REVISTA DE TECNOLOGIA APLICADA (RTA)
Vol. 15, No. 1, Jan-Abr 2026, p.79-105
ISSN: 2237-3713

Análise comparativa das principais concessionárias de energia elétrica representativas nas regiões geográficas do Brasil no aspecto dos indicadores de qualidade e redes inteligentes*

Comparative analysis of the main electricity utility companies representing the geographic regions of Brazil in terms of quality indicators and smart grids

Paulo Roberto Siqueira Costa
Universidade Federal Fluminense
paulosiqueira@id.uff.br

Henrique Oliveira Toscano Henriques
Universidade Federal Fluminense
hohenriques@id.uff.br

Marcio Zamboti Fortes
Universidade Federal Fluminense
mzamboti@id.uff.br

Bruno Soares Moreira Cesar Borba
Universidade Federal Fluminense
bborba@id.uff.br

RESUMO
O setor de energia elétrica no Brasil é caracterizado por um mercado diversificado, onde diferentes distribuidoras operam em regiões específicas. Essas empresas são avaliadas com base em indicadores de qualidade e na adoção de tecnologias de redes inteligentes (smart grids), que são essenciais para a modernização do setor e melhoria do serviço ao consumidor. Os indicadores de qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica são estatísticas usadas para avaliar a eficiência e a confiabilidade das entregas não fornecidas de energia. Esses indicadores são regulamentados por órgãos como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). No Brasil desempenham papel fundamental para garantir que as empresas atendam aos padrões exigidos. Redes inteligentes, ou smart grids, são sistemas avançados de distribuição de energia elétrica que integram tecnologias digitais, automação e comunicação para melhorar a eficiência, confiabilidade e sustentabilidade no fornecimento de energia. Essas redes representam uma evolução das redes elétricas tradicionais, permitindo uma gestão mais dinâmica e interativa do sistema. Este trabalho apresenta uma análise comparativa de cinco concessionárias de energia elétrica representativas nas regiões geográficas do Brasil, no aspecto dos indicadores de qualidade e redes inteligentes. Este trabalho avalia como as concessionárias têm implementado soluções de redes inteligentes, como medidores inteligentes, automação de redes, monitoramento em tempo real e outros aspectos que melhoram a eficiência e a qualidade do serviço. A análise comparativa revela um cenário heterogêneo entre as concessionárias no Brasil, tanto em qualidade quanto em modernização tecnológica. O trabalho conclui que as concessionárias com maior integração de redes inteligentes, apresentam melhores indicadores

* Recebido em 25 de março de 2025, aprovado em 27 de março de 2026, publicado em 30 de abril de 2026.

de qualidade e que as concessionárias do sudeste e sul lideram em qualidade e inovação, enquanto outras regiões apresentam oportunidades para melhorias.

Palavras-chave: Qualidade de energia. Rede inteligente. Concessionárias de energia elétrica

ABSTRACT
The electric power sector in Brazil is characterized by a diverse market, with different distributors operating in specific regions. These companies are assessed based on quality indicators and the implementation of smart grid technologies, which are crucial for modernizing the sector and enhancing customer service. Quality indicators for electricity distribution services are statistical measures used to evaluate the efficiency and reliability of energy supply. Organizations such as the National Electric Energy Agency (ANEEL) regulate these indicators and play a fundamental role in ensuring compliance with the required standards in Brazil. Smart grids are advanced energy distribution systems that incorporate digital technologies, automation, and communication to enhance the efficiency, reliability, and sustainability of energy supply. These networks represent an advancement over traditional electrical grids, enabling more dynamic and interactive system management. This study conducts a comparative analysis of five representative electric power distributors from different geographic regions of Brazil, focusing on quality indicators and smart grid adoption. It examines how these distributors have implemented smart grid solutions, including smart meters, network automation, real-time monitoring, and other technologies that enhance service efficiency and quality. The findings reveal a heterogeneous landscape among Brazilian distributors in terms of both service quality and technological modernization. The study concludes that distributors with higher levels of smart grid integration achieve superior quality indicators, with companies in the Southeast and South regions leading in both quality and innovation, while other regions present significant opportunities for improvement.

Keywords: Power quality. Smart grid. Electric utility.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica tem um papel fundamental nos dias de hoje. As redes elétricas tradicionais enfrentam desafios crescentes com o aumento da demanda energética, a integração de fontes renováveis e a necessidade de maior eficiência e confiabilidade. Neste contexto as redes inteligentes aparecem como uma solução inovadora, combinando infraestruturas elétricas convencionais com tecnologias de ponta.

As redes inteligentes tornaram-se um elemento central para a modernização do setor elétrico, inclusive no Brasil. A adoção desse conceito pelas concessionárias de energia elétrica, busca melhorar a eficiência operacional, garantir uma melhor gestão da demanda, reduzir perdas e integrar fontes renováveis de maneira mais eficiente.

O trabalho procura realizar uma análise comparativa explorando as principais concessionárias brasileiras em relação à adoção de redes inteligentes, considerando aspectos como investimentos, qualidade, tecnologias utilizadas, abrangência geográfica e resultados obtidos. Isso permitirá identificar oportunidades de desenvolvimento e as principais barreiras que ainda precisam ser superadas para que o Brasil avance na transição para uma infraestrutura energética mais eficiente e sustentável.

A motivação deste trabalho é análise entre as concessionárias de energia do Brasil no que se refere à implementação de redes inteligentes e envolve uma análise teórica baseada em diferentes fatores, como grau de maturidade tecnológica, investimentos e os desafios específicos de cada região. O trabalho está estruturado da seguinte forma: nesta seção apresenta-se aspectos gerais sobre o trabalho desenvolvido, bem como a motivação e objetivo da pesquisa. Na seção seguinte são descritos os principais fundamentos e conceitos pertinentes às características relativas ao aspecto Smart Grids nas principais concessionárias no Brasil. Na seção 3 consta a metodologia e pesquisa de dados realizados. Na seção 4 o estudo realizado, comparando as informações das principais concessionárias dentro das regiões geográficas do Brasil. A seção 5 apresenta as análises de resultados e a seção 6 as considerações finais do estudo (Ramos et al., 2021).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de Redes Inteligentes

Redes inteligentes, ou smart grids, são sistemas de energia elétrica que integram tecnologias de informação e comunicação para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a sustentabilidade da distribuição de energia elétrica. Eles utilizam sensores, medidores inteligentes, automação e software avançado para monitorar e gerenciar a geração, transmissão, distribuição e consumo de energia em tempo real (Gabrielli et al., 2015).

Esse sistema permite uma interação bidirecional entre fornecedores e consumidores, facilitando a integração de fontes de energia renovável (como solar e eólica), melhorando a detecção de falhas na rede, e permitindo que os consumidores monitorem seu consumo de energia e até ele vender de volta à rede a energia que gera em excesso, como nos casos de painéis solares residenciais. As redes inteligentes foram projetadas para um sistema elétrico mais resiliente, com menos perdas e um melhor gerenciamento da demanda de energia (Machado, 2016; Calixto, 2017).

2.2 Regulação do Setor Elétrico no Brasil

O setor elétrico brasileiro é regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma entidade reguladora do setor elétrico no Brasil. Ela é responsável por regular, fiscalizar, conceder e supervisionar a produção, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica no país (Castro, 2007; Tolmasquim, 2016).

A ANEEL atua para garantir que o fornecimento de energia seja feito de forma adequada e que os direitos dos consumidores sejam respeitados, além de promover a eficiência e a expansão dos serviços elétricos no Brasil. Ela também estabelece tarifas e condições de fornecimento para as concessionárias de energia. Que estabelece normas e padrões de qualidade para as concessionárias. A ANEEL tem um papel fundamental na definição de políticas que incentivam a inovação e a adoção de tecnologias como as redes inteligentes (Pires, 2013; Souza, 2010).

A ANEEL analisa programas de incentivo à implementação de redes inteligentes, como o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Eficiência Energética. Esses programas

fomentaram projetos-piloto e a modernização de redes em diversas transações (Agência Nacional de Energia Elétrica, s.d.).

2.3 Indicadores de Qualidade

Os indicadores de qualidade das distribuidoras de energia elétrica medem a eficiência e a confiabilidade do serviço prestado. No Brasil, esses indicadores são regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e têm como objetivo garantir que as distribuidoras ofereçam um serviço adequado aos consumidores. Aqui estão alguns dos principais indicadores de qualidade utilizados:

- DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) - Mede o tempo médio, em horas, que uma unidade consumidora fica sem energia elétrica ao longo de um período.
- FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) - Mede a quantidade média de vezes que uma unidade consumidora fica sem energia elétrica ao longo de um período.
- DMIC (Duração Máxima de Interrupção Contínua por unidade consumidora) - Mede o tempo máximo permitido para que uma interrupção de energia seja restabelecida.
- DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora) - Mede o tempo total de interferência em cada unidade de consumo individualmente.
- FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora) - Mede o número de vezes que uma unidade de consumo específica ficou sem energia.
- ENS (Energia Não Suprida) - Mede a quantidade de energia que deixou de ser fornecida aos consumidores devido a interrupções.
- DME (Duração Média das Interrupções) - Mede a duração média de cada interrupção de fornecimento de energia.

Esses indicadores são fundamentais para que a ANEEL possa regular e fiscalizar a qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias. Eles permitem identificar falhas, avaliar o desempenho no fornecimento de energia e estabelecer metas de qualidade, que são essenciais para garantir que os consumidores tenham acesso a um serviço de energia confiável e com qualidade (Montenegro, 2015; Bollen, 2000; Dugan et al., 2012; ANEEL, 2021).

3. METODOLOGIA

3.1 Objeto do Estudo

O objetivo do estudo apresentado neste trabalho é analisar e identificar o nível de adoção, implementação e desenvolvimento de redes inteligentes, nas principais empresas de distribuição de energia elétrica, das regiões geográficas do Brasil. A metodologia aplicada neste trabalho foi a análise comparativa para:

• Identificar boas práticas: Avaliar como as concessionárias têm implementado soluções de redes inteligentes, como medidores inteligentes, automação de redes, monitoramento em tempo real e outros aspectos que melhoram a eficiência e a qualidade do serviço.

• Mapear o estágio de atualização tecnológica: Comparar o grau de atualização de cada tecnologia em relação às tecnologias de redes inteligentes. Isso inclui analisar o avanço em termos de infraestrutura, tecnologia e sistemas de gestão.

3.2 Procedimento de Coleta de Dados

Para este estudo houve a escolha de cinco das principais concessionárias de distribuição de energia elétrica representantes das regiões do Brasil, para uma análise isenta, não foram identificadas, mas nomeadas das seguintes formas:

- Concessionária Sudeste;
- Concessionária Sul;
- Concessionária Nordeste;
- Concessionária Centro-Oeste;
- Concessionária Norte.

Figura 1: Regiões do Brasil



Todas estas empresas de grande porte especializadas em distribuição de energia elétrica, atuam nas respectivas áreas de concessão de acordo com a Regulamentação ANEEL.

Este trabalho compara estas cinco empresas e busca-se identificar boas práticas; mapear o estágio de atualização tecnológica; analisar os impactos e benefícios; identificar desafios e oportunidades; comparar desempenho e inovação; orientar políticas públicas e estratégias de investimento; entender o impacto para os consumidores.

3.3 Procedimento de Análise de Dados

Após levantamento dos dados a serem analisados neste trabalho, foi realizada a pesquisa dos seguintes dados:

3.3.1 DEC e FEC

Foram pesquisados os valores de DEC e FEC de 2014 a 2023 de cinco concessionárias conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Valores de DEC e FEC. Fonte: ANEEL

Distribuidora	Ano da Apuração	Número de consumidores	DEC Apurado	FEC Apurado	DEC Limite	FEC Limite
Empresa Sudeste	2014	6.829.676	13,034434	5,145901	8,324474	6,39278
Empresa Sudeste	2015	6.691.270	23,778078	6,585509	8,055047	5,945911
Empresa Sudeste	2016	6.867.205	15,711969	6,876044	8,038406	5,920451
Empresa Sudeste	2017	7.027.623	11,716014	6,223291	7,780502	5,656713
Empresa Sudeste	2018	7.167.273	7,18333	4,392913	7,561866	5,259212
Empresa Sudeste	2019	7.229.913	6,444952	3,709305	7,404788	5,138021
Empresa Sudeste	2020	7.331.545	7,517433	3,840525	7,402247	5,14751
Empresa Sudeste	2021	7.433.463	6,770158	3,629964	7,339378	5,083225
Empresa Sudeste	2022	7.596.232	6,357237	3,396536	7,144618	4,915329
Empresa Sudeste	2023	7.764.461	6,77395	3,404355	7,112932	4,89212
Empresa Sul	2014	4.245.932	14,007082	8,91933	12,281908	10,045369
Empresa Sul	2015	4.367.476	13,666256	8,332996	11,783615	9,329642
Empresa Sul	2016	4.432.475	10,81665	7,294698	11,135703	8,74623
Empresa Sul	2017	4.508.955	10,455974	6,831084	10,876772	8,525738
Empresa Sul	2018	4.588.571	10,310058	6,221112	10,437065	8,011987
Empresa Sul	2019	4.663.329	9,109155	6,024276	10,047498	7,65908
Empresa Sul	2020	4.756.311	7,826711	5,609538	9,77791	7,381063
Empresa Sul	2021	4.871.061	7,21635	4,82546	9,284117	6,843344
Empresa Sul	2022	4.956.874	7,974015	5,281516	9,208046	6,80702
Empresa Sul	2023	5.042.648	7,850191	5,203341	8,704707	6,396904
Empresa Nordeste	2014	5.240.546	22,715319	7,803393	17,499658	10,780417
Empresa Nordeste	2015	5.391.277	24,772588	8,813838	16,654984	10,193402
Empresa Nordeste	2016	5.526.940	22,904292	8,792656	15,945675	9,532438
Empresa Nordeste	2017	5.627.688	19,82702	8,228936	15,079285	8,882355
Empresa Nordeste	2018	5.693.531	14,445313	6,433492	14,54036	8,431396
Empresa Nordeste	2019	5.791.952	12,184637	5,904055	14,529644	8,328807
Empresa Nordeste	2020	5.935.594	12,436414	5,544282	14,172272	7,878295
Empresa Nordeste	2021	6.036.965	11,443177	5,181944	13,749	7,571958
Empresa Nordeste	2022	5.816.619	11,405602	4,984879	13,589661	7,409256
Empresa Nordeste	2023	5.918.578	10,696862	4,965247	13,137557	6,861919
Empresa Centro Oeste	2014	955.459	15,778134	11,860435	11,383166	10,743449
Empresa Centro Oeste	2015	992.250	15,546599	11,67595	10,507458	9,256295
Empresa Centro Oeste	2016	1.024.080	9,657004	8,000515	10,058743	8,544563
Empresa Centro Oeste	2017	1.048.775	8,43565	7,103803	9,433868	7,899086
Empresa Centro Oeste	2018	1.067.004	8,614054	6,068538	9,229051	7,572855
Empresa Centro Oeste	2019	1.084.204	9,450139	7,647189	8,62594	6,921539
Empresa Centro Oeste	2020	1.094.316	8,458236	6,203882	8,272023	6,363163
Empresa Centro Oeste	2021	1.121.519	8,92351	7,029629	7,642071	5,815441
Empresa Centro Oeste	2022	1.155.045	6,64202	5,707172	7,632275	5,804936
Empresa Centro Oeste	2023	1.166.769	7,016346	4,739099	7,039716	5,117625
Empresa Norte	2014	2.094.561	48,938998	29,947042	33,947595	33,717615
Empresa Norte	2015	2.155.361	37,928477	22,39255	31,542935	31,21582
Empresa Norte	2016	2.281.538	31,657733	20,764929	30,593681	28,954852
Empresa Norte	2017	2.420.219	27,408242	17,81645	29,953829	27,401277
Empresa Norte	2018	2.550.437	24,34952	15,548521	29,199986	25,094462
Empresa Norte	2019	2.654.878	21,877587	12,249249	28,533508	23,400612
Empresa Norte	2020	2.708.117	20,1195	10,803367	27,57713	22,198273
Empresa Norte	2021	2.777.377	22,154643	11,897494	26,21898	20,746368
Empresa Norte	2022	2.844.285	18,753334	9,280367	24,573334	19,116466
Empresa Norte	2023	2.931.048	16,85894	8,299847	23,111005	17,722854

3.3.2 Investimentos (OPEX + CAPEX)

A Tabela 2 apresenta os investimentos de OPEX e CAPEX somados. Estes custos são classificados em investimento operacional (OPEX) ou de capital (CAPEX).

Tabela 2: Valores dos Investimentos. Fonte: ANEEL

Distribuidora	Ano da Apuração	Número de consumidores	Investimento (R$)
Empresa Sudeste	2014	6.829.676	156.940.269,75
Empresa Sudeste	2015	6.691.270	450.925.829,66
Empresa Sudeste	2016	6.867.205	496.233.302,72
Empresa Sudeste	2017	7.027.623	69.665.876,46
Empresa Sudeste	2018	7.167.273	51.254.277,79
Empresa Sudeste	2019	7.229.913	738.964.104,15
Empresa Sudeste	2020	7.331.545	671.346.604,85
Empresa Sudeste	2021	7.433.463	566.535.046,95
Empresa Sudeste	2022	7.596.232	1.142.065.981,10
Empresa Sudeste	2023	7.764.461	720.759.457,36
Empresa Sul	2014	4.245.932	1.570.432.715,16
Empresa Sul	2015	4.367.476	1.011.465.946,05
Empresa Sul	2016	4.432.475	424.671.440,08
Empresa Sul	2017	4.508.955	713.066.213,24
Empresa Sul	2018	4.588.571	773.671.032,15
Empresa Sul	2019	4.663.329	668.809.138,81
Empresa Sul	2020	4.756.311	937.227.966,62
Empresa Sul	2021	4.871.061	990.161.755,93
Empresa Sul	2022	4.956.874	1.286.238.598,48
Empresa Sul	2023	5.042.648	1.679.391.038,57
Empresa Nordeste	2014	5.240.546	5.945.282,04
Empresa Nordeste	2015	5.391.277	953.384.255,07
Empresa Nordeste	2016	5.526.940	96.079.077,95
Empresa Nordeste	2017	5.627.688	1.534.903.937,91
Empresa Nordeste	2018	5.693.531	2.022.166.054,42
Empresa Nordeste	2019	5.791.952	1.732.679.949,36
Empresa Nordeste	2020	5.935.594	1.607.440.303,89
Empresa Nordeste	2021	6.036.965	2.078.310.077,78
Empresa Nordeste	2022	5.816.619	2.631.943.265,67
Empresa Nordeste	2023	5.918.578	2.285.425.410,47
Empresa Centro Oeste	2014	955.459	22.381.773,26
Empresa Centro Oeste	2015	992.250	282.163.962,28
Empresa Centro Oeste	2016	1.024.080	437.149.034,36
Empresa Centro Oeste	2017	1.048.775	833.305.238,34
Empresa Centro Oeste	2018	1.067.004	494.603.542,54
Empresa Centro Oeste	2019	1.084.204	788.311.704,02
Empresa Centro Oeste	2020	1.094.316	585.012.865,46
Empresa Centro Oeste	2021	1.121.519	533.889.507,81
Empresa Centro Oeste	2022	1.155.045	975.927.293,60
Empresa Centro Oeste	2023	1.166.769	690.263.184,89
Empresa Norte	2014	2.094.561	765.897.231,54
Empresa Norte	2015	2.155.361	915.228.204,42
Empresa Norte	2016	2.281.538	429.269.300,27
Empresa Norte	2017	2.420.219	521.978.868,80
Empresa Norte	2018	2.550.437	967.584.710,96
Empresa Norte	2019	2.654.878	961.110.239,11
Empresa Norte	2020	2.708.117	505.247.269,75
Empresa Norte	2021	2.777.377	515.516.182,13
Empresa Norte	2022	2.844.285	1.649.265.982,46
Empresa Norte	2023	2.931.048	1.834.646.837,36

3.3.3 Medidores Inteligentes e Equipamentos Automatizados na Rede de Distribuição

A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados divulgados pelas concessionárias com relação a medidores inteligentes e equipamentos de automação instalados nas redes.

Tabela 3: Medidores Inteligentes e Equipamentos Automatizados. Fonte: Sites das concessionárias.

Distribuidora	Ano da Apuração	Quantidade de Medidores Inteligentes	Quantidade de Equipamentos na Rede de Distribuição
Empresa Sudeste	2014	-	1.400
Empresa Sudeste	2015	-	4.600
Empresa Sudeste	2016	-	8.100
Empresa Sudeste	2017	-	9.500
Empresa Sudeste	2018	1.000	11.900
Empresa Sudeste	2019	21.000	11.980
Empresa Sudeste	2020	121.000	16.780
Empresa Sudeste	2021	421.000	19.380
Empresa Sudeste	2022	492.000	20.562
Empresa Sudeste	2023	570.000	21.326
Empresa Sul	2014	-	1.446
Empresa Sul	2015	-	650
Empresa Sul	2016	-	2.096
Empresa Sul	2017	-	3.216
Empresa Sul	2018	5.000	5.466
Empresa Sul	2019	12.000	8.966
Empresa Sul	2020	112.000	10.716
Empresa Sul	2021	290.000	13.216
Empresa Sul	2022	640.000	16.716
Empresa Sul	2023	940.000	19.716
Empresa Nordeste	2014	-	80
Empresa Nordeste	2015	-	180
Empresa Nordeste	2016	-	330
Empresa Nordeste	2017	-	595
Empresa Nordeste	2018	-	1.020
Empresa Nordeste	2019	-	1.410
Empresa Nordeste	2020	-	1.842
Empresa Nordeste	2021	2.500	2.350
Empresa Nordeste	2022	2.000	3.050
Empresa Nordeste	2023	4.500	3.950
Empresa Centro Oeste	2014	-	97
Empresa Centro Oeste	2015	-	222
Empresa Centro Oeste	2016	-	398
Empresa Centro Oeste	2017	-	603
Empresa Centro Oeste	2018	-	903
Empresa Centro Oeste	2019	-	1.303
Empresa Centro Oeste	2020	-	1.753
Empresa Centro Oeste	2021	-	2.353
Empresa Centro Oeste	2022	20.000	3.003
Empresa Centro Oeste	2023	25.000	3.953
Empresa Norte	2014	-	16
Empresa Norte	2015	-	21
Empresa Norte	2016	-	25
Empresa Norte	2017	-	32
Empresa Norte	2018	-	45
Empresa Norte	2019	-	52
Empresa Norte	2020	-	65
Empresa Norte	2021	-	76
Empresa Norte	2022	18.000	81
Empresa Norte	2023	23.700	92

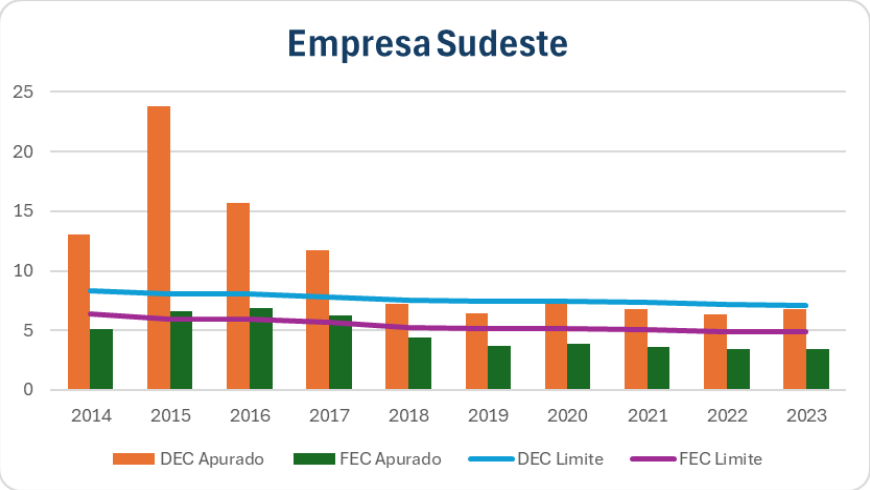
4. ANÁLISES COMPARATIVAS

4.1 Empresa Sudeste

4.1.1 Análise DEC e FEC

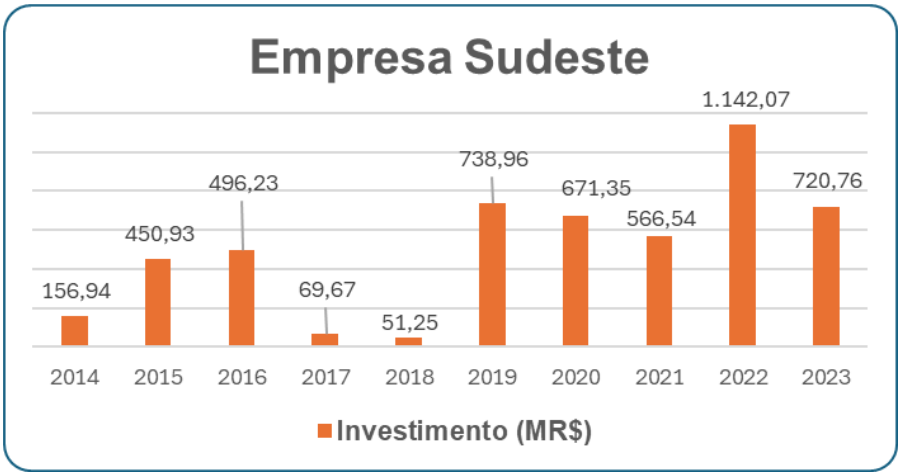
As Figuras 2 e 3 apresentam dados públicos da empresa escolhida para este estudo.

Figura 2: DEC e FEC – Empresa Sudeste.



Fonte: ANEEL

Figura 3: Investimentos – Empresa Sudeste.



Fonte: ANEEL

Na Empresa Sudeste os indicadores de duração (DEC) e frequência (FEC) equivalentes de interrupções por unidade consumidora apresentaram uma tendência geral de diminuição. O DEC Apurado caiu de 13,03 horas em 2014 para aproximadamente 6,77 horas em 2023. Similarmente, o FEC Apurado reduziu-se de 5,15 interrupções para cerca de 3,40 interrupções no mesmo período.

A partir de 2018, os valores apurados da Empresa Sudeste, mantiveram-se consistentemente abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

Observa-se na Empresa Sudeste, um aumento significativo nos investimentos a partir de 2019, com picos notáveis em 2020 e 2022. O investimento saltou de aproximadamente R$ 156,9 milhões em 2014 para mais de R$ 1,14 bilhões em 2022.

A adesão a Medidores Inteligentes: A partir de 2018, a empresa iniciou a implementação de medidores inteligentes, passando de 1.000 unidades para 570.000 em 2023. O Índice de Medidores Inteligentes aumentou de 0,01% para 7,34% nesse período. No mesmo período, houve um aumento significativo em investimentos, de modo que provavelmente parte desses valores foram usados na implementação dos medidos inteligentes.

Da mesma forma que a implementação de equipamentos automatizados na rede de distribuição, contribuiu muito na diminuição do DEC. Existia em 2014, 1400 equipamentos instalados e em 2023, 21.326 equipamentos instalados (Tabela 4).

Tabela 4: Empresa Sudeste.

Empresa Sudeste				
Ano da Apuração	Quantidade de Medidores Inteligentes	Índice de Medidores Inteligentes	Quantidade de Equipamentos Automatizados	Índice de Automação na Rede de Distribuição
2014	-		1.400	0,02%
2015	-		4.600	0,07%
2016	-		8.100	0,12%
2017	-		9.500	0,14%
2018	1.000	0,01%	11.900	0,17%
2019	21.000	0,29%	11.980	0,17%
2020	121.000	1,65%	16.780	0,23%
2021	421.000	5,66%	19.380	0,26%
2022	492.000	6,48%	20.562	0,27%
2023	570.000	7,34%	21.326	0,27%

4.1.2 Redes Inteligentes na Empresa Sudeste

A Empresa Sudeste adotou diversas iniciativas inovadoras à implementação de redes inteligentes (smart grids), com o objetivo de modernizar a infraestrutura elétrica e melhorar a eficiência, confiabilidade e sustentabilidade do fornecimento de energia. Alguns dos principais projetos e ações incluem:

Medidores Inteligentes

A Empresa Sudeste tem investido na instalação de medidores inteligentes, que permite:

• Leitura remota do consumo de energia em tempo real.

• Identificação de falhas ou interrupções de forma mais rápida.

• Monitoramento do uso de energia pelos clientes, promovendo o consumo consciente.

• Tarifação dinâmica, possibilitando a adoção de modelos tarifários mais flexíveis, como a tarifa branca.

Automatização da Rede Elétrica

A Empresa Sudeste está implementando tecnologias para automação da distribuição, como:

• Religadores automáticos, que isolam falhas e restauram o serviço rapidamente em áreas não afetadas.

• Sensores e dispositivos IoT (Internet das Coisas) que monitoram o desempenho da rede e antecipam problemas antes que eles os causem de forma indireta.

• Sistemas de controle remoto para gerenciar a rede em tempo real.

Plataforma de Gestão Digital

A Empresa Sudeste utiliza sistemas avançados para:

• Gestão integrada da rede elétrica por meio de plataformas digitais e inteligência artificial.

• Monitoramento em tempo real da rede, otimizando a operação e a alocação de recursos.

• Previsão de demanda e integração de energias renováveis à rede.

Integração de Energias Renováveis

Com as redes inteligentes, a Empresa Sudeste está facilitando a conexão de energia solar distribuída (geração pelos próprios consumidores) e outras fontes renováveis à rede, promovendo um sistema mais sustentável.

Combate a perdas de Energia

A tecnologia das redes inteligentes ajuda a reduzir perdas técnicas e comerciais por meio de:

• Identificação rápida de fraudes e desvios.

• Monitoramento mais preciso da energia fornecida e consumida.

Projetos-piloto e expansão

A Empresa Sudeste tem conduzido projetos-piloto para testar novas tecnologias, como:

• Cidades inteligentes, com bairros privados conectados por redes inteligentes.

• Testes de novas funcionalidades de medidores e sistemas de automação.

4.1.3 Benefícios Almejados

Essas iniciativas visam:

• Aumentar a confiabilidade da quantidade de energia.

• Melhorar a experiência dos consumidores.

• Promover a sustentabilidade e a transição energética.

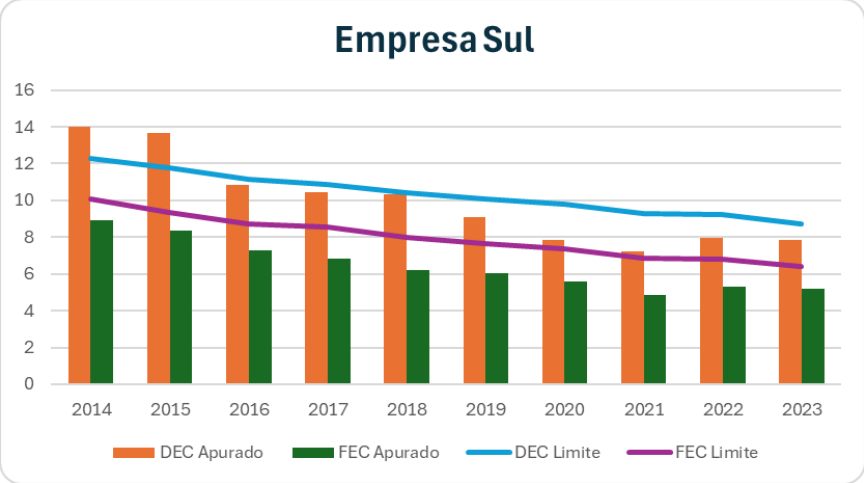
• Facilitar a eletrificação de frotas de veículos e a infraestrutura de recarga elétrica.

4.2 Empresa Sul

4.2.1 Análise DEC e FEC

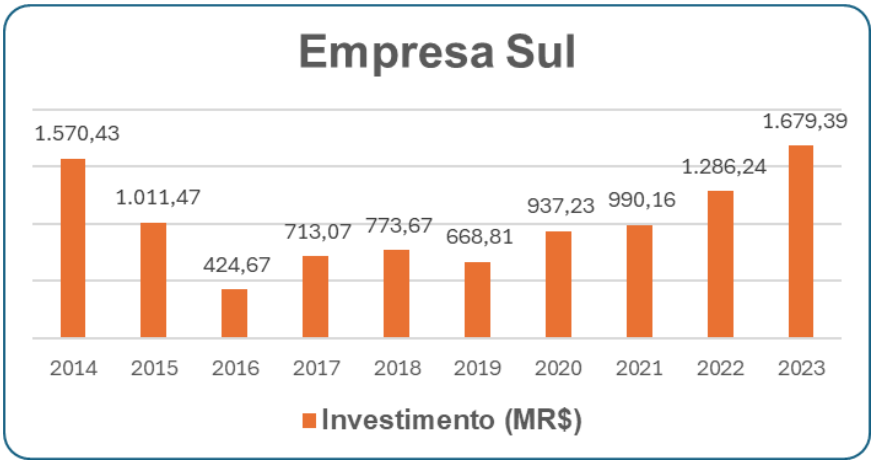
As Figuras 4 e 5 apresentam dados públicos da empresa escolhida para este estudo.

Figura 4: DEC e FEC – Empresa Sul.



Fonte: ANEEL

Figura 5: Investimentos – Empresa Sul.



Fonte: ANEEL

Na Empresa Sul os indicadores de duração (DEC) e frequência (FEC) equivalentes de interrupções por unidade consumidora apresentaram uma tendência geral de diminuição. O DEC Apurado caiu de 14,00 horas em 2014 para aproximadamente 7,85 horas em 2023. Similarmente, o FEC Apurado reduziu-se de 8,91 interrupções para cerca de 5,20 interrupções no mesmo período.

A partir de 2016, os valores apurados da Empresa Sul, mantiveram-se consistentemente abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

Observa-se na Empresa Sul, um aumento significativo nos investimentos a partir de 2015. Em 2016 já ficou dentro da meta do DEC, justificando o investimento de 2015. Nos anos subsequentes se manteve dentro da meta com investimentos crescentes em 2016, 2019, 2020 e 2022.

A adesão a Medidores Inteligentes: A partir de 2018, a empresa iniciou a implementação de medidores inteligentes, passando de 5.000 unidades para 970.000 em 2023. O Índice de Medidores Inteligentes aumentou de 0,11% para 18,64% nesse período. No mesmo período, houve um aumento significativo em investimentos, de modo que provavelmente parte desses valores foram usados na implementação dos medidos inteligentes.

Da mesma forma que a implementação de equipamentos automatizados na rede de distribuição, contribuiu muito na diminuição do DEC. Existia em 2014, 1446 equipamentos instalados e em 2023, 19.716 equipamentos instalados (Tabela 5).

Tabela 5: Empresa Sul. Fonte: Site da empresa Sul.

Empresa Sul				
Ano da Apuração	Quantidade de Medidores Inteligentes	Índice de Medidores Inteligentes	Quantidade de Equipamentos Automatizados	Índice de Automação na Rede de Distribuição
2014	-		1.446	0,03%
2015	-		650	0,01%
2016	-		2.096	0,05%
2017	-		3.216	0,07%
2018	5.000	0,11%	5.466	0,12%
2019	12.000	0,26%	8.966	0,19%
2020	112.000	2,35%	10.716	0,23%
2021	290.000	5,95%	13.216	0,27%
2022	640.000	12,91%	16.716	0,34%
2023	940.000	18,64%	19.716	0,39%

4.2.2 Redes Inteligentes na Empresa Sul

A Empresa Sul, tem avançado na implementação de tecnologias de redes inteligentes para melhorar a eficiência, confiabilidade e sustentabilidade de seu sistema elétrico. A seguir,

apresentamos algumas iniciativas que a Empresa Sul tem desenvolvido no campo de redes inteligentes:

Medidores Inteligentes

A Empresa Sul instalou medidores inteligentes em diversas localidades. Esses dispositivos permitem:

- Leitura remota do consumo de energia.
- Identificação automática de falhas e interrupções.
- Envio de dados em tempo real para os sistemas da companhia.
- Possibilidade de monitoramento pelos próprios consumidores, promovendo maior controle do uso de energia.

Automação da Distribuição

A Empresa Sul está modernizando sua rede elétrica com sistemas automatizados:

- Uso de religadores automáticos e sensores para identificar e isolar falhas na rede.
- Sistemas que permitem a restauração automática do fornecimento de energia em caso de interrupções, redução do tempo de inatividade.

Projetos-Piloto de Redes Inteligentes

A Empresa Sul converteu projetos específicos de redes inteligentes, como o projeto Smart Energy, em que foram implementadas medições inteligentes, sistemas de armazenamento de energia e integração com fontes renováveis, como energia solar.

Integração de Fontes de Energia Renovável

A rede inteligente da Empresa Sul também tem foco na integração de energias renováveis. Com a crescente adoção de energia solar e eólica, as redes inteligentes ajudam a gerenciar a geração descentralizada, equilibrando o suficiente com a demanda.

Cidades Inteligentes

A Empresa Sul participou de iniciativas em algumas cidades, onde implementou tecnologias de smart grid como parte de um esforço para criar cidades inteligentes. Isso incluiu infraestrutura para veículos elétricos e sistemas avançados de gestão de energia.

Infraestrutura para Veículos Elétricos

Desenvolvimento de uma rede de eletropostos para recarga de veículos elétricos, integrada a sistemas de smart grid, com foco em monitoramento e gestão eficiente da demanda de energia.

Gestão de Dados e Analytics

A Empresa Sul utiliza ferramentas avançadas para processar grandes volumes de dados provenientes de medidores inteligentes e dispositivos de monitoramento, otimizando a operação da rede e o planejamento de manutenção.

4.2.3 Benefícios para Consumidores e para a Rede

Essas iniciativas visam:

- Redução de Perdas: Com monitoramento mais eficiente, é possível minimizar perdas técnicas e não técnicas.
- Maior Confiabilidade: Menores tempos de interrupção e maior estabilidade na rede elétrica.
- Eficiência Energética: Consumidores têm mais dados para reduzir desperdícios de energia.
- Sustentabilidade: Suporte à integração de fontes de energia renováveis.

4.3 Empresa Nordeste

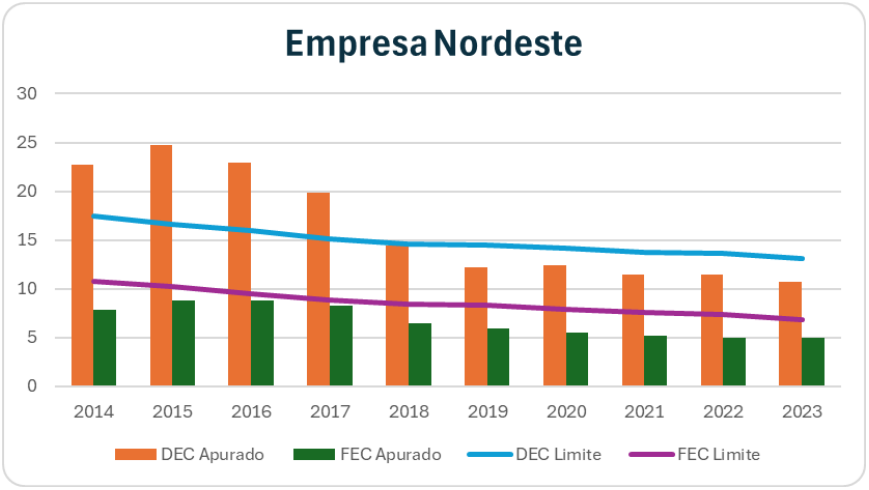
4.3.1 Análise DEC e FEC

As Figuras 6 e 7 apresentam dados públicos da empresa escolhida para este estudo.

Na Empresa Nordeste os indicadores de duração (DEC) e frequência (FEC) equivalentes de interrupções por unidade consumidora apresentaram uma tendência geral de diminuição. O DEC Apurado caiu de 22,71 horas em 2014 para aproximadamente 10,69 horas em 2023. Similarmente, o FEC Apurado reduziu-se de 7,80 interrupções para cerca de 4,96 interrupções no mesmo período.

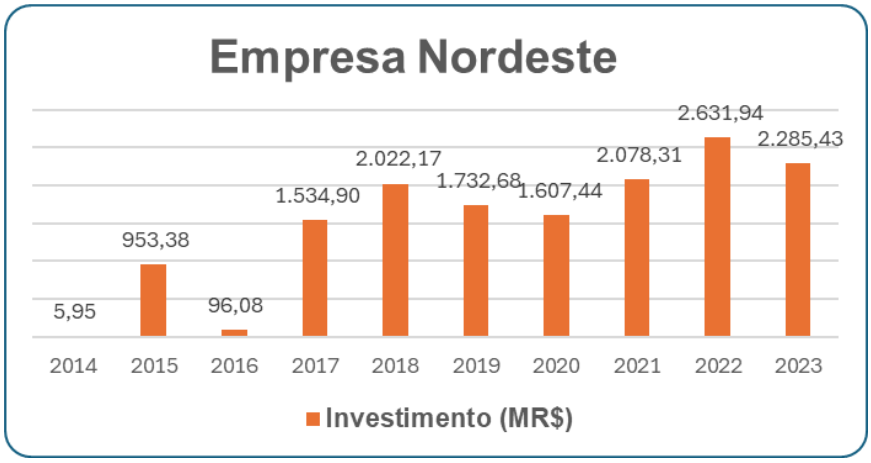
A partir de 2018, os valores apurados da Empresa Nordeste, mantiveram-se consistentemente abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

Figura 6: DEC e FEC – Empresa Nordeste.



Fonte: ANEEL

Figura 7: Investimentos – Empresa Nordeste.



Fonte: ANEEL

Observa-se na Empresa Nordeste, um aumento significativo nos investimentos a partir de 2017. Em 2018 já ficou dentro da meta do DEC, justificando o investimento de 2017. Nos anos subsequentes se manteve dentro da meta com investimentos crescentes em 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 e 2023. O investimento saltou de aproximadamente R$ 5,9 milhões em 2014 para mais de R$ 2,28 bilhões em 2023.

A adesão a Medidores Inteligentes: A partir de 2021, a empresa iniciou a implementação de medidores inteligentes, passando de 2.500 unidades para 4.500 em 2023, ainda muito tímida. desses valores foram usados na implementação dos medidos inteligentes.

Da mesma forma que a implementação de equipamentos automatizados na rede. Em 2014, 80 equipamentos instalados e em 2023, 3.950 equipamentos instalados (Tabela 6).

Tabela 6: Empresa Nordeste.

Empresa Nordeste				
Ano da Apuração	Quantidade de Medidores Inteligentes	Índice de Medidores Inteligentes	Quantidade de Equipamentos Automatizados	Índice de Automação na Rede de Distribuição
2014	-		80	0,00%
2015	-		180	0,00%
2016	-		330	0,01%
2017	-		595	0,01%
2018	-		1.020	0,02%
2019	-		1.410	0,02%
2020	-		1.842	0,03%
2021	2.500	0,04%	2.350	0,04%
2022	2.000	0,03%	3.050	0,05%
2023	4.500	0,08%	3.950	0,07%

4.3.2 Redes Inteligentes na Empresa Nordeste

A Empresa Nordeste, tem investido em diversas tecnologias de redes inteligentes (smart grids) para modernizar sua infraestrutura, melhorar a eficiência operacional, reduzir perdas e oferecer melhor qualidade de serviço aos consumidores. Entre as principais iniciativas estão:

Medidores Inteligentes (AMI – Infraestrutura de Medição Avançada)

A Empresa Nordeste tem implementado medidores inteligentes para permitir a leitura remota do consumo de energia em tempo real. Isso possibilita:

- Detecção rápida de falhas e interrupções.
- Maior precisão na medição e no faturamento.
- Gestão ativa do consumo por parte dos clientes, que podem monitorar e ajustar seus hábitos.

Automação da Rede de Distribuição (DA – *Distribution Automation*)

- Uso de dispositivos automáticos, como religadores e seccionalizadores, para isolar trechos da rede em caso de falhas.
- Implementação de sistemas de controle remoto para identificar e corrigir problemas sem a necessidade de deslocar equipes ao local.

Centros de Operação Inteligente

- Operação integrada de redes em um Centro de Operações que utiliza ferramentas de inteligência artificial, big data e IoT (Internet das Coisas) para tomar decisões em tempo real.
- Monitoramento contínuo e preditivo da rede para evitar falhas antes que ocorram.

Projeto Energia do Futuro

Um projeto piloto em pequenas cidades, com implementação ampla de tecnologias de redes inteligentes, incluindo:

- Subestações automatizadas.
- Sistemas de controle de tensão e qualidade da energia.
- Integração com fontes de geração distribuída, como painéis solares.

Redução de Perdas Não Técnicas

- Uso de medidores inteligentes e sistemas de análise avançados para identificar fraudes e furtos de energia, que são um desafio significativo na região atendida.

Integração com Energias Renováveis

- A Empresa Nordeste tem investido em soluções para integrar fontes de geração distribuída (como energia solar) à rede elétrica, permitindo uma maior participação de energias limpas no sistema.

4.3.3 Benefícios das Redes Inteligentes

Essas iniciativas visam:

- Consumidores: Maior controle sobre o consumo e contas mais precisas.
- Sustentabilidade: Redução de desperdícios e emissões de carbono.
- Segurança: Resposta mais rápida a falhas, impedindo o tempo de interrupção.
- Eficiência Operacional: Menor custo com manutenção e operações manuais.

4.4 Empresa Centro Oeste

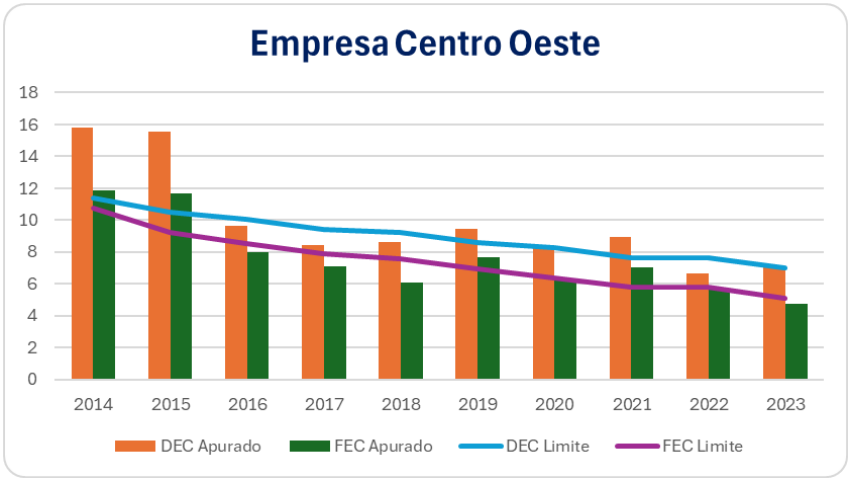
4.4.1 Análise DEC e FEC

As Figuras 8 e 9 apresentam dados públicos da empresa escolhida para este estudo.

Na Empresa Centro Oeste os indicadores de duração (DEC) e frequência (FEC) equivalentes de interrupções por unidade consumidora apresentaram uma tendência geral de diminuição. O DEC apurado caiu de 15,77 horas em 2014 para aproximadamente 7,01 horas em 2023. Similarmente, o FEC Apurado reduziu-se de 11,86 interrupções para cerca de 4,73 interrupções no mesmo período. A partir de 2018, os valores apurados da Empresa Nordeste, mantiveram-se consistentemente abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

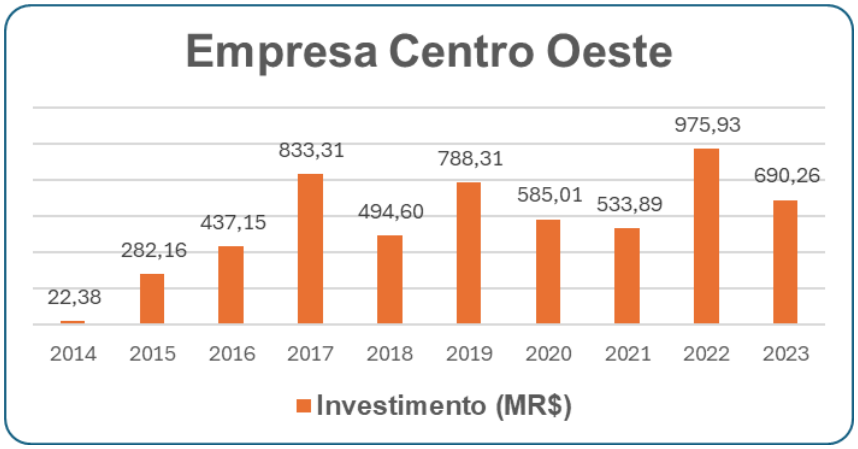
Só a partir de 2022, os valores apurados da Empresa Centro Oeste, ficaram constante abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

Figura 8: DEC e FEC – Empresa Centro Oeste.



Fonte: ANEEL

Figura 9: Investimentos – Empresa Centro Oeste.



Fonte: ANEEL

Observa-se na Empresa Centro Oeste, um aumento nos investimentos a partir de 2015. Nos anos subsequentes com investimentos crescentes em 2016, 2019, 2020 e 2022. O investimento saltou de aproximadamente R$ 22,38 milhões em 2014 para mais de R$ 690,26 milhões em 2023.A adesão a Medidores Inteligentes: A partir de 2021, a empresa iniciou a implementação de medidores inteligentes, passando de 2.500 unidades para 4.500 em 2023, ainda muito tímida. desses valores foram usados na implementação dos medidos inteligentes.

A adesão a Medidores Inteligentes: A partir de 2022, a empresa iniciou a implementação de medidores inteligentes, passando de 20.000 unidades para 25.000 em 2023. Uma parte dos investimentos foram usados na implementação dos medidos inteligentes.

Da mesma forma que a implementação de equipamentos automatizados na rede. Em 2014, 97 equipamentos instalados e em 2023, 3.953 equipamentos instalados (Tabela 7).

Tabela 7: Empresa Centro Oeste. Fonte: Site da Centro Oeste

Empresa Centro Oeste				
Ano da Apuração	Quantidade de Medidores Inteligentes	Índice de Medidores Inteligentes	Quantidade de Equipamentos Automatizados	Índice de Automação na Rede de Distribuição
2014	-		97	0,01%
2015	-		222	0,02%
2016	-		398	0,04%
2017	-		603	0,06%
2018	-		903	0,08%
2019	-		1.303	0,12%
2020	-		1.753	0,16%
2021	-		2.353	0,21%
2022	20.000	1,73%	3.003	0,26%
2023	25.000	2,14%	3.953	0,34%

4.4.2 Redes Inteligentes na Empresa Centro Oeste

A Empresa Centro Oeste, tem investido em redes inteligentes como parte de sua modernização e melhoria na qualidade do serviço. Esses projetos incluem tecnologias avançadas que permitem monitorar, controlar e automatizar a rede elétrica. Aqui estão algumas das principais iniciativas:

Medidores Inteligentes

A Empresa Centro Oeste tem implementado medidores inteligentes, que permitem:

- Leitura remota do consumo de energia, eliminando a necessidade de visitas presenciais.
- Detecção automática de interrupções e irregularidades sem energia suficiente.
- Fornecimento de informações em tempo real aos consumidores para melhor gestão do consumo.

Sistema de Automação da Rede

A Empresa Centro Oeste está instalando equipamentos de automação, como religadores automáticos e sistemas de controle remoto, que:

- Reduzem o tempo de resposta a falhas na rede.
- Permitem reconfigurar circuitos automaticamente, minimizando a área afetada por danos.

Centro de Operação Inteligente

A Empresa Centro Oeste opera com Centros de Controle Avançado, que utilizam tecnologias como:

- Sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) para monitoramento em tempo real.
- Integração de dados para análise preditiva, ajudando a evitar problemas antes que eles ocorram.

Projetos de Mobilidade Elétrica e Energias Renováveis

A Empresa Centro Oeste também tem investido em infraestrutura para veículos elétricos (como estações de recarga) e integração de fontes de energia renovável, como solar e eólica, em sua rede inteligente.

Comunicação Avançada (IoT e 5G)

A implantação de tecnologias de comunicação, como Internet das Coisas (IoT) e o uso de redes de baixa latência (5G), ajuda a conectar os dispositivos da rede e a melhorar a eficiência operacional.

4.4.3 Benefícios das Redes Inteligentes da Empresa Centro Oeste

Essas iniciativas visam:

- Melhoria na qualidade do fornecimento: Menor frequência e duração de interrupções.
- Eficiência energética: Os consumidores podem controlar melhor o uso da energia.
- Sustentabilidade: Redução de perdas técnicas e não técnicas.
- Segurança: Monitoramento mais preciso para evitar sobrecargas e falhas.

4.5 Empresa Norte

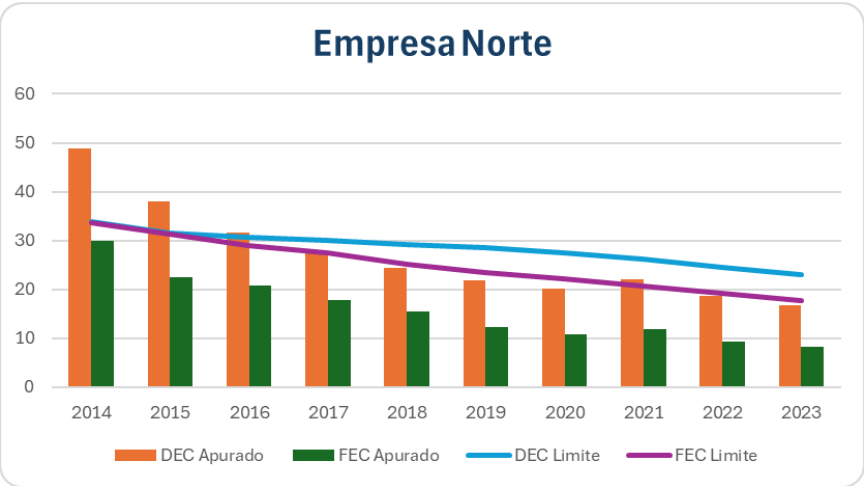
4.5.1 Análise DEC e FEC

As Figuras 10 e 11 apresentam dados públicos da empresa escolhida para este estudo.

Na Empresa Norte os indicadores de duração (DEC) e frequência (FEC) equivalentes de interrupções por unidade consumidora apresentaram uma tendência geral de diminuição. O DEC Apurado caiu de 48,93 horas em 2014 para aproximadamente 16,85 horas em 2023. Similarmente, o FEC Apurado reduziu-se de 29,94 interrupções para cerca de 8,29 interrupções no mesmo período. Só a partir de 2022, os valores apurados da Empresa Centro Oeste, ficaram constante abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

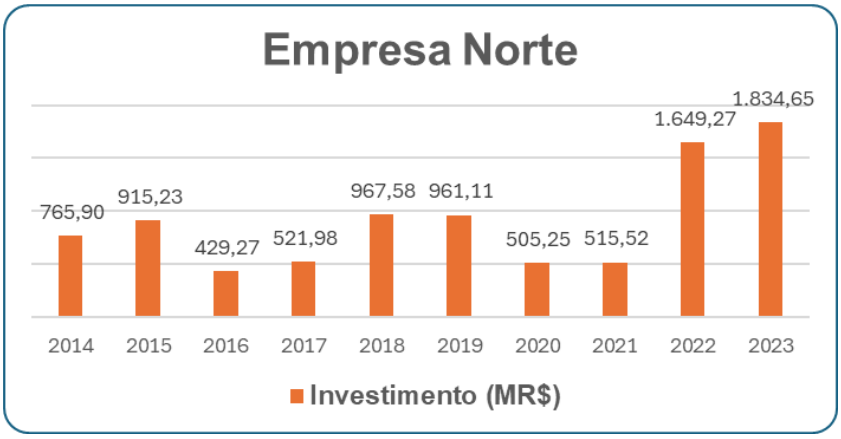
A partir de 2017, os valores apurados da Empresa E, ficaram constante abaixo dos limites, indicando conformidade regulatória e melhoria na continuidade do serviço.

Figura 10: DEC e FEC – Empresa Norte.



Fonte: ANEEL

Figura 11: Investimentos – Empresa Norte.



Fonte: ANEEL

Observa-se na Empresa Norte, um aumento expressivo nos investimentos a partir de 2022. O investimento saltou de aproximadamente R$ 765,89 milhões em 2014 para mais de R$ 1,83 bilhões em 2023.

A adesão a Medidores Inteligentes: A partir de 2022, a empresa iniciou a implementação de medidores inteligentes, passando de 18.000 unidades para 23.700 em 2023. Uma parte dos investimentos foram usados na implementação dos medidos inteligentes.

Da mesma forma que a implementação de equipamentos automatizados na rede. Em 2014, 16 equipamentos instalados e em 2023, 92 equipamentos instalados (Tabela 8).

Tabela 8: Empresa Norte.

Empresa Norte				
Ano da Apuração	Quantidade de Medidores Inteligentes	Índice de Medidores Inteligentes	Quantidade de Equipamentos Automatizados	Índice de Automação na Rede de Distribuição
2014	-		16	0,0008%
2015	-		21	0,0010%
2016	-		25	0,0011%
2017	-		32	0,0013%
2018	-		45	0,0018%
2019	-		52	0,0020%
2020	-		65	0,0024%
2021	-		76	0,0027%
2022	18.000	0,63%	81	0,0028%
2023	23.700	0,81%	92	0,0031%

4.5.2 Redes Inteligentes na Empresa Norte

A Empresa Norte tem investido em iniciativas de redes inteligentes para modernizar sua infraestrutura elétrica, com destaque para projetos que envolvem automação, medição inteligente e eficiência operacional:

Projeto Piloto de Smart Grid na Capital

A Empresa Norte iniciou a implementação de uma rede inteligente com medidores modernos e comunicação via rádio para monitoramento em tempo real do consumo e da rede elétrica. A primeira fase do projeto atende 25 mil clientes, com potencial de expansão para 45 mil consumidores. Essa iniciativa melhora a gestão de perdas, combate furtos de energia e oferece maior eficiência operacional.

Automatização

Foram investidos mais de R$ 2 milhões em religadores automáticos, equipamentos que permitem a detecção e resolução de falhas sem intervenção humana. Esses dispositivos estão instalados em algumas cidades, fortalecendo a confiabilidade e a rapidez sem fornecimento de energia.

Sistema de Medição Centralizada (SMC)

A Empresa Norte adotou padrões construtivos específicos para medição centralizada, um componente essencial para a integração de redes inteligentes, otimizando a coleta e análise de dados de consumo.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Uma análise comparativa revela um cenário heterogêneo no Brasil, acreditamos que se refere a uma combinação de fatores que tornam esse setor diversificado e complexo. Essa heterogeneidade se dá a partir de diferentes perspectivas:

• Complexidade do Sistema – O Brasil adota um modelo de concessões públicas para setores essenciais, como energia elétrica, com regimes de regulação e prazos de concessão que contribuem para essa diversidade.

• Aspectos Geográficos – O país possui um vasto território com realidades muito distintas entre as regiões. Enquanto no Sudeste e Sul há uma maior infraestrutura e concorrência, no Norte e Nordeste podem existir desafios logísticos, baixa densidade populacional e dificuldades de acesso, tornando a prestação do serviço mais cara e complexa.

• Complexidade Social – As concessionárias operam em um país marcado por desigualdades socioeconômicas. Algumas regiões possuem alta demanda e capacidade de pagamento, enquanto outras precisam de subsídios ou políticas públicas para garantir a universalização dos serviços.

• Diferentes Perfis de Empresas – No Brasil, atuam desde grandes multinacionais até empresas nacionais de médio porte, dependendo do setor e da região. Isso cria um cenário heterogêneo em termos de capacidade de investimento, inovação e eficiência operacional.

Portanto, concluímos que essa heterogeneidade se deve a uma combinação de fatores estruturais, regulatórios, geográficos e socioeconômicos, que influenciam a forma como as concessionárias operam e prestam serviços no país.

Os índices de qualidade desempenham papel crucial na melhoria do fornecimento de energia elétrica. A análise contínua desses indicadores permite identificar falhas e promover um serviço mais confiável, beneficiando consumidores, fornecedores e o setor elétrico como um todo.

A quantidade de medidores inteligentes instalados em todas as concessionárias, ainda é muito pequeno. A Empresa Sudeste está com 7,34%, Empresa Sul com 18,64%, Empresa Nordeste com 0,08%, Empresa Centro Oeste com 2,14% e a Empresa Norte com 0,81% de medidores inteligentes, o que é um desafio muito grande para ser alcançado.

Os resultados revelam que as concessionárias com maior integração de redes inteligentes apresentam melhores indicadores de qualidade, como menor tempo médio de interrupção. Além disso, identificamos discrepâncias regionais que podem orientar iniciativas específicas de melhoria.

A seguir, serão mostrados os resultados obtidos através das análises dos indicadores DEC e FEC em relação ao investimento. A proporção dos investimentos e a redução das unidades de DEC e FEC (Tabela 9).

Tabela 9: MR$/REDUÇÃO de DEC e FEC. Fonte: Site da ANEEL

Distribuidora	MR$/REDUÇÃO de 1 hora no DEC	MR$/REDUÇÃO de 1 evento no FEC
Empresa Sudeste	409,26	6.598,97
Empresa Sul	778,90	1.018,41
Empresa Nordeste	1.977,78	7.432,13
Empresa Centro Oeste	554,91	359,71
Empresa Noste	106,30	166,13

Na Tabela 9 foi utilizado os valores médios de CAPEX+OPEX, DEC e FEC apurados nos anos de 2014 a 2023. Foi utilizado o delta dos valores de CAPEX+OPEX, DEC e FEC entre dois anos consecutivos. Também foi calculado a razão do delta do CAPEX+OPEX com o delta do DEC, resultando no MR$/Redução de 1 hora no DEC. Da mesma forma que a razão do delta do CAPEX+OPEX com o delta do FEC, resultando no MR$/Redução de 1 evento no FEC.

Na Tabela 9, podemos também podemos observar que a Empresa Sudeste precisa investir MR$409,26 para reduzir uma hora no DEC e investir MR$6.598,97 para reduzir um evento no FEC. E assim, seguem para as demais concessionárias.

Observamos que para diminuir o DEC em 1 hora, as Empresas do Sudeste, Sul e Nordeste precisam investir bem mais que as Empresas do Centro Oeste e Norte. Acreditamos que esta diferença ocorre pelo fato de que a meta global de qualidade estabelecida pela ANEEL para a Concessionária Norte é da ordem de 28 horas, e a meta para a Concessionária Sudeste é da ordem de 7 horas. Com esta afirmação podemos dizer que fica 4 vezes mais caro reduzir 1 hora no DEC da Concessionária Sudeste.

No Brasil, há discrepâncias regionais significativas nos investimentos das concessionárias de energia elétrica para reduzir os indicadores de DEC e FEC. Essas diferenças são influenciadas por fatores como a infraestrutura preexistente, a densidade populacional, o retorno financeiro esperado e a regulação setorial.

5.1 Diferenças nos Investimentos por Região

5.1.1. Sudeste e Sul

- Maiores investimentos: São regiões com maior densidade populacional e maior atividade econômica, o que justifica investimentos mais altos na modernização da rede elétrica.
- Menor DEC e FEC: Os indicadores de qualidade são melhores devido à infraestrutura mais consolidada e ao maior volume de recursos aplicados em tecnologias como redes inteligentes e automação da distribuição.
- Regiões metropolitanas priorizadas: Grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba recebem mais investimentos devido à alta demanda e à regulação mais rigorosa.

5.1.2. Norte e Nordeste

- Investimentos menores per capita: Muitas áreas dessas regiões apresentam menor retorno financeiro para as concessionárias devido ao baixo consumo médio por unidade consumidora.
- Infraestrutura precária: Muitas redes são antigas ou subdimensionadas, resultando em DEC e FEC mais altos.
- Dificuldade de acesso: Regiões remotas, como a Amazônia e o sertão nordestino, enfrentam desafios logísticos que encarecem os investimentos em infraestrutura elétrica.
- Clima adverso: O calor intenso e os eventos climáticos extremos (chuvas fortes, ventos e seca) impactam a rede elétrica e exigem mais manutenção.

5.1.3. Centro-Oeste

- Crescimento da demanda: A expansão do agronegócio e das cidades do interior aumentou a necessidade de investimentos, mas a infraestrutura ainda enfrenta desafios de modernização.
- Interrupções em áreas rurais: O DEC e o FEC são mais elevados em áreas de menor densidade populacional, onde as redes de distribuição são mais extensas e suscetíveis a falhas.

5.2. Regulação e Incentivos da ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) define metas de DEC e FEC para cada concessionária, levando em conta as características da região atendida. Empresas que não cumprem as metas podem ser penalizadas, enquanto aquelas que superam os objetivos podem receber incentivos. No entanto, o custo dos investimentos muitas vezes é repassado para as tarifas, gerando impactos diferenciados para os consumidores conforme a região.

Tecnologias e Modelos de Investimento

- Regiões mais desenvolvidas: Aplicação de redes inteligentes (smart grids), sensores automáticos e redundância no sistema para minimizar falhas.
- Regiões remotas: Investimentos em geração distribuída (solar e eólica) e sistemas isolados para reduzir a dependência de redes extensas.
- Parcerias e financiamentos: Concessionárias do Norte e Nordeste frequentemente buscam subsídios ou linhas de crédito diferenciadas para viabilizar melhorias.

Acreditamos que as discrepâncias regionais nos investimentos das concessionárias refletem desigualdades estruturais, econômicas e geográficas do Brasil. Enquanto regiões mais ricas e urbanizadas contam com maior infraestrutura e menores índices de DEC e FEC, áreas remotas e menos desenvolvidas ainda sofrem com interrupções frequentes e longas. Políticas públicas e incentivos regulatórios são fundamentais para reduzir essas diferenças e garantir um fornecimento de energia mais equitativo no país.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As concessionárias apresentam diferenças significativas nos índices de qualidade (como DEC e FEC) devido às condições geográficas, climáticas e estruturais de cada região. Regiões como o Norte enfrentam desafios maiores relacionados à extensão das redes e ao acesso a áreas remotas, impactando nos indicadores de qualidade. Já no Sudeste e Sul, uma infraestrutura mais consolidada tende a oferecer melhor desempenho.

As Concessionárias das regiões Sul e Sudeste, devido à maior densidade populacional e maior poder aquisitivo, lideraram a implantação de tecnologias avançadas, como medidores inteligentes e automação das redes. Nas regiões Norte e Nordeste, as iniciativas ainda estão em fases iniciais, muitas vezes técnicas em projetos-piloto ou programas específicos financiados por parcerias ou incentivos governamentais.

Onde as redes inteligentes já foram implementadas, observa-se uma redução significativa nos tempos de interrupção e na frequência de falhas, otimizando os índices de

qualidade e promovendo maior satisfação do consumidor. Essas tecnologias também facilitam a integração de fontes renováveis de energia, alinhando-se às metas de sustentabilidade.

A modernização da infraestrutura exige investimentos elevados, e o retorno pode ser limitado em áreas com baixa densidade populacional. A regulação deve acompanhar os avanços tecnológicos para aumentar a adoção de redes inteligentes sem prejudicar os consumidores.

A introdução de novas tecnologias requer a capacitação contínua dos profissionais e a adaptação das operações. É crucial que o governo e as entidades reguladoras continuem promovendo incentivos para a implantação de redes inteligentes, especialmente em regiões com maior necessidade de modernização. O compartilhamento de boas práticas entre comunicações pode acelerar a modernização e equilibrar os indicadores de qualidade no país. A comunicação clara com os usuários sobre os benefícios das redes inteligentes pode aumentar a acessibilidade e o engajamento.

Resumindo, o futuro do setor elétrico brasileiro depende de uma transição equilibrada entre a modernização tecnológica, a sustentabilidade e a redução das desigualdades regionais, o que exige conjuntos de esforços de consultoria, governo e sociedade.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica. (2021, 7 de dezembro). *Resolução Normativa ANEEL nº 1.000*, de 7 de dezembro de 2021: Estabelece as regras de prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica. https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf

Agência Nacional de Energia Elétrica. (s.d.). Relatórios anuais e documentos institucionais. https://www.gov.br/aneel/pt-br

Bollen, M. H. J. (2000). *Understanding power quality problems: Voltage sags and interruptions*. IEEE Press.

Calixto, E. (2017). *Introdução às redes elétricas inteligentes*. LTC.

Castro, N. de. (2007). *Política e regulação do setor elétrico brasileiro*. Sinergia.

Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., & Beaty, H. W. (2012*). Electrical power systems quality* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Gabrielli, J. L. R., et al. (2015). *Redes elétricas inteligentes: Fundamentos e aplicações.* Blucher.

Machado, R. Q. (Org.). (2016). *Redes inteligentes no setor elétrico: Desafios e oportunidades.* Elsevier.

Montenegro, S. A. (2015). *Qualidade da energia elétrica: Aspectos fundamentais e aplicações.* LTC.

Pires, J. C. L. (2013). *Regulação do setor elétrico no Brasil: Princípios e instrumentos*. Lumen Juris.

Ramos, R. M., Henriques, H. O., & Fortes, M. Z. (2021). Análise financeira de investimentos para se obter indicadores de qualidade de conjuntos elétricos de distintas características. *Revista de Tecnologia Aplicada*, 10(3), 73–97. https://doi.org/10.48005/2237-3713rta2021v10n3p7397

Souza, C. H. (2010). *Regulação econômica e governança no setor elétrico brasileiro.* Fórum.

Tolmasquim, M. (Org.). (2016). *Energia elétrica no Brasil: Planejamento e políticas para um setor sustentável.* Interciência.