTRICA: ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E DE  
SEGURANÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheira Eletricista.

**Orientador: Professor Alcides Leandro da Silva, Dr.**

**BRASÍLIA-DF, DEZEMBRO DE 2020.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SILVA, MAÍRA APARECIDA

Ligações Clandestinas em Redes de Distribuição Elétrica: Aspectos Técnicos, Econômicos e de Segurança [Distrito Federal] 2020.

93p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Engenheira Eletricista, 2020).

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Ligações Clandestinas.

2. Perdas Elétricas

3. Choque Elétrico

4. Análise de Segurança.

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SILVA, Maíra. Aparecida. (2020). LIGAÇÕES CLANDESTINAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA: ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E DE SEGURANÇA. Trabalho de Conclusão de Graduação em Engenharia Elétrica, Publicação 001/2020, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 93p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Maíra Aparecida da Silva

TÍTULO: LIGAÇÕES CLANDESTINAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA: ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E DE SEGURANÇA.

GRAU: Graduação em Engenharia Elétrica ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste projeto final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor se reserva a outros direitos de publicação e nenhuma parte deste projeto final de Graduação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Maíra Aparecida da Silva

AR 14 Conjunto 03 Casa 01 – Setor Oeste - Sobradinho

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LIGAÇÕES CLANDESTINAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO  
ELÉTRICA: ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS E DE  
SEGURANÇA**

**MAÍRA APARECIDA DA SILVA**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alcides Leandro da Silva, ENE/UnB  
Orientador

Prof. Dr. Francisco Damasceno Freitas, ENE/UnB  
Examinador interno

Prof. Dr. Francis Arody Moreno Vásquez, ENE/UnB  
Examinador interno

**Brasília, Dezembro de 2020**

# AGRADECIMENTOS

*Primeiramente, a Deus, que me fez ficar de pé durante todo esse tempo, ficou ao meu lado e sempre mostrou que sempre seria capaz de conseguir tudo que Ele propõe para a minha vida, além de sempre nunca ter desistido de mim em momentos ruins vivenciados na universidade e no mundo.*

*A mim, que fui minha maior barreira física e emocional nesses anos, mas também fui a pessoa que mais acreditou em mim mesma, e que mesmo quando eu tinha certeza que deveria desistir, fui capaz de ser mais resiliente do que eu achava ser possível.*

*Ao amor da minha vida, que esteve comigo sempre me apoiando e dizendo que eu sou capaz de conseguir tudo que eu quero através do meu querer e esforço. Que em muitas das vezes compreendeu minha ausência, mas que soube ficar ao meu lado sempre nos momentos mais difíceis durante a graduação.*

*As pessoas do meu coração, amigos, e familiares, que apoiaram de tantas formas, que trouxeram uma calma em meio de tanta tribulação, que me deram a base para que eu pudesse chegar até o fim, e que nunca saíram de perto de mim, mesmo quando eu precisei ser ausência. Nesse momento consigo lembrar de cada nome, com amor e sentimento de gratidão que não cabe.*

*A RCS Tecnologia, por me trazer experiências gigantescas em questão de aprendizado envolvendo a parte técnica e de gestão na engenharia.*

*Ao orientador, que foi capaz de me conduzir no caminho certo em que eu precisava percorrer, por vezes me tirando do meu comodismo e mostrando cada vez melhor o mundo da engenharia elétrica.*

*"Não sabendo que era impossível,  
ela foi lá e fez."*

Jean Cocteau

# RESUMO

No processo de distribuição e utilização da energia elétrica, as ligações integram as etapas fundamentais para a realização segura da instalação. A segurança nesse processo advém das atividades profissionais autorizadas com base em procedimentos técnicos. Na contra mão da regularidade, há instalações que criam situações de risco, para o próprio usuário e para as instalações da rede elétrica, sobretudo praticadas sem o consentimento das concessionárias.

Surgem, dessa forma, as ligações clandestinas, às vezes classificadas como “gatos” e “gambiarras”. Com finalidades diversas, ora para reduzir intencionalmente o valor das faturas, ora motivadas por condições econômico-financeiras precárias, as ligações clandestinas geram perdas no sistema elétrico e dão origem a riscos de incêndio e choques elétricos. Geram, portanto, desperdícios no consumo de energia, colaboram para que os serviços das concessionárias sejam mais caros e criam um problema de abrangência nacional e internacional, com consequências sociais, econômicas, jurídicas, e de segurança.

Diferentemente de processos que causam perdas elétricas naturais que requerem constante manutenção, os problemas das ligações clandestinas geram situações complexas que dificultam o combate a essas práticas ilegais. Estima-se que, historicamente, as ligações clandestinas na rede de distribuição de energia são responsáveis por uma perda total em torno de 15% da energia das distribuidoras.

Nesse cenário, este trabalho buscou entender as principais motivações que levam pessoas a realizar ligações clandestinas e o impacto gerado aos sistemas elétricos, com as perdas econômicas e com a segurança, constatando-se que essas ligações apontam para as práticas ilegais visando benefícios próprios por meio de ato criminoso.

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TERMOS E SIGLAS</b> .....	Erro! Indicador não definido.
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Definição do Problema .....	2
1.2 Objetivo .....	3
1.3 Estrutura do Trabalho .....	4
<b>2. CENÁRIO ENERGÉTICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 Cenário Energético – Global .....	5
2.2 Cenário Energético – Nacional .....	7
<b>3. PERDAS ELÉTRICAS</b> .....	<b>11</b>
3.1 Conceito .....	11
3.2 Perdas - Sistema de Geração, Transmissão e Distribuição .....	11
3.2.1 Cálculos no Sistema de Transmissão e Distribuição de Energia .....	15
3.3 Perdas de Energia – Cenário Global .....	16
3.4 Perdas de Energia – Cenário Nacional .....	17
3.5 Perdas Técnicas .....	22
3.6 Perdas Não Técnicas .....	24
<b>4. LIGAÇÕES CLANDESTINAS</b> .....	<b>26</b>
4.1 Ligações Clandestinas de Energia Elétrica .....	26
4.2 Nó Elétrico Anômalo .....	30
4.3 Simulações de Ligações Clandestinas .....	32
4.4 Irregularidades no Consumo de Energia Elétrica .....	39
4.5 Combate e Detecção .....	39
4.6 A Indústria da Irregularidade .....	41
4.6.1 Falhas em Equipamentos .....	42
4.6.2 Utilização do Disco do Medidor .....	43
4.6.3 Desvio Geral de Entrada .....	46
4.6.4 Ligações Diretas e Invertidas .....	47

4.6.5	Alteração na Bobina.....	50
4.6.6	Ponte no Borne .....	51
<b>5.</b>	<b>TECNOLOGIAS E MEIOS DE PREVENÇÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>6.</b>	<b>ANÁLISE DE SEGURANÇA .....</b>	<b>55</b>
6.1	Normas de Segurança .....	55
6.2	Riscos e Perigos .....	57
6.3	Choque Elétrico .....	58
6.4	Superaquecimento.....	63
6.4.1	Efeito Joule.....	65
<b>7.</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA .....</b>	<b>66</b>
7.1	Impacto nas Tarifas de Energia Elétrica .....	69
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>73</b>
8.1	Sugestões para Trabalhos Futuros .....	74
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>75</b>

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Geração e Distribuição .....	13
Figura 2 - Sistema de Distribuição de Energia Elétrica .....	14
Figura 3 - Ligações Clandestinas não técnica aparentes. ....	27
Figura 4 - Ligações Clandestinas aparentes. ....	27
Figura 5 - Gato de energia - Desvio Geral antes da entrada. ....	28
Figura 6 – Instalação de Ligação Clandestina de Energia. ....	28
Figura 7 - Nó Elétrico. Fonte: Khanacademy .....	30
Figura 8 - Nó elétrico de ligações clandestinas. ....	32
Figura 9 - Medidor Utilizado .....	33
Figura 10 - Medidor de Energia já alterado .....	33
Figura 11 - Circuitos para simulação de consumo .....	34
Figura 12 - Corrente de linha medida. ....	34
Figura 13 - Medições de corrente em cada parte do circuito .....	35
Figura 14 - Ferros utilizados. ....	36
Figura 15 - Ligação Clandestina instalada .....	36
Figura 16 - Quantidade de consumo não detectável. ....	37
Figura 17 - Medições de temperatura.....	37
Figura 18 - Medição inicial com circuito corretamente dimensionado.....	38
Figura 19 - Medição Final com Efeito Joule e circuito mal dimensionado. ....	38
Figura 20 - Locais com dificuldade em acesso .....	40
Figura 21 - Divulgações de irregularidades. ....	42
Figura 22 – Tipo de ligação clandestina no medidor .....	46
Figura 23 - Desvio Geral de Entrada.....	47
Figura 24 - Ligação incorreta em condutores. ....	48
Figura 25 – Tipo de ligação clandestinas nos condutores.....	48
Figura 26 – Ligação Clandestina.....	49
Figura 27 - Fraude no Ramal. Fonte: Light.....	49
Figura 28 – Tipo de ligação clandestina no borne. Fonte: Light.....	50
Figura 29 - Bobinas dentro de um medidor. ....	51
Figura 30 - Ponte no Borne. Fonte: Light .....	51
Figura 31 - Riscos de Choque Elétrico em Ligações Clandestinas. Fonte: Desconhecida .....	60
Figura 32 – Exemplo de Superaquecimento. ....	64
Figura 33 - Representatividade dos custos das Perdas Não Técnicas Regulatórias sobre a Receita Requerida (2019).....	70

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição da geração elétrica por região no mundo em 2017 (TWh) .....	6
Gráfico 2- Geração de Energia Elétrica por Região em TWh no Brasil. ....	8
Gráfico 3- Geração de Energia por UF - Brasil – 2019 – (GWh). ....	9
Gráfico 4 – Geração de Energia Elétrica no Brasil em TWh – De 2012 a 2019. Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: Balanço Energético Nacional 2020.....	10
Gráfico 5 - Percentual de Energia Gerada Perdida no mundo .....	16
Gráfico 6 - Percentual dos países com maiores perdas de energia no mundo.....	17
Gráfico 7 - Distribuição dos MWh Perdidos de Energia de acordo com o tipo de perda. ....	18
Gráfico 8 - Série Histórica de Perda Total de Energia no Brasil .....	19
Gráfico 9 - Percentual de perdas totais de energia por concessionárias de Energia. Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: ANEEL .....	20
Gráfico 10 - Série envolvendo todos os tipos de perdas totais de energia no Brasil.....	21
Gráfico 11 - Série Histórica da perda de energia injetada no Brasil. ....	23
Gráfico 12 - Série histórica da perda não técnica por energia injetada no Brasil. Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: ANEEL .....	25
Gráfico 13 - Percentual de Perdas não técnicas por energia, por concessionárias – 2019.....	29
Gráfico 13 - Série histórica da perda não técnica por baixa tensão – Brasil.....	30
Gráfico 15 - Série Histórica de Acidentes de Origem Elétrica .....	57
Gráfico 16 - Choques Elétricos Fatais no Brasil.....	61
Gráfico 17 - Choques Elétricos Fatais por mês - Brasil.....	61
Gráfico 18 - Mortes de Choque elétrico- Localidade.....	62
Gráfico 19 - Incêndio causado por sobrecarga.....	65
Gráfico 20 - MWh por tarifas. ....	67

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração elétrica no mundo - 10 maiores países em 2017 (TWh).....	5
Tabela 2 – Geração de Energia por região e unidade federativa no Brasil em GWh.....	7
Tabela 3 - Perdas totais de Energia no Brasil, entre 2017 a 2018.....	18
Tabela 4 - Indicadores de Perdas no Brasil.....	19
Tabela 5 - Medições Realizadas no Circuito.....	35
Tabela 6 - Correntes medidas com ligação clandestina. ....	36
Tabela 7 - Acidentes de origem elétrica - 2019 .....	58
Tabela 9 – Quantidade de Incêndios por Superaquecimento .....	64
Tabela 9 - Perdas de Tarifas através das perdas no Brasil. ....	66
Tabela 10 - Quantidade de Energia Gerada por tarifas .....	67

# LISTA DE TERMOS E SIGLAS

A	Ampère
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BT	Baixa Tensão
CEB	Companhia Energética de Brasília
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GC	Geração Centralizada
GD	Geração Distribuída
GWh	Gigawatt-hora
I	Corrente
IEA	<i>International Energy Agency</i>
Kw	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MW	Megawatt Potência Ativa
PNE	Plano Nacional de Energia
PNT	Perdas Não Técnicas
PRODIST Nacional	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PT	Perdas Técnicas
R	Resistência
SIN	Sistema Integrado Nacional
TWh	Terawatt-hora
UC	Unidade Consumidora
V	Volt
W	Watt

# 1. INTRODUÇÃO

No sistema de distribuição de energia, há perdas naturais e perdas originadas por pessoas. As perdas naturais são inerentes ao sistema elétrico; as ocasionadas por pessoas são as advêm das ligações clandestinas e caracterizam-se por alterar algum componente da rede sem autorização da concessionária, de forma a não contabilizar integralmente o consumo. Essas ligações clandestinas, que compõem a maior estatística de perdas de energia elétrica, provocam irregularidades no consumo de energia e são realizadas por consumidores residenciais, comerciais e industriais.

As perdas de energia elétrica podem ser divididas em dois tipos: 1) as perdas técnicas (PT); e 2) as perdas não técnicas (PNT). No entendimento de VIEIRAALVES (2005), as perdas técnicas podem ser definidas e determinadas por meio de simulações, medições e avaliações do sistema elétrico, levando em consideração fatores como a tecnologia utilizada, a qualidade dos serviços de manutenção e a ampliação do sistema elétrico. Sendo bem variáveis no processo de execução, as ligações clandestinas geram dificuldade de identificação pelas concessionárias, quais consumidores estão ou não com o consumo irregular.

Dado o exposto, a pesquisa visa apresentar o problema de perdas no Brasil, além de apontar as áreas subnormais caracterizadas pelo controle de ligações clandestinas no mundo.

## **1.1 Definição do Problema**

Os níveis de perdas de eletricidade constituem uma importante relação de estudo para a dimensão, eficiência, quantidade e qualidade de energia para o setor elétrico. As perdas possuem dupla origem. Uma tem relação natural e intrínseca ao processo de transporte da energia pelas redes de transmissão e distribuição, sendo atreladas a conceitos físicos e não podendo ser totalmente erradicadas. A outra origem de perdas está relacionada ao furto ou fraude de energia, motivadas por ligações clandestinas.

Analisar o combate às ligações clandestinas é importante, mas não é o suficiente para superar o problema, pois trata-se de uma questão social e cultural que extrapola o escopo de gestão das concessionárias. Tal combate requer políticas públicas e, sobretudo, conscientização da sociedade quanto aos malefícios dessas práticas que historicamente tem sido tratada com permissividade.

## **1.2 Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo a conceituação e o estudo do problema das perdas não técnicas, que são relacionadas as ligações clandestinas em redes de distribuição. Utilizando-se de uma abordagem multidisciplinar, que analisa a experiência tanto do Brasil como a do exterior, o trabalho discute as melhores práticas para mitigação, análise de segurança, prevenção e recuperação de receitas, e impactos financeiros causados pelas perdas no Brasil e de forma global, evidenciando também os aspectos envolvendo tecnologias ao auxílio da inovação e combate.

De forma abrangente, examina-se o problema sob variados aspectos, desde os processos de prevenção e de combate às perdas, até os procedimentos legais para recuperação de receitas, apoiados sobre uma cuidadosa contextualização regulatória e contendo relação com a energia elétrica. Chama-se a atenção para o estudo nacional, onde se comparam variados exemplos internacionais e propõem-se identificar os aspectos relevantes a serem considerados na regulação sobre o tema. Discutem-se, também, procedimentos e metodologias para o equacionamento do montante de recursos a serem aplicados pelas companhias distribuidoras para a adequada redução dessas perdas de energia.

## **1.3 Estrutura do Trabalho**

O trabalho está organizado em 8 (oito) capítulos, conforme descritos a seguir.

O primeiro capítulo traz a introdução do trabalho, em que se contextualiza o problema, realiza a formulação da hipótese e por fim relata sobre o objetivo do trabalho, colocando em evidência a importância e relevância do tema, além de descrever a sua estrutura.

Segue o Capítulo 2, que apresenta o cenário energético, com dados estatísticos e análise do sistema energético existente no Brasil e de forma global.

O Capítulo 3 relata sobre as perdas elétricas, juntamente com suas propriedades e definições, apresentando itens do sistema, e por fim comparando-os com o desempenho e descrevendo o que compõe. É abordado a separação entre as técnicas e não técnicas, onde introduz o conceito, detalha e analisa a literatura sobre o tema de perdas de energia elétrica na distribuição. Além disso, foram realizadas algumas simulações demonstrando sobre a ocorrência das ligações clandestinas na rede elétrica.

No capítulo 4, será apresentado as ligações clandestinas e irregularidades no consumo de energia elétrica, mostrando-se informações mais precisas de como é efetuado os principais tipos de desvios.

O capítulo 5 mostra sobre as principais tecnologias, no ramo da prevenção e combate as ligações clandestinas, trazendo-se casos já instalados no Brasil.

O capítulo 6 demonstra a análise de segurança aonde trata-se de corroborar o que ocorre através das irregularidades previstas na formação de uma ligação clandestina.

O capítulo 7 trata sobre o aspecto financeiro. Abrange aspectos de impactos gerados através das ligações clandestinas, sobre as tarifas e arrecadação de tributos.

Por fim, no capítulo 8 serão feitas as conclusões finais do trabalho e possíveis propostas para a continuidade do trabalho.

## 2. CENÁRIO ENERGÉTICO

Nas sociedades modernas, o cenário energético se tornou essencial para a manutenção do estilo de vida atual. Das grandes fábricas às pequenas casas, a eletricidade se faz presente trazendo conforto, desenvolvimento e qualidade de vida a todos que utilizam. Esse tipo de energia é indispensável para manutenção dos padrões de vida dos países desenvolvidos e para o crescimento dos países em desenvolvimento. (GREGORIO, J. V. (2017).

Ainda, de acordo com CAMARGOS (2013): “O desenvolvimento sustentável é um conceito que aliado à produção de eletricidade, deve ser capaz de conciliar a expansão da oferta, consumo consciente, preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida”. Portanto, o consumo de energia elétrica de forma eficiente e sendo de forma legal, produz diversos fatores favoráveis a qualidade de energia no mundo e para todos os consumidores.

### 2.1 Cenário Energético – Global

Neste tema, aborda-se o cenário global, e utiliza-se a análise gráfica e dados estatísticos que demonstram a quantidade de energia gerada em todo o mundo. Este fator foi impulsionado por um crescimento econômico mais forte no mundo desenvolvido e uma ligeira desaceleração no ritmo de melhoria na intensidade energética, além do aumento populacional e a utilização da energia elétrica nos mais diversos setores, demonstrando que o consumo elétrico vem aumentando conforme ao passar dos anos.

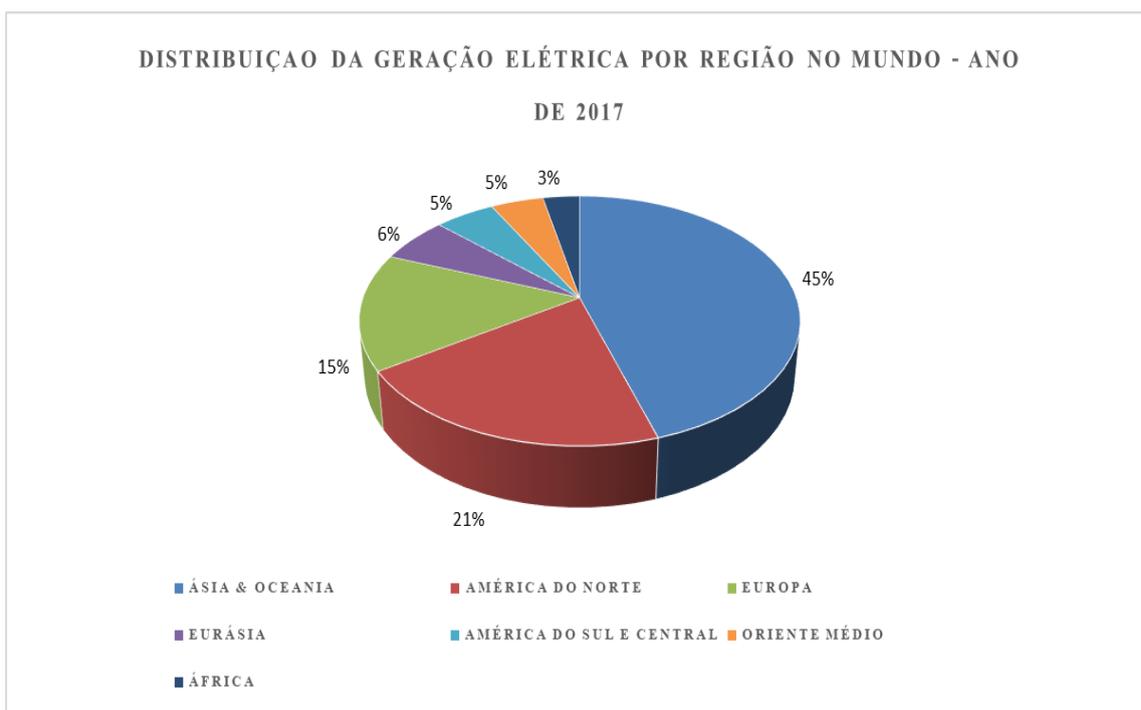
A Tabela 1 sintetiza a quantidade de energia gerada dentre os 10 maiores países. Onde verifica-se que a quantidade de energia elétrica gerada na China correspondeu a 25,7% da produção mundial no ano de 2017.

*Tabela 1 - Geração elétrica no mundo - 10 maiores países em 2017 (TWh)*

Localidade	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Mundo	21571,83	22287,4	22699,1	23147,4	23787,3	24343,7
China	4735,54	5170,66	5387,91	5562,48	5883,76	6266,24
Estados Unidos	4053,92	4074,1	4104,84	4091,74	4095,49	4058,26
Índia	1053,41	1117,02	1213,78	1287,8	1367,48	1438,17
Rússia	1012,3	1001,78	1005,7	1008,36	1031,32	1034,44
Japão	988,52	1044,23	1016,25	995,45	991,82	986,81
Canadá	616,08	640,08	639,99	647,71	648,86	640,52
Alemanha	593,3	602,61	592,68	611,91	614,6	618,32
Brasil	542,49	559	577,04	568,65	567,95	577,94
França	537,73	550,85	543,09	550,67	536,93	534,12
Coreia do Sul	500,48	506,72	514,23	517,84	527,23	530,55
Outros	6938,07	7020,33	7103,57	7304,76	7521,86	7658,29

O cenário energético entre os 10 países citados, possui constantemente crescimento, mudanças, e discussões sobre o desenvolvimento principalmente em relação ao avanço do meio urbano, do potencial industrial e da população, que incrementa essas áreas como novas grandes consumidoras, principalmente na energia elétrica.

Para ainda avaliação da geração de energia, tem-se de acordo com o gráfico 1, a geração de energia elétrica na região da Ásia e Oceania corresponde a quase metade da geração de energia global (45%) e mais que o dobro da produção de energia da América do Norte (21%). Em seguida vem a Europa, que corresponde a 15% da geração mundial, sendo que as outras regiões produzem em menor magnitude, correspondendo entre 3% e 6% da produção mundial. Além disso, temos que no cenário de referência, ocorre um aumento do consumo mundial de energia durante o período de projeção, mostrando-se que cada ano o setor de energia elétrica aumenta.



*Gráfico 1 - Distribuição da geração elétrica por região no mundo em 2017 (TWh)*

Ressalta-se que a busca pelo aumento da exploração energética de um país, é causa de grandes discussões na sociedade contemporânea.

## 2.2 Cenário Energético – Nacional

Para conhecimento didático, a primeira vez em que o Brasil utilizou eletricidade foi em 1883, com a utilização de uma linha movida à bateria para a movimentação de um bondinho em Niterói, no estado do Rio de Janeiro (BNDES, 2014). Somente a partir da Segunda Grande Guerra que a demanda de energia no Brasil começou a crescer consideravelmente. Dentre os maiores fatores, estavam a crescente urbanização e ampliação demográfica, a criação de indústrias e a construção de estradas (GUERRA et al., 2015).

De modo análogo ao cenário global, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - (EPE), a produção de energia elétrica no mercado brasileiro aumentou consideravelmente nas últimas décadas. A geração de energia elétrica total cresceu cerca de 1.000% nos últimos 46 anos. Na Tabela 2 indica a geração de energia por região nas unidades federativas do Brasil, onde obtém como base a quantidade de energia gerada no período de 8 (oito) anos, bem como confirmando seu crescimento energético.

*Tabela 2 – Geração de Energia por região e unidade federativa no Brasil em GWh*

Região/UF	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Brasil</b>	<b>552.498</b>	<b>570.835</b>	<b>590.542</b>	<b>581.486</b>	<b>578.898</b>	<b>587.962</b>	<b>601.396</b>	<b>626.324</b>
<b>Norte</b>	<b>69.906</b>	<b>71.668</b>	<b>80.701</b>	<b>87.111</b>	<b>72.206</b>	<b>94.762</b>	<b>112.593</b>	<b>121.066</b>
Rondônia	4.166	6.407	15.148	26.463	23.163	34.238	36.625	39.064
Acre	372	234	250	281	241	189	242	252
Amazonas	9.556	9.970	8.946	9.143	6.699	7.070	8.813	10.455
Roraima	128	169	245	194	156	120	302	1.102
Pará	41.223	41.191	41.951	38.304	31.774	43.002	54.142	58.628
Amapá	1.704	1.816	1.933	2.380	1.891	2.660	3.161	3.192
Tocantins	12.758	11.881	12.228	10.347	8.282	7.484	9.308	8.373
<b>Nordeste</b>	<b>76.277</b>	<b>79.856</b>	<b>96.454</b>	<b>94.253</b>	<b>93.079</b>	<b>96.028</b>	<b>96.389</b>	<b>108.119</b>
Maranhão	3.621	11.181	15.972	13.781	14.741	14.400	13.209	13.209
Piauí	723	731	990	1.444	3.619	5.552	7.068	7.765
Ceará	4.425	10.396	15.957	16.519	14.343	15.547	12.957	14.396
Rio Grande do Norte	2.920	3.756	7.012	10.546	13.766	15.922	16.052	16.273
Paraíba	1.010	1.854	3.435	3.356	1.496	1.895	1.838	1.570
Pernambuco	8.395	9.733	12.714	11.032	10.998	11.767	10.570	10.166
Alagoas	19.325	13.029	11.375	10.052	8.504	6.138	5.950	8.211
Sergipe	10.042	6.760	5.896	5.233	4.333	2.979	2.834	4.186
Bahia	25.816	22.416	23.103	22.289	21.279	21.827	25.911	32.342
<b>Sudeste</b>	<b>204.799</b>	<b>193.915</b>	<b>181.291</b>	<b>168.301</b>	<b>180.437</b>	<b>183.453</b>	<b>171.702</b>	<b>182.008</b>
São Paulo	78.539	75.517	65.507	62.654	73.460	72.576	66.495	68.718
Minas Gerais	71.655	54.013	46.134	37.695	47.070	44.922	44.239	53.108
Espírito Santo	6.995	8.464	10.352	9.757	9.179	7.990	9.472	8.457
Rio de Janeiro	47.610	55.921	59.298	58.195	50.728	57.965	51.496	51.725
<b>Sul</b>	<b>127.612</b>	<b>156.413</b>	<b>162.249</b>	<b>166.970</b>	<b>171.225</b>	<b>148.196</b>	<b>146.835</b>	<b>136.332</b>
Paraná	92.819	103.447	98.797	99.410	109.880	96.817	93.737	81.733
Santa Catarina	16.963	25.660	29.416	31.258	28.116	21.150	22.425	22.971

Rio Grande do Sul	17.829	27.306	34.036	36.302	33.229	30.230	30.673	31.629
<b>Centro-Oeste</b>	<b>73.904</b>	<b>68.983</b>	<b>69.847</b>	<b>64.852</b>	<b>61.951</b>	<b>65.523</b>	<b>73.878</b>	<b>78.801</b>
Mato Grosso do Sul	25.896	25.281	24.344	23.611	24.303	24.129	25.209	25.458
Mato Grosso	10.802	12.361	14.261	14.253	13.428	19.952	23.513	26.772
Goiás	37.075	31.212	31.116	26.869	24.135	21.375	25.058	26.456
Distrito Federal	130	129	127	119	85	67	98	115

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: Balanço Energético 2020 – Anuário EPE

Os processos e as formas de produção de energia elétrica têm tido evolução constante e contínua, sempre em busca das melhores técnicas e dos menores custos, que resultem em eficiência. Cada vez mais é levada em conta a sustentabilidade nos projetos de geração de energia elétrica, transmissão e distribuição.

Todos os anos, a EPE apresenta, por meio do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), a configuração de referência para a expansão da geração e das principais interligações dos sistemas regionais, atendendo aos critérios de sustentabilidade socioambiental e de garantia de suprimento. No Brasil, analisando o cenário energético em relação a geração elétrica por região, o Gráfico 2 mostra que o Sudeste é a maior geradora de energia e teve um decréscimo de 11% entre 2012 e 2019, caracterizando um valor anual de 1,67% na sua geração de energia elétrica. A Sul é a segunda maior geradora de energia e teve o seu ápice no ano de 2016. A Norte merece ser destacada, pois houve a maior expansão energética entre 2012 e 2018, com 78% no período.

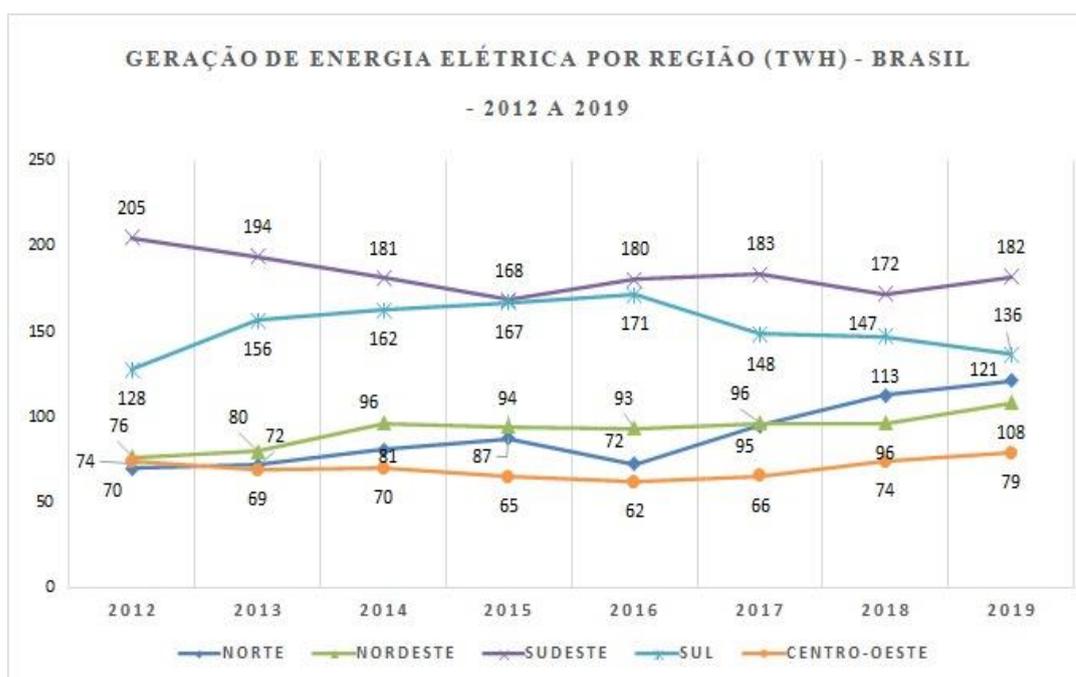


Gráfico 2- Geração de Energia Elétrica por Região em TWh no Brasil.

Sob o ponto de vista da quantidade de energia gerada por unidade da federação no Brasil no ano de 2019, dispõe o Gráfico 3. O estado do Paraná foi o maior gerador de energia, equivalente a 81732,7 GWh, 13% da geração nacional, seguido pelos estados de São Paulo e do Pará, com 11% e 9% da geração nacional, respectivamente. A unidade da federação que menos gerou energia foi o Distrito Federal, com a geração de 114,9 GWh, o que correspondeu a 0,01% da geração de energia elétrica brasileira em 2019.

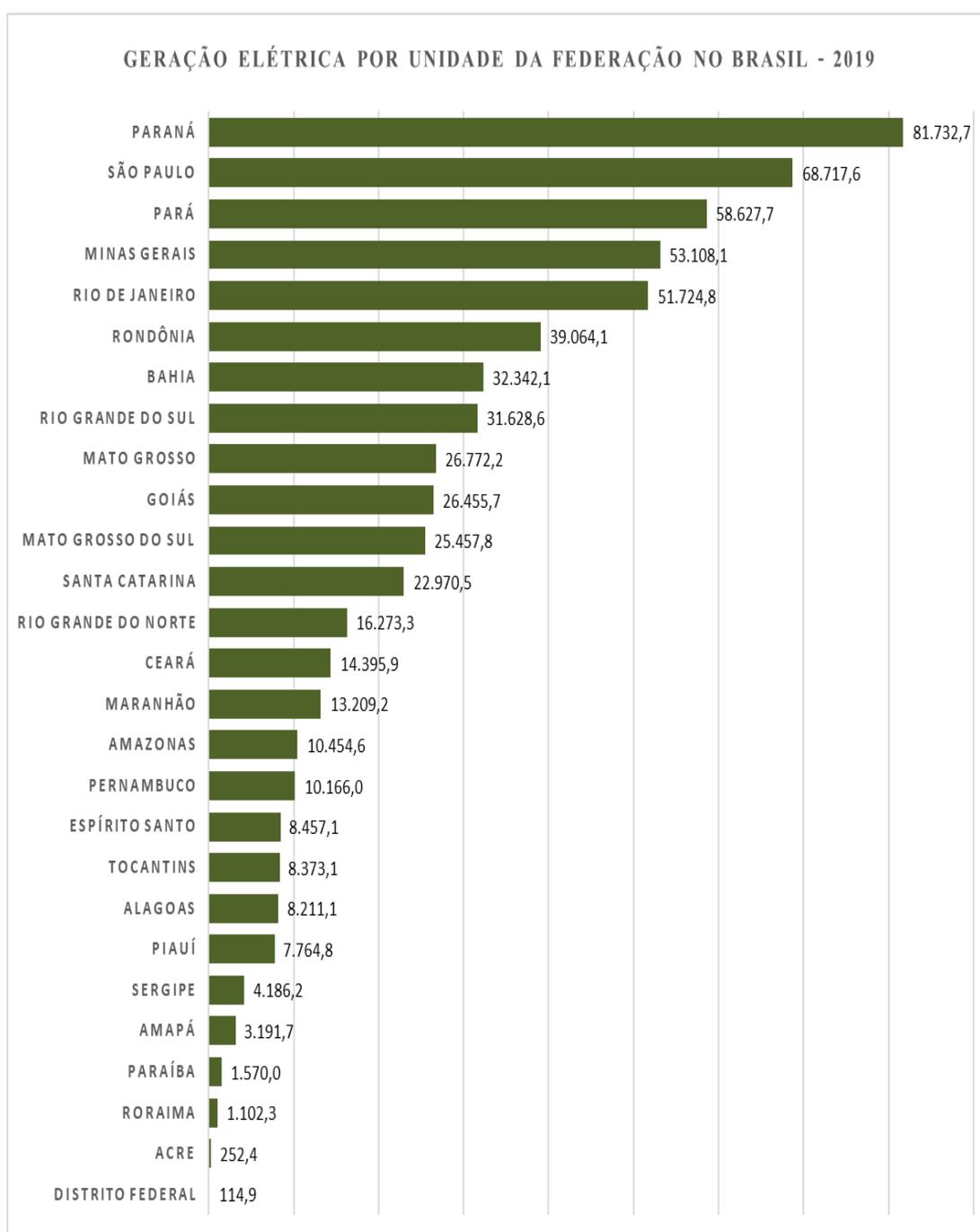


Gráfico 3- Geração de Energia por UF - Brasil – 2019 – (GWh).

Sobre a geração de energia no Brasil, o Gráfico 4 no período de 2012 a 2019 observa-se que mesmo com a tendência de queda observada entre 2014 e 2016, obteve crescimento. Neste período de 8 anos, houve uma taxa de geração de 13,36%, o que corresponde a um progresso médio anual de 1,81% na energia elétrica.

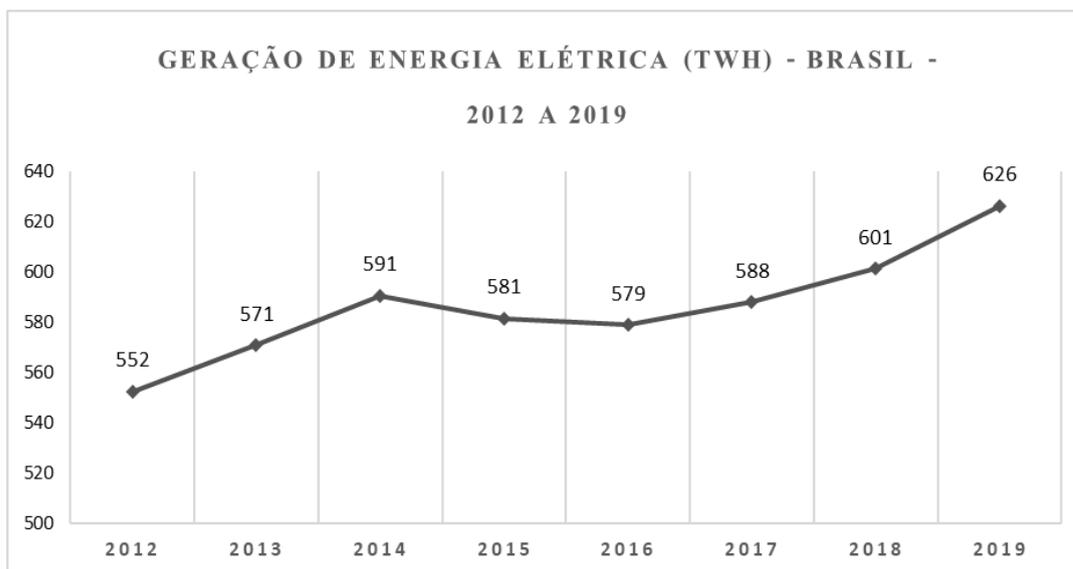


Gráfico 4 – Geração de Energia Elétrica no Brasil em TWh – De 2012 a 2019. Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: Balanço Energético Nacional 2020

Com todo o crescimento energético e demonstração sobre a geração de energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL desenvolveu uma metodologia para o tratamento regulatório das perdas, baseada em modelos matemáticos que buscam identificar os níveis de perdas gerenciáveis e não gerenciáveis das empresas distribuidoras. Essa metodologia traz principalmente ao cenário energético em consideração, a premissa central da regulação brasileira em fornecer incentivos para redução de custos, qualidade de energia e incluindo aqueles relacionados a quantidade de energia elétrica emitida no país.

Com os demonstrativos do Cenário Energético traz dados que estimam fatores de carga e demanda, considerando análise estatística de informações concebidas especificamente para a aplicação e critérios para obter dados sobre as ligações clandestinas de energia elétrica.

## **3. PERDAS ELÉTRICAS**

### **3.1 Conceito**

As perdas elétricas são distribuídas em Perdas Técnicas e Perdas Não Técnicas. As perdas técnicas estão relacionadas principalmente à configuração da rede de distribuição e transmissão de energia, associadas com os equipamentos utilizados, enquanto as perdas não técnicas estão relacionadas principalmente ao comportamento humano em realizar atos ilegais como furto ou fraude de energia (ligações clandestinas de energia elétrica) para não obter o consumo correto de energia. No sistema elétrico, não se fazem projetos desses sistemas sem levar em conta, com grande ênfase, os impactos as perdas existentes. As perdas elétricas são inerentes ao sistema, e o conhecimento de seus valores é um requisito importante para obter os índices sobre as ligações clandestinas.

### **3.2 Perdas - Sistema de Geração, Transmissão e Distribuição**

O sistema elétrico é dividido em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. As distribuidoras recebem a energia dos agentes supridores (transmissoras, geradores ou outras distribuidoras), entregando-a aos consumidores finais, sejam eles residenciais, comerciais, rurais, industriais ou pertencente às demais classes. A distribuição começa nas estações de subtransmissão, que recebem do sistema de transmissão a energia produzida nas usinas geradoras e à encaminha às subestações de distribuição. Por sua vez, as subestações de distribuição, que se encontram perto dos centros urbanos, transformam a energia de alta tensão (AT) para média tensão (MT) e a transporta até os consumidores, por vias aéreas ou subterrâneas.

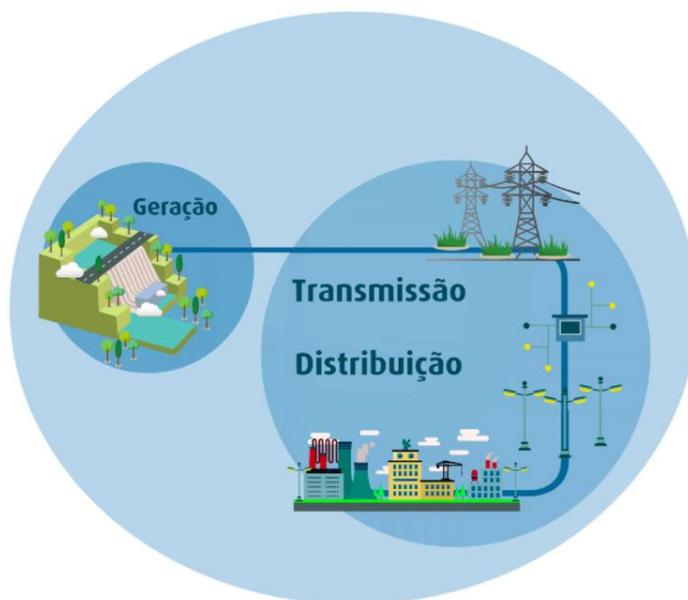
Os sistemas de distribuição são caracterizados pelo transporte de energia do sistema de transmissão até o consumidor final. As concessionárias de distribuição de energia têm como objetivo fornecer energia elétrica às cargas de seus consumidores. Essas cargas (consumidores) supridas por um sistema de distribuição têm várias características que lhes são comuns, tais como: localização geográfica, finalidade a que se destina a energia fornecida, dependência da energia elétrica, perturbações causadas pela carga ao sistema, tarifação, tensão de fornecimento, etc. (KAGAN et al., 2005).

As perdas de energia se referem à energia elétrica gerada que passa pelas linhas de transmissão e redes da distribuição, mas que não chega a ser comercializada, seja por motivos técnicos ou comerciais (ANEEL, 2020). Com isso, a energia medida pelas distribuidoras nas unidades consumidoras será sempre inferior à energia recebida dos agentes supridores.

Essa diferença é denominada perda de energia e é segregada conforme sua origem:

- Perdas na Rede Básica (ou Transmissão): São caracterizadas por ocorrer entre a geração de energia elétrica nas usinas até o limite dos sistemas de distribuição. São verificadas conforme os dados de medição de geração e a energia entregue às redes de distribuição.
- Perdas na Rede de Distribuição: são aquelas que ocorrem dentro do próprio sistema de distribuição. Para tanto, GONEN (1986) explica que as perdas técnicas de energia elétrica, em sistemas de distribuição, podem ser reduzidas, mediante compensação de potência reativa nos sistemas de distribuição, empregada por meio da instalação de bancos de capacitores em paralelo, que reduz a corrente reativa nos ramais de distribuição, alterando o perfil de corrente reativa e, conseqüentemente, reduzindo as perdas.

As perdas na distribuição de energia elétrica perfazem a diferença entre o montante fornecido à rede elétrica e a energia que é efetivamente entregue e vendida aos consumidores finais (ANEEL, 2020). Este montante entregue regularmente apresenta três destinos possíveis: unidades consumidoras regulares, outras distribuidoras e outros níveis de tensão (PENIN, 2008). Para entender melhor o funcionamento das perdas, é apresentado através da Figura 2, um sistema de transmissão, geração e distribuição de energia.



*Figura 1 - Processo de Geração e Distribuição*

Além dos segmentos observados, existem outras perdas que genericamente são consideradas como perdas diversas no sistema de transmissão e distribuição de energia, e que são normalmente estimadas como um percentual das perdas técnicas totais calculadas. São as perdas nas conexões, efeito corona, fugas nos isolamentos dos equipamentos e nas linhas de transmissão e distribuição, e perdas nos bancos de capacitores, etc.

A ANEEL relata que os principais fatores de ocorrência em relação as perdas elétricas são a dissipação de calor no processo de transporte pelos condutores das redes de transmissão e distribuição (fenômeno físico conhecido como “efeito joule”) e as dos núcleos de transformadores. A Figura 2 mostra-se o passo a passo do sistema de transmissão e geração de energia até chegar no seu consumidor final, incluindo as perdas técnicas e não técnicas no decorrer do caminho.

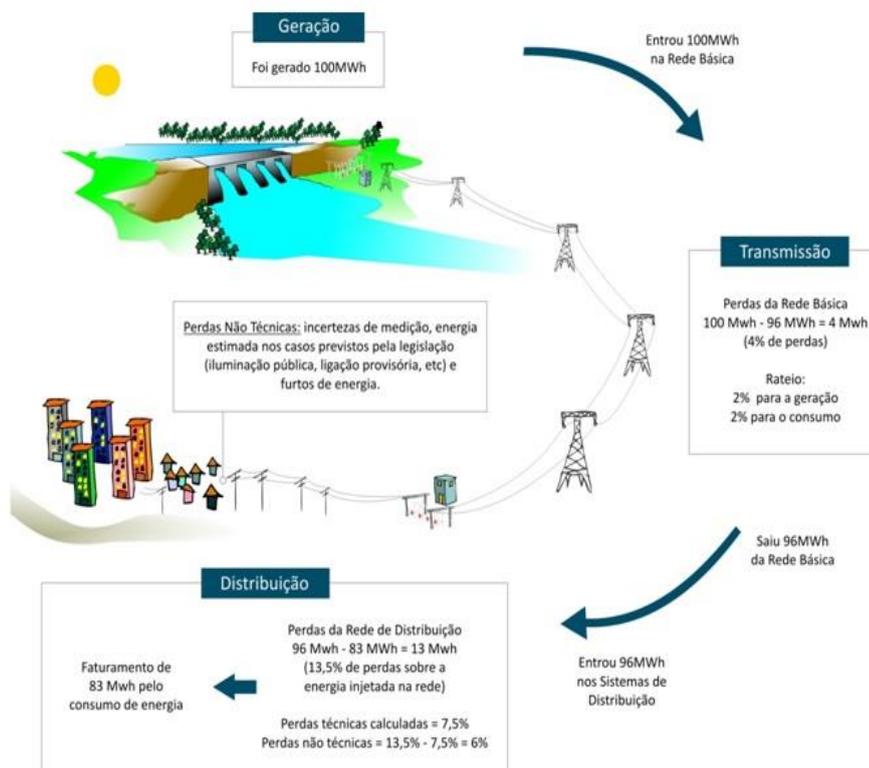


Figura 2 - Sistema de Distribuição de Energia Elétrica

Segundo as metodologias mais avaliadas atualmente no Brasil, os cálculos de perdas técnicas são efetuados em cada segmento do sistema, de forma a permitir modelagem adequada e maior precisão nos resultados de forma completa. Os segmentos de interesse para concessionárias de distribuição são: rede de alta tensão (69 a 138 kV) incluindo os ramais de subtransmissão, transformação AT/MT, rede primária (MT), transformador de distribuição (MT/BT), rede secundária, ramal de ligação e medidores de energia. Além disso, aplicam-se então modelos específicos para cada um desses segmentos, utilizando-se informações simplificadas das redes e equipamentos existentes, como por exemplo, comprimento e bitola dos condutores, potência dos transformadores e energia fornecida às unidades consumidoras.

Tendo em vista os aspectos relatados, temos como dados a Resolução Normativa da ANEEL nº 166 de 10 de outubro de 2005 que informa:

*XIII – Perdas Elétricas do Sistema de Distribuição: perdas elétricas reconhecidas pela ANEEL quando da revisão tarifária periódica, compostas por:*

*a) perdas na Rede Básica, correspondentes às perdas nos sistemas de transmissão, apuradas no*

*âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE;*

*b) perdas técnicas, correspondentes às perdas no transporte da energia na rede de distribuição; e*

*c) perdas não técnicas, correspondentes à parcela de energia consumida e não faturada por concessionária de distribuição, devido a irregularidades no cadastro de consumidores, na medição e nas instalações de consumo.*

As perdas totais existentes em todo o sistema elétrico, é composta por fatores e dimensões que ocorrem durante todo o processo de transmissão de energia até o seu recebimento. Além disso, é inevitável a não existência pelo menos das perdas técnicas, mas é de suma importância combater as demais perdas que não se encontram dentro do escopo do seu processo de fornecimento de energia.

### **3.2.1 Cálculos no Sistema de Transmissão e Distribuição de Energia**

No sistema de transmissão e distribuição de energia, são utilizadas as Disposições Gerais para o Cálculo de Perdas na Distribuição – PRODIST - Modulo 7, onde são detalhados os parâmetros regulatórios. Para detalhar suas perdas, o sistema de distribuição é dividido de acordo com os segmentos de rede (alta, média e baixa tensão), onde cada um desses é calculado as perdas de energia conforme o seu potencial.

Os modelos para o cálculo de perdas em cada segmento são bastante difundidos. Ferramentas de computação têm sido aplicadas com sucesso em muitas concessionárias. Embora se saiba que os cadastros das empresas ainda têm muitos problemas, a melhoria dos sistemas de informática tem permitido sensíveis aprimoramentos nos cálculos das perdas técnicas, embora ainda exista espaço para aperfeiçoamento dos modelos e no tratamento de dados.

Por conseguinte, temos que devido à deterioração dos equipamentos na rede ao longo do tempo, causa um aumento das perdas e que não são estimadas pelas metodologias de cálculo conhecidas. Essas perdas não podem ser calculadas diretamente, por ser praticamente impossível modelar o grau de deterioração a que estão sujeitos os equipamentos.

### 3.3 Perdas de Energia – Cenário Global

As Perdas em cenário global de energia também podem incluir a definição da energia fornecida a uma determinada rede elétrica e a energia entregue regularmente nessa mesma rede. Devido a improbabilidade de eliminar totalmente as perdas verifica-se, a nível internacional que o tratamento regulatório determina níveis aceitáveis de perdas de acordo com cada sistema. Esses níveis possuem uma abordagem regulatória que é capaz de distinguir substancialmente em cada país, principalmente, em termos das perdas não técnicas. De fato, devido à forte componente socioeconômica que influencia este tipo de perdas, o tema assume relevância distinta em cada país, o que explica os diferentes tratamentos regulatórios.

De acordo com os dados presentes no site da IEA (International Electric Agency), o gráfico 5 abaixo mostra a situação das perdas de energia nas fases de transmissão e distribuição entre 2010 e 2014, indicam que o percentual está entre 8,1 e 8,3% da energia gerada.

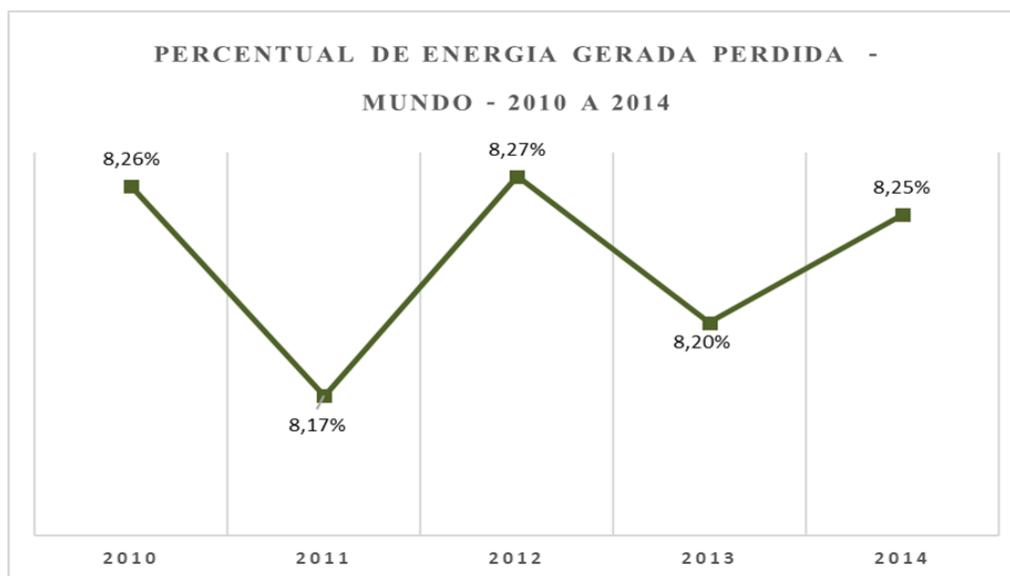
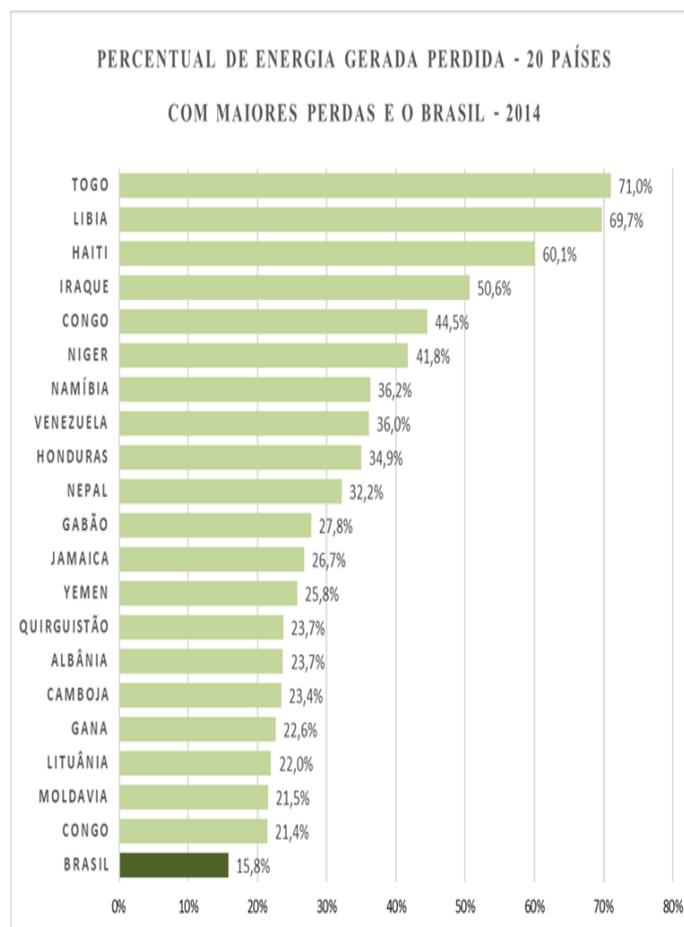


Gráfico 5 - Percentual de Energia Gerada Perdida no mundo

Analisando por países de acordo com o Gráfico 6 em 2014, Togo, Líbia, Haiti e Iraque tiveram perdas de energia maiores que metade da quantidade de energia geradas. O Brasil, de acordo com a IEA, perdeu 15,8% da energia gerada no ano de 2014. A fim de comparação, o país que teve a menor perda contabilizada em 2014 foi Cingapura, com 2,02% de energia gerada perdida.



*Gráfico 6 - Percentual dos países com maiores perdas de energia no mundo*

Além dos segmentos observados, existem outras perdas que genericamente são consideradas como perdas diversas, normalmente estimadas como um percentual das perdas técnicas totais calculadas. No cenário de perdas de energia global, é possível analisar que as perdas elétricas estão em grande escala em toda região mundial, de modo a buscar ações para redução dessas perdas. Porém, o melhor termo a ser utilizado seria otimização das perdas técnicas, pois deve-se levar em conta o investimento realizado para que estas perdas sejam minimizadas.

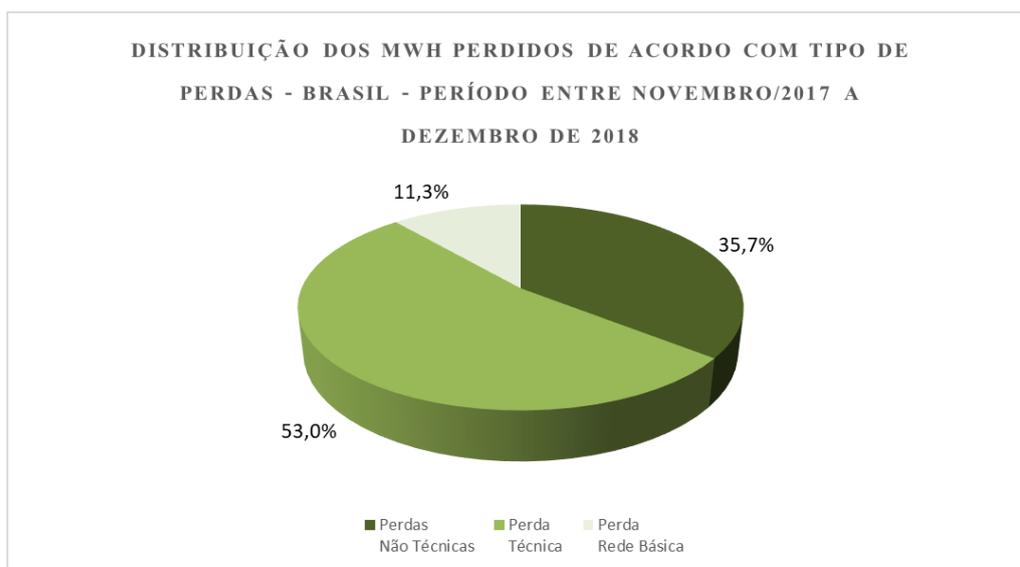
### **3.4 Perdas de Energia – Cenário Nacional**

No Brasil, a ANEEL regula o serviço de distribuição de energia elétrica e estabelece limites de perdas totais, de acordo com indicadores, para cada área de concessão. Quando há um reconhecimento de um nível maior de perdas, há o aumento da tarifa da concessionária, de forma a instaurar um ciclo vicioso no sistema. Se o regulador reconhecer na tarifa um nível maior de perdas, de custos de manutenção e/ou de investimentos eficientes necessários para o combate, pode-se comprometer a capacidade de pagamento de consumidores e levar muitos a incorrer em práticas irregulares (TASDOVEN, FIEDLER e GARAYEV, 2012).

Conforme a Tabela 3 e o Gráfico 7 a seguir, os aspectos analisados no decorrer de um período entre novembro de 2017 a dezembro de 2018, relatam que as perdas técnicas que correspondem 53% das perdas totais de energia entre novembro de 2017 e dezembro de 2018. Em segundas, as perdas não técnicas, que correspondem a 35,7% do total de energia elétrica perdida durante o período, com um total de 25.166.008 MWh.

*Tabela 3 - Perdas totais de Energia no Brasil, entre 2017 a 2018.*

Perdas em MWhs - Brasil - período entre novembro/2017 a dezembro/2018	
Tipo de Perdas	MWh considerados nas tarifas
Perdas Não Técnicas	25.166.007,81
Perda Técnica	37.353.212,27
Perda Rede Básica	7.943.688,22
Perda Total	70.462.908,30



*Gráfico 7 - Distribuição dos MWh Perdidos de Energia de acordo com o tipo de perda.*

As perdas de energia nos sistemas de energia elétrica têm atenção por parte dos pesquisadores do setor. Na literatura, são diversos os trabalhos que apresentam métodos para a determinação das perdas técnicas nos sistemas de distribuição. Através da análise estatística da relação entre a energia injetada e fator de perdas em sistemas de energia na Tabela 5, em média, 14,1% da energia injetada pelas concessionárias durante o período de 2008 a 2019 no sistema elétrico brasileiro é perdida. Sendo que 7,4% são perdas técnicas e 6,4% são perdas não técnicas.

Tabela 4 - Indicadores de Perdas no Brasil

Indicador	Média nos últimos 10 anos
Perda Técnica por Energia Injetada	7,4%
Perda Não Técnica por Energia Injetada	6,4%
Perda Total por Energia Injetada	13,8%
Perda Não Técnica por Total do Mercado de Baixa Tensão	15,5%

Observa-se no Gráfico 8 que em alguns anos há decréscimos na quantidade de perda totais existentes. O período de 2008 a 2019, aponta que este percentual oscila bastante, situando-se entre 13% e 14% da energia injetada. Este percentual é bastante significativo, principalmente quando comparado ao valor estimado da perda não técnica. Então, analisando o gráfico, pode-se confirmar que apesar do crescimento em alguns anos, a variação de perdas totais de energia permanece de certa forma constante.

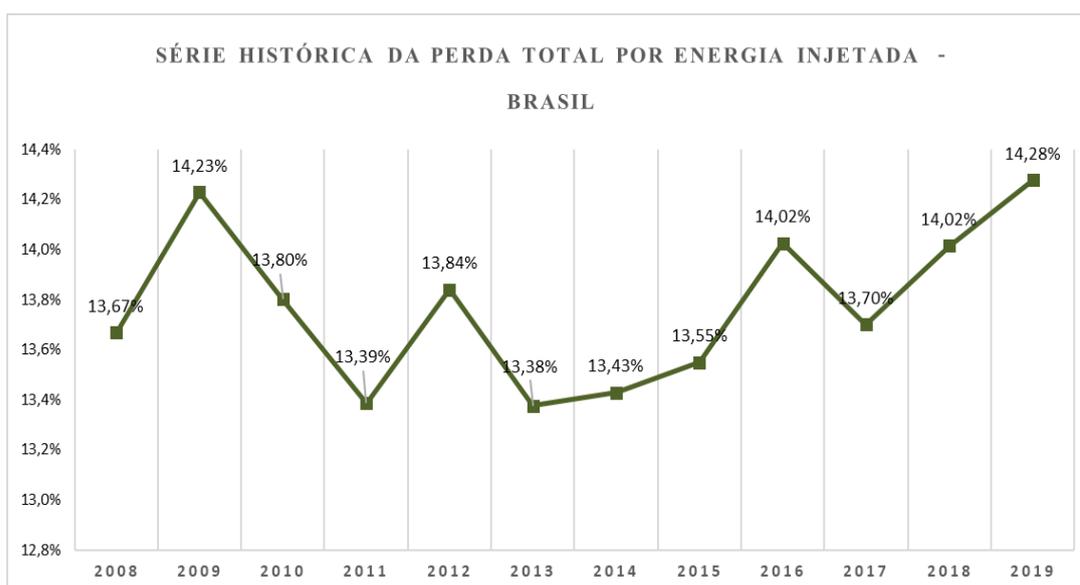


Gráfico 8 - Série Histórica de Perda Total de Energia no Brasil

Em virtude do que foi mencionado, temos que das 51 distribuidoras listadas no Gráfico 9, onde 34 delas apresentam percentuais de perdas sobre a energia injetada abaixo da média nacional que é de 13,8%. Entretanto, um pequeno grupo, apresenta índice de perdas superior a 20%. As perdas das concessionárias “Amazonas” e “CEA – Companhia de Eletricidade do Amapá” merecem ser destacadas, pois equivalem a quase metade da energia injetada no sistema elétrico, o que caracteriza possível ineficiência do sistema.

**PERCENTUAL DE PERDAS TOTAIS POR  
ENERGIA INJETADA, POR CONCESSIONÁRIAS  
- 2019**

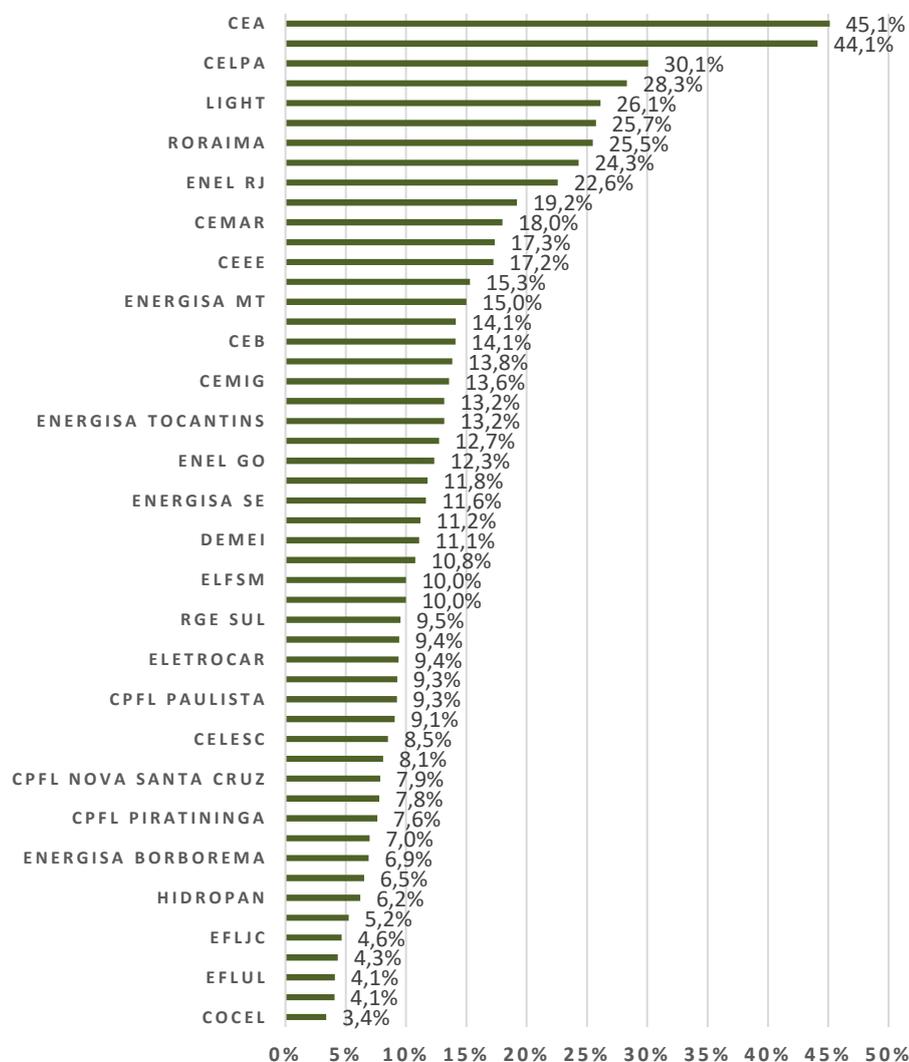
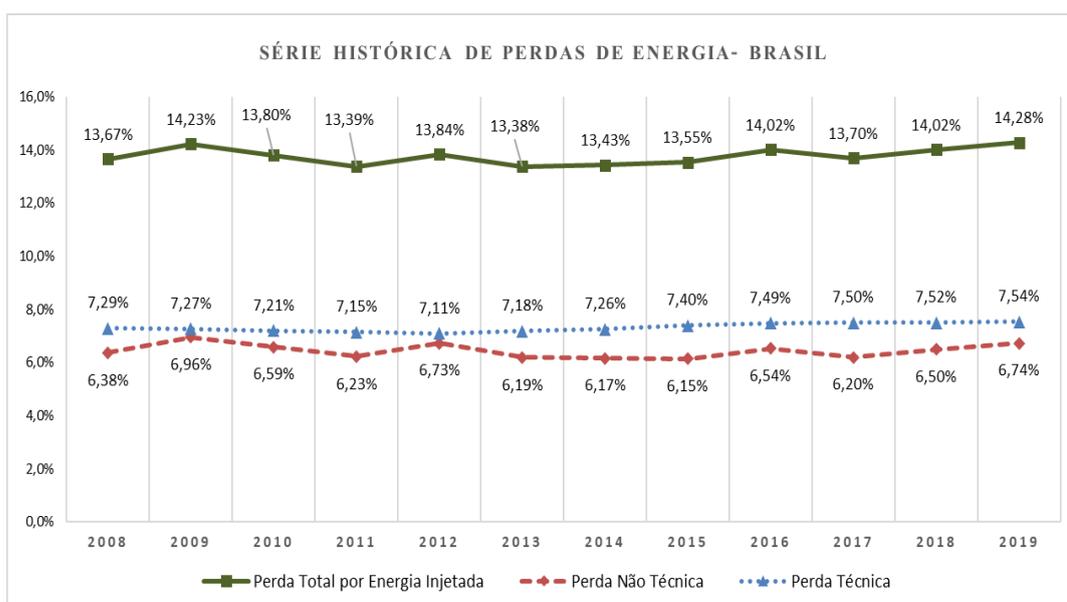


Gráfico 9 - Percentual de perdas totais de energia por concessionárias de Energia. Fonte: Elaborado pelo autor. Dados:

ANEEL

Em consideração, observa-se que algumas áreas de concessão não só apresentam altos níveis de perdas comerciais, mas também tendência de elevação das perdas, sobretudo nas “áreas de risco”, de tal forma que as equipes técnicas das distribuidoras não dispõem de condições mínimas para desempenhar o seu trabalho e comparecer ao local para realizar análises e leituras, havendo até ameaças à integridade física dos seus funcionários. O Gráfico 10 destaca uma série de perdas sobre a energia injetada no Brasil, onde permaneceram praticamente constante no período de 2008 a 2019.



*Gráfico 10 - Série envolvendo todos os tipos de perdas totais de energia no Brasil.*

Com isso, as perdas de energia, vem sendo foco de atenção entre as empresas de distribuição de energia elétrica em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde os índices de perdas de energia vêm aumentando a cada ano. Porém mesmo com os dados do gráfico acima, onde analisa uma média de 12 anos mostrando porcentagens praticamente constantes, leva-se ao caso da quantidade de energia perdida, que deve ser investigada e reduzida ao passar dos anos.

Levando-se em consideração os aspectos acima, o montante das perdas de energia representa prejuízo para o país, visto que grande parte do valor investido com a compra de tecnologias para melhorias no sistema, a estatística de perdas totais deveria diminuir. O principal agravante para os índices de perdas elétricas são as denominadas pelas ligações clandestinas, pois existe atribuições constantes para combate. Com isso, o controle e a mitigação das perdas que ocorrem nos sistemas de potências são de grande preocupação para as distribuidoras e para o sistema regulatório. Visto que, a perda total de energia poderia ser utilizada para abastecer uma cidade brasileira de forma completa. Para entender melhor sobre quantidade de perda total no Brasil, é analisado todos os tipos de perdas.

### 3.5 Perdas Técnicas

As perdas técnicas consistem na dissipação de energia através do transporte pela rede por meio dos componentes do sistema elétrico, como condutores, transformadores, medidores e equipamentos (KEBIR e MAAROUFI, 2017). Com isso, esse tipo de perda não está relacionado com o furto ou fraude de energia. É um tipo de perda que está estritamente ligado ao estado de conservação da rede elétrica como um todo. A dissipação por efeito Joule em cabos e condutores, ao estado de conservação de medidores de energia, aos transformadores de tensão e outros equipamentos, que compõem o complexo sistema que é a rede elétrica, incluem nas perdas técnicas. Estas perdas de energia elétrica são verificadas ao longo dos dados do balanço energético, calculado pelas concessionárias de energia elétrica e cálculos do Módulo 7 do PRODIST.

Além disso, as perdas técnicas são inerentes à atividade de distribuição de energia elétrica. Estão associadas às configurações das redes das concessionárias de distribuição e são divididas pela energia injetada, que é a energia elétrica inserida na rede de distribuição para atender aos consumidores, incluindo as perdas. De outra forma, também ocorrem quando há uma instalação incorreta, onde por exemplo os condutores utilizados são normalmente de bitola inferior à recomendada, causando perdas técnicas elevadas. As conexões dessas ligações também são feitas sem nenhum critério técnico, frequentemente imputando elevados índices de perdas.

Em visto dos argumentos apresentados, o estudo sobre as perdas técnicas são essenciais para obter dados e análises estatística sobre o total rendimento de energia elétrica injetada e consumida em um sistema de transmissão e distribuição. Essas informações são coletadas para averiguar também a quantidade existente de ligações clandestinas existentes e consequentemente uma detalhada investigação sobre todo o processo.

No Brasil as perdas técnicas são divididas em segmentos de rede (alta, média e baixa tensão), transformadores, ramais de ligação e medidores. As perdas técnicas se constituem pela energia dissipada nas etapas de transformação de tensão e condução de energia elétrica entre a supridora e o ponto de entrega das unidades consumidoras, assim como nos equipamentos de medição (COELHO, 2010).

As perdas técnicas não podem ser eliminadas; então se busca a redução por meio de estudos na rede a ser otimizada. Podem ser citadas a reconfiguração das redes de distribuição, a diminuição do fluxo e a gestão de carregamento dos transformadores, por exemplo. Ressalta-se que para se tenha a melhor solução na redução das perdas, devem-se analisar todas as possibilidades, levando em conta o melhor custo benefício para todo o sistema elétrico.

Com base nessas informações, estima-se o percentual de perdas técnicas eficientes relativas à energia injetada na rede, analisando especificamente o quadro de perdas técnicas no Brasil, o demonstrativo em percentual de perdas técnicas da energia injetada durante os anos de 2008 a 2019. O Gráfico 11 indica que este percentual seguiu uma tendência de decréscimo até o ano de 2012, sendo que deste ano em diante o percentual de perdas técnicas em relação a energia gerada cresceu ano após ano.

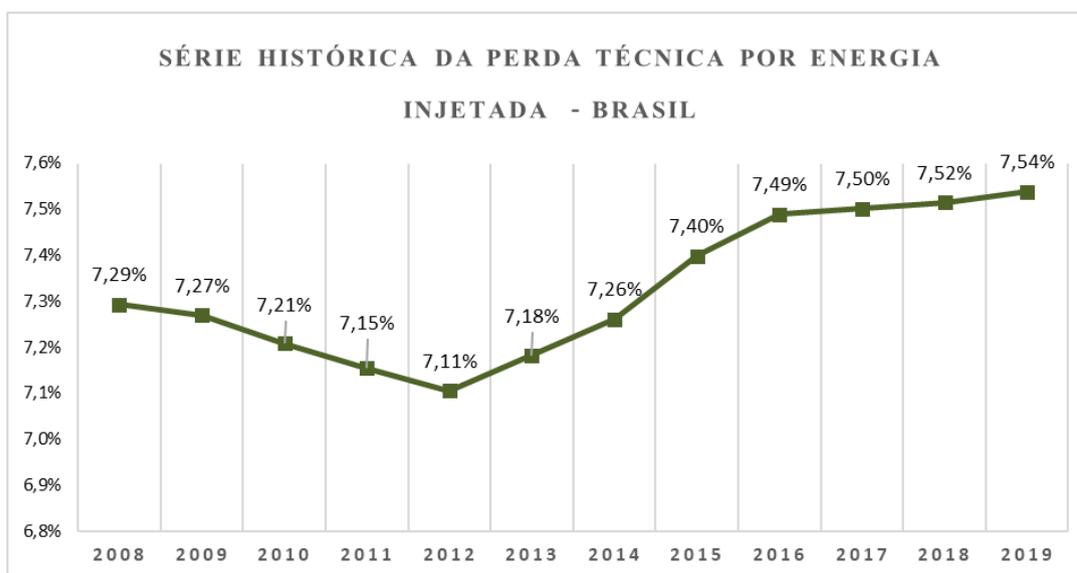


Gráfico 11 - Série Histórica da perda de energia injetada no Brasil.

As perdas inerentes ao próprio funcionamento do sistema distribuição de energia elétrica, são relacionadas com os dados de cada concessionária, pois cada uma é responsável por tratar a sua unidade federativa e relacionar meios de prevenção. Em relação as perdas técnicas por concessionária no ano de 2019, observa-se que estas perdas estão em torno de 3% a 12% da energia elétrica injetada, onde a maior perda foi observada na concessionária “Equatorial Piauí”. Em contrapartida, a empresa mais eficiente em relação a perda de energia é a “EFLUL” de Santa Catarina, com perda técnica estimada de 3,9% da energia elétrica injetada.

### **3.6 Perdas Não Técnicas**

As perdas não técnicas estão associadas a problemas de faturamento pelas distribuidoras e de práticas ilegais, tanto dos usuários, por fraudes e conexões clandestinas, como também por práticas de corrupção de funcionários das empresas (AHMAD, 2017). Além disso, impactam o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras de diferenciadas maneiras: limitam a capacidade de realizarem novos investimentos, afetam negativamente a qualidade do serviço prestado aos clientes; desperdiçam recursos energéticos; conduzem ao aumento da tarifa dos consumidores regulares (para reduzir os prejuízos) (MESSINIS e HATZIARGY- RIOU, 2018); pressionam os custos de expansão do sistema elétrico nacional; e desgastam o relacionamento entre a empresa e os clientes (LIGHT, 2013a).

São irregularidades e têm sido matéria prioritária nas concessionárias de distribuição de energia elétrica, bem como dos órgãos reguladores, tanto pelo seu crescimento nos últimos anos quanto pela sua atual dimensão e impacto no sistema elétrico mundial. Significa a perda de milhões de reais anualmente, perdas no setor elétrico e inúmeros riscos gerados. Além disso, são verificadas pela diferença por meio das perdas totais e as perdas técnicas, e têm origem principalmente nos furtos (ligação clandestina, desvio direto da rede), fraudes (adulterações no medidor), erros de leitura, medição e faturamento.

Estão em grande medida associadas à gestão da concessionária e às características socioeconômicas das áreas de concessão. É importante ressaltar que os montantes de perdas não técnicas são coletados pelo mercado de baixa tensão faturado, onde ocorrem predominantemente. (ANEEL, 2020). Além disso, são ocasionadas por problemas de faturamento de parte da energia distribuída ou por ações de consumidores na instalação da irregularidade.

Uma série histórica do percentual de perdas não técnicas por energia injetada no Brasil, demonstrada através do Gráfico 12, apresenta uma oscilação durante os anos, variando sempre entre 6% e 7% da energia injetada, cuja média histórica desta perda é de 6,4%.

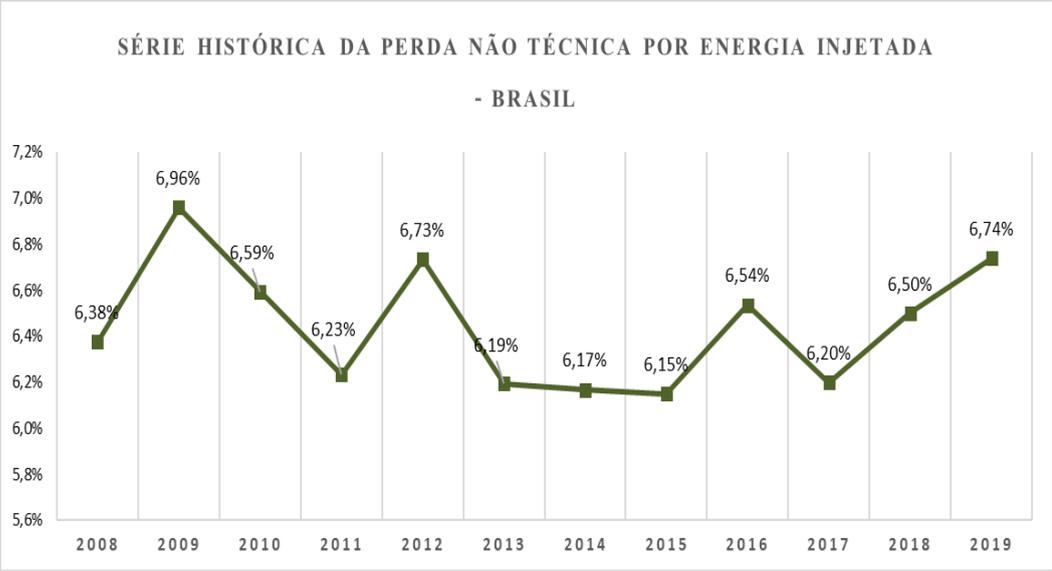


Gráfico 12 - Série histórica da perda não técnica por energia injetada no Brasil. Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: ANEEL

## 4. LIGAÇÕES CLANDESTINAS

### 4.1 Ligações Clandestinas de Energia Elétrica

As ligações clandestinas são definidas como ligações que ocorrem através um desvio, e que as vezes as torna pouco perceptíveis ao consumidor individual. Também denominadas, pela literatura, de perdas comerciais, são causadas por irregularidades e pela falta de faturamento da energia distribuída pelas concessionárias de energia elétrica, consumida pelos usuários, mas não pagas por eles. Dado o exposto, o impacto resultante da soma de todas essas “imperceptíveis” infrações eleva o custo e prejudica a qualidade do fornecimento de energia elétrica de todos que a utilizam.

Ressalta-se que suas causas mais comuns são:

- **Inexistência ou alterações de medidores:** Em muitos países, assim como fora das regiões metropolitanas do Brasil, é comum a ausência de dispositivos de medição nas residências dos consumidores. Essa falta pode ser por falha da concessionária, ou então por casos previstos na legislação, como bancas de jornal, quiosques, iluminação pública, etc. Nesses casos, o consumo é estimado a partir da carga instalada e fatores de carga e demanda, o que pode incorrer em perdas de distintos tamanhos (MÉFFE, 2006). Porém, quando essa inexistência pode também fazer parte dos casos de furto de energia, pois o cliente não faz parte da base comercial da empresa, e liga-se clandestinamente à rede, sem possuir medidor, como casos de ligações diretamente ligadas aos postes.
- **Desvio na instalação de entrada ou pós entrada de energia:** Ocorre quando há uma ligação clandestina na rede elétrica envolvendo as ligações nos condutores, antes do recebimento correto via medidor. Dessa forma, alterando antes, quando chega no medido é possível que o valor da energia já esteja alterado.
- **Furto e fraude de energia:** Há uma distinção entre furto e fraude de energia, embora ambos sejam feitos de forma consciente pelo consumidor, sem anuência da concessionária. O furto de energia, trata-se de uma ocorrência quando um consumidor faz uma ligação clandestina na rede, desviando energia diretamente da rede elétrica e são popularmente conhecidas como “gato” ou “gambiarras”. No caso de fraude de energia, é quando o medidor de energia é adulterado, ou quando é feito um desvio no ramal de entrada, antes do medidor. O consumidor

faz um aumento de carga à revelia da concessionária em um circuito clandestino, em muitos casos de modo sofisticado.

As perdas não técnicas, que são as ligações clandestinas de energia elétrica, estão em todos os lugares, sejam elas visíveis ou não. A Figura 3 e 4 abaixo, mostrou-se claramente que as ligações clandestinas ligadas de forma irregular, de formas diversas e de maneira muito perigosa, colocando em risco toda a comunidade existente no local.



*Figura 3 - Ligações Clandestinas não técnica aparentes.*



*Figura 4 - Ligações Clandestinas aparentes.*

De modo visível, na Figura 5 é possível notar a existência de ligações clandestinas no

poste de redes de distribuição abaixo. Os fios estão tão enrolados e mal dimensionados, de forma que se confundem com o ninho do pássaro presente na foto.



*Figura 5 - Gato de energia - Desvio Geral antes da entrada.*

Pela observação da Figura 6, mostra-se um imenso perigo em relação as ligações clandestinas instaladas pela existência de mal dimensionamento no sistema elétrico e pela atuação de uma pessoa não autorizada, não habilitada e não capacitada, desprovida dos equipamentos básicos de segurança, colocando-se a vida em grande perigo.



*Figura 6 – Instalação de Ligação Clandestina de Energia.*

Em relação as perdas não técnicas nas concessionárias em 2019, das 47 distribuidoras analisadas no Gráfico 13, 35 destas apresentaram percentual de perdas não técnicas sobre a energia injetada abaixo da média nacional de 6,7%, mas para um pequeno grupo de distribuidoras estas perdas superam o índice de 10%. Novamente, a perdas de energia nas

concessionárias “CEA” e “Amazonas” se destacam das demais e demonstram como as perdas não técnicas são um problema crítico para estas empresas, correspondendo a maior parte das perdas gerais.

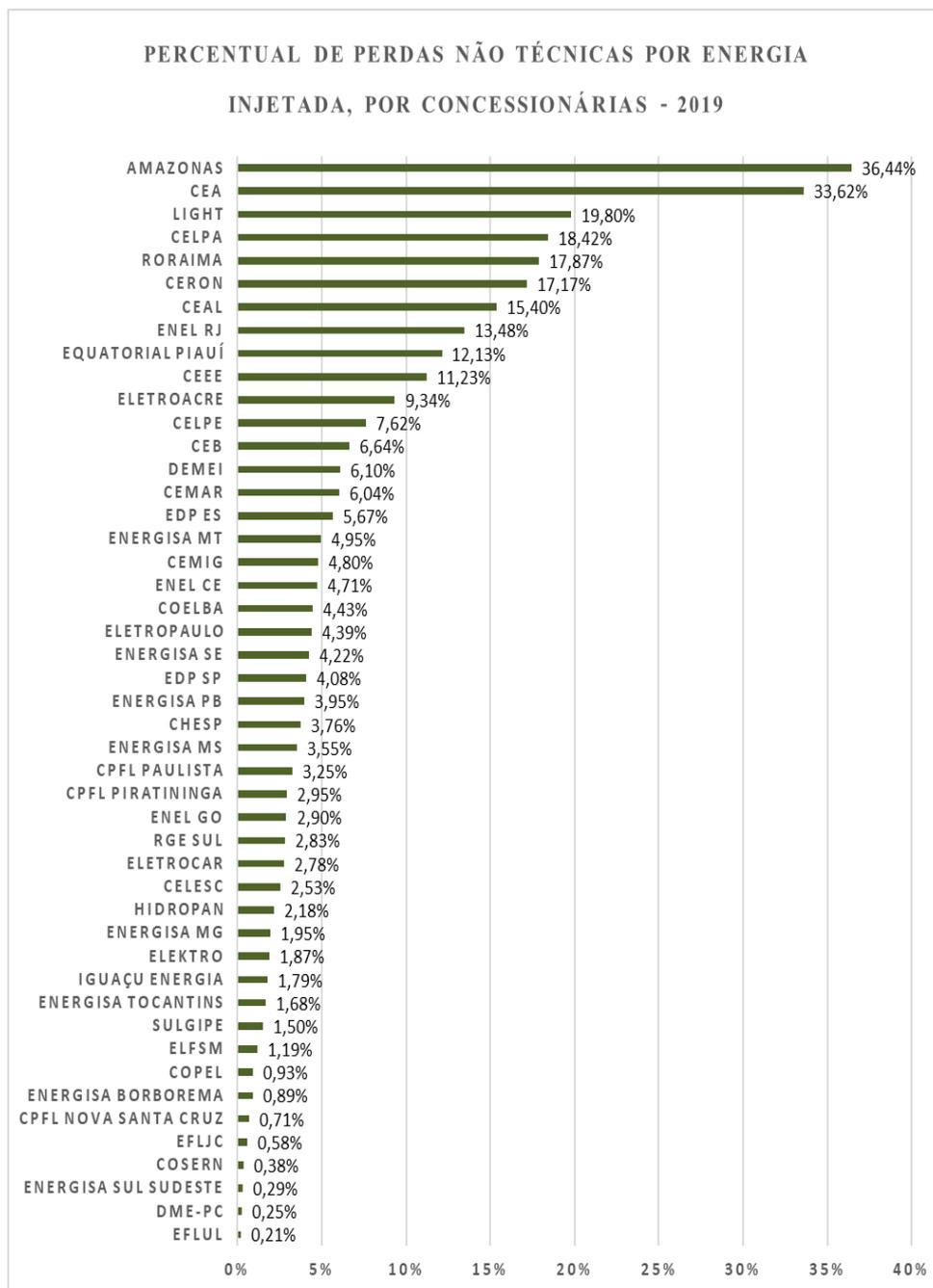


Gráfico 13 - Percentual de Perdas não técnicas por energia, por concessionárias – 2019

Para análise detalhada, temos que a série histórica do Gráfico 13 apresenta uma tendência de queda de 2009 a 2017, sendo que a partir de 2018 este indicador voltou a crescer justificando o crescimento das perdas gerais de energia perante o total injetado pelas concessionárias, gerando impacto financeiro bastante significativo, que atingem bastante as

distribuidoras e que, por consequência, o consumidor final.

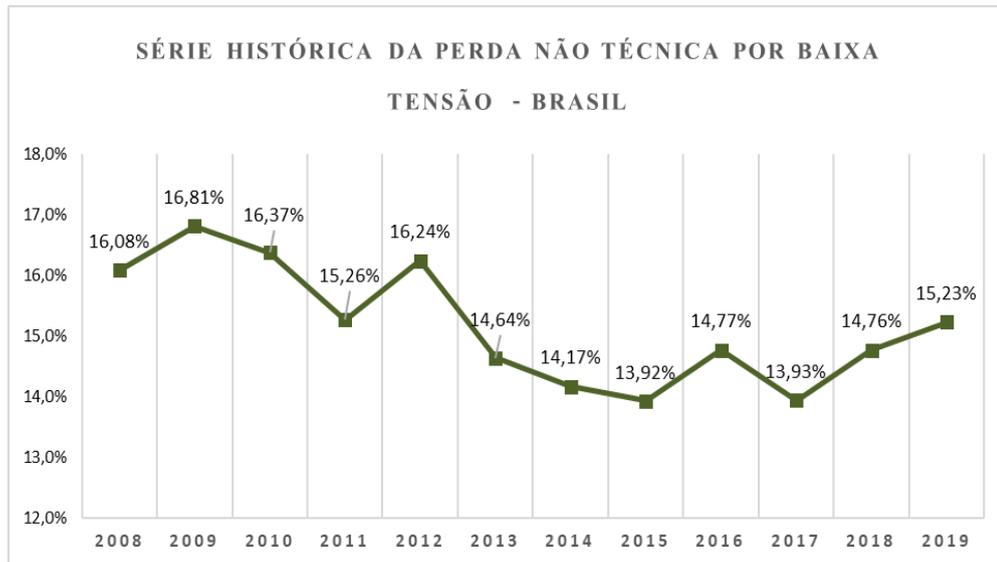


Gráfico 14 - Série histórica da perda não técnica por baixa tensão – Brasil.

## 4.2 Nó Elétrico Anômalo

Durante o estudo para o desenvolvimento teórico deste trabalho, foi nomeado como Nó Elétrico Anômalo, um ponto em que é especificado uma ligação clandestina. Com isso, para início pode-se definir que um nó no ensino da eletricidade, como é uma junção onde 2 (dois) ou mais elementos. A Figura 7, mostra um diagrama com um único nó (o ponto preto) formado pela junção de cinco elementos (abstratamente representados por retângulos laranja).

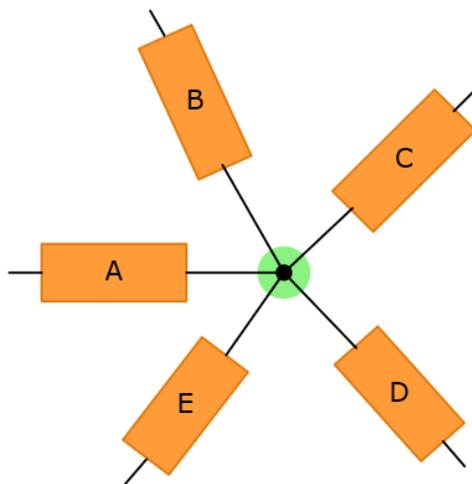


Figura 7 - Nó Elétrico. Fonte: Khanacademy

O estudo na eletricidade do nó é relatado através da Lei de Kirchoff, onde diz que em qualquer nó, a soma das correntes que o deixam (aquelas cujas apontam para fora do nó) é igual a soma das correntes que chegam até ele. A Lei é uma consequência da conservação da carga total existente no circuito. Isto é uma confirmação de que não pode haver acumulação de cargas nos nós, e caso isso aconteça pode levar em consideração a existência de um nó elétrico por meio de uma ligação clandestina, pois não atende a Lei e que conseqüentemente altera a quantidade de carga existente em um circuito elétrico.

A Lei de Kirchoff para as correntes, poderá ser utilizada no neutro de uma residência, onde pode indicar que as cargas estão desbalanceadas. No caso do condutor terra, o local da ligação clandestina pode indicar caso de que a corrente irá que indicar há uma fuga de corrente em alguma parte da instalação. Em caso da Lei para a tensão, é importante ressaltar que deve garantir que a tensão dos aparelhos seja próxima da tensão da rede. É comum que cabos longos danificados ou mal dimensionados, possuam situação de reduzir a tensão na ponta da linha, podendo assim gerar queima de equipamentos e incêndios.

No caso de adicionarem a um só nó (uma só fase), surge o problema de desequilíbrio das cargas, que conseqüentemente poderá surgir correntes altas no condutor neutro. Com isso, se alguém realiza uma ligação clandestina, está aumentando a demanda em uma fase e desequilibrando todo sistema elétrico.

O Nó Elétrico Anômalo é caracterizado quando os princípios citados pela Lei de Kirchoff, não são seguidos. O caso é: a corrente que entra em um circuito na ligação clandestina, não é a corrente que sai no mesmo circuito. Essa diferença entre entrada e saída, pode ser causada por diversos fatores como por exemplo a inexistência de dimensionamento nos circuitos elétricos.

A Figura 8 apresenta um possível exemplo de Nó Elétrico Anômalo, onde a existência de ligações clandestinas compromete que os princípios da Lei de Kirchoff sejam respeitados. Além disso, é visível a questão estética na detecção, quando se realiza o procedimento de fraude ou furto por pessoas que realizam as ligações clandestinas. Normalmente, existem lugares que ficam uma espécie de “ninho” ou “nós elétricos anômalos” de cabos, do qual não se sabe nem identificar os circuitos no local.



*Figura 8 - Nó elétrico de ligações clandestinas.*

### **4.3 Simulações de Ligações Clandestinas**

Como objetivo propor uma simulação de informação para melhorar o processo de identificação e combate às fraudes e irregularidades na medição de energia elétrica, foram realizadas simulações, onde temos como base em um circuito constituído por um medidor de energia eletromecânico, 3 (três) lâmpadas e equipamentos elétricos. O medidor de energia tem as especificações de ter 60Hz de frequência, 240V e monofásico. As lâmpadas são 100W, 70W e 42W, nomeados como L1, L2 e L3 respectivamente. Os equipamentos elétricos que fizeram parte da simulação, são 3 ferros de passar roupa, com 1200W de potência em cada um. Os materiais utilizados para a medição foi um alicate amperímetro e uma câmera termográfica.

A utilização dos instrumentos de medição é para análises de medições em corrente, tensão e temperatura. Visto e medindo, cada etapa de uma ligação realizada corretamente e uma ligação clandestina na rede.



*Figura 9 - Medidor Utilizado*



*Figura 10 - Medidor de Energia já alterado*

Durante a primeira simulação, foi ligado ao medidor de consumo de energia as 3 lâmpadas. Os condutores utilizados foram neutro e fase descritos através das cores azul e preta. Nessa primeira etapa, a corrente de linha medida deu em torno de 0,9 A, pois as lâmpadas possuem seu somatório de 212W de potência. De acordo com a Lei de Ohm descrita abaixo, através da potência podemos obter o valor da corrente:

$$I = \frac{P}{V}$$

Então, o valor obtido foi de 0,9 A. Para comprovar que não existe ligação clandestina, a corrente de entrada deve ser a mesma da saída. Com isso, as imagens abaixo mostram as simulações ainda não realizadas nenhum tipo de ligação clandestina no consumo de energia elétrica. A ligação das lâmpadas foi realizada em paralelo. Nessa associação em paralelo, a corrente elétrica é dividida entre os diferentes ramos do circuito.



*Figura 11 - Circuitos para simulação de consumo*

Entre o medidor até a instalação da primeira lâmpada, a corrente medida foi de 0,9 A, sendo igual como deve ser, a corrente de linha, provando inicialmente que o circuito não apresenta-se nenhum tipo de interferência clandestina.



*Figura 12 - Corrente de linha medida.*

Dados:

Lâmpada (L1), 100W

Lâmpada (L2), 70 W

Lâmpada (L3), 42W

Com isso, obtemos as demais correntes medidas no circuito em paralelo, com os seguintes resultados demonstrados na Tabela 5 e Figura 13:

*Tabela 5 - Medições Realizadas no Circuito*

Circuito	Medições
Corrente de Carga medida	0,9 A
Corrente entre L1 e L2	0,45 A
Entre L2 e L3	0,10 A
Entre L3 até uma tomada	0,00 A



*Figura 13 - Medições de corrente em cada parte do circuito*

Simulando uma ligação clandestina antes da chegada da medição da linha, foram ligados 3 (três), ferros de passar. Cada um ferro possui 1200W de potência. Foi constatado que no fio de ligação até a medição de linha, continua o 0,9 A, mas ao instalar uma ligação clandestina ligando os ferros de passar nessa entrada, as correntes modificaram e foram distribuídas. Porém, para fins de medição da concessionária, seria o valor real de 0,9 A, não sabendo da ligação irregular que foi ligada antes.



*Figura 14 - Ferros utilizados.*



*Figura 15 - Ligação Clandestina instalada*

Ao ligar os três ferros de forma clandestina na rede, obtém-se as seguintes correntes, que comprovam que na medição o valor de consumo correto de energia mediria em 0,9. Contudo, antes dessa medição, foram instaladas ligações irregulares que mostram que estão sendo utilizado, e não medidos.

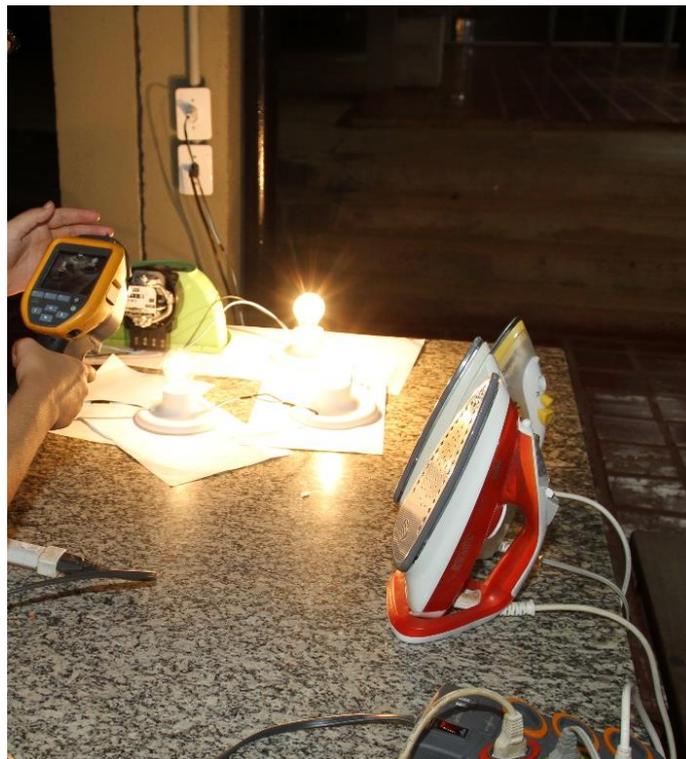
*Tabela 6 - Correntes medidas com ligação clandestina.*

<b>Circuito</b>	<b>Medições</b>
<b>Corrente de Linha medida</b>	0,9 A
<b>Corrente de Ligação Clandestina</b>	13,9 A



*Figura 16 - Quantidade de consumo não detectável.*

Além das medições de correntes e de demonstração de como ocorre uma ligação clandestina, também foi realizado simulações que comprovam mal dimensionamento elétrico e superaquecimento.

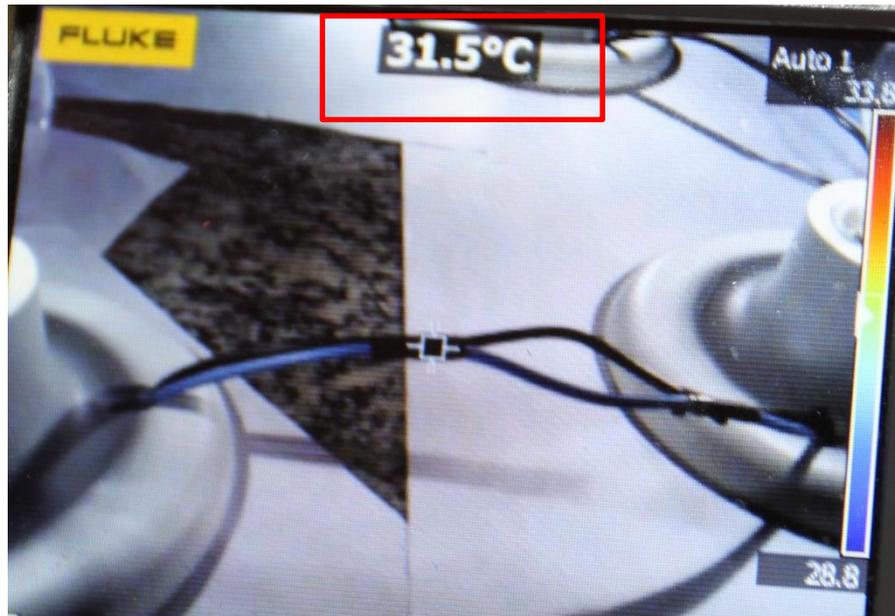


*Figura 17 - Medições de temperatura.*

Para essa simulação foi utilizado propositalmente o condutor de 1,5mm onde suporta sem aquecer cerca de 15,5 A. O intuito era colocar uma grande quantidade de carga e de corrente na rede, de forma que os condutores possuíssem um aquecimento devido ao mal dimensionamento dos equipamentos elétricos. A potência total instalada no circuito, foi de

3.812W, assim tendo uma corrente de valor de 17 A, ultrapassando a quantidade máxima permitida.

Mostrando-se que os dados acima são verdadeiros, as imagens abaixo mostram que antes de serem instalados os ferros, possuía uma temperatura de 31,5 °C, e após colocar os ferros aumentou para cerca de 39° C.



*Figura 18 - Medição inicial com circuito corretamente dimensionado.*



*Figura 19 - Medição Final com Efeito Joule e circuito mal dimensionado.*

Com isso, o correto dimensionamento estabelece a carga necessária para a instalação elétrica do projeto em questão, a quantidade, a seção nominal dos fios e cabos condutores e

todos os demais dados para que os produtos utilizados naquele imóvel sejam ligados em corrente compatível e sem relação com ligações irregulares.

#### **4.4 Irregularidades no Consumo de Energia Elétrica**

As irregularidades procedidas a fim de que o consumo de energia elétrica seja desviado, ou de alguma outra forma seja manipulado, caracteriza-se como uma alteração ilegal no sistema elétrico sob o nome de ligação clandestina. São ligações totalmente desfavoráveis e perigosa para a qualidade do serviço prestado, para as consumidoras locais e para a população. Uma vez, que há uma perda na qualidade e sobrecarrega o sistema elétrico, causando oscilações na tensão e frequentes interrupções, acarretando diversos problemas graves à rede elétrica.

Por maior que seja a fiscalização e os investimentos utilizados para a detecção para combater as fraudes e furtos de energia elétrica, essas irregularidades no consumo de energia elétrica, realizadas por consumidores residenciais, comerciais e até mesmo por empresas de grande porte, são normalmente as maiores componentes das ligações clandestinas.

#### **4.5 Combate e Detecção**

Os sistemas de detecção e combate das ligações clandestinas na distribuição são dois importantes quesitos analisados pela agência e pelas concessionárias. Para o primeiro caso, a ANEEL busca estabelecer os requisitos mínimos para medição das grandezas elétricas do sistema de distribuição aplicáveis ao faturamento, realizando uma média de consumo elétrico e planejamento à operação de combate no sistema de distribuição.

Em relação às concessionárias, elas procuram estabelecer um método e os procedimentos para definir os indicadores para avaliação das perdas nos segmentos de distribuição de energia elétrica (ANEEL-PRODIST, 2008). Para fins de combate e detecção, a ligação clandestina ocorre principalmente quando é procedida através de algum tipo de desvio na rede elétrica. Esse desvio pode ser analisado anterior à medição a unidade consumidora ou após a medição.

Como visto nos capítulos anteriores, os níveis de perdas não técnicas e de inadimplência dependem em primeira instância da atuação da empresa de distribuição, uma vez que a concessionária é responsável pela instalação e manutenção dos medidores, pelas ligações das unidades consumidoras às redes da distribuidora, e pelas medições e faturamento mensal.

Espera-se que, nos locais em que as perdas não técnicas são mais elevadas, a distribuidora realize inspeções para detectar furtos e promova a regularização de seu consumo.

Não menos importante é o processo de seleção, treinamento e monitoramento dos seus funcionários e prestadores de serviços, que em algumas localidades podem ser propagadores dos furtos de energia para a solução de detecções visíveis e não visíveis, assim combatendo-as.

No sistema de detecção de fraudes, existem diversos fatores que podem ser analisados, como:

- a) Inexistência de medidores;
- b) Alterações funcionais de fábrica do medidor;
- c) Alterações funcionais em todo o sistema que compõe as medições;
- d) Falha ou falta de aferição dos medidores;
- e) Erros na leitura dos medidores ou no faturamento das unidades consumidoras;
- f) Falta de consumidoras local;
- g) Furto de energia;
- h) Fraude no fornecimento ou no sistema de medição de energia

É importante ressaltar que há dificuldade de acesso em áreas de risco, fatores como a atribuição em relação ao acesso em determinados locais. Na execução de diversas tarefas, há lugares extremamente protegidos pela população local, como lugares que dominam a criminalidade, e que impossibilitam a entrada de agentes fiscalizadores e representantes de concessionárias no local.



*Figura 20 - Locais com dificuldade em acesso*

Em nota técnica que fundamenta metodologia de regulação tarifária, a ANEEL destaca que fatores ambientais, não gerenciáveis pelas empresas de distribuição, afetam a propensão dos consumidores furto ou fraude de energia, de modo que deve-se constatar que:

*“Outra premissa importante que fundamenta a atual metodologia é o fato de as áreas de concessão possuírem características diferenciadas, com dificuldades distintas na gestão das perdas não técnicas. As perdas não técnicas que têm origem em irregularidades de consumidores fraudadores estão diretamente relacionadas às questões socioeconômicas específicas da área de concessão, que vão se traduzir em uma propensão maior ou menor de reversão dos atuais patamares de perdas não técnicas. Dependendo da área de concessão, a parcela das perdas não técnicas que a distribuidora não tem poder de combater é bastante diferente, haja vista a ausência do Estado e a existência de fatores socioeconômicos graves, que fogem ao controle da empresa, como falta de segurança, (poder de polícia, para apoiar as distribuidoras), informalidade, desorganização social, falta de infraestrutura, etc.”*

- Nota Técnica 31/2011-SRE/ANEEL

## **4.6 A Indústria da Irregularidade**

Outro grande problema que temos em relação às ligações clandestinas, são as práticas irregulares realizadas por terceirizações. O problema que também afeta as consumidoras locais é a corrupção do mercado que utiliza os meios ilegais para prestar serviços de forma que sempre há uma tecnologia ou atualização, que burla o sistema de medição elétrica. Com isso, há quem ofereça o serviço de assistência para praticar esse tipo de irregularidade de forma até noticiada indiscriminadamente em jornais, panfletos e divulgações em redes sociais.

Existem casos que são relatados que os clientes ao procurarem uma agência consumidoras, podem ser abordados de forma a apresentar todos os “serviços” irregulares que podem ser realizados. Na Figura 21 observa-se que os serviços clandestinos são divulgados indiscriminadamente em veículos de mídia, sem constrangimento ou nenhum medo de sanções jurídicas e penais.



Figura 21 - Divulgações de irregularidades.

Desta forma, as distribuidoras elevam o custo, mesmo trabalhando com novas formas, formando profissionais qualificados e tecnologias mais novas, levando-se em conta que o sistema de fraude ainda está em alto índice de presença em todo o mundo, os indícios de procura por esse tipo de serviço ainda são altos.

Os tipos de indícios de irregularidades procedidos a fim de que o consumo de energia elétrica não seja pago ou desviado são altamente irregulares em todos os sistemas, a partir de sua distribuição. Uma vez que pode sobrecarregar o sistema elétrico trazendo diversos problemas envolvidos.

#### 4.6.1 Falhas em Equipamentos

O aumento das perdas técnicas devido à deterioração dos equipamentos na rede ao longo do tempo causa um aumento das perdas que são estimadas pelas metodologias de cálculo de perdas técnicas conhecidas. Assim, essas perdas mal dimensionadas no sistema elétrico de distribuição, serão automaticamente alocadas na parcela referente a perdas não técnicas.

A utilização da energia elétrica pelos consumidores é o que leva a definir a carga (ou demanda) elétrica em cada ponto da rede de distribuição. Destaca-se que estas cargas apresentam uma variação que pode ser significativa com as horas do dia, dias da semana, estações do ano, etc. A atribuição de valores para estas cargas e valores das potências, se não tiver com o equipamento funcionando perfeitamente, pode-se obter a variação destas cargas.

A falha no equipamento pode ser por conta do desgaste natural do sistema ou então de

forma intencional, incapacitando a medição de energia elétrica corretamente. As perdas naturais ocorridas no sistema não podem ser calculadas diretamente, por ser praticamente impossível modelar o grau de deterioração a que estão sujeitos os equipamentos.

#### **4.6.2 Utilização do Disco do Medidor**

O medidor de energia elétrica é um dispositivo ou equipamento eletromecânico e/ou eletrônico capaz de mensurar o consumo de energia elétrica. Este medidor tem um disco de metal que roda quando a eletricidade consumida pelo cliente passa por diversas bobinas que gera um campo magnético. Este campo impulsiona o disco girando-o, com isso ele movimenta uma engrenagem e ponteiros de uma série de relógios.

Para alcançar ao consumidor final, a tensão percorre as redes de distribuição sendo que as mesmas se confundem com a própria topografia das cidades, ramificando-se ao longo das ruas e avenidas para conectar fisicamente o sistema de transmissão. Antes de chegar aos equipamentos elétricos do consumidor a energia elétrica passa pelos equipamentos de medição instalados pela concessionária de serviço, ou seja, o medidor de energia elétrica, também chamado de contador de luz, que é um equipamento eletromecânico ou eletrônico fabricado para medir o consumo de energia elétrica.

Em detalhe de seu funcionamento, cada volta do primeiro ponteiro conta um ponto de dez no segundo relógio, e assim com o terceiro, sucessivamente. Quanto mais energia for consumida, mais forte será o campo, mais rápido o disco girará e mais os relógios vão marcar. Já o medidor de energia eletrônico, como o nome já diz, ele funciona eletronicamente, a medição é efetuada digitalmente. Os medidores eletrônicos modernos contam com um dispositivo que envia informação sobre o consumo diretamente para a concessionária de energia elétrica.

Os medidores de energia estão intrinsecamente ligados à fraude, pois eles fazem a ligação entre a empresa fornecedora e o consumidor de energia elétrica. Por isso, muitas vezes o medidor é o caminho para a fraude, o que faz deste aparelho não só o causador da perda técnica, devido a avarias neste aparelho, mas também da perda não técnica. Em sua grande parte das ligações clandestinas, são realizadas através do medidor de energia.

Temos como opções de fraudes e irregularidades, envolvendo medidores:

- **No interior da caixa do medidor:**
  - Quando o disjuntor termomagnético de proteção geral está instalado antes do medidor, podendo haver desvio em 1, 2 ou 3 fases;
- **No medidor:**
  - Desvio conectado aos bornes de ligação do medidor;
  - Ponte conectada aos bornes de ligação e saída do medidor, em sua parte inferior, posterior ou no interior;
  - Parafusos do shunt de potencial no bloco terminal ou interior do medidor frouxos, cortados ou isolados;
  - Fios de entrada ou saída da bobina de potencial cortada;
  - Disco travado em decorrência de eixo arriado ou suspenso em seus mancais, placa de identificação amassada, corpo estranho;
  - Disco girando em atrito em decorrência de eixo arriado ou suspenso em seus mancais;
  - Registrador danificado, o parafuso de rosca sem fim desacoplado do eixo do disco, com engrenagens danificadas, com corpo estranho impedindo seu correto funcionamento;
  - Inversão dos fios das bobinas de tensão, conexão antes ou depois dos shunts de tensão;
  - Inversão dos condutores de entrada e saída com intenção de desmarcar o consumo registrado ou apenas não registrar, se o registrador possuir catraca.

As ligações clandestinas realizadas por fraude no medidor de energia estão normalmente associadas às seguintes irregularidades:

- Rompimento voluntário de uma ou mais bobinas do equipamento de medição;
- Desconexão de um ou mais condutores do circuito secundário ou primário de medição;
- Desvio de corrente não medida, geralmente da caixa terminal ou de distribuição;
- Desvio de corrente não medida, caracterizado pelo rompimento ou desconexão do condutor de neutro realizado no equipamento de medição e a utilização de neutro artificial por outra fonte de aterramento ou outra instalação;

- Utilização de artifício para travar ou retardar o giro do disco do medidor;
- Inversão da ligação de um ou mais condutores de entrada (linha) no borne de saída (carga) do medidor e vice-versa. A ligação invertida também pode ocorrer pela inversão das ligações das bobinas do equipamento de medição;
- Utilização de condutor aplicado aos bornes de entrada e saída do medidor visando ao desvio de parte da corrente que deveria passar pelo medidor;
- Desacoplamento do disco do medidor do conjunto de relojoaria (registrador) encarregado de transmitir as rotações aos ponteiros, isto é, o disco gira, mas não registra o consumo;
- Troca do elemento de transição do disco ou do conjunto de relojoaria (registrador) encarregado de transmitir as rotações aos ponteiros por outro elemento de transição ou registrador diferente das características do equipamento, isto é, o disco gira, mas não registra o consumo na relação padrão do medidor (registra um valor menor);
- Utilização de condutor aplicado em qualquer ponto entre a entrada e saída do medidor, visando ao desvio de parte da corrente que deveria passar pelo medidor.

Além disso, temos como outros fatores:

- Perfuração do vidro do medidor para acessar os mecanismos internos com fio aço ou similar.
- Bloqueio do disco do medidor diretamente através de furo na base, calços no entreferro do elemento motor, deslocamento dos mancais e impedimento à rotação linear do disco (disco amassado).
- Alteração dos ajustes do medidor, aumentando o erro de medição contra a concessionária.

Abaixo na Figura 22 consta um tipo de irregularidade no medidor através de fraudes no sistema elétrico, onde mostra-se como funciona o processo de como é realizado por meio de um objeto, ou com algum tombamento do aparelho uma ligação clandestina. Através desse procedimento, não é possível realizar as medições com eficiência, deixando de registrar a quantidade de energia elétrica que está sendo fornecida pela unidade consumidora. Assim, o fato da fraude é ocorrido através da violação da alteração mecânica que de certa forma impeça o disco medidor a realizar sua livre rotação.



*Figura 22 – Tipo de ligação clandestina no medidor*

### **4.6.3 Desvio Geral de Entrada**

No caso do desvio geral da entrada, temos o desvio do fluxo de potência antes da medição (desvio de energia), que pode ser feito na caixa de medição ou alterando de alguma forma o ramal de entrada.

Esse tipo de desvio pode ocorrer de forma simples ou chave magnética. No caso mais simples, o condutor geral de entrada é fraudado de forma não passe pelo medidor, fornecendo energia elétrica diretamente para a unidade consumidora. No caso do condutor geral, ele também é modificado, mas de forma que a componentes são instalados antes da unidade consumidora. Assim, se desligado a energia irá passar normalmente pelo medidor.

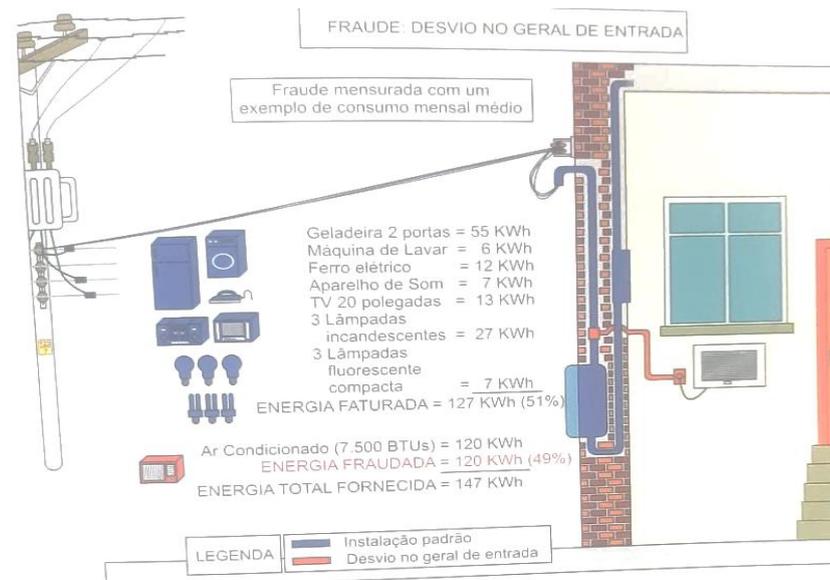


Figura 23 - Desvio Geral de Entrada.

Esse procedimento requer conhecimentos muito técnicos para sua execução, pois é através dele que há a verificação de que o medidor está registrando normalmente o consumo. Temos também como desvio geral de entrada, o fato existente de instalação obter alterações no eletroduto do ramal de entrada, onde é o há um desvio do fluxo de potência antes da medição (ocorrendo um desvio de energia). Esse desvio do fluxo de potência antes da medição (desvio de energia), que pode ser realizado em diversos lugares no medidor de energia.

Outro tipo de realização de ligação clandestina é quando o condutor geral da entrada é modificado. Contudo, podem existir componentes instalados da unidade consumidora, que por exemplo funcionam como uma espécie de disjuntor. Assim, se desligar o “disjuntor”, a energia elétrica passa normalmente pelo medidor. Tal procedimento descrito, visa não deixar com que os técnicos responsáveis pela medição de energia das concessionárias, na hora da inspeção ao aferir o medidor, é verificado que está registrando normalmente o consumo, não sabendo que tal fato se à algo desligado.

#### 4.6.4 Ligações Diretas e Invertidas

No caso das ligações diretas, um dos condutores que passar pelo medidor são conectados diretamente à unidade consumidora, deixando, por conseguinte, de registrar a integralidade da energia elétrica consumida no local.

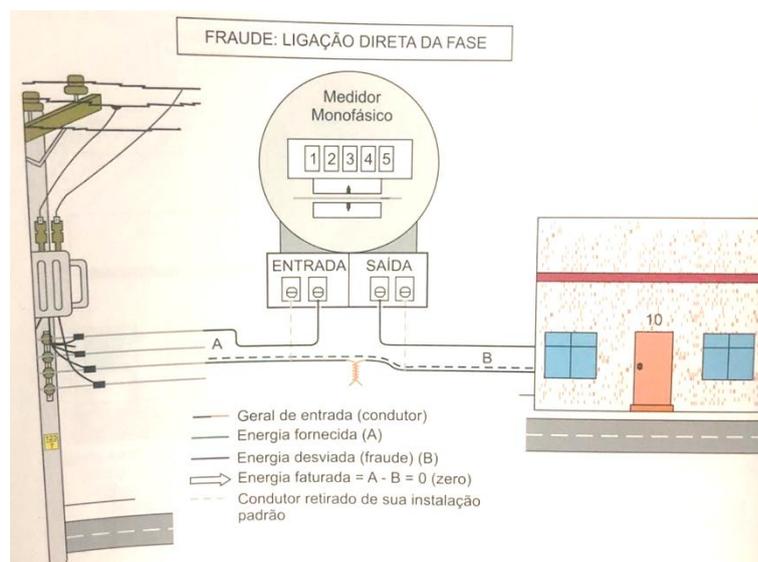


Figura 24 - Ligação incorreta em condutores.

No caso das ligações diretas com o condutor, a medição de consumo de energia elétrica não fica registrada de forma integral.

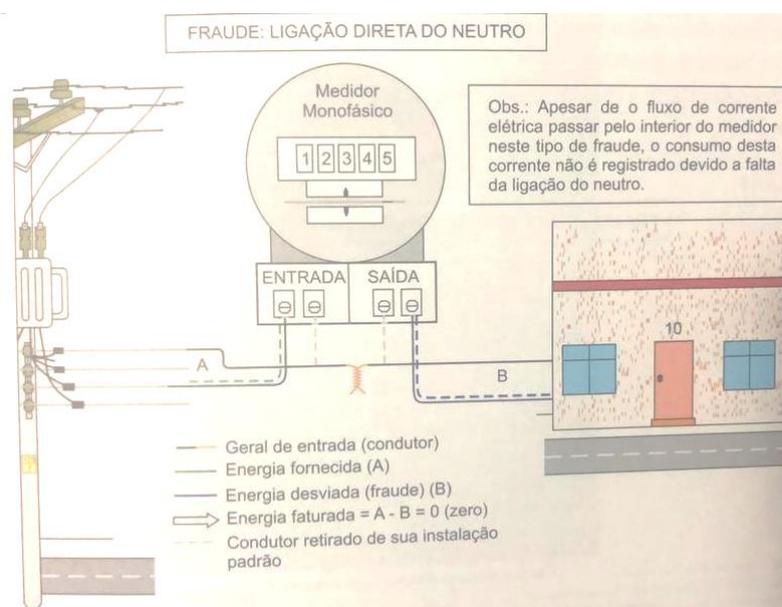


Figura 25 – Tipo de ligação clandestinas nos condutores.

Nesse caso da Figura 26 e 27, inexistente continuidade elétrica no circuito, existe uma alteração nos componentes elétricos, que pode ser causado no próprio ramal de entrada ou no medidor.



Figura 26 – Ligação Clandestina.

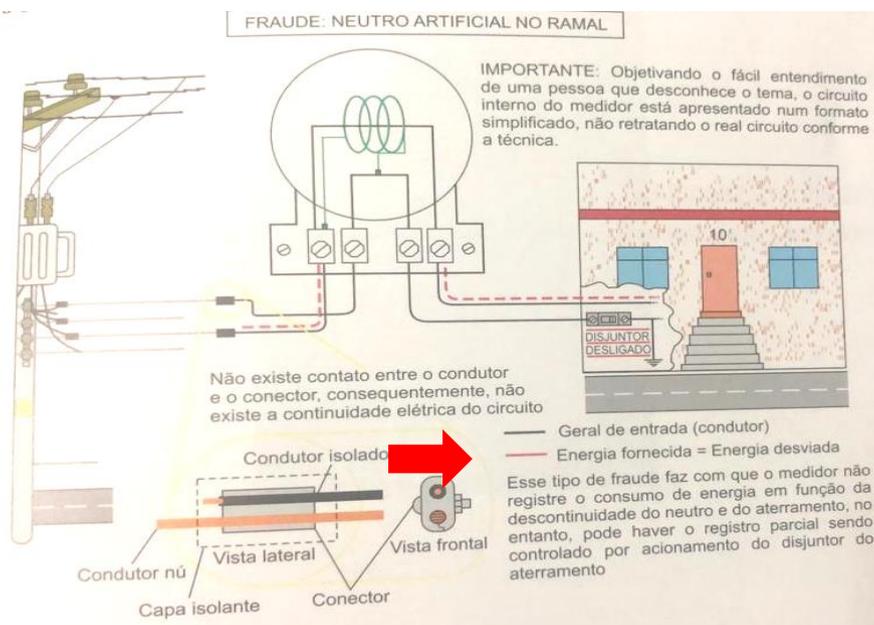


Figura 27 - Fraude no Ramal. Fonte: Light

No caso das ligações invertidas demonstrada através da Figura 28, temos como exemplo a ligação no borne. Essa ligação é responsável pela inversão dos condutores de entrada e saída, provocando reação contrária e desfazendo a leitura do medidor. Isto é, ao invés de registrar

positivamente a energia fornecida, o aparelho mede a energia que deixou de ser consumida, de forma negativa.

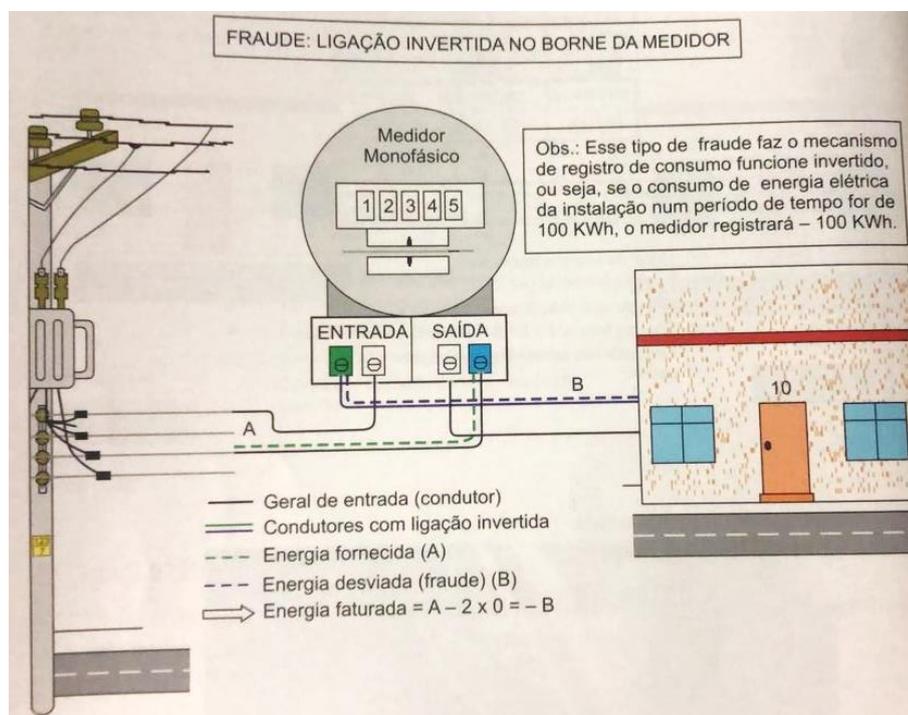


Figura 28 – Tipo de ligação clandestina no borne. Fonte: Light

#### 4.6.5 Alteração na Bobina

Temos como tipo de bobina de potencial e de corrente. A bobina de potencial cujo campo magnético resultante é função da tensão do circuito cuja energia se pretende medir. Tem por principal característica ser altamente indutiva, com um grande número de espiras de fio fino de cobre, é ligada em paralelo com a carga.

Já a bobina de corrente, é responsável por um campo magnético resultante, é função da corrente que circula no circuito cuja energia se pretende medir. Possui poucas espiras de fio grosso de cobre, e é ligada em série com a carga. Temos um caso que, uma das bobinas do medidor é alterada, deixando de registrar a integralidade do consumo de energia elétrica na unidade consumidora em que se encontra.

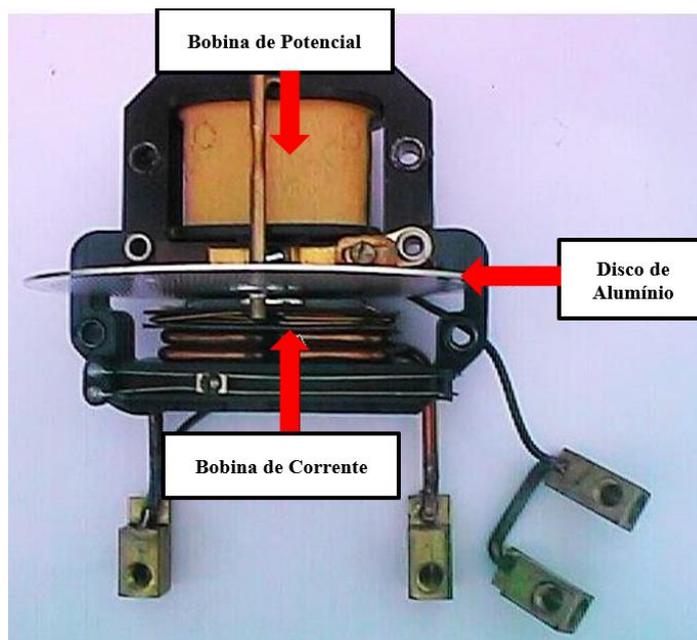


Figura 29 - Bobinas dentro de um medidor.

## 4.6.6 Ponte no Borne

Para fins de conhecimento, o borne ou terminal de passagem ou ainda terminal funciona como um ponto de conexão dedicado para os fios elétricos, evitando dessa forma a necessidade de emenda em cabos elétricos. Trata-se de uma ligação, da qual podemos chamar de “ponte”, onde ocorre uma interligação de forma externa o borne do medidor (entrada de energia ainda não medida com a saída de energia medida), que como consequência ocorre a redução do consumo na fase. A Figura 30 demonstra uma ligação clandestina feita através de ponte de borne, alterando a eficiência na medição correta de energia elétrica.

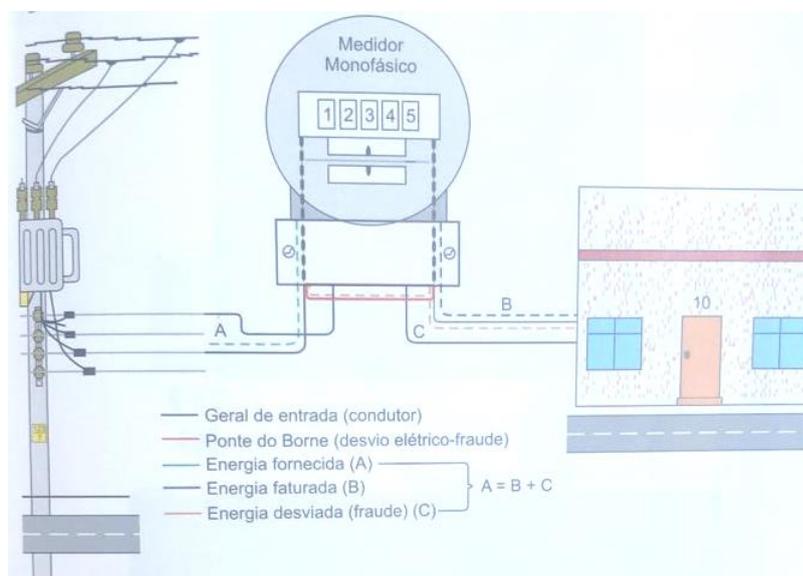


Figura 30 - Ponte no Borne. Fonte: Light

## 5. TECNOLOGIAS E MEIOS DE PREVENÇÃO

Em função da dimensão do problema e do impacto financeiro das perdas de energia na saúde financeira das distribuidoras, várias ações vêm sendo adotadas na busca de soluções eficazes para combater o problema. Entretanto, a experiência vem demonstrando a impossibilidade de aplicação de soluções únicas pelos respectivos agentes econômicos, até mesmo dentro da área de concessão das empresas, o que se deve não apenas a fatores físicos, mas, principalmente, à enorme diversidade cultural, social e econômica da sociedade brasileira.

Esse panorama sugere a necessidade de construção de soluções criativas e diferenciadas por parte das distribuidoras. A seguir serão apresentadas, de forma global e mais utilizadas, algumas das principais ações desenvolvidas no âmbito das distribuidoras de energia para o combate às ligações clandestinas.

- a. **identificação de áreas críticas:** a identificação clara das áreas com maior incidência de ligações clandestina de energia dentro da área de concessão da distribuidora, pois é essencial para a eficácia e a efetividade de suas ações de combate ao problema;
- b. **balanço energético:** o balanço energético é referido ao cálculo da diferença entre a energia medida por registradores instalados junto aos postos de transformação e a energia medida pelos registradores instalados nas unidades consumidores conectadas aos referidos transformadores, normalmente calculada através do Módulo 7 do PRODIST;
- c. **sistemas de faturamento:** uma importante ferramenta no combate às perdas de energia no âmbito das distribuidoras é a inserção, nos seus sistemas de faturamento, de ferramentas que possibilitem a obtenção e a gestão de informações precisas referentes a variações acentuadas no consumo de energia de unidades consumidores, assim como a inserção de filtros para a definição de estratégias de inspeção em unidades consumidoras e o controle do número dos lacres dos medidores nelas instalados;
- d. **desenvolvimento e/ou utilização de novas tecnologias:** várias tecnologias têm sido desenvolvidas e/ou implementadas na busca de soluções mais eficazes para o combate às perdas de energia, entre outras, a utilização de medição externa e de medidores eletrônicos, a blindagem de cabos e o desenvolvimento de novos tipos de medidores e de softwares.

- e. **ações de marketing institucional:** as distribuidoras vêm lançando mão de ações de marketing institucional, via de regra com o desenvolvimento de campanhas educativas junto a comunidades carentes, em cujo âmbito são prestadas informações sobre a adequada e eficiente utilização da energia elétrica;
- f. **motivação de colaboradores:** para um efetivo combate às perdas não técnicas, é imprescindível o engajamento de todos os funcionários da empresa; e
- g. **criação de equipes especializadas:** sem a exclusão do exposto no item anterior, devido à notória criatividade dos fraudadores e dos furtadores de energia faz-se necessária a constituição de equipes especializadas no combate às ligações clandestinas, que recebam com treinamento constante e remuneração condizente.

Nos casos de tecnologias, os recentes avanços dedicados a sistemas elétricos de potência têm permitido que os sistemas de distribuição de energia elétrica sejam beneficiados por investimentos em uma estrutura supervisionada que explora o uso de equipamentos de medição e monitoramento visando à melhoria da qualidade e confiabilidade no fornecimento de energia elétrica, além da diminuição dos custos operacionais.

Avançados sistemas de mineração de dados, eletrônica e de telecomunicações, são integrados a estes equipamentos permitindo, por exemplo, que dados coletados de diversos pontos da rede elétrica sejam transferidos para centrais de gerenciamento de dados. Nestas centrais, os dados são processados e diversas funções podem ser desempenhadas remotamente explorando métodos apropriados.

Para mais, deve ser analisado os seguintes fatores como essenciais na prevenção das irregularidades:

- Instalações de medidores capazes de não estarem acessíveis para as pessoas;
- Identificar as localidades e desenvolver uma relação com a comunidade;
- Regularização de clientes clandestinos;
- Reconstruir a rede de distribuição de energia elétrica: instalando cabos antifurto, redes compactas ou multiplexadas de média tensão;
- Implementar políticas comerciais, como: negociar os débitos, políticas de corte, criar grupos da própria comunidade para a contínua explicação do uso correto de energia;

- Ações no sentido de diminuição das contas de energia elétrica, como: troca de geladeiras, troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas compactas fluorescentes, instalação gratuita dos padrões de entrada, instalação de aquecedores solar em substituição aos chuveiros elétricos;
- Projetos de responsabilidade social, como: criação de bibliotecas com computadores, treinamento de eletricitas da própria comunidade, eventos nas escolas, palestras, qualificação dos professores para educar os alunos no uso correto de energia, etc.;
- Maior quantidade de inspeções, porém, cada vez mais direcionadas (através da melhoria de software, e de métodos para o cálculo das perdas técnicas), juntamente com a modernização dos equipamentos utilizados e dos medidores;

Dado o exposto, a necessidade de investimento em tecnologia, por sinal, é uma das exigências para a prestação de um serviço adequado e preciso. De acordo com a Lei nº 8.987/95, que regulamenta o ART 175 da constituição, relata que de acordo com a atualidade compreende a modernidade das técnicas, do equipamento e das instalações e a sua conservação, bem como melhoria e expansão no sistema. Além do fator da importância das tecnologias, é importante também ressaltar a presença da governança na administração de prevenções e combate as ligações clandestinas.

## **6. ANÁLISE DE SEGURANÇA**

O acesso dos clientes clandestinos à rede elétrica que leva ao furto de energia e / ou a instalações elétricas precárias não aceitáveis pelas empresas distribuidoras e com isso podem provocar ocasionar riscos de acidentes, superaquecimento, incêndios e queimas de eletrodomésticos além de também trazer risco de vida para as pessoas. A eletricidade pode comprometer a vida das pessoas direta ou indiretamente afetando na saúde e segurança. O trabalho com eletricidade deve-se adotar medidas de segurança, por isso com o passar do tempo as normas que tratam sobre o assunto vêm se modificando e evoluindo, tornando os serviços com eletricidade mais seguros e ágeis.

Por todos esses aspectos, a segurança na eletricidade, propõe medidas preventivas e corretivas, capazes de encaminhar o trabalhador a seguir com segurança em todo o procedimento que deve ser realizado em qualquer tipo de sistema. A não utilização das medidas, podem provocar riscos sérios aqueles que não utilizam como base.

### **6.1 Normas de Segurança**

Entre as principais normas de segurança envolvendo eletricidade e para assegurar a proteção do trabalhador, surge em 1978 a NR-10. Definida como Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade, a NR garante as condições mínimas de segurança da equipe que trabalha em instalações elétricas, em todas as suas etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo.

Esta norma, é uma das principais normas sobre segurança em eletricidade, emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil e possui o objetivo de assegurar a saúde e segurança dos trabalhadores que exercem cargos que envolvam instalações e serviços em eletricidade. O perigo da eletricidade e o risco de acidente causados por ela podem envolver pessoas que trabalham em qualquer área: geração, transmissão, distribuição e, inclusive, pessoas que não trabalham com energia elétrica, mas vivem e presenciam.

ABNT NBR 5410 trata sobre as instalações elétrica de baixa tensão e tem o objetivo estabelecer condições para as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de todos que utilizam a energia elétrica. Além disso, é a que estipula as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, de até

1000V em tensão alternada e 1500V em tensão contínua. Além disso, é aplicada principalmente em instalações prediais, públicas, comerciais, etc. Com isso, funcionando como um guia para o profissional, em relação ao que se deve ou não fazer. A norma tem um texto diferenciado, explicando e colocando regras em instalações de baixa tensão, sendo assim faz grande diferença conhecê-la e principalmente aplicá-la.

Em casos de ligações clandestinas, a falta de conhecimento leva a muitos casos a acidentes e até mortes. Profissionais são treinados, habilitados, e qualificados para realizar procedimentos de instalações elétricas, baseando-se em normas de segurança. Ao contrário de quem realiza ligações clandestinas, que operam sem conhecimento de normas e base técnica.

As normas de segurança na energia elétrica funcionam como um guia para o trabalhador e contém informações bem detalhadas sobre o que se deve ou não fazer: componentes da instalação; esquema de distribuição de energia e dimensionamentos para áreas distintas; como ter total proteção contra choques elétricos; como realizar a manutenção do sistema, qualificação profissional exigida para cada atividade e etc. Quando se trabalha com energia elétrica é fundamental que todas as medidas de segurança sejam colocadas em prática.

É imprescindível relatar a quantidade de normas que envolvam segurança na área da elétrica. Abaixo, observa-se algumas outras NRs que influenciam o conteúdo sobre segurança na eletricidade:

- NR-3 – Embargo ou Interdição, na aplicação de penalidades do não cumprimento das normas constantes da NR-10;
- NR 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI), no subitem 10.2.9, especialmente as vestimentas de trabalho e proibição do uso de adornos pessoais;
- NR-8 – Edificações, no que tange as condições mínimas de segurança e conforto nas edificações como locais de trabalho;
- NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), nos itens referentes aos estudos de análise de riscos das instalações elétricas;
- NR-23 – Proteção contra Incêndios, nas condições mínimas de segurança contra incêndios;
- NR-26 – Sinalização de segurança, destinada à advertência e à identificação das instalações e serviços em eletricidade.

## 6.2 Riscos e Perigos

De acordo com a norma 16384:2020, o risco é exposto como a capacidade de uma grandeza, por meio da combinação de probabilidade ou frequência esperada de ocorrer, de causar danos a integridade das pessoas, meio ambiente, patrimônio ou perda de produção. Esse risco pode ser relacionado ao elétrico, onde ocorre a probabilidade de ocorrer uma lesão x proteções efetivas devido a atividades com eletricidade. O perigo é uma situação ou condição com potencial para causar danos a integridade física das pessoas, meio ambiente, patrimônio ou perda de produção, por ausência de medidas de controle.

A diferença principal entre risco e perigo, é que com o risco existe a capacidade de tal evento gerar o problema e o perigo é a situação onde a capacidade existe. Em uma ligação clandestina o risco é visto como a pessoa que instala a ligação de forma clandestina, com chances de receber um choque elétrico ou até mesmo morrer. O perigo na ligação clandestina por exemplo, são pessoas que estão próximas a esses tipos de irregularidades, trazendo também uma possível consequência de choque elétrico e morte.

Na elaboração de estatística, tem-se a série histórica de acidentes em relação as instalações elétricas, de estudos de análise de riscos de todas as atividades que envolvam a eletricidade, conforme o Gráfico 15 abaixo. De acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica, ano-base 2019, publicado pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (ABRACOPEL), o número de acidentes de origem elétrica vem crescendo ano a ano, de 2013 a 2019, cujo crescimento acumulado no período foi de 60,11%.

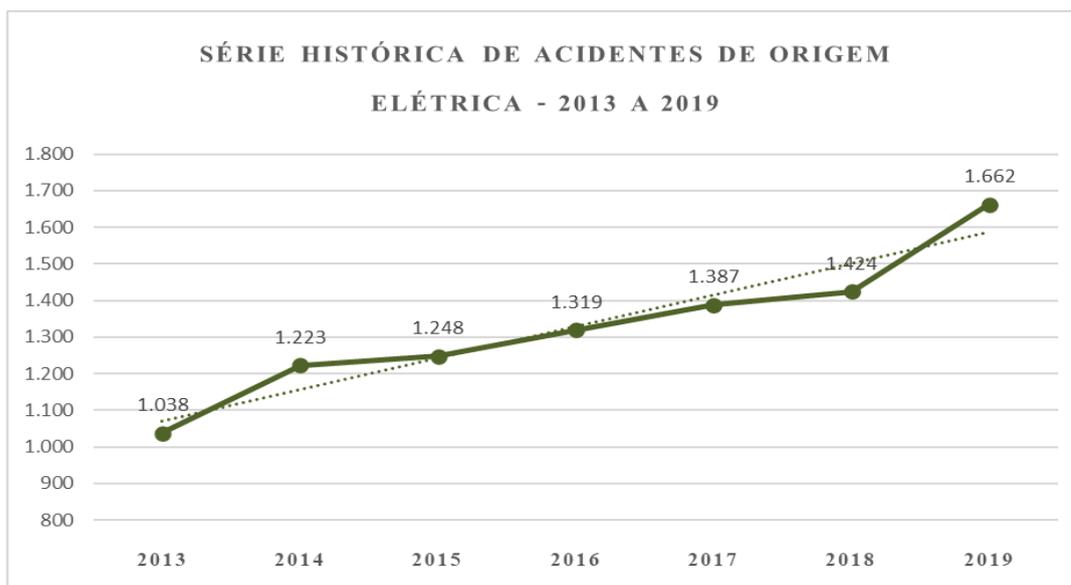


Gráfico 15 - Série Histórica de Acidentes de Origem Elétrica

Além disso, Tabela 7 abaixo indica que mais da metade dos acidentes que ocorreram em 2019 foram choques elétricos (55,1%), seguido dos incêndios por sobrecarga (39,8%). Por fim, os acidentes de origem elétrica oriundos das descargas atmosféricas corresponderam a 5,2% do total, ou seja, 85 casos.

*Tabela 7 - Acidentes de origem elétrica - 2019*

Total de Acidentes de origem elétrica - 2019		
Tipo de Acidente	Quantidade	Percentual
Choques	909	55,1%
Incêndios por sobrecarga	656	39,8%
Descarga atmosférica (raio)	85	5,2%

### 6.3 Choque Elétrico

Dependendo da situação, ou seja, do tempo e da intensidade da corrente, os efeitos do choque elétrico podem variar desde um pequeno desconforto como o formigamento da área afetada, queimaduras de terceiro grau ou até mesmo causar o falecimento da vítima.

Antes de analisar o fator que ocorre o choque elétrico, obtém-se a informação que um circuito elétrico se caracteriza por uma diferença de potencial ou tensão, uma intensidade de corrente elétrica e pela resistência (ou impedância) de seus elementos. Assim, quando uma tensão elétrica é aplicada diretamente sobre o corpo humano, forma-se um circuito elétrico, ocorrendo a circulação de uma corrente de acordo com o valor da sua resistência elétrica.

Assim, temos que:

- A tensão é medida em volts (V) e, quanto maior o seu valor, maior será a quantidade de corrente elétrica passando através corpo;
- A intensidade de corrente é medida em amperes (A), e é definida como a quantidade de “eletricidade” que passa por um condutor em 1 segundo;
- A resistência elétrica é medida em ohms ( $\Omega$ ). A resistência se opõe à passagem da corrente e, quanto maior a resistência, menor será a facilidade de passagem da corrente.

Com isso, pode-se definir que a reação do organismo à passagem da corrente elétrica pelo corpo é caracterizada como choque elétrico. Sendo o corpo humano condutor (baixa

resistência à corrente elétrica), o contato parcial ou total com um objeto energizado fecha o circuito, passando a circular a corrente pelo corpo.

O valor a resistência elétrica do corpo humano varia de indivíduo para indivíduo, e também varia em função do trajeto percorrido pela corrente elétrica. De acordo com a Lei de Ohm, e com base no valor da resistência do corpo humano, pode-se avaliar a intensidade da corrente elétrica produzida por um choque elétrico. Esse valor serve para inferir sobre os efeitos danosos provocados pela corrente elétrica em função de sua intensidade.

A questão do choque elétrico envolvendo as ligações clandestinas, são as mais variáveis possíveis, desde a instalação até o manuseio de algum equipamento elétrico existente no local. Um dos casos, é que no sistema de furto de eletricidade a partir de ligações clandestinas realizadas, são diretamente no sistema elétrico de potência que, devido a não utilização dos equipamentos adequados para as ligações elétricas, são ainda mais perigosas. Além disso, o furto de energia é perigoso não só para quem pratica, mas também para os vizinhos, uma vez que pode causar acidentes graves e até fatais, pois os cabos da rede elétrica estão ligados. Além disso, a ligação clandestina pode provocar sobrecarga no sistema elétrico com prejuízo para a população, que sofre com a interrupção do fornecimento de energia, riscos de condutores expostos a ponto de receber choque elétrico, riscos para as residências e vias públicas.

Quando há uma ligação clandestina à rede elétrica fica sobrecarregada, podendo acarretar na queima de transformadores, oscilação no sinal de energia e até quedas ou curtos-circuitos, podendo-se gerar choques elétricos. Com isso, os eletrodomésticos e demais eletrônicos de local onde possui esse tipo de ligação, é afetada e podem até parar de funcionar.

Mas, o risco não é apenas material. Basta uma rápida pesquisa pelos termos “gato de energia” e “acidente” ou “ligações clandestinas”, para analisar o quanto são perigosas. Interferir na rede elétrica sem os devidos equipamentos traz grandes chances de descargas elétricas, sendo alto o risco de choque para quem faz a ligação clandestina. Outra consequência é o superaquecimento da rede que pode ocasionar incêndios e afetar todos que estão utilizando aquela rede fraudulenta e quem também estar aos arredores.

A Figura 31 abaixo, faz-se necessário atentar-se ao grande perigo que o indivíduo se expõe ao realizar ligações clandestinas tanto na rede de distribuição quanto na rede doméstica.



*Figura 31 - Riscos de Choque Elétrico em Ligações Clandestinas. Fonte: Desconhecida*

Os riscos mais casuais em ligações clandestinas, colocando-se em relação as superfícies energizadas são:

- a) Carcaça de motores elétricos;
- b) Aparelhos eletrodomésticos;
- c) Chão, paredes e tetos;
- d) Torneiras e chuveiros;
- e) Cercas, grades e muros;
- f) Caixas de controle de medição de energia;
- g) Postes energizados;
- h) Chão energizado em volta do poste;
- i) Luminárias energizadas;
- j) Painéis e eletrodutos.

De acordo com o Gráfico 16 abaixo, os índices demonstram a porcentagem de choques elétricos fatais por região no Brasil, detalhando que a região em que houve a maior quantidade de choques elétricos fatais foi o Nordeste com 287 casos.

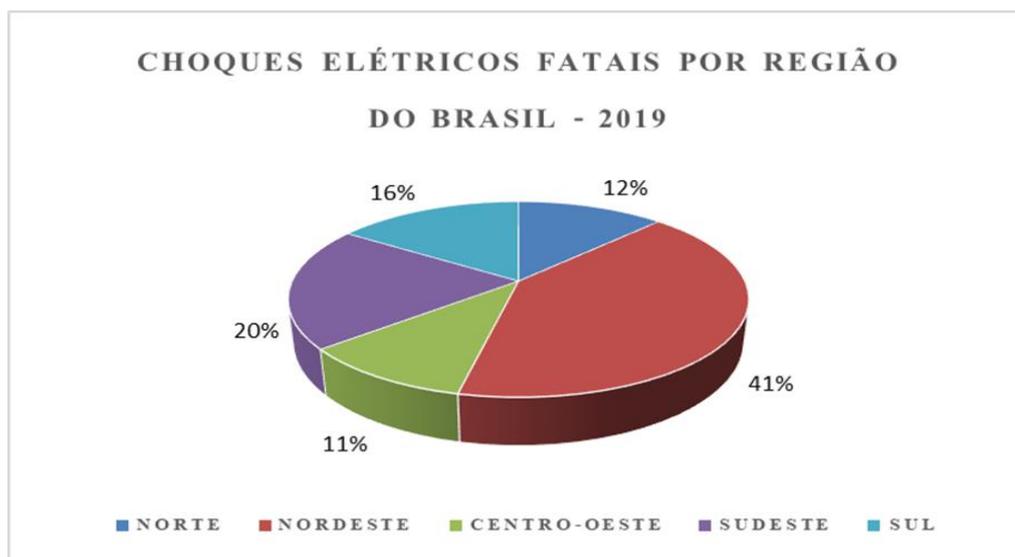


Gráfico 16 - Choques Elétricos Fatais no Brasil.

Quando os choques elétricos fatais são analisados pelas ocorrências mensais, verifica-se no gráfico abaixo que os picos de incidentes fatais ocorreram nos meses de abril e novembro, sendo que o mês em que houve a menor ocorrência em 2019 foi o mês de agosto.

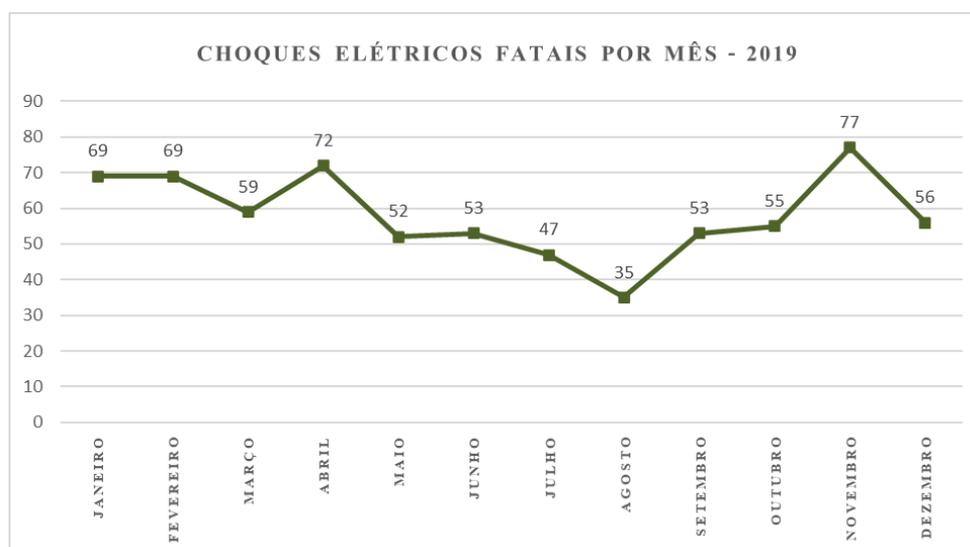
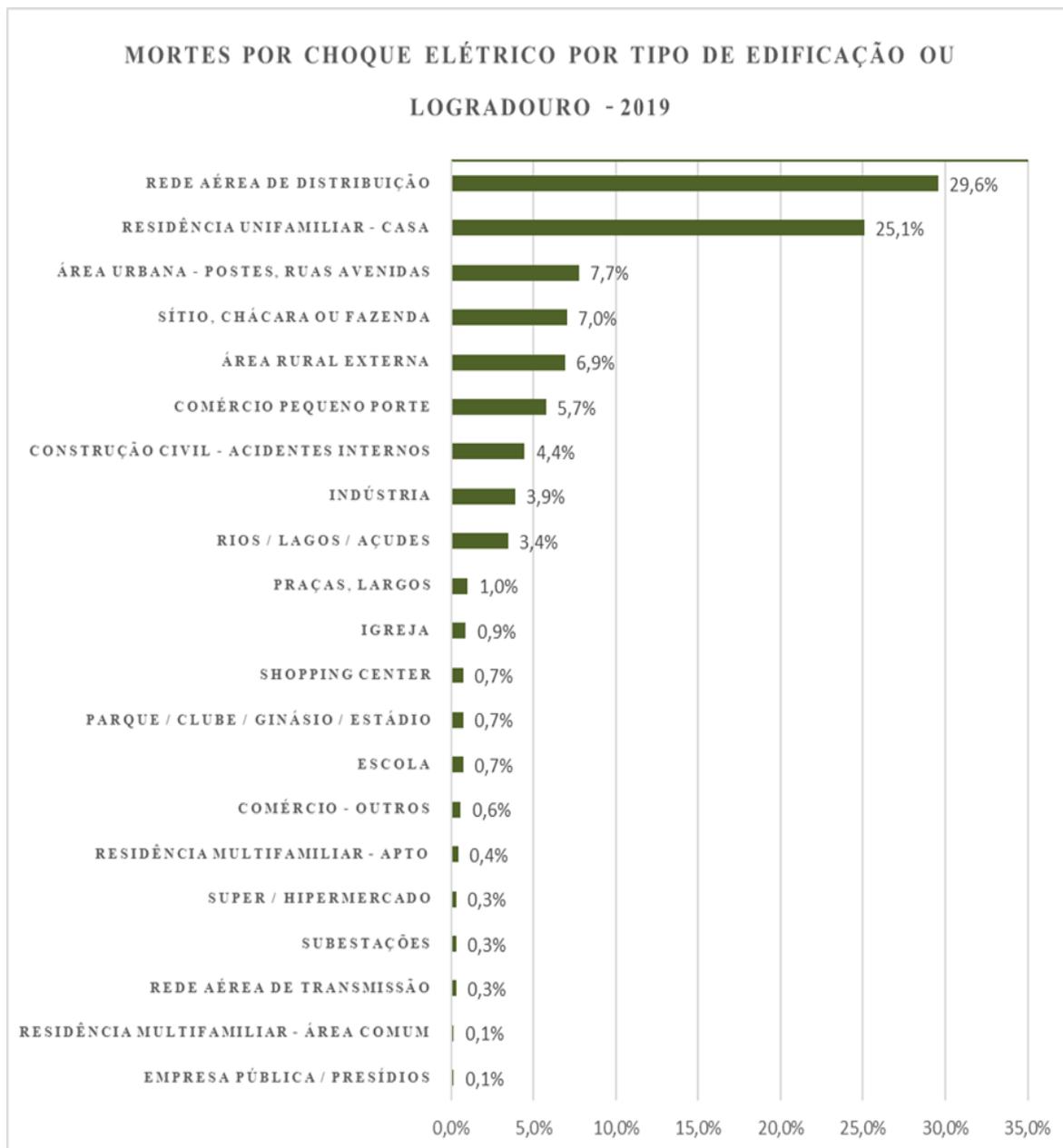


Gráfico 17 - Choques Elétricos Fatais por mês - Brasil.

Por fim, analisando os locais de ocorrência dos choques elétricos fatais, 29,6% destes ocorrem em redes aéreas de distribuição e 25,1% ocorrem em residências unifamiliar – casa, categorias juntas que correspondem a mais da metade dos casos, 54,7%. Interessante destacar que o percentual de choques que ocorrem em áreas urbanas (postes, ruas, avenidas) é o terceiro maior, com 7,7% dos casos de choques fatais, tendo maior ligação esses dados com as ligações clandestinas de eletricidade, pois é onde ocorrem a maior incidência de acidentes com

eletricidade.



*Gráfico 18 - Mortes de Choque elétrico- Localidade.*

Diferentemente do padrão observado na análise relativa aos choques elétricos fatais, a categoria “Residência Unifamiliar – Casas” representou o maior percentual de incêndios por superaquecimento e sobrecarga em 2019 (38,9%), segundo os dados da ABRACOPEL.

Além de todos os fatores citados acima, pode-se também ter casos de fuga de corrente que podem ser referências para acontecimentos de choques elétricos. A fuga de corrente é um fluxo de energia indesejado – e inesperado – que “foge” de fios e condutores por causa de uma

baixa isolamento ou instalação mal feita. O incidente pode ser comparado a um vazamento, pois consiste no gasto involuntário de alguma matéria-prima que, neste caso, é a eletricidade.

Um exemplo simples de fuga de energia, é quando o fio de um circuito está desencapado ou isolado de forma errada. Essa má instalação faz com que existam aberturas por onde as correntes elétricas possam escapar e, como consequência, pode dar choque. A fuga de corrente é um grande problema comum e que pode causar diversos danos, desde pequenos choques até acidentes graves. De acordo com o *Industrial Power System Grounding Design Handbook*, cerca de 95% das falhas elétricas são provocadas por correntes de fuga.

Com isso, os fatores descritos acima, através de informações e dados estatísticos, demonstram a quantidade de acidentes envolvendo choque elétricos e seus perigos. A grande importância do tema, é transmitir o grande risco e perigo que ocorre através dessas ligações clandestinas e consequentemente os tipos de fatalidades que podem ocorrer diante dessa instalação irregular no sistema elétrico.

## **6.4 Superaquecimento**

Quando se tem uma conexão em que haverá uma certa resistência para a passagem da energia nestes pontos, gera o aquecimento. Em casos de má conexão entre componentes, ocorrerá um superaquecimento chegando a níveis de risco de incêndio. O superaquecimento é descrito como um fenômeno pelo qual um condutor supera a temperatura desejada.

No caso de um disjuntor por exemplo, está mal dimensionado, e permite que grandes correntes elétricas sejam drenadas para a rede instalada, a quantidade de calor à qual a fiação estará submetida aumentará substancialmente, podendo danificar o isolamento dos cabos, causar perdas financeiras devido ao desperdício de energia, além de desgastar prematuramente toda a estrutura da instalação e aumentar o risco de princípios de superaquecimento e consequentemente o incêndio.

Na Figura 32 temos um caso de possível superaquecimento no sistema elétrico de distribuição, que podem ser por diversos fatores incorretos em uma instalação elétrica.



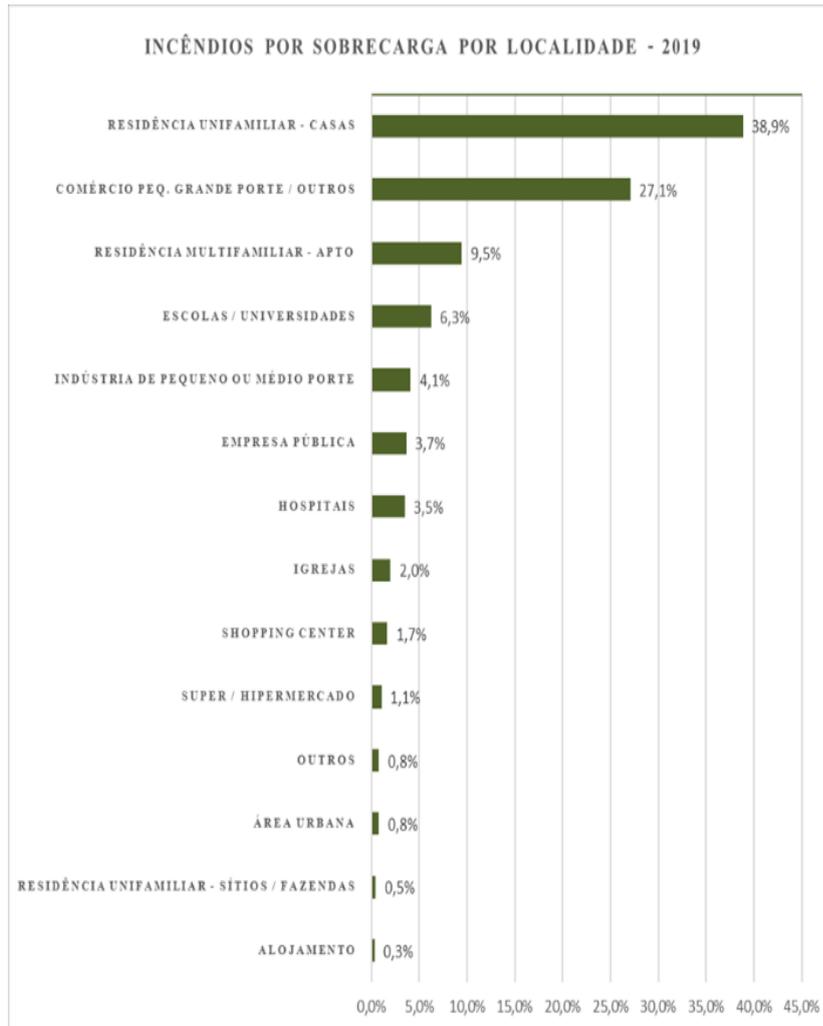
*Figura 32 – Exemplo de Superaquecimento.*

Como estudado anteriormente, outra causa comum de sobreaquecimento na rede elétrica devido ao Efeito Joule. Mesmo quando os disjuntores estão dimensionados, se os condutores não estão com as bitolas adequadas e bem apertadas para as correntes elétricas que vão conduzir, novamente teremos sobreaquecimento da rede elétrica e todos os problemas associados. Ao analisar mais profundamente os casos de incêndios por sobreaquecimento e sobrecarga elétrica, observa-se através de dados estatísticos na Tabela 9, que a região em que houve o maior percentual de casos em 2019 foi a Sudeste, região que foi a com o segundo maior percentual de mortes por choques elétricos. Em seguida, vem a região Nordeste, com 170 casos (25,9%) e a região Sul com 139 casos (21,2%).

*Tabela 8 – Quantidade de Incêndios por Superaquecimento*

Incêndios por sobreaquecimento - Região - 2019		
Região	Quantidade de incêndios	Percentual
Norte	75	11,4%
Nordeste	170	25,9%
Centro-Oeste	75	11,4%
Sudeste	197	30,0%
Sul	139	21,2%

Em segundo lugar, o 27,1% dos casos de incêndio por sobrecarga ocorreram em comércios de pequeno e grande porte, seguido pelas residências multifamiliares (apts), com 9,5% e pelas escolas/universidade com 6,3% dos casos observados.



*Gráfico 19 - Incêndio causado por sobrecarga.*

### **6.4.1 Efeito Joule**

Devido à grande extensão territorial do país, a distância entre a geração e os consumidores, os cabos condutores de energia elétrica sofrem com o aquecimento provocado pela passagem da corrente, nesse percurso ocorrem as perdas técnicas devido ao efeito joule, que consiste no aquecimento de um condutor, que ao ser percorrido por uma corrente elétrica, provoca a transformação de energia elétrica em energia térmica (ROCHA, 2011, p.109).

O efeito Joule é um fenômeno físico que consiste na conversão de energia elétrica em calor. A partir da lei de Joule, é possível calcular a quantidade de calor dissipada por um condutor que é atravessado por uma corrente elétrica. Para fazermos uso dessa lei, é necessário que a resistência elétrica do material seja constante, bem como a corrente elétrica que o atravessa.

## 7. ANÁLISE ECONÔMICA

As ligações clandestinas de energia elétrica são responsáveis por prejudicar o equilíbrio econômico- financeiro das distribuidoras, devido à diminuição das receitas com a redução do faturamento e pelo aumento da tarifa dos consumidores regulares para compensar o prejuízo gerado com o furto de energia; e aumentar a necessidade de geração de energia, para suprir o enorme desperdício dos consumidores que possuem alto nível de consumo por realizar ligações irregulares, (LIGHT, 2013a).

Chama-se a atenção para a diversidade socioeconômica, compara-se dados no Brasil, e propõe-se identificar os aspectos mais relevantes a serem considerados na regulação sobre o tema, discutindo procedimentos e metodologias para o equacionamento do montante de recursos a serem aplicados para adequação de redução dessas perdas de energia.

Segundo o decreto nº 4.562 de 2002, são consideradas nas tarifas de energia as parcelas relacionadas aos custos de transporte e das perdas de energia elétrica, assim como os encargos de conexão e setoriais do segmento de consumo. Um dos motivos da tarifa de energia elétrica estar entre as mais altas do mundo consiste no alto nível de perdas, embora a alta carga tributária seja a principal causa. E as altas tarifas implicam em altos níveis de inadimplência e furto de energia em diversas regiões do país, em diversos tipos de renda.

Em vista dos dados apresentados seguintes na Tabela 9 e Gráfico 20, por meio da multiplicação do preço médio as tarifas das concessionárias pela quantidade de energia elétrica perdida, verifica-se que a perda total foi equivalente a R\$ 13,3 bilhões de reais entre novembro de 2017 e dezembro de 2018. Em relação ao tipo de perda, o montante equivalente a perda técnica foi de R\$ 7,03 bilhões de reais, seguido pela perda não técnica (4,81 bilhões de reais) e pela perda de energia na rede básica (1,49 bilhões).

*Tabela 9 - Perdas de Tarifas através das perdas no Brasil.*

MWh tarifas x Preço Médio em R\$ - entre novembro/2017 e dezembro de 2018	
Tipo de Perdas	Perdas em reais
Perdas Não Técnicas	R\$ 4.810.574.492,03
Perda Técnica	R\$ 7.027.803.024,51
Perda Rede Básica	R\$ 1.492.835.086,78
Perda Total	R\$ 13.331.212.603,32

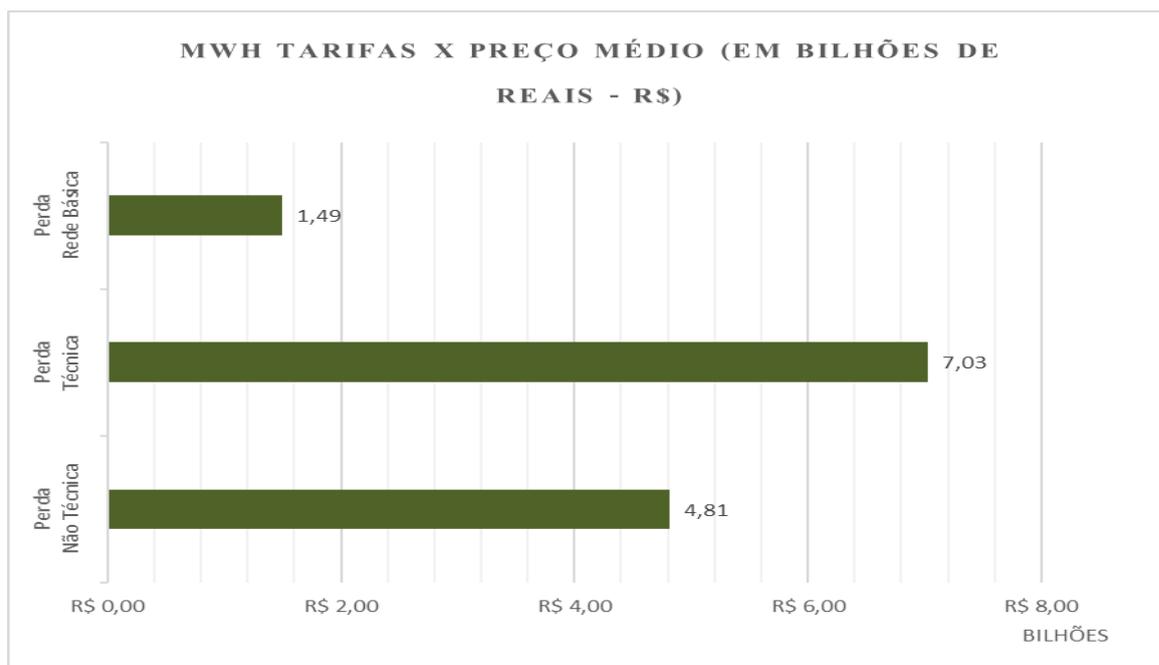


Gráfico 20 - MWh por tarifas.

Em relação as concessionárias, ao analisar a origem das perdas financeiras na Tabela 10 no período, a concessionária Light teve perda que equivaleu a 11,1% das perdas financeiras totais oriundas das perdas de energia (1,48 bilhões de reais). Em segundo lugar, a Cemig teve perda de 1,15 bilhões de reais, o que equivaleu a 8,63% das perdas financeiras do período, seguida pela Eletropaulo, com perda de 974 milhões de reais (7,31% do montante de perdas).

Tabela 10 - Quantidade de Energia Gerada por tarifas

Distribuidora	MWh considerados nas tarifas - novembro/2017 a dezembro/2018				R\$	MWh tarifas x Preço Médio (em mil reais - R\$)				Percentual da Perda Financeira durante o período
	Perda Não Técnica	Perda Técnica	Perda Rede Básica	Perda Total		Preço Médio Energia	Perda Não Técnica	Perda Técnica	Perda Rede Básica	
Light	5.130.709	2.269.009	480.511	7.880.229	187,77	963.398	426.054	90.226	1.479.678	11,10%
Cemig	1.377.841	4.268.649	490.317	6.136.807	187,37	258.159	799.796	91.868	1.149.824	8,63%
Eletropaulo	2.041.846	2.436.484	867.241	5.345.571	182,24	372.105	444.024	158.046	974.175	7,31%
Amazonas	2.691.478	724.129	73.770	3.489.376	229,46	617.575	166.156	16.927	800.658	6,01%
Celpa	2.012.088	1.223.518	239.606	3.475.212	190,51	383.328	233.095	45.648	662.071	4,97%
CPFL Paulista	816.045	1.926.390	566.689	3.309.124	184,00	150.154	354.461	104.272	608.888	4,57%
Coelba	770.909	2.493.361	442.762	3.707.032	160,91	124.045	401.199	71.244	596.487	4,47%
Copel	662.001	2.026.643	417.963	3.106.607	187,83	124.347	380.673	78.508	583.528	4,38%
Celpe	1.009.059	1.561.463	322.735	2.893.256	177,62	179.225	277.340	57.323	513.888	3,85%
Enel RJ	1.241.929	1.287.230	206.963	2.736.123	179,38	222.772	230.898	37.124	490.795	3,68%
Celesc	378.517	1.548.329	353.681	2.280.527	211,17	79.930	326.953	74.685	481.568	3,61%
Enel GO	347.791	1.486.519	216.401	2.050.712	196,89	68.476	292.680	42.607	403.763	3,03%
Elektro	251.988	939.934	548.747	1.740.669	198,39	49.991	186.471	108.865	345.327	2,59%

Enel CE	360.162	1.056.565	268.911	1.685.638	186,52	67.177	197.069	50.157	314.403	2,36%
Energisa MT	366.920	993.231	111.203	1.471.354	201,25	73.844	199.891	22.380	296.115	2,22%
EDP SP	492.388	749.236	201.200	1.442.824	203,97	100.430	152.818	41.038	294.286	2,21%
Cemar	486.381	928.737	171.722	1.586.840	185,16	90.058	171.964	31.796	293.818	2,20%
EDP ES	512.662	794.039	86.205	1.392.906	200,92	103.005	159.540	17.320	279.865	2,10%
CPFL Piratininga	208.113	820.588	213.725	1.242.425	203,87	42.429	167.295	43.573	253.296	1,90%
RGE	292.045	784.067	246.688	1.322.800	183,48	53.586	143.864	45.263	242.713	1,82%
CEEE	361.120	539.507	196.691	1.097.318	204,47	73.838	110.312	40.217	224.367	1,68%
CEAL	594.141	486.918	99.234	1.180.293	175,74	104.412	85.569	17.439	207.420	1,56%
Cepisa	374.953	562.097	106.196	1.043.246	189,89	71.201	106.739	20.166	198.105	1,49%
RGE Sul	201.658	631.752	197.152	1.030.563	190,69	38.455	120.472	37.596	196.523	1,47%
CEB	274.603	534.138	143.060	951.801	200,99	55.194	107.359	28.754	191.307	1,44%
Ceron	493.067	435.993	80.843	1.009.902	173,61	85.602	75.693	14.035	175.330	1,32%
Energisa MS	195.550	576.854	61.163	833.568	181,77	35.545	104.854	11.118	151.516	1,14%
Cosern	69.010	604.306	137.591	810.907	178,17	12.296	107.670	24.515	144.481	1,08%
Energisa PB	141.986	498.466	106.986	747.438	184,21	26.155	91.822	19.708	137.685	1,03%
CEA	458.614	196.897	31.127	686.637	153,04	70.184	30.132	4.764	105.080	0,79%
Energisa TO	86.167	285.666	36.694	408.527	201,16	17.334	57.465	7.381	82.180	0,62%
ESS	20.341	375.503	41.367	437.210	183,73	3.737	68.993	7.600	80.330	0,60%
Energisa SE	79.278	255.160	75.897	410.334	174,09	13.801	44.420	13.213	71.434	0,54%
Boa Vista	165.225	90.357	-	255.582	278,10	45.949	25.128	-	71.077	0,53%
CPFL Santa Cruz	13.343	278.995	28.457	320.795	155,76	2.078	43.455	4.432	49.966	0,37%
Eletroacre	128.827	127.431	25.992	282.250	148,44	19.123	18.916	3.858	41.898	0,31%
Energisa MG	6.673	154.178	13.536	174.387	198,90	1.327	30.665	2.692	34.685	0,26%
CERR	-	106.520	-	106.520	256,71	-	27.345	-	27.345	0,21%
ELFSM	13.654	48.268	12.577	74.499	218,64	2.985	10.553	2.750	16.289	0,12%
Sulgipe	10.204	45.030	-	55.234	213,96	2.183	9.635	-	11.818	0,09%
Energisa BO	9.986	42.340	11.134	63.460	175,09	1.749	7.413	1.950	11.112	0,08%
Iguaçu Energia	4.441	21.641	2.651	28.734	193,53	860	4.188	513	5.561	0,04%
Energisa NF	0	23.199	-	23.199	226,69	0	5.259	-	5.259	0,04%
DME-PC	1.694	23.095	4.220	29.009	155,11	263	3.582	655	4.500	0,03%
Cocel	1.681	14.775	-	16.456	248,69	418	3.674	-	4.092	0,03%
Eletrocar	1.956	12.900	-	14.856	233,13	456	3.007	-	3.463	0,03%
Cooperlândia	200	16.943	-	17.143	163,20	33	2.765	-	2.798	0,02%
CHESP	1.086	13.170	3.103	17.358	150,64	164	1.984	467	2.615	0,02%
DEMEI	3.621	7.366	-	10.987	229,83	832	1.693	-	2.525	0,02%
Nova Palma	471	8.356	-	8.827	146,05	69	1.220	-	1.289	0,01%
Hidropan	336	4.878	-	5.214	233,16	78	1.137	-	1.216	0,01%
EFLUL	87	3.891	-	3.978	277,54	24	1.080	-	1.104	0,01%
MUX Energia	628	4.483	-	5.111	150,89	95	676	-	771	0,01%
Forcel	353	3.292	978	4.623	146,01	52	481	143	675	0,01%
EFLJC	179	730	-	909	276,81	50	202	-	252	0,00%
<b>TOTAL</b>	<b>25.166.008</b>	<b>37.353.212</b>	<b>7.943.688</b>	<b>70.462.908</b>	<b>189,30</b>	<b>4.810.574</b>	<b>7.027.803</b>	<b>1.492.835</b>	<b>13.331.213</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor. Dados: ANEEL

A indústria brasileira já convive há tempos com impactos econômicos do aumento do custo de energia elétrica. E as ligações clandestinas de energia tem agravado ainda mais esse cenário, uma vez que, além de acarretar riscos de acidentes graves à população, também onera o consumidor final, já que esse desvio é repassado à tarifa de energia. Diversas variáveis socioeconômicas estão associadas às perdas de energia elétrica, entre as quais, pode-se considerar como as mais importantes a violência, a renda, e aspectos culturais. Com isso, há fatores além das instalações irregulares, que podem afetar diretamente a perda econômica e acarretar problemas financeiros no país inteiro.

## **7.1 Impacto nas Tarifas de Energia Elétrica**

De acordo com a ANEEL, temos que os impactos financeiros das perdas na tarifa de energia também podem ser segregados pelas perdas técnicas e não técnicas. Em 2019, o custo das perdas técnicas, obtido pela multiplicação dos montantes pelo preço médio da energia nos processos tarifários, sem considerar tributos, é da ordem de R\$ 7,9 bilhões.

Essas perdas, inevitáveis em qualquer sistema de distribuição, são repassadas aos consumidores, já se considerando a operação eficiente das redes e, portanto, não são passíveis de maiores reduções. Os custos das perdas na rede básica considerados nas tarifas foram de aproximadamente R\$ 1,6 bilhão. As perdas não técnicas reais no país, utilizando o mesmo método acima, representaram um custo de aproximadamente R\$ 7,4 bilhões em 2019.

No entanto, as perdas não técnicas regulatórias, que são calculadas conforme a metodologia da ANEEL, considerou um custo de aproximadamente R\$ 5,3 bilhões ao ano, o que representa aos consumidores cerca de 3,0% do valor da tarifa de energia elétrica, variando por distribuidora.

Além disso, temos que a Figura 33 abaixo apresenta, por concessionária, os valores das perdas que constam nas tarifas e sua representação em relação à parcela destinada aos custos dos serviços de distribuição (operação e manutenção, investimentos e depreciação). Os valores das perdas não técnicas contidos nas tarifas representaram, na média Brasil em 2019, aproximadamente 10,3% dos valores descritos. Caso elas consigam reduzir suas perdas, elas podem se apropriar da diferença entre valor observado e meta estipulada nas revisões tarifárias periódicas. Do contrário, elas perdem financeiramente. Trata-se assim de mais um exemplo concreto da regulação por incentivos.

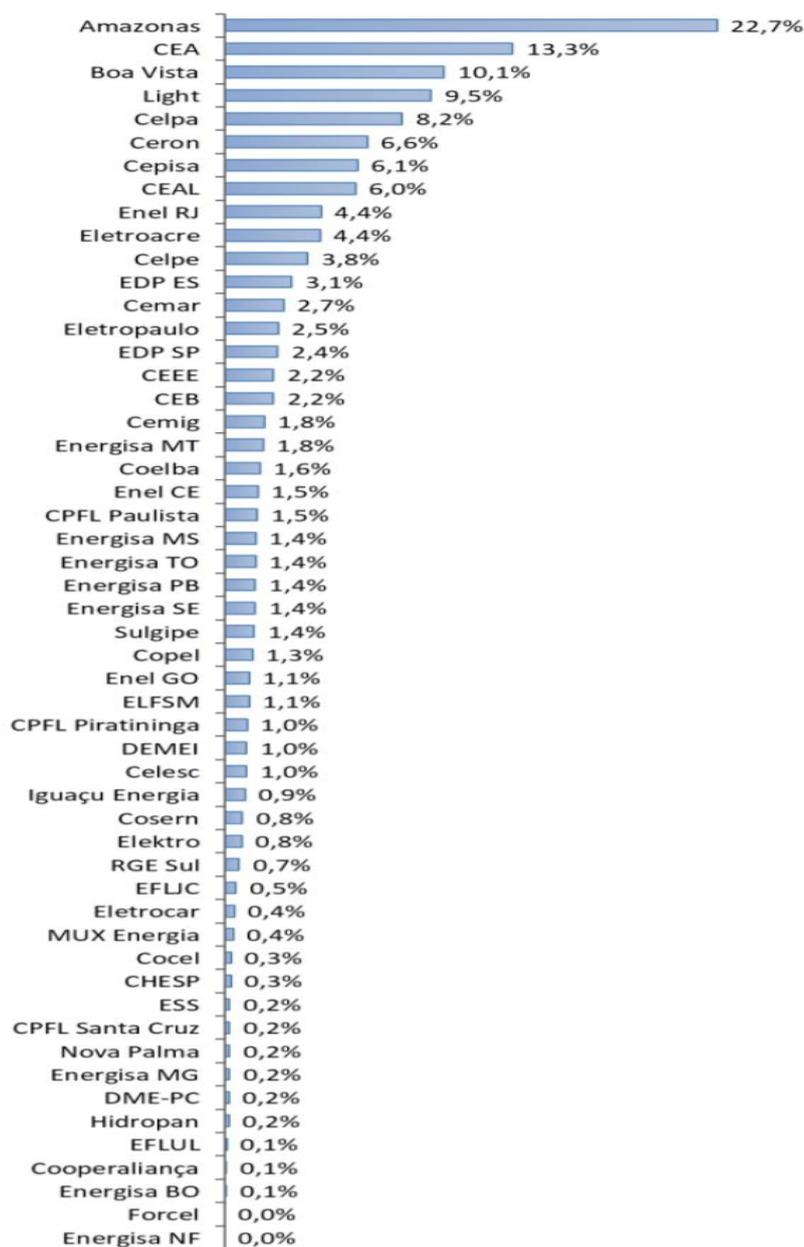


Figura 33 - Representatividade dos custos das Perdas Não Técnicas Regulatórias sobre a Receita Requerida (2019).

Neste sentido, o objetivo e a atenção da Agência Reguladora é estipular uma trajetória de redução de perdas, reduzindo os valores reconhecidos após cada ciclo de revisão tarifária periódico, atuando como uma forma de incentivo para adoção de medidas de redução de perdas, por parte das distribuidoras.

Para a inclusão sobre as tarifas de energia elétrica, o conceito de inadimplência refere-se aos casos onde o cliente se recusa ou não consegue fazer o devido pagamento pela energia consumida na data estipulada pela concessionária. A ausência de retorno constante dos recursos investidos na prestação dos serviços, tem repercussões econômicas importantes e de

complexa quantificação.

Da mesma forma que ocorre com as ligações clandestinas, as empresas do setor têm gerado alternativas de ações para melhorar a efetividade da gestão de cobranças realizadas com os grupos de usuários inadimplentes. A segmentação de clientes, a classificação de risco, a definição de novas práticas e ações de cobrança têm se mostrado como algumas das políticas adequadas de combate a este problema. Caso o consumidor é pego furtando, tem sua ligação elétrica normalizada e é emitido um parcelamento da multa e da energia furtada. Se este cliente não paga sua conta e/ou o parcelamento ele passa a ser inadimplente, até que seu fornecimento de energia seja cortado. Um consumidor sem energia pode vir a voltar a furtar, tornando-se novamente um problema de perdas comerciais.

Dentre os caminhos possíveis para se atingir o objetivo de descobrir quais são os clientes fraudadores de uma empresa de distribuição de energia elétrica, um tem tido destaque para melhorar as estatísticas da busca de fraudes, com grande aceitação nas concessionárias brasileiras: a utilização de Mineração de Dados.

A mineração de dados é responsável por ser um processo de explorar dados à procura de padrões consistentes, como regras de associação ou sequências temporais, para detectar relacionamentos sistemáticos entre variáveis, detectando assim novos subconjuntos de dados. Com isso, ao analisar os padrões de um cliente, tendo análise de grau de consumo por uma determinada época, poderá averiguar se há possibilidade de uma ligação clandestina ligada. Porém, caso a fraude tenha sido efetuada em uma data anterior ao início do histórico de consumo disponível, naturalmente não existirá degrau, e o método será ineficaz.

É importante colocar que diferentemente da busca aos furtos, que é normalmente feita a partir da identificação do núcleo em áreas, normalmente já mapeadas pelas concessionárias, as fraudes são de difícil descobrimento. Uma simples inspeção visual, na maioria das vezes, não consegue detectar uma fraude, pois são feitas exatamente com o objetivo de não serem encontradas, além de uma maioria serem instaladas de formas escondidas, capazes de não serem identificáveis ao olhar.

Conforme disposto no art 13 da Lei nº8.978/95, as tarifas das concessionárias podem ser diferenciadas em função das características técnicas e dos custos específicos provenientes do atendimento aos distintos segmentos dos usuários locais. A ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão,

distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado. Então, para melhor entendimento na formação do preço final das tarifas são utilizados como componentes a Parcela A e a Parcela B.

De acordo com a ANEEL, temos que a Parcela A envolve os custos incorridos pela distribuidora relacionados às atividades de geração e transmissão, além de encargos setoriais previstos em legislação específica. Trata-se de custos cujos montantes e preços, em certa medida, escapam à vontade ou gestão da distribuidora. Os itens que compõe a Parcela A são: Custo de Aquisição de Energia, Custo com Transporte de Energia e Encargos Setoriais.

Ainda de acordo com a ANEEL, que descreve que a Parcela B representa os custos diretamente gerenciáveis pela distribuidora. São custos próprios da atividade de distribuição que estão sujeitos ao controle ou influência das práticas gerenciais adotadas pela empresa. Para fins de cálculo tarifário, a Parcela B é composta de Custos Operacionais, Receitas Irrecuperáveis, Remuneração de Capital e Cota de Depreciação. Além disso, é subtraída da parcela compartilhada de Outras Receitas.

No Brasil, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regula o serviço de distribuição de energia elétrica e estabelece limites de perdas não técnicas, de acordo com oito indicadores socioeconômicos, para cada área de concessão. Quando há um reconhecimento de um nível maior de perdas, há o aumento da tarifa da concessionária, podendo instaurar um ciclo vicioso no sistema. Se o regulador reconhecer na tarifa um nível maior de perdas, de custos de manutenção e/ou de investimentos eficientes necessários para o combate, pode-se comprometer a capacidade de pagamento de consumidores de baixa renda e levar muitos a incorrer em práticas irregulares (TASDOVEN, FIEDLER e GARAYEV, 2012).

## 8. CONCLUSÃO

O aperfeiçoamento da metodologia para a análise de ligações clandestinas por segmentos torna-se fundamental para a localização de elevados índices de perdas técnicas, e conseqüentemente, perdas não-técnicas, assim como problemas econômicos e de segurança. A busca por essa melhoria tem-se intensificado com os crescentes índices de perdas nos sistemas de distribuição. Esse trabalho procurou abordar os principais aspectos pertinentes que visaram identificar os aspectos sobre as ligações clandestinas, pontuando os fatores econômicos, jurídicos e regulatórios, de combate e de prevenção, que foram abordados em maior ou menor profundidade, ajudando a traçar um panorama do problema.

O aumento das ligações clandestinas nos sistemas de distribuição e a dificuldade na localização dessas perdas motivaram o desenvolvimento deste trabalho, que apresenta simulações que mostram a utilização das curvas de cargas medidas nas instalações elétricas. Porém, mesmo com dados considerados consistentes, são diversos os fatores que podem interferir negativamente na análise de ligações clandestinas nos sistemas de distribuição, como por exemplo, os riscos causados pela instalação irregular. Outro fator importante a ser refinado é a quantidade perdida em bilhões de reais em perdas de energia.

Na simulação realizada, é possível observar através dos resultados obtidos, os riscos que causam as ligações clandestinas instaladas na rede elétrica, além de contribuir para identificar quais os segmentos e alimentadores que estão contribuindo para os elevados índices de perdas.

As ações a serem tomadas para a redução das perdas técnicas dependem dos dados disponíveis do sistema e ajuda de consumidores pelo uso consciente e regular. As concessionárias e agências de regulação são ferramentas eficientes para identificar as ligações clandestinas nos sistemas de distribuição, e então, obter os locais (segmentos, alimentadores ou subestações) que apresentam problemas em relação às perdas técnicas e não-técnicas e, então, serem adotados planos de ações imediatas, visando a minimização dessas perdas (melhor custo/benefício).

## 8.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

O fator de permanecer índices ainda altos das ligações clandestinas na rede de distribuição elétrica, torna-se uma análise de como pode ser diminuído essa quantidade, a fim de trazer novas técnicas e tecnologias para o combate da fraude e furto. Além disso, conforme observado neste estudo, a análise da metodologia para combate e detecção de perdas técnicas depende de diversos fatores, sendo um dos principais, a quantidade e consistência dos dados utilizados. O fator de cálculo, traz com que a realidade das perdas, que são coletados através da subtração das perdas técnicas em relação às perdas totais pode levar a resultados que não condizem com a realidade. Isto deve-se principalmente a falta de sincronismo entre as medições de entrada e de saída do sistema, ou seja, do cálculo das perdas totais.

Questiona-se, como hipótese, se as razões ou motivações do consumidor fraudulento de energia elétrica, seriam devidos aos fatores econômicos, sociais, culturais que integram o comportamento do consumidor de energia elétrica ou, ainda, por falta de um controle, de uma fiscalização mais rígida, por parte das empresas que distribuem energia elétrica nos municípios, nos bairros e nas localidades.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma inserção de tecnologias voltadas para Inteligência Artificial, automação e sistemas de telecomunicações. E com isso, integrar o cálculo das perdas técnicas e não-técnicas obtendo-as e localizando-as de forma consistente, combatendo em grande número as ligações clandestinas em todo o mundo e melhorando o faturamento das pessoas e do sistema econômico.

# Referências Bibliográficas

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Metodologia de Tratamento Regulatório para Perdas Não Técnicas de Energia Elétrica. Brasília: 2015a.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. DECRETO Nº 41.019, DE 26 DE FEVEREIRO DE 1957. Regulamenta os serviços de energia elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/dec195741019.pdf>>. Acesso: novembro de 2020

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Impacto Regulatório. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/impacto-regulatorio>>. Acesso em outubro de 2020

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Indicadores da Distribuição: Tarifa Social de Energia Elétrica: Evolução Mensal por Distribuidora. Brasília: 2019b.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Perdas de Energia. Aneel, 2020. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/metodologia\\_distribuiacao//asset\\_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/metodologia_distribuiacao//asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false)>. Acesso em: Agosto de 2020.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional - PRODIST. Revisão 8. ed. [S.l.]: [s.n.], v. Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica, 2020.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. PRODIST – Módulo7.Aneel,2020. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo7\\_Revisao\\_5+-+Retificado/669bf2b6-7fb4-07e8-f5fd-0bea4d83ad34](https://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo7_Revisao_5+-+Retificado/669bf2b6-7fb4-07e8-f5fd-0bea4d83ad34)>. Acesso em: 21 de agosto de 2020.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Regulação do Setor Elétrico. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/regulacao-do-setor-elétrico>>. Acesso em novembro de 2020

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Relatório de Acompanhamento da Implantação de Empreendimentos de Geração. ANEEL. [S.l.]. 2017. (10).

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa Nº 166, de 10 de outubro de 2005. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/>

cedoc/bren2005166.pdf>. Acesso em julho de 2020.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. BIG - Banco de Informações de Perdas de Energia. ANEEL, 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br>>. Acesso em Junho de 2020.

AHMAD, T. Non-technical loss analysis and prevention using smart meters. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 72, p.573-589, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.100>.

ARAÚJO, A. Perdas e inadimplência na atividade de distribuição de energia elétrica. 2007. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ASEVEDO, F. Abordagem Linear Generalizada para estimar perdas não técnicas de energia elétrica. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS PERIGOS DA ELETRICIDADE- ABRACOPEL. Anuários Estatísticos sobre segurança. Disponível em :<<https://abracopel.org/estatisticas/>>. Acesso em outubro de 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA- ABRADE. Disponível em: <<https://www.abradee.org.br/>>. Acesso em novembro de 2019 base 2016. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p. 292. 2017.

BELABES, B.; YOUCEFI, A.; GUERRI, O.; DJAMAI, M.; KAABECHE, A. Evaluation of wind energy potential and estimation of cost using wind energy turbines for electricity generation in north of Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 51, p. 1245-1255, 2020.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. O Setor Elétrico. Disponível em [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro\\_setorial/setorial14.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf). Acessado em setembro de 2020

CAMARGOS, R. S. C. Análise técnica de impactos e limite de penetração da geração distribuída fotovoltaica em uma rede radial de distribuição - Estudo de caso para o alimentador

da embaixada da Itália em Brasília. Universidade de Brasília. Brasília, DF, p. 220. 2013.

CELG D. NTC-71 - Requisitos para a Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição da CELG D. CELG Distribuição. [S.l.]. 2016. (NTC 71).

CERON, L. F.; PORTO, L. P. CONVERÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS: Protocolo de Kyoto e a Política Nacional Sobre Mudança do Clima. Revista CONSTITUIÇÃO FEDERAL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em setembro de 2020.

COELHO, J. S. Tratamento regulatório de perdas não técnicas. 3ª Conferência da Associação de Reguladores de Energia dos Países de Língua Oficial Portuguesa – RELOP. 2010, Rio de Janeiro.

DA ROCHA, F. Sociedade – Um basta ao gato. Migalhas, 2020. Disponível em: <<https://migalhas.uol.com.br/depeso/34034/sociedade-um-basta-ao-gato>>. Acesso em: 21 de agosto de 2020.

Eletrônica do Curso de Direito - UFSM, Santa Maria. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/revistadireito/article/viewFile/8368/5056>>. Acesso em: setembro 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2017: Ano ENERDATA. Global Energy Statistical Yearbook 2017. Enerdata, 2016. Disponível em: <[yearbook.enerdata.net](http://yearbook.enerdata.net)>. Acesso em setembro de 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acessado em outubro de 2020

G. POSPELOV, N. SICH, “Perdas de Potência e de Energia em Redes Elétricas”, Energoatomizdat, Moscow, p.216, 1981.

GÖNEN, T. Electric Power distribution system engineering. New York: McGraw-Hill. McGraw-Hill series in electrical engineering, 1986.

GREGORIO, J. V. Modelagem do sistema elétrico do campus Darcy Ribeiro da UnB para avaliação da inserção de sistemas fotovoltaicos. Dissertação de graduação (UnB), Brasília, DF, 2017

GUERRA, J.B.S.O.A.; DUTRA, L.; SCHWINDEN, N.B.C.; ANDRADE, S.F. Future scenarios and trends in energy generation in brazil: supply and demand and mitigation forecasts. *Journal of Cleaner Production*, v. 103, p. 197-210, 2020.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Key World Energy Statistics 2016.13 Setembro 2017. Disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)>.

INSTITUDO ACENDE BRASIL. Perdas comerciais e inadimplência no setor elétrico. Disponível em: <[https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/04/2017\\_WhitePaperAcendeBrasil\\_18\\_PerdasInadimplencias.pdf](https://acendebrasil.com.br/wp-content/uploads/2020/04/2017_WhitePaperAcendeBrasil_18_PerdasInadimplencias.pdf)>. Acesso em novembro de 2020.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. de; ROBBA, E. J. Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica. 1. ed. São Paulo: Editora Edigard Blucher, 2005. 6, 8, 11, 15, 17, 20

KEBIR, N.; MAAROUFI, M. Technical losses computation for short-term predictive management enhancement of grid-connected distributed generations. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 76, p.1011-1021, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.122>.

LIGHT. Contribuição à Audiência Pública nº 089/2013: Perdas Não Técnicas. Rio de Janeiro: 2013a.

MACEDO, W. E. de et al. Avaliação das perdas elétricas no sistema distribuição da SAELPA. In: CICLO PALESTRAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2., 1993, Olinda. Anais... [Olinda]: s. n., [1993].

MAMEDE FILHO, J. Instalações Elétricas Industriais. 8a Edição. ed. RJ: LTC, 2011.

MÉFFFE, A. Cálculo de Perdas Técnicas em Sistemas de Distribuição - Modelos Adequáveis às Características do Sistema e à Disponibilidade de Informações. 2006. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo,

2006.

MENDONÇA, T. Tratados Internacionais - Mudanças Climáticas. A Geografia Levada a Sério, -. Disponível em: <tiberioge.com.br>. Acesso em: Setembro 2019.

MESSINIS, G. M. and Hatziargyriou, N. D. (2018). Review of non-technical loss detection methods. Electric Power Systems Research, 158:250–266

NEITZEL, Dennis K. The hazards of the electricity – Do you what they are?. Disponível em: Acesso em: 14 Outubro de 2020.

NEITZEL, Dennis K. The hazards of the electricity – Do you what they are. Brasil, p.25-36.

NETO, A.; NUNES, R. Traçado Urbano e Criminalidade Carioca: Aspectos Históricos da Favelização do Rio De Janeiro. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p.39-54, jan. 2012.

OLIVEIRA, VICTOR - O cenário atual no mundo e a importância da utilização de fontes de energia eólica e solar. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7752/2/ImportanciaEnergiaEolicaSolar.pdf>. Acessado em outubro de 2020.

OLIVEIRA, MARCELO ESCOBAR - Avaliação de metodologias de cálculo de perdas técnicas em sistemas de distribuição de energia elétrica / Marcelo Escobar de Oliveira. .. Ilha Solteira : [s.n.], 2009. Acessado em outubro de 2020.

PENIN, C. Combate, prevenção e otimização das perdas comerciais de energia elétrica. 2008. 214 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PUNARO, BLEY. Fraudes mais Comuns na Medição de Energia Elétrica. Disponível em: <https://sites.google.com/site/punarobley/fraudes-mais-comuns-na-medicao-de-energia-eletrica>. Acesso em outubro de 2020.

QUEIROZ, L. M. O. de; Estimação e análise das perdas técnicas na distribuição de energia elétrica. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

REIS, Lineu Belico dos. Energia Elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais. Barueri, São Paulo: Manole, 2006

ROCHA, Fábio Amorim da. As Irregularidades no Consumo de Energia Elétrica: Doutrina, Jurisprudência e Legislação. Rio de Janeiro: Synergia, 2011

SURIYAMONGKOL, D. Non- Technical Losses in Electric Power Systems. Ohio, 2002.

TASDOVEN, H; FIEDLER, B; GARAYEV, V. Improving electricity efficiency in Turkey by addressing illegal electricity consumption: A governance approach. Energy Policy, v. 43, p.226-234, 2012.

TASDOVEN, H; FIEDLER, B; GARAYEV, V. Improving electricity efficiency in Turkey by addressing illegal electricity consumption: A governance approach. Energy Policy, v. 43, p.226-234, 2012.

VIEIRALVES, E. X. Proposta de uma metodologia para avaliação das perdas comerciais dos sistemas elétricos: o caso de Manaus. 2005. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, 2005.