



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

ELDER GABRIEL ALVES SANTOS



Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
PROGRAMA LUZ PARA TODOS NO PIAUÍ  
IMPACTO SOCIOECONÔMICO, INFRAESTRUTURA  
E INVESTIMENTO FINANCEIRO EM 2023



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2024

ELDER GABRIEL AVES SANTOS

PROGRAMA LUZ PARA TODOS NO PIAUÍ  
IMPACTO SOCIOECONÔMICO, INFRAESTRUTURA  
E INVESTIMENTO FINANCEIRO EM 2023

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

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.  
Orientador

Campina Grande  
2024

ELDER GABRIEL ALVES SANTOS

PROGRAMA LUZ PARA TODOS NO PIAUÍ  
IMPACTO SOCIOECONÔMICO, INFRAESTRUTURA  
E INVESTIMENTO FINANCEIRO EM 2023

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

Aprovado em 16 de outubro de 2024

**Professor Pablo Bezerra Vilar, D.Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que nunca me abandonou em momentos de aflição e sempre trouxe serenidade ao meu coração. Sou grato pela vida, pela saúde, força e sabedoria concedidas para enfrentar e superar este desafio.

Aos meus pais, Elizete Pereira Alves e Genelfran de Sousa Santos, e aos meus avós, Dona Didi, Dona Aldenora e Seu Antônio, que acreditaram em meus sonhos e me incentivaram constantemente a buscar o melhor para nossa família. Sua compreensão e apoio nos momentos em que precisei me dedicar intensamente aos estudos foram fundamentais para minha trajetória.

Aos professores, sou eternamente grato por seus ensinamentos e correções, que foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e profissional. Em especial, agradeço ao professor Célio Anésio, cuja competência e dedicação me inspiraram e orientaram ao longo deste e de outros projetos, sendo um exemplo de profissionalismo e compromisso.

Minha gratidão se estende a todos com quem convivi durante esta jornada acadêmica e que, de alguma forma, contribuíram para minha formação, incentivando-me e impactando positivamente meu desenvolvimento. Agradeço também aos amigos e colegas que compartilharam comigo experiências, desafios e conquistas, tornando cada etapa deste caminho mais enriquecedora e memorável.

Por fim, agradeço à instituição de ensino e a todos os profissionais que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação, permitindo que eu desenvolvesse habilidades e conhecimentos indispensáveis para minha futura carreira.

*“Nenhum ladrão, por mais hábil que seja,  
É capaz de roubar o conhecimento de alguém,  
E é por isso que o conhecimento é o melhor e mais seguro,  
Tesouro que se pode adquirir”*

L. Frank Baum.

## RESUMO

A partir dos anos 2000, o Brasil intensificou os esforços para universalizar o acesso à eletricidade, especialmente por meio do Programa Luz Para Todos, lançado em 2002. Este programa tem gerado impactos socioeconômicos significativos, promovendo não apenas a eletrificação, mas também melhorias nas condições de vida das famílias em áreas rurais. Este trabalho analisa os impactos socioeconômicos, a infraestrutura elétrica e os investimentos financeiros do Programa Luz para Todos no estado do Piauí em 2023. O problema central abordado é a avaliação da eficácia do programa no Piauí, focando na capacidade de atender às demandas locais e nas implicações dos investimentos realizados. A metodologia empregada inclui a coleta de dados junto ao Ministério de Minas e Energia e à Equatorial Energia, analisando-se os valores investidos, a infraestrutura elétrica instalada e o número de domicílios atendidos. Os resultados indicam que, as regiões do Piauí recebem um valor maior do que o solicitado para as obras, com destaque para a região Centro-Sul, que possui mais de 57% de obras realizadas do total do estado. Em 2023, o programa alcançou 6.342 novas ligações no Piauí, sendo 71,7% dessas na região Centro-Sul. A análise revela que o valor investido é elevado, em função da baixa densidade populacional e da dispersão territorial, com uma média de 80% dos gastos voltados para materiais. A conclusão aponta que o programa, embora eficaz, ainda enfrenta desafios para atingir as metas, como o cumprimento de 7.725 ligações em 2023. Os investimentos contínuos são necessários para ampliar o acesso à energia e reduzir desigualdades no Piauí, evidenciando que este é um caso particular de esforço contínuo em eletrificação rural.

**Palavras-chave:** Programa Luz Para Todos, Piauí, Eletrificação, Impacto socioeconômico, Infraestrutura elétrica, investimento financeiro.

# ABSTRACT

Since the 2000s, Brazil has intensified efforts to universalize access to electricity, particularly through the Luz Para Todos (Light for All) Program, launched in 2002. This program has generated significant socioeconomic impacts, promoting not only electrification but also improvements in the living conditions of rural families. This study analyzes the socioeconomic impacts, electrical infrastructure, and financial investments of the Luz Para Todos Program in the state of Piauí in 2023. The central issue addressed is the evaluation of the program's effectiveness in Piauí, focusing on its capacity to meet local demands and the implications of the investments made. The methodology includes data collection from the Ministry of Mines and Energy and Equatorial Energia, analyzing the amounts invested, the installed electrical infrastructure, and the number of households served. The results indicate that the regions of Piauí receive more funding than initially requested for the works, with a focus on the Central-South region, which accounts for over 57% of the state's total projects. In 2023, the program achieved 6,342 new connections in Piauí, with 71.7% of them in the Central-South region. The analysis reveals that the investment amount is high due to low population density and territorial dispersion, with an average of 80% of expenditures directed towards materials. The conclusion points out that, while the program is effective, it still faces challenges in reaching its goals, such as fulfilling the target of 7,725 connections in 2023. Continuous investments are necessary to expand energy access and reduce inequalities in Piauí, highlighting this as a particular case of ongoing effort in rural electrification.

**Keywords:** Light for All Program, Piauí, Electrification, Socioeconomic Impact, Electrical Infrastructure, Financial Investment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Logo do Programa Luz Para Todos.....	15
Figura 2 – Implementação de energia elétrica em Beditinhos-PI para a comunidade Tabajara.....	17
Figura 3 – Comparação do IDH do Brasil nos períodos de 2000 e 2010.....	20
Figura 4 – Estruturas de Média Tensão (Primária) - Simbologia.....	28
Figura 5 – Equipamento de seccionamento (chave fusível e chave faca).....	29
Figura 6 – Equipamento de proteção (para-raios).....	30
Figura 7 – Esquema de montagem de um transformador bifásico com equipamentos de proteção e manobra.....	32
Figura 8 – Rabicho para conexão de consumidor à rede multiplexada.....	34
Figura 9 – Mapa do Piauí indicando as regionais vistas pela EQTL.....	37
Figura 10 – Média geral do orçamento de obras entre valor solicitado e valor aprovado.....	38
Figura 11 – Comparativo da média do valor solicitado e o valor aprovado por região.....	39
Figura 12 – Comparativo do gasto de valor de serviço com valor de material.....	39
Figura 13 – Comparativo da média de gasto por setor em cada região.....	40



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metas das concessionárias do Nordeste conforme apresentado em seus Planos de Universalização de 2004 à 2008.....	21
Tabela 2 – Índice de Cumprimento da Meta de Eletrificação do Programa Luz Para Todos, compreendido no período de 2004 à 2014.....	22
Tabela 3 – Condutores utilizados em rede primária.....	26
Tabela 4 – Resistência de engastamento de poste.....	26
Tabela 5 – Dimensionamento de elos fusíveis.....	29
Tabela 6 – Conexão do transformador à rede de baixa tensão.....	31
Tabela 7 – Esforço mínimo de poste recomendado para cada potência de transformador.....	31
Tabela 8 – Cabos padronizados para rede secundária.....	33
Tabela 9 – Porcentagem e fonte de recursos financeiro aplicados no PLPT.....	36
Tabela 10 – Quantidade de ligações realizadas por regional.....	40
Tabela 11 – Meta de quantidade de consumidores a serem atendidos.....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAPISA	Companhia Elétrica do Piauí
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
EQTL	Equatorial Energia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
MME	Ministério de Minas e Energia
ONU	Organização das Nações Unidas
PLPT	Programa Luz Para Todos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RDR	Rede de Distribuição Rural
UNESCO	Organização das Nações Unidas

# SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
1.1	Objetivo .....	13
1.1.1	Objetivo Geral .....	13
1.1.2	Objetivo Específico .....	13
1.2	Estrutura do Trabalho .....	13
2	Revisão de literatura .....	14
2.1	Sobre o Programa Luz Para Todos.....	14
2.2	Impacto Socioeconômico .....	17
2.3	Implementação da Eletrificação .....	21
2.4	Infraestrutura Elétrica .....	23
2.4.1	Materiais e Equipamentos.....	23
2.4.2	Critérios Técnicos .....	24
2.4.3	Estrutura Primária.....	25
2.4.4	Transformador .....	31
2.4.5	Estrutura Secundária.....	34
2.4.6	Seleção do Tipo de Ligação.....	34
3	Metodologia.....	36
3.1	Coleta de Dados .....	36
4	Resultados e Discursão.....	37
4.1	O programa e Suas Implementações .....	37
4.2	Domicílios Atendidos .....	42
5	Considerações Finais .....	44
	Referências .....	45

# 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica como acesso global é um tópico de grande importância para nosso contexto atual, visto que, com a evolução e criação de diversos bens tecnológicos cada vez mais constantes no nosso dia a dia, é imprescindível a utilização de tal ferramenta. Pautada como um dos objetivos de Desenvolvimento Sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU), temos especificamente no item 7.b a tratativa de universalização da energia para todos:

Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio.

No atual contexto nacional, a busca por soluções eficientes e sustentáveis para o acesso universal à energia elétrica tornou-se uma prioridade crescente. A energia elétrica é vital para o desenvolvimento econômico e social, melhorando a qualidade de vida, educação e saúde nas comunidades. Apesar de historicamente haverem outras tentativas de melhoria na infraestrutura do país e diversificação do acesso a esse recurso, nosso país teve maior eficácia na instalação do programa: Luz para Todos. Ele foi lançado em 2003 pelo governo brasileiro e tem sido uma solução estratégica para levar energia elétrica a áreas rurais e isoladas, promovendo inclusão social e desenvolvimento sustentável.

O Programa envolve a instalação de uma complexa infraestrutura elétrica, incluindo redes de distribuição e tecnologias para garantir a eficiência e a qualidade do fornecimento de energia. Além dos benefícios sociais e econômicos, é fundamental avaliar os investimentos financeiros realizados para assegurar a sustentabilidade e a eficácia do programa a longo prazo. Em 2023, essa análise é particularmente relevante para compreender os desafios e sucessos do programa no estado do Piauí. Os dados sobre investimentos utilizados nesta pesquisa foram fornecidos pela concessionária de energia do Piauí, a Equatorial Energia e o Ministério de Minas e Energia.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise dos impactos socioeconômicos, mostrar a infraestrutura necessária para projetos de eletrificação e dos investimentos financeiros do Programa Luz para Todos no Piauí em 2023, visando compreender plenamente os benefícios proporcionados pelo programa.

### 1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Identificar os desafios enfrentados durante a implementação do programa;
- Investigar os principais impactos socioeconômicos no Brasil especialmente no estado do Piauí;
- Apresentar os componentes essenciais da infraestrutura necessária para a implementação de projetos de eletrificação rural no contexto do programa;
- Analisar o investimento financeiro realizado no ano de 2023;
- Avaliar as metas de ligações definidas para o programa.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 2 aborda o referencial teórico, com ênfase no Programa Luz para Todos, além de trazer informações sobre seus impactos. Também inclui uma análise dos dados de investimento, comparando o que foi planejado com o que foi executado, e estabelecendo paralelos com outras regiões. Além disso, são apresentados os principais componentes que integram a infraestrutura elétrica, explicando seus conceitos gerais e como ela é estabelecida para garantir o acesso à eletricidade em conformidade com as normas vigentes.

No Capítulo 3, são descritos os materiais e métodos utilizados durante o estudo, e no capítulo seguinte, os resultados.

Finalmente, no Capítulo 5, a conclusão destaca os resultados alcançados e as principais contribuições para o campo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SOBRE O PROGRAMA LUZ PARA TODOS

Apesar da eletricidade estar difundida mundialmente, sendo um recurso muito comum para grande parte da população, ainda há um contingente populacional com dificuldade de acesso a este recurso, com foco na zona rural, onde se localizam os maiores desprovidos de fontes de energia.

A energia para o meio rural se configura como um desafio de políticas públicas que ao longo da história houveram várias tentativas falhas na sua implementação. Se comparada com saúde e educação, essa implantação nunca recebeu uma prioridade, mas economicamente sem a população ter o uso da eletricidade, tampouco terá melhoria na condição de vida atual, ou seja, uma parte leva a outra, contando ainda que, a implementação da eletricidade pode levar altos custos para instalação, mas não contempla um potencial atrativo econômico, fazendo com que haja uma menor aplicação de recursos para os órgãos públicos.

Com o aumento populacional em regiões sem grande acesso a eletricidade, como Norte e Nordeste, o impasse de implementação de redes elétricas ganhou mais visibilidade, visto que já haviam outras tentativas, apenas em 2002 conseguiu-se ter respostas do governo para sua instalação, no texto Bittencourt (2010, p.16) ressalta:

As condições que possibilitaram o poder fazer, significaram, todavia, apenas uma parte da solução do problema. A outra parte, representada pelo querer fazer, traduzida pela vontade política dos poderes Executivo e Legislativo, complementou a primeira, resultando em ações concretas. Paralelamente, verificou-se também nos últimos anos uma clara e continuada disposição política interna em relação aos rumos da universalização da energia elétrica. Essa disposição tornou-se realidade por meio da transformação das ações de Governo em ações de Estado, expressa no estabelecimento de leis e decretos e, principalmente, no provisionamento de recursos necessários à consecução desses objetivos.

Dessa forma, surge a lei de 26 de abril de 2002, contendo as atribuições para difusão deste recurso em todo o país, sendo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL a principal responsável pela demanda, mas não a única, já que em seu plano principal, era

estabelecido o acesso a eletricidade até 2015. Com a lei 10.438 também do mesmo ano, foi criado o Programa Luz Para Todos (PLPT). Em contrapartida à meta de levar energia elétrica a todo o território nacional até 2008, com foco nas áreas rurais brasileiras, que eram as mais afetadas, a Figura 1 apresenta a arte desenvolvida para o ciclo do Programa Luz para Todos de 2023 a 2025.

Figura 1 – Logo do Programa Luz Para Todos.



Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME,2023).

Instituído pelo decreto nº 4.873 de 11 de novembro de 2003, o PLPT visa propiciar o atendimento em energia elétrica à parcela da população no meio rural brasileiro que ainda não possui acesso a esse serviço público. Inicialmente, o Programa Luz para Todos previa o atendimento até o ano de 2008 dos domicílios identificados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entretanto, durante a execução do Programa os agentes envolvidos identificaram um número maior de famílias não atendidas com eletricidade, vivendo em áreas com acessos ainda mais distantes, dificultando cada vez mais a execução das obras.

Esses fatos levaram a alterações no Programa, com a publicação dos Decretos nº 6.442, de 25/04/2008, nº 7.324, de 05/10/2010, nº 7.520 de 08/07/2011 e nº 7.656, de 23/12/2011, prorrogando o Programa até o ano de 2014 e modificando algumas de suas condições (ELETROBRÁS, 2013, p.2).

Fugimoto (2005) entende que a Lei nº 10.438, constitui o marco legal do processo de universalização dos serviços públicos de energia do país. Embora essa lei tenha sido assim considerada, seu objetivo inicial parece não ter sido a universalização, mas sim a regulamentação da Medida Provisória 14/2001, que dispunha sobre a expansão da oferta de energia emergencial.

Com os incentivos governamentais, era nítido que apesar de não ter conseguido cumprir com todas as metas até o tempo estabelecido, o programa deu um grande impacto em diversas regiões. Conforme cita Castro (2010, p.10), o objetivo desse programa se tornou tão amplo quanto a sua extensão territorial, de certa forma que além de propiciar conforto e civilidade para os camponeses distantes das redes de energia existentes, propicia o retorno dos “fugitivos” do campo que um dia se viram forçados a deixar o seu local de origem em busca de melhores condições de vida, deixando para trás o seu sustento e a sua identidade natural. Além disso, tendência a diminuição dos aglomerados nos grandes centros, causa da migração ocorrida do campo para as cidades, muitas vezes em busca de trabalho e o conforto de morar em uma cidade.

Os estados priorizados para execução do programa seguem conforme o contingente populacional e os níveis de acesso à eletricidade. Dessa forma, muitos estados do Nordeste foram beneficiados não só por esta iniciativa, mas outras com o mesmo objetivo da principal, como o Luz no Campo e Luz em Casa. O estado do Piauí recebeu iniciativas a partir de 1998, mas conseguiu melhores índices de ligações de energia elétrica entre o período de 2001 e 2002.

Dessa maneira, o Estado do Piauí recebeu muitos incentivos que iam de acordo com o estabelecido no plano nacional. A partir de 2002 com o PLPT, esses incentivos aumentaram, mas todos indo na mesma linha, seguindo as mesmas regras. Ainda, segundo Castro (2010, p.11), o PLPT do estado do Piauí, assim como nas demais regiões do País segue normas técnicas e construtivas para as obras de eletrificação rural. E para a construção de uma obra dessa categoria é sabido que esses conhecimentos são de fundamental importância, desde a elaboração e correção dos projetos ao processo construtivo em campo.

Ainda no Piauí, a responsável pela distribuição de energia elétrica no estado era a Companhia Elétrica do Piauí (CEPISA), fundada em 1962. Posteriormente, sua razão social foi modificada para Companhia Energética do Piauí, o que abriu um leque para expandir suas atividades e em 2010, tornando-se a Eletrobrás Distribuição do Piauí, através da compra de ações por parte da Eletrobrás. Após o processo de privatização da CEPISA, a Equatorial adquiriu a empresa no leilão realizado em 2018, assumindo o controle da distribuição de energia no Piauí.



## 2.2 IMPACTO SOCIOECONÔMICO

Inúmeras são as disparidades socioeconômicas encontradas em todo o mundo. O destaque pode ser dado ao Brasil, onde as diferenças são observadas em macro e micro territoriais sociais. Cabe, então, à sociedade e ao governo que a representa, encontrar maneiras acessíveis de mitigar essas desigualdades, proporcionando melhores condições de vida aos cidadãos. No caso das democracias modernas, espera-se que tais medidas sejam tomadas, apoiadas ou lideradas pelos Estados, através de políticas e programas que possibilitem melhores condições de vida à população e que impulsionam o desenvolvimento daqueles socialmente mais vulneráveis que, portanto, possuem maiores necessidades (MATOSINHOS, LAVORATO e SILVEIRA, 2020).

Com as transformações realizadas através da eletrificação, o Brasil e principalmente as regiões mais afetadas pela falta deste recurso, começam a transformar-se e vivenciar novos rumos. Dessa maneira, com o PLPT, foi possível notar diferenças em várias esferas sociais, pautadas na melhoria de vida dos cidadãos que gozam das consequências do programa que vai de uso de eletrodomésticos a geração de novos empregos. Muitas vidas podem ser transformadas através deste recurso, principalmente pessoas do campo e comunidades (indígenas) que na maioria das vezes não tem conhecimento dos benefícios, sendo a energia uma porta de abertura para diversas mudanças. Podemos analisar a instalação de redes elétricas em situações de extrema necessidade como na Figura 2.

Figura 2 - Implementação de energia elétrica em Beneditinhos-PI para a comunidade Tabajara.



Fonte: Evidências de obras, 2024.

Dentre as características que se destacam no impacto social, podemos citar a mudança no estilo de vida do homem no campo, que além de ter acesso a eletrodomésticos em casa, teve impacto imenso na produção de recursos, pois com a vinda da energia, agora era possível a utilização de máquinas que pudessem otimizar o desempenho dos trabalhadores. ” Luz para Todos - Um marco histórico”, depois da chegada da energia do Luz para Todos, a vida no Assentamento mudou totalmente. A produção de verduras e frutas, principal vocação dos agricultores do local, aumentou consideravelmente. Só para se ter uma ideia, somente de quatro das 23 parcelas do Colônia 2, saem, semanalmente 1.400 caixas de 20kg de produtos, e o trabalho já emprega cerca de 20 pessoas (Ministério de Minas e Energia, s.d, p.99).

Além da melhor produtividade no campo, o acesso à escola teve uma melhoria, visto que agora no período da noite também era possível estudar, não obstante, é importante salientar outros pontos como: melhoria no acesso à saúde, acesso a aparelhos eletrônicos e aumento da movimentação da economia, visto que agora era possível gerar outros insumos dentro da comunidade. Ainda, segundo a obra “Luz para Todos - Um marco histórico”, o programa, conforme apontou a pesquisa, promoveu o incremento no comércio das comunidades rurais, gerando mais renda, emprego e desenvolvimento regional.

Após o Programa, houve considerável aumento na comercialização de aparelhos, como televisores, geladeiras, ventiladores, aparelhos de som, freezers e liquidificadores. O número de televisores adquiridos, por exemplo, aumentou 79,3% e o de geladeiras, para 73,3%, correspondendo, respectivamente, à comercialização de 1.586.000 e 1.466.000 unidades.

Na questão social, a energia mudou as formas de como a mulher utilizava seu tempo e a busca por trabalho. Segundo Rachter e Rocha (2022), os efeitos da eletrificação sobre o uso do tempo da mulher têm como principal mecanismo o uso de eletrodomésticos dentro do domicílio. De fato, o acesso à energia elétrica afetou a posse de eletrodomésticos dentro dos domicílios. Os resultados da análise de variáveis instrumentais mostram que o acesso à energia aumentou o acesso a bens duráveis, mais especificamente geladeira e televisão. Já as estimativas para oferta de trabalho dentro e fora do domicílio sugerem que o choque de produtividade advindo do acesso à eletricidade não afetou a oferta de trabalho no mercado de trabalho e aumentou marginalmente a intensidade de trabalho ofertado no domicílio (principalmente para mulheres que não têm filhas mais velhas).

É evidente que o programa beneficiou milhares de famílias, visto que sua implementação transformou a forma de se viver. Tal programa teve longa duração, dado que a estruturação previa um número de locais atendidos e a realidade condizia com uma maior necessidade.

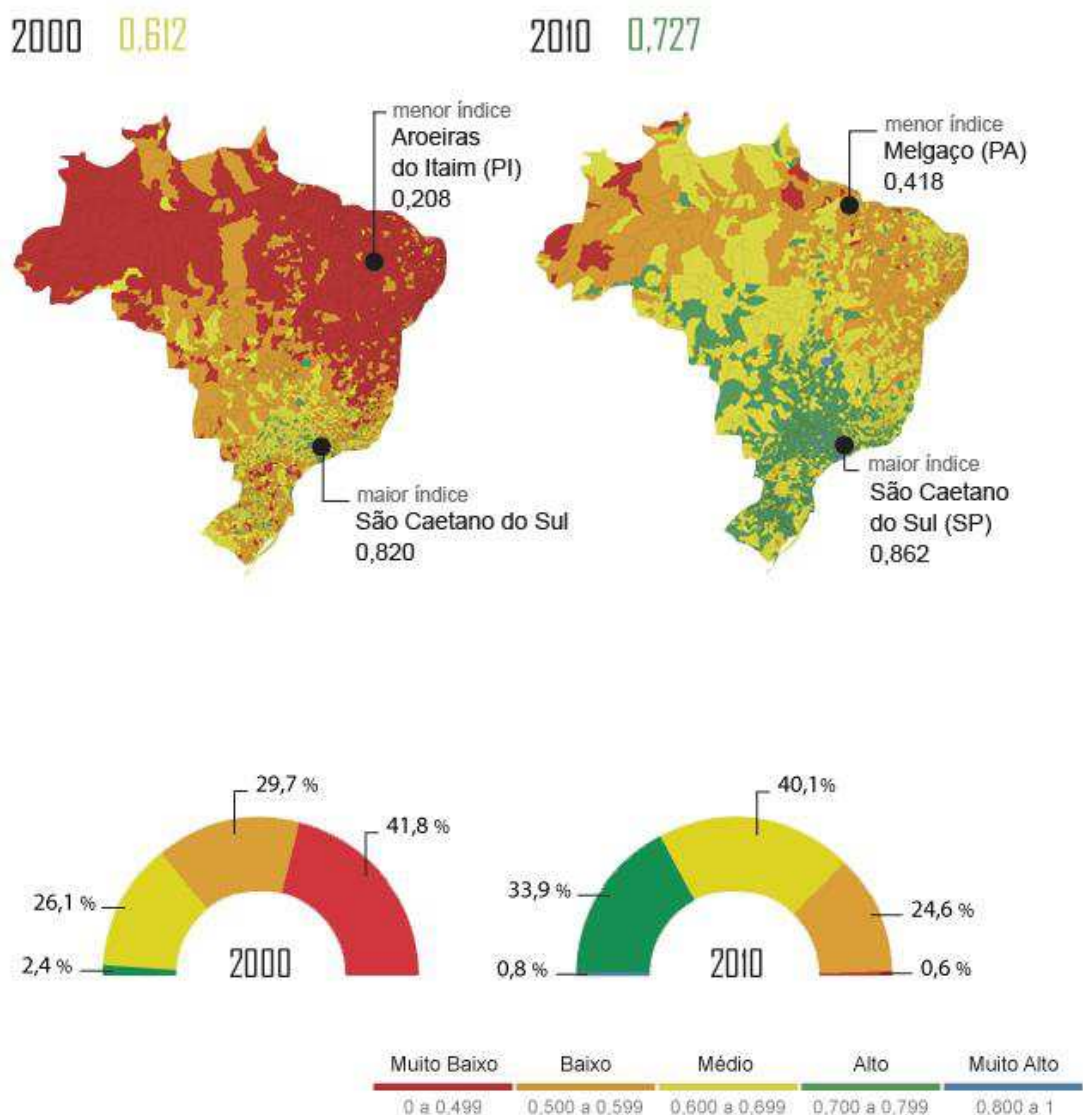
Para maior exatidão do público atendido e seu impacto, podemos conferir a análise do Luz para todos (ELETROBRÁS, 2013):

Com o atendimento a mais de 3 milhões de unidades consumidoras, o programa beneficiou mais de 15 milhões de brasileiros, contribuindo para o desenvolvimento das comunidades rurais, reduzindo a pobreza e melhorando a qualidade de vida. Cabe destacar ainda os benefícios gerados pelo Programa na economia, com a geração de empregos e com o aumento na demanda por eletrodomésticos e equipamentos rurais. Estima-se que mais de 460 mil empregos diretos e indiretos foram gerados no país em consequência da implementação do Programa, uma vez que é dada prioridade ao uso da mão de obra local e à compra de materiais e equipamentos nacionais, fabricados nas regiões próximas às localidades atendidas.

É importante ressaltar que o Programa Luz para Todos teve um impacto significativo no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das áreas beneficiadas, especialmente em regiões historicamente carentes. Um exemplo notável no estado do Piauí, que, por muitos anos, apresentou um dos menores IDHs do Brasil. Em 2000, o IDH médio do estado era de 0,468, e

o município de Aroeiras do Itaim registrava o menor índice do país, com apenas 0,208, conforme ilustrado na Figura 3. No entanto, a implementação de programas sociais, como o PLPT, contribuiu para melhorar esses indicadores ao longo dos anos.

Figura 3 – Comparação do IDH do Brasil nos períodos de 2000 e 2010.



Fonte: PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) (Arte: Uol Infografia).

Em 2010, o IDH do Piauí já havia subido para 0,646, refletindo os primeiros impactos das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento socioeconômico e a inclusão energética. Mais recentemente, de acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano de 2021, o IDH do Piauí atingiu 0,697, evidenciando um crescimento contínuo. Esse avanço reflete melhorias nas condições de vida da população, impulsionadas pela maior oferta de energia elétrica nas áreas rurais, que facilitou o acesso a serviços essenciais como educação e saúde, além de contribuir

para o aumento da renda familiar. Assim, a eletrificação rural desempenhou um papel fundamental na promoção de um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável no estado.

## 2.3 IMPLEMENTAÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO

A Agência Nacional de Energia Elétrica é a responsável pelo setor elétrico brasileiro, mas também tem-se estruturas estaduais (concessionárias de energia) como a CEPISA, sendo esses órgãos de imensa importância para ampliação de atendimento no âmbito elétrico. Segundo o IBGE no seu censo demográfico de 2000, cerca de 3.12 milhões de casas estavam sem o acesso à energia elétrica, sendo estes números modificados com o passar dos anos a partir do PLPT.

No Nordeste, região com uma das maiores demandas, foram estimadas cerca de 2 milhões de novas ligações entre 2004 e 2008, o que não condizia com a realidade, pois segundo a Tabela 1, a carência de maior atendimento pelo PLPT era alta, sendo os estados de Maranhão e Piauí os mais beneficiados dentre essa região.

Tabela 1 – Metas das concessionárias do Nordeste conforme apresentado em seus Planos de Universalização no período de 2004 à 2008.

<b>CONCESSIONÁRIA</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Total</b>
CEMAR	8.230	45.000	60.000	60.000	75.770	<b>249.000</b>
CEPISA	7.000	29.000	40.000	35.000	38.600	<b>149.600</b>
COELCE	18.000	25.000	30.000	30.000	9.000	<b>112.000</b>
COSERN	6.000	6.000	6.000	6.000	6.095	<b>30.095</b>
EPB	4.100	10.000	10.000	10.000	10.000	<b>44.100</b>
CELPE	18.000	20.000	20.700	10.130	11.007	<b>79.837</b>
CEAL	6.000	12.000	12.000	12.000	11.500	<b>53.500</b>
SULGIPE	1.100	2.800	3.673	-	-	<b>7.573</b>
COELBA	20.394	76.894	91.894	91.894	76.894	<b>357.970</b>
<b>TOTAL</b>	<b>88.824</b>	<b>226.694</b>	<b>274.267</b>	<b>255.024</b>	<b>238.866</b>	<b>1.083.675</b>

Fonte: ANEEL.

Se analisados por região, a meta no Nordeste não foi cumprida como esperada, visto que nos anos iniciais foram os de menores metas, além disso, segundo Siqueira (2018, p.36), os custos empreendidos ao longo do período analisado foi de aproximadamente R\$ 4,2 bilhões, que significa aproximadamente um custo médio de 4.510,44 R\$/Nova ligação. Apesar de ser

uma quantia elevada, o valor está abaixo do custo médio estimado nos planos de Universalização originais para os anos de 2005 a 2008. Em comparação com o nível nacional, o Nordeste contém uma quantidade considerável de estados com baixo nível de implementação, ao utilizar do Índice de Cumprimento da Meta de Eletrificação (ICME), pode-se ver como foi a eficácia do programa na região. De acordo com a Tabela 2, os estados do Norte e Nordeste ocupam as últimas posições do ranking.

Tabela 2 – Índice de Cumprimento da Meta de Eletrificação do Programa Luz Para Todos, compreendido no período de 2004 à 2014.

Posição	Estado	Eficácia	Posição	Estado	Eficácia
1	ES	2,26	14	CE	1,23
2	SC	2,14	15	AL	1,17
3	RJ	2,12	16	PA	1,10
4	MG	2,04	17	MA	1,08
5	SE	1,74	18	PB	1,06
6	RS	1,60	19	RO	1,05
7	SP	1,58	20	TO	1,00
8	MT	1,51	21	AM	0,94
9	MS	1,44	22	GO	0,92
10	RN	1,40	23	RR	0,85
11	BA	1,25	24	PI	0,77
12	PE	1,25	25	AC	0,66
13	PR	1,24	26	AP	0,62

Fonte: MATOSINHOS, Livia; LAVORATO, Mateus; SILVEIRA, Suely (2020).

O cálculo para mensurar a eficácia do PLPT em nível estadual. De modo específico, a medida da eficácia do programa no estado  $i$  é dado por:

$$ICME_i = \frac{TL_i}{ML_i} \quad (1)$$

Em que  $TL_i$  representa o número total de ligações realizadas por meio do programa no estado  $i$ ;  $ML_i$  corresponde a meta de ligações estabelecida para o estado  $i$  no mesmo período. O cálculo do ICME visa comparar a meta governamental com o número efetivo de ligações realizadas. O valor ideal para o ICME é 1, indicando que a meta foi atingida. Se o índice for superior a 1, significa que as expectativas foram superadas; no entanto, se for inferior a 1, isso reflete um desempenho abaixo do esperado.

De forma geral, o programa obteve bons índices de implementação da energia no Brasil, visto que sua permanência propôs continuidade para conquistar um número maior de famílias com o acesso ao recurso. Porém, ainda foi necessário um foco maior em estados em que os índices de eficiência são baixos, como Piauí, Acre e Amapá. Tal déficit pode ser justificado, na maioria dos casos, pela grande expansão territorial ou pela baixa densidade demográfica dos

mesmos, dessa forma, dificulta a expansão do programa, necessitando de mais recursos alocados para essas regiões e um tempo maior para instalações.

Em relação ao programa e suas implementações, deve-se analisar que foram estabelecidas metas específicas para a realização das instalações, considerando não apenas o atendimento às famílias, mas também a inclusão de escolas, igrejas, comunidades quilombolas e indígenas. No entanto, além dessas metas, é fundamental ressaltar que, em muitos estados, os resultados ficaram aquém do esperado, devido à vasta extensão territorial e às dificuldades de acesso a áreas mais remotas.

Em específico, no estado do Piauí, o acordo entre a CEPISA e o Ministério de Minas e Energia previa o atendimento de 149.600 domicílios rurais até 2008, sendo que esses números foram alcançados apenas em 2014, totalizando o investimento em média de 1.1 Bilhões de reais.

## 2.4 INFRAESTRUTURA ELÉTRICA

A infraestrutura necessária para projetos de eletrificação rural no âmbito do Programa Luz Para Todos abrange uma série de componentes e procedimentos essenciais para garantir o fornecimento seguro e eficiente de energia elétrica a comunidades isoladas e de baixa densidade populacional. Além disso, deve-se salientar que os agentes executores do Programa Luz Para Todos são concessionárias, permissionárias de energia elétrica e prestadores de serviço público de distribuição de energia elétrica, conforme a portaria N° 388 de 26 de julho de 2016 (ANEEL, 2016).

### 2.4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os Agentes executores deverão priorizar tecnologia, materiais e equipamentos de rede que resultem em redução de custos, tais como os listados no tópico a seguir.

- i. Condutores tipo aço zincado (CAZ);
- ii. Condutores tipo aço aluminizado (AS);
- iii. Chaves fusíveis religadoras;
- iv. Postes e cruzetas de madeira;
- v. Para-raios de distribuição de óxido de zinco;
- vi. Isoladores de porcelana ou de vidro temperado.

#### 2.4.2 CRITÉRIOS TÉCNICOS

As instalações do Programa “Luz Para Todos” devem atender aos seguintes critérios técnicos:

- i. Rede Trifásica Primária, incluindo adição de fases, em extensão não superior a 30% do comprimento total da Rede Primária;
- ii. Redes Primárias Bifásicas com Neutro e Trifásicas, somadas, incluindo adição de fases, em extensão não superior a 40% do comprimento total da Rede Primária;
- iii. Sistemas Elétricos Monofásicos Multiterrados (F-N), Bifásico sem Neutro ou Monofilares com Retorno por Terra (MRT), em extensão não inferior a 60% do comprimento total da Rede Primária;
- iv. A aprovação de obras com condutores de bitola acima de 4/0 AWG será submetida à Eletrobras, mediante solicitação de estudos complementares que justifiquem sua necessidade para o atendimento ao Programa;
- v. As obras de reforço, como subestações, ampliação de pequenas centrais geradoras em sistemas isolados, recondutoramento, reisolamento, compensação reativa, religamento e regulação de tensão, devem representar no máximo 10% do valor total do Programa, excluindo o valor destinado às fontes alternativas;
- vi. Obras de adição de fases com recondutoramento devem ser classificadas como obras de adição de fases;
- vii. A potência instalada de transformação por unidade consumidora não poderá ultrapassar 15 kVA, exceto em casos especiais, como poços d’água comunitários, centros de produção comunitária, escolas e postos de saúde, quando a carga justificar;
- viii. Utilização de Sistemas de Distribuição Rural (Redes e Subestações) em tensões de até 34,5 kV;
- ix. Programas que preveem subestações devem apresentar projetos com diagrama unifilar completo e estudo detalhado de carga, justificando a construção, ampliação ou reforço, bem como o número de novos consumidores atendidos, exceto para subestações de sistemas de Geração Descentralizada, cujo detalhamento será analisado pela Eletrobras;



- x. O padrão de entrada deverá incluir: ramal de ligação, poste auxiliar, ramal de entrada, caixa de medição, medidor, disjuntor de entrada, aterramento, ramal de conexão e disjuntor do quadro de distribuição interna. O disjuntor do quadro de distribuição interna deverá ser instalado pelo agente executor, independentemente da instalação do Kit Interno no domicílio;
- xi. Nas residências com ligações monofásicas ou em assentamentos rurais, comunidades quilombolas ou territórios indígenas com ligações bifásicas, o agente executor deverá instalar um kit de instalação interna que inclui: até três pontos de luz, duas tomadas, condutores, lâmpadas e demais materiais necessários. O custo deste kit deve estar no orçamento do Programa de Obras apresentado à Eletrobras;
- xii. Para estabelecimentos coletivos, como escolas, postos de saúde e centros comunitários de produção, o kit de instalação interna deve ser dimensionado para atender todos os cômodos, com os custos especificados no orçamento;
- xiii. A instalação interna é de responsabilidade do agente executor e deve ser feita de maneira segura, sem oferecer risco de contato acidental com partes energizadas. Os custos relacionados, incluindo a rubrica “Mão de Obra de Terceiros”, devem constar no orçamento apresentado à Eletrobras.

#### 2.4.3 ESTRUTURA PRIMÁRIA

A estrutura primária das instalações de média tensão, conforme a NBR 14039, deve ser dimensionada de maneira a garantir a segurança operacional, a confiabilidade no fornecimento de energia e a conformidade com os requisitos técnicos da concessionária. De acordo com a norma, a rede primária abrange os condutores e os equipamentos de proteção, seccionamento e manobra, sendo normalmente projetada para tensões de até 36,2 kV.

As principais características a serem consideradas no projeto da estrutura primária incluem:

### 2.4.3.1 CONDUTORES

Os condutores utilizados na rede de média tensão devem ser de alta resistência mecânica e elétrica, adequados às condições ambientais e à tensão de operação. Normalmente, os condutores são de alumínio, com revestimento isolante específico para suportar a faixa de tensão de 13,8 kV a 36,2 kV, conforme exigido pela NBR 15688. Eles devem ser dimensionados de acordo com a carga elétrica prevista e os requisitos da concessionária, no caso do Piauí a Tabela 3, mostra os tipos de condutores que pode ser usado de acordo com a corrosividade da zona.

Tabela 3 – Condutores utilizados em rede primária.

Alumínio – Zona de baixa corrosividade				Cobre ou alumínio liga – Zona de alta e muito alta corrosividade	
AWG/MCM CA	Formação Fios	AWG/MCM CAA	Formação Fios	Série métrica (mm <sup>2</sup> )/MCM	Formação Fios
1/0	7	1/0	6 (1)	25 mm <sup>2</sup> cu	7
4/0	7	4/0	6 (1)	50 mm <sup>2</sup> cu	7
336,4	19	336,4	26 (7)	70 mm <sup>2</sup> cu	7
-				155,4 MCM ANAHEIM CAL 6201	7
				246,9 MCM ALLIANCE CAL 6201	7
				394,5 MCM CANTON CAL 6201	19

Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

### 2.4.3.2 POSTES

Os postes utilizados em redes de média tensão devem ser de concreto armado ou madeira tratada, projetados para suportar os esforços mecânicos gerados pelos ventos, peso dos condutores e outros equipamentos instalados. A profundidade de instalação e o tipo de fundação (engastamento) devem seguir as orientações das normas técnicas e serem adaptados às características do solo, como recomendado na Tabela 4.

Tabela 4 – Resistência de engastamento de poste.

Comprimento do poste (m)	Resistência do poste	Concreto seção DT				
		Simplex	Reforçado		Concretado	
		Resistência Máxima (daN)	Resistência Máxima (daN)	Dimensões de escora (n x m)	Resistência Máxima (daN)	Diâmetro Mínimo da vala (m)
9.000	150	140	220	0,2 x 0,6	320	0,5
	300	210	320	0,2 x 1,0	450	0,7
	600	210	320	0,2 x 1,0	880	1,1
	1.000	230	340	0,2 x 1,0	1.510	1,6
10.000	150	160	220	0,2 x 0,6	–	–
	300	240	350	0,2 x 1,0	480	0,7
	600	240	350	0,2 x 1,0	920	1,1
	1.000	270	370	0,2 x 1,0	1.400	1,5
11.000	300	280	380	0,2 x 1,0	510	0,7
	600	280	380	0,2 x 1,0	950	1,1
	1.000	310	410	0,2 x 1,0	1.440	1,5
12.000	300	320	420	0,2 x 1,0	–	–
	600	320	420	0,2 x 1,0	1.000	1,1
	1.000	350	450	0,2 x 1,0	1.490	1,5
	2.000	410	500	0,2 x 1,0	–	–
	3.000	440	520	0,2 x 1,0	–	–
13.000	300	370	470	0,2 x 1,0	–	–
	600	370	470	0,2 x 1,0	1.040	1,1

Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

#### 2.4.3.3 CRUZETAS E ISOLADORES

As cruzetas são estruturas fixadas nos postes que sustentam os isoladores e condutores. As cruzetas podem ser de concreto ou madeira tratada, e a escolha do material deve considerar fatores como resistência à corrosão e durabilidade em diferentes condições ambientais. Os isoladores, por sua vez, são de porcelana ou material polimérico, e têm a função suportar os esforços mecânicos e isolar os condutores das estruturas metálicas, garantindo que não ocorra fuga de corrente. A instalação dos isoladores deve seguir as recomendações da NBR 8453, levando em consideração o nível de poluição atmosférica e a tensão de operação. A Figura 4 apresenta um conjunto de estruturas primárias de redes de distribuição de média tensão.

Figura 4 – Estruturas de Média Tensão (Primária) - Simbologia.

	Pino simples	Pino duplo	Fim de linha	Ancoragem dupla
Monofásico - U	U1 	U2 	U3 	U4 
Normal - N	N1 	N2 	N3 	N4 
Beco - B	B1 	B2 	B3 	B4 
Triangular	T1 	T2 	T3 	T4 
Estruturas Especiais	TE 	HT 	HTE 	

Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

Cada esquema ilustra como os cabos, isoladores e cruzetas (quando presentes) são montados em diferentes aplicações:

- **Monofásico (U):** Estrutura monofásica sem cruzeta, que utiliza isoladores para sustentação mecânica e isolamento da estrutura, garantindo simplicidade na montagem e eficiência no isolamento.
- **Normal (N), Beco (B) e Triangular (T):** Estas estruturas são usadas em sistemas bifásicos e trifásicos, com variações no tipo de cruzeta e/ou no posicionamento dos condutores. A escolha da estrutura depende da aplicação específica:
  - A estrutura **Normal (N)** é a mais comumente utilizada.
  - A estrutura **Beco (B)** é adotada para evitar obstáculos e promover o afastamento necessário.
  - A estrutura **Triangular (T)** é ideal para travessias de vias, rios e lagos, proporcionando maior estabilidade e segurança em condições adversas.
- **Estruturas Especiais:** Utilizadas em redes trifásicas quando há necessidade de um espaçamento maior entre as fases e/ou quando o vão entre postes precisa ser superior ao convencional. Essas estruturas garantem maior robustez e flexibilidade em trechos mais exigentes.

#### 2.4.3.4 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO E MANOBRA

A rede primária de média tensão deve ser equipada com dispositivos de proteção e manobra como chave faca, chave fusível e para-raio, que são essenciais para proteger o sistema contra sobrecorrentes e sobretensões.

- **Chave faca:** Dispositivo de seccionamento manual utilizado para abrir ou fechar um circuito elétrico. Sua principal função é permitir a isolação de parte da rede para manutenção ou operações de manobra, garantindo a segurança dos operadores ao cortar o fornecimento de energia.
- **Chave fusível:** Dispositivo de proteção que interrompe o circuito elétrico em caso de sobrecarga ou curto-circuito. Ela contém um elo fusível que, ao ser submetido a correntes superiores ao seu limite, se funde, cortando o fluxo de corrente e protegendo os equipamentos da rede contra danos, esse elo é determinado a partir da Tabela 5.

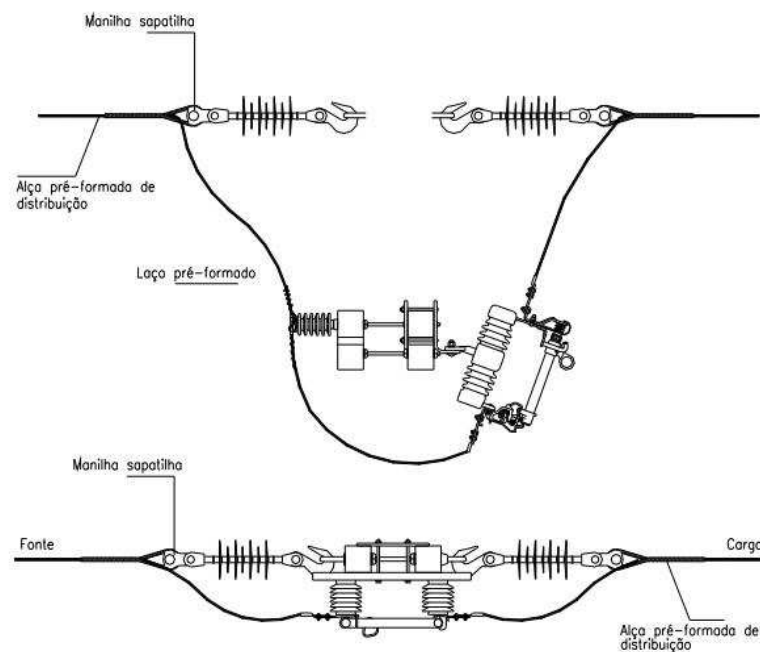
Tabela 5 – Dimensionamento de elos fusíveis.

Potência (kVA)	13,8 kVA			23,1 kVA			34,5 kVA		
	FN	FF	FFF	FN	FF	FFF	FN	FF	FFF
5	0,5H	0,5H	0,5H	1H	-	-	0,5H	0,5H	
10	1H	1H	-	1H	-	-	0,5H	0,5H	-
15	2H	1H	-	2H	0,5H	-	1H	0,5H	-
25	3H	2H	-	3H	1H	-	1H	1H	-
37,5	5H	3H	-	5H	-	-	2H	1H	-
45	-	-	2H	-	-	2H	-	-	1H
75	-	-	3H	-	-	2H	-	-	1H
112,5	-	-	5H	-	-	3H	-	-	2H
150	-	-	5K	-	-	5H	-	-	2H
225	-	-	10K	-	-	6K	-	-	5H
300	-	-	15K	-	-	10K	-	-	6K

Fonte: Adaptado da tabela 10 e tabela 10a da Norma técnica NT. 002 da Equatorial Energia.

Figura 5 ilustra a instalação de uma chave fusível e uma chave faca no condutor e destaca os componentes principais. O posicionamento adequado desses dispositivos é essencial para a proteção do circuito e a operação segura da rede elétrica.

Figura 5 – Equipamento de seccionamento (chave fusível e chave faca).



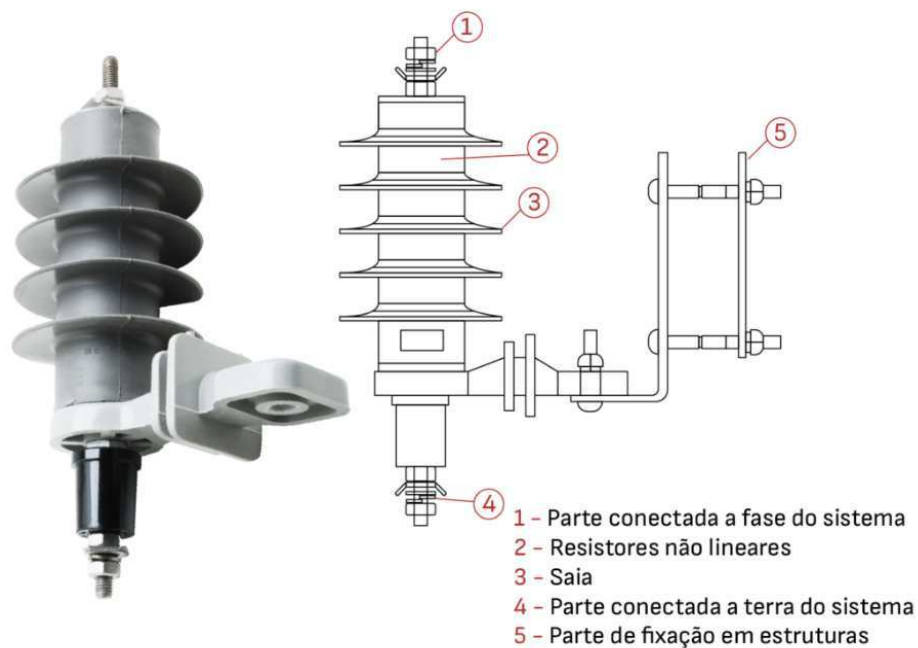
Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

- Para-raio: Dispositivo de proteção contra sobretensões, geralmente causadas por descargas atmosféricas (raios). Ele desvia a corrente excessiva para o solo, evitando que equipamentos da rede elétrica sejam danificados por picos de tensão, na Figura 6 é mostrado as partes que compõem um para-raio.

Os para-raios utilizados são do tipo Óxido de Zinco, projetados para diferentes níveis de tensão, conforme especificado a seguir:

- Para-raios de 12 kV, 10 kA, adequados para redes com tensão de 13,8 kV;
- Para-raios de 30 kV, 10 kA, para redes com tensão de 34,5 kV;
- Para-raios de 21 kV, 10 kA, para redes com tensão de 24,2 kV.

Figura 6 – Equipamento de proteção (para-raio).



Fonte: Mesh Engenharia (2023).

#### 2.4.4 TRANSFORMADOR

No contexto do PLPT, o dimensionamento e a instalação de transformadores desempenham um papel crucial para garantir que a eletrificação atenda adequadamente às demandas energéticas das áreas rurais. Os transformadores são selecionados considerando a carga instalada e prevendo um crescimento de carga para um horizonte de dez anos, porém nas áreas rurais essa característica pode ser desconsiderada.

Os transformadores são distribuídos ao longo da rede, sendo instalados principalmente na linha tronco, nos ramais e nos finais de linha, onde a concentração de consumo é maior. A Tabela 6 descreve os parâmetros usados para a escolha da estrutura de postes para diferentes configurações de rede de distribuição rural (RDR), levando em consideração o tipo de estrutura necessária (bifásico/trifásico ou monofásico).

Tabela 6 – Conexão do transformador à rede de baixa tensão.

ITEM	POTÊNCIA DO TRANSF. (KVA)	TENSÃO SECUND. (V)	CABO DA REDE MULTIPLEXADA	CABO DE LIGAÇÃO XPLE
			(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )(*)
1	45	380/220	3X35+1X35	35
2	75		3X70+1X70	70
3	112,5			
4	150		3X120+1X70	95
5	45	220/127	3X70+1X70	70
6	75		3X120+1X70	70
7	112,5		3X120+1X70	120
8	150		3X120+1X70	185

Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

A correta escolha do transformador está diretamente relacionada à adequação dessas estruturas para suportar os esforços mecânicos e elétricos esperados. Com isso, na Tabela 7 mostra os esforços que os postes precisam suportar para garantir a integridade da rede.

Tabela 7 – Esforço mínimo de poste recomendado para cada potência de transformador (em daN).

Transformador (kVA)	300 daN	600 daN	800 daN	1000 daN
Até 75	X	X	X	X
112,5 e 150		X	X	X
225			X	X
300				X

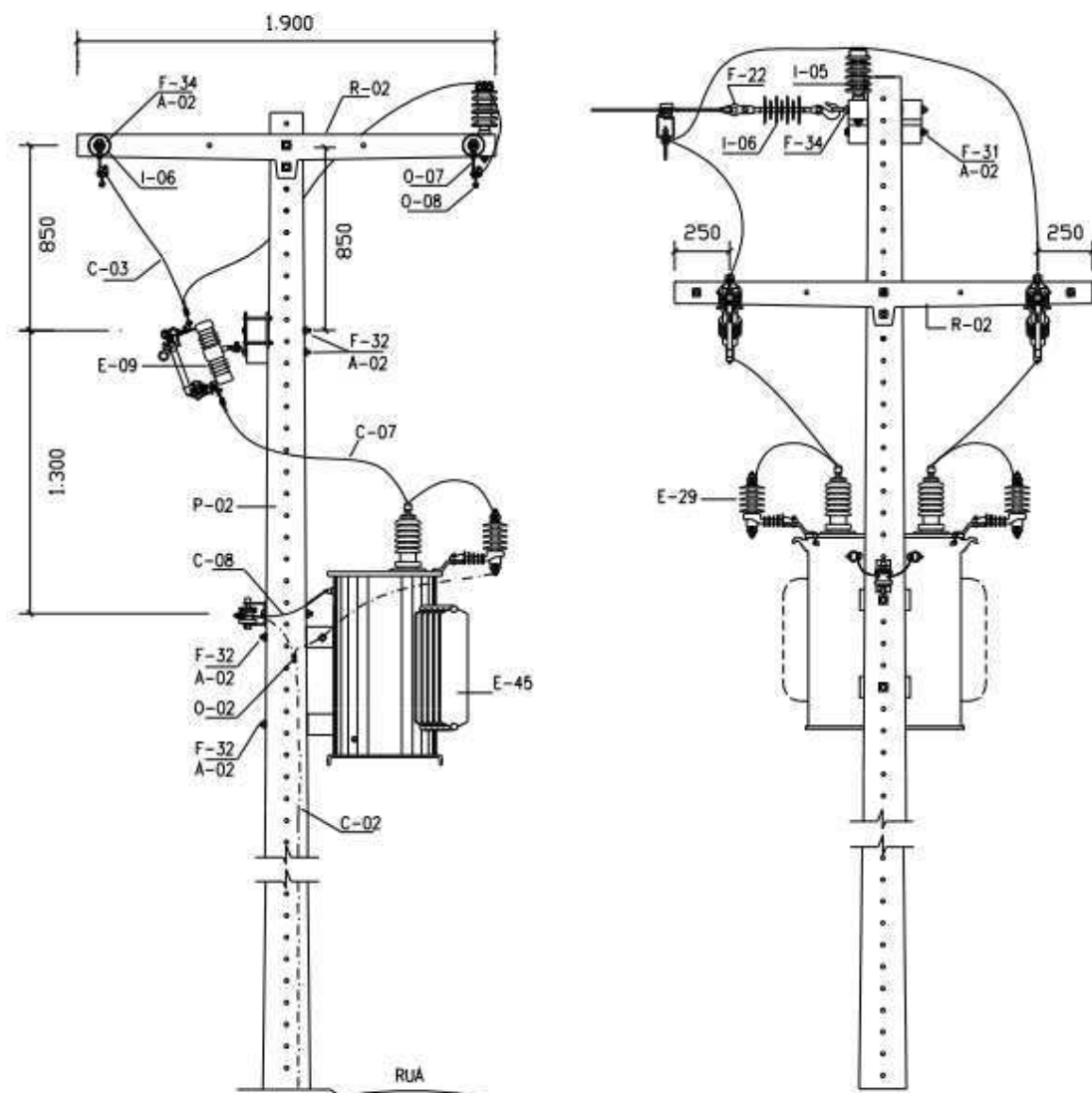
Fonte: Norma técnica NT. 002 da Equatorial Energia.



A instalação de transformadores exige o uso de chaves fusíveis para proteção do sistema, conforme abordado no item **2.4.3.4 Equipamentos de Proteção e Manobra**. Além disso, as instalações de transformadores demandam uma malha de aterramento eficiente. O aterramento é essencial para garantir a segurança do sistema e a dissipação adequada de descargas elétricas, especialmente em regiões rurais que estão mais expostas a intempéries.

Para um melhor entendimento, a Figura 7 apresenta o esquema de montagem do transformador bifásico, juntamente com os equipamentos de proteção e manobra. No componente **E-09**, observa-se a chave fusível, enquanto o para-raios está identificado como **E-29**. Além disso, o conector e o cabo de aterramento são representados pelos símbolos **O-02** e **C-02**, respectivamente.

Figura 7 - Esquema de montagem de um transformador bifásico com equipamentos de proteção e manobra.



Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

#### 2.4.5 ESTRUTURA SECUNDÁRIA

A estrutura secundária das instalações de baixa tensão, conforme as normas técnicas aplicáveis, deve ser projetada de forma a garantir a adequada distribuição de energia aos consumidores finais, assegurando a confiabilidade e segurança no fornecimento. A rede de baixa tensão abrange os condutores e equipamentos necessários para a distribuição de energia após o transformador, conectando o secundário ao sistema de consumo dos usuários pelo os cabos indicados na Tabela 8 retirada da norma técnica da Equatorial.

Tabela 8 – Cabos padronizados rede secundária.

<b>Cabos de Baixa Tensão (0,6/1kV) e Trações de Projeto</b>	
<b>Descrição</b>	<b>Tração (daN)</b>
3 x 35 mm <sup>2</sup> + 1 x 35 mm <sup>2</sup> - fases CA, isolamento XLPE colorida e neutro nu CAL	126
3 x 70 mm <sup>2</sup> + 1 x 70 mm <sup>2</sup> - fases CA, isolamento XLPE colorida e neutro nu CAL	226
3 x 120 mm <sup>2</sup> + 1 x 70 mm <sup>2</sup> - fases CA, isolamento XLPE colorida e neutro nu CAL	366
<b>CA- Cabo de alumínio; CAL- Cabo de alumínio liga (liga 6201)</b>	

Fonte: Norma técnica NT. 002 da Equatorial Energia.

O projeto da rede secundária segue especificações rigorosas, sendo normalmente dimensionado para operar em tensões de até 1 kV. Essa rede é composta por postes, ferragens, isoladores, condutores e dispositivos de proteção, projetados para garantir que a energia seja distribuída de forma eficiente em áreas residenciais, comerciais e rurais. Para evitar quedas de tensão significativas, o alcance máximo da rede a partir do transformador é limitado a aproximadamente 400 metros, garantindo a manutenção dos níveis adequados de tensão para os consumidores mais afastados.

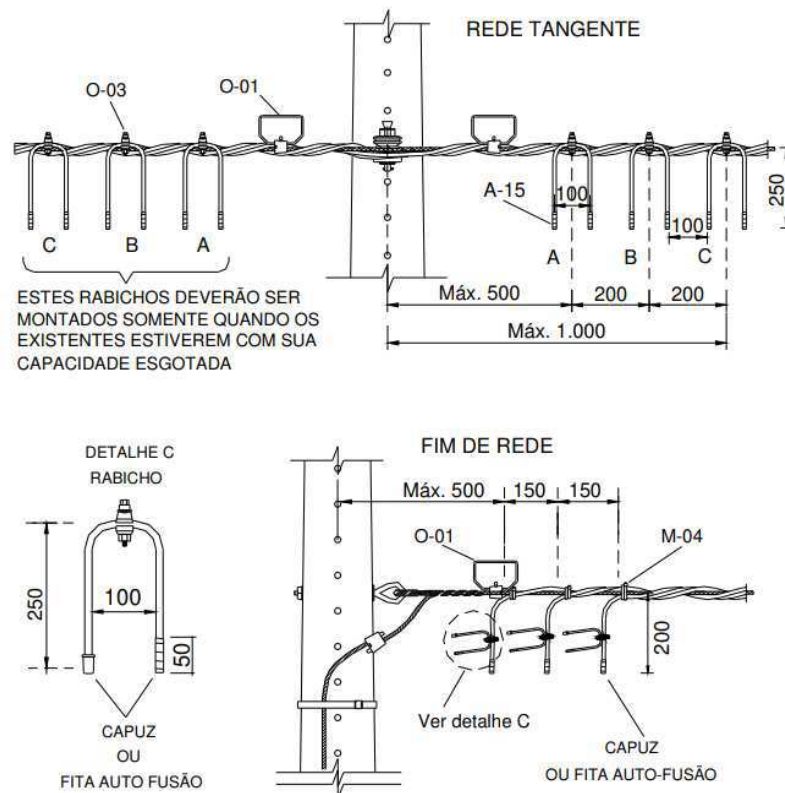
#### 2.4.6 SELEÇÃO DO TIPO DE LIGAÇÃO

O cabo do ramal de ligação é conectado diretamente ao rabicho Figura 8, garantindo uma conexão eficiente e otimizada do consumidor à rede multiplexada. Essa prática evita a necessidade de múltiplas derivações em diferentes pontos, proporcionando uma estrutura mais organizada e funcional.

A escolha do tipo de ligação depende da demanda de energia e da infraestrutura disponível nas áreas atendidas pelo PLPT. As ligações podem ser feitas de forma monofásica ou trifásica, conforme a necessidade de consumo da região:

- Ligações Monofásicas: Em áreas com menor demanda de energia, como residências e pequenos estabelecimentos rurais, é utilizado o CABO 2PLEX CA 10+10mm<sup>2</sup> 0,6/1kV XLP PT NN.
- Ligações Trifásicas: Para regiões que exigem uma demanda energética maior, como grandes propriedades rurais ou pequenos polos produtivos, é utilizado o CABO 4PLEX CA 10+10mm<sup>2</sup> 0,6/1kV COL NN.

Figura 8 – Rabicho para conexão de consumidor à rede multiplexada.



Fonte: Norma técnica NT. 006 da Equatorial Energia.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 COLETA DE DADOS

Todos os anos, as concessionárias de energia elétrica realizam um relatório de acordo com as descrições estabelecidas pela ANEEL. Tais relatórios servem para análise de dados, análise de eficiência e outros insights, dessa forma, através da Equatorial Energia Piauí, CEPISA e outras empresas parceiras, são coletados dados para análise deste trabalho, dando foco para eletrificação do estado do Piauí como citado anteriormente.

Dessa maneira, foram buscados dados para eletrificação no estado do Piauí, bem como investimentos e gastos, através da EQTL. Os dados coletados correspondem ao ano de 2023, servindo como base para insights em relação aos custos de implementação, bem como regiões mais favorecidas e com maiores investimentos.

O procedimento para avaliar o andamento do PLPT no estado do Piauí corresponde ao levantamento de dados, seguindo os passos descritos a seguir:

1. Coleta de dados do Ministério de Minas e Energia, Equatorial Energia Piauí e CEPISA;
2. Separação dos dados específicos relevantes para a pesquisa no tocante aos investimentos em obras e ligação de consumidores.
3. Geração de insights a partir da análise e modelagem dos dados, ambos provindos de métodos estatísticos.

## 4 RESULTADOS E DISCURSÃO

Os dados apresentados neste trabalho, fornecidos pelo MME, EQTL e outras empresas no âmbito do Programa Luz para Todos, estão sujeitos à divulgação pública conforme a Lei de Acesso à Informação (Lei nº 12.527/2011) e o princípio da transparência nas ações governamentais, dado que o programa é uma iniciativa federal de caráter público.

### 4.1 O PROGRAMA E SUAS IMPLEMENTAÇÕES

A resolução 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL classifica consumidor como sendo uma “pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, legalmente representada, que solicite o fornecimento, a contratação de energia ou o uso do sistema elétrico à distribuidora”, sendo classificado como consumidor residencial, industrial, comercial, rural, poder público, iluminação pública, serviço público ou serviço próprio. Dessa maneira, a necessidade de implementação de obras voltadas ao setor elétrico cresce em todo o Estado do Piauí, assim como no país, levando em conta também as suas especificidades.

De acordo com o Termo de Compromisso da Equatorial Piauí para o período de 2023-2025, os recursos financeiros do Programa Luz para Todos são providos majoritariamente pela Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), que subsidia 90% do financiamento necessário. A CDE é gerida pelo governo federal e possui fundos alocados especificamente para o setor elétrico, assegurando o acesso à energia em áreas rurais e remotas. A contribuição restante, correspondente a 10%, é responsabilidade dos Agentes Executores, que incluem concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica. Estes agentes também atuam como prestadores de serviço público de eletrificação rural, contribuindo com recursos próprios ou financiados para a execução das obras.

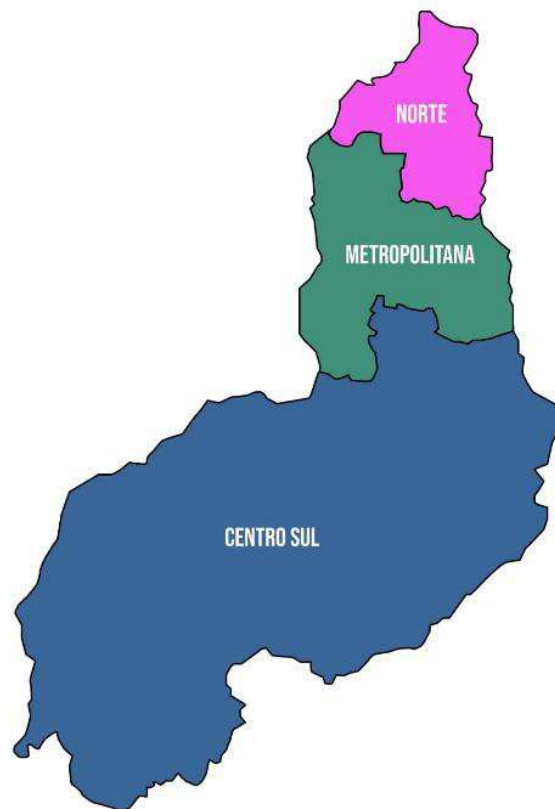
Tabela 9 – Porcentagem e fonte de recursos financeiro aplicados no PLPT.

<b>FONTE DE RECURSOS</b>	<b>%</b>
CDE (SUVENÇÃO)	90
AGENTE EXECUTOR	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Fonte: Termo de compromisso - Equatorial Piauí 2023-2025, 2023, pp. 4-5.

Para facilitar a categorização e compreensão da análise dos dados, a Figura 9 apresenta a divisão regional do Estado do Piauí, destacando suas três principais áreas. Essa segmentação permite realizar comparações entre as regiões, proporcionando insights detalhados sobre as características e necessidades específicas de cada uma.

Figura 9 – Mapa do Piauí indicando as regionais vistas pela EQTL.



Fonte: G2M View, Equatorial Piauí.

No estado do Piauí, foram realizadas 1233 obras no âmbito do PLPT, e, conforme os dados apresentados na Figura 10, observa-se que o valor solicitado, ou seja, a estimativa inicial de custos para a execução de cada obra, é frequentemente inferior ao valor aprovado. O valor aprovado refere-se ao orçamento final, ajustado após o faturamento real, que pode variar conforme o andamento da obra. A análise revela que, em média, em 2023 o valor final foi 47,44% maior do que o inicialmente previsto, demonstrando uma tendência de aumento dos custos à medida que as obras avançam, dependendo também da região.

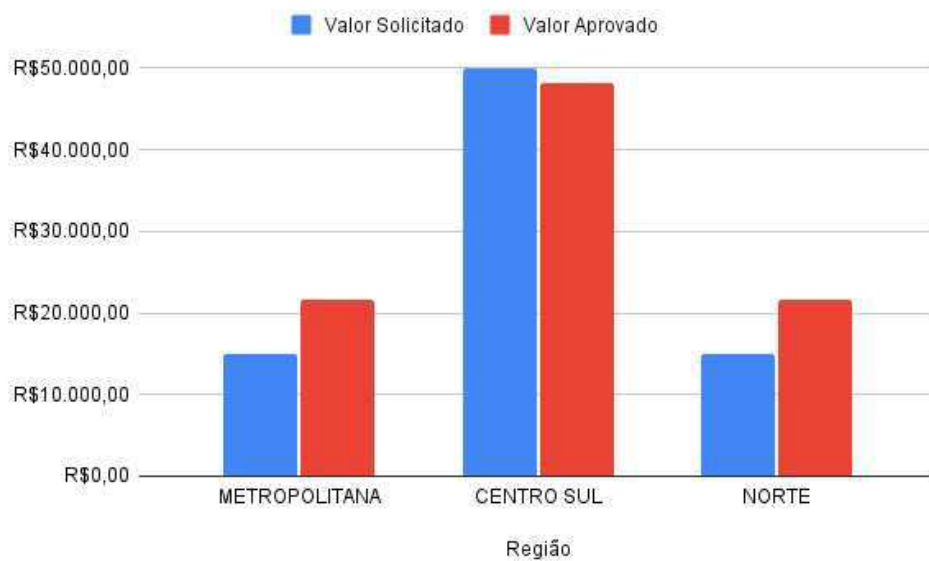
Figura 10 – Média geral do orçamento de obras entre valor solicitado e valor aprovado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às regiões do Piauí, consideramos as especificidades do estado e levamos em conta as 3 principais: a metropolitana, a centro sul e a norte. Dessa maneira, podemos traçar um comparativo entre a média geral e cada região, demonstrando como está o crescimento de acordo com a análise dos dados. Para isso, através da Figura 11 podemos ver um grande diferencial na região centro sul, que tanto representa a região com maiores valores solicitados quanto maiores valores aprovados. Para regiões metropolitana e norte, os dados se mostram equivalentes, tanto no valor solicitado quanto no valor aprovado, o que representa que essas regiões estão crescendo proporcionalmente quanto aos orçamentos, o que não demonstra a real situação em relação a quantidade de obras de eletrificação, visto que a região centro sul ocupa o primeiro lugar, já que da quantidade total de obras, 709 foram realizadas no centro sul, demonstrando que no Estado do Piauí esta região representa 57,5% das obras.

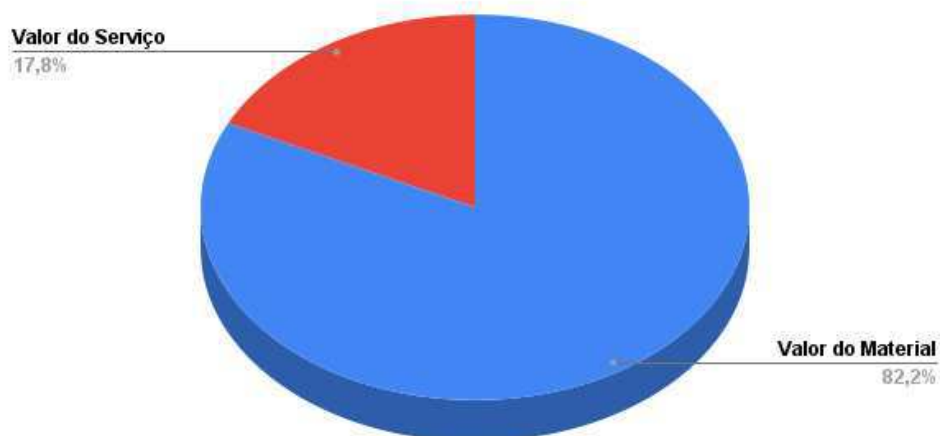
Figura 11 – Comparativo da média do valor solicitado e o valor aprovado por região.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas obras, é normal ter a relação entre o que foi gasto na implementação do serviço e o valor do material, então foi traçado uma média geral para as obras do estado, o que mostra que mais de 80% do que é gasto se trata de materiais, conforme a Figura 12.

Figura 12 – Comparativo do gasto de valor de serviço com valor de material.



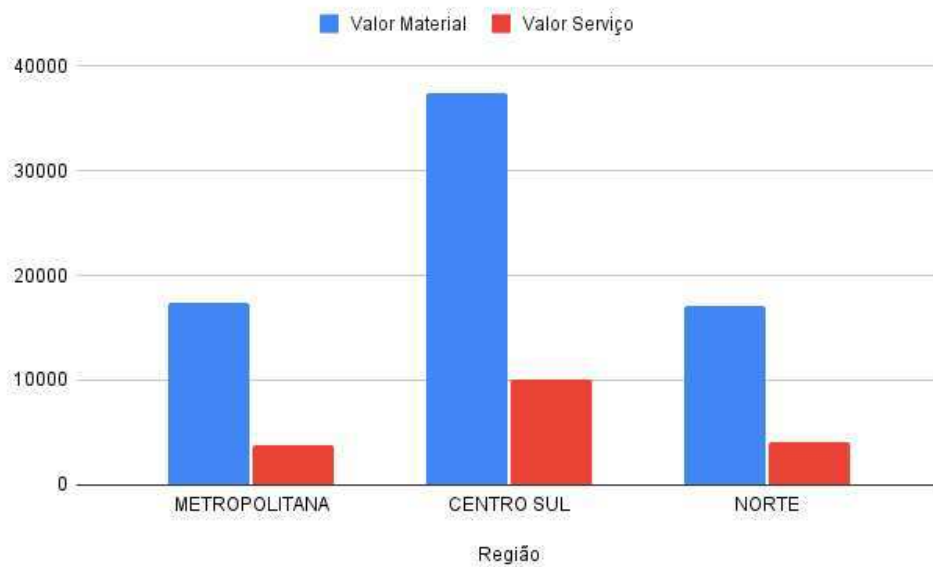
Fonte: Elaborado pelo autor.



No Brasil, é comum que os custos com materiais de construção superem os custos com mão de obra, diferentemente de países desenvolvidos, como os Estados Unidos e algumas nações europeias, onde os custos trabalhistas são significativamente mais altos. Essa diferença no Brasil ocorre porque a mão de obra é relativamente mais acessível, enquanto os materiais sofrem com a influência de impostos elevados e fatores logísticos, resultando em um encarecimento do orçamento final.

Em relação à média de gasto por setor em cada região, assim como a média de valores na região centro sul se mostrou o maior, tanto no gasto com materiais quanto no gasto com o serviço, o que pode-se mostrar um futuro precursor para as regiões metropolitanas e norte, caso sigam o mesmo padrão de crescimento. Ainda segundo a Figura 13, podemos analisar que quanto maior o orçamento aprovado, maior é o gasto com material e serviço, visto que os recursos alocados são maiores, necessitando de uma maior quantidade de esforços para sua implementação.

Figura 13 – Comparativo da média de gasto por setor em cada região.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 DOMICÍLIOS ATENDIDOS

Analisa-se os impactos do PLPT no estado do Piauí, considerando a quantidade de ligações realizadas nas diferentes regionais atendidas, visto na Tabela 10.

Tabela 10 - Quantidade de ligações realizadas por regional.

<b>REGIONAL</b>	<b>LIGAÇÕES</b>
CENTRO-SUL	4547
METROPOLITANA	1098
NORTE	697
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>6342</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os dados disponibilizados pelo Ministério de Minas e Energia, até o dia 20 de setembro de 2024, foram realizadas 6.342 novas ligações no estado no âmbito do Programa Luz para Todos em 2023, distribuídas entre as regionais Centro-sul, Metropolitana e Norte. Observa-se que a maior concentração de atendimentos ocorreu na regional centro-sul, com 4.547 ligações, representando 71,70% do total de consumidores atendidos. A regional metropolitana contabilizou 1.098 ligações, enquanto a região norte registrou 697 novas ligações.

Ainda em 2023, o município mais beneficiado foi São Raimundo Nonato, conhecido por abrigar o Parque Nacional da Serra da Capivara, um patrimônio mundial da UNESCO, famoso por suas pinturas rupestres. O município tem grande importância histórica e arqueológica, além de ser um polo turístico na região, localizado no centro-sul do estado. São Raimundo Nonato registrou 628 ligações, representando 90,10% do total de ligações da regional Norte, o que reforça a predominância da regional Centro-sul no processo de eletrificação, dada sua maior demanda e extensão territorial, que corresponde a 12ª posição entre os maiores municípios do estado do Piauí em termos de extensão territorial, com uma área de aproximadamente 2.415,6 km<sup>2</sup>.

Além disso, os dados revelam que, do total de ligações realizadas, a maioria é do tipo monofásica, refletindo a predominância de pequenas propriedades rurais nas áreas atendidas.

Embora os números representem avanços concretos, é importante ressaltar que a meta estabelecida para 2023 era de 7.725 consumidores atendidos, visto na Tabela 11. Até o presente momento, o número de ligações realizadas está aquém dessa meta, o que indica que ainda há um longo percurso a ser trilhado para o cumprimento total dos objetivos propostos.

Tabela 11 - Meta de quantidade de consumidores a serem atendidos

<b>ANO</b>	<b>META DE ATENDIMENTO</b>
2023	7725
2024	7945
2025	6341
<b>TOTAL</b>	<b>22011</b>

Fonte: Adaptado de Termo de compromisso - Equatorial Piauí 2023-2025 (2023, p. [4]).

No entanto, é necessário considerar que as obras de eletrificação em áreas rurais, especialmente em regiões de difícil acesso, podem se estender por períodos mais longos, não se restringindo ao prazo inicial estipulado (CASTRO, 2010). Assim, é possível que, mesmo com esse déficit temporário, o PLPT alcance as metas previstas ao longo dos próximos anos, conforme as obras avancem e novas ligações sejam concluídas.

A partir do cálculo do Índice de Cumprimento da Meta Estadual (ICME) apresentado na Equação 1, temos:

$$ICME_{PI} = \frac{6342}{7725} = 0,821$$

Esse valor se significa que, até o momento, apenas 82,1% da meta estabelecida para 2023 foi atingida. Esse índice está abaixo de 1, indicando que o número de ligações realizadas no estado é inferior ao esperado.

Por fim, os números também apontam para metas futuras ambiciosas: para 2024, espera-se o atendimento de mais 7.945 consumidores, e para 2025, mais 6.341, totalizando 22.011 novos consumidores até o final desse período previsto no (Termo de compromisso - Equatorial Piauí, 2023-2025). Embora os dados demonstrem um crescimento significativo no número de ligações, ainda existem desafios estruturais que limitam a eficiência do programa, como a vasta extensão territorial e a baixa densidade populacional de algumas regiões.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do Programa Luz Para Todos se mostra constante quanto ao investimento em novas obras, visto que no Estado do Piauí tem-se uma quantidade relevante de obras sendo realizadas. No estudo, foram avaliadas mais de 1500 obras no ano de 2023, sendo que destas, os dados relevantes eram aqueles que estavam com todas as colunas completas, ou seja, os que tinham suas obras finalizadas e os dados preenchidos de acordo com a empresa Equatorial Energia Piauí.

Dessa forma, pode-se avaliar que o impacto socioeconômico do programa se faz cada vez mais presente nas diversas regiões do estado, com foco na região Centro sul que tem uma notória quantidade de obras de eletrificação realizadas, impactando o rural, o residencial e também o comercial dessas áreas afetadas pelo programa.

Este estudo limitou-se à análise da quantidade de obras realizadas, bem como seu investimento orçamentário, o impacto sobre a quantidade de ligações e, sobretudo, a relevância para as comunidades atendidas. Dessa forma, demonstrando a importância que é levar a energia para as mais diversas áreas que, conseqüentemente, terão melhores índices de lazer, cultura, melhoria de vida e, não menos importante, melhoria no acesso à educação e meios digitais.

No entanto, o trabalho poderia ser ainda mais enriquecedor com dados mais detalhados sobre a infraestrutura elétrica empregada nas obras do programa, com relação e quantidade de materiais tipo postes, cruzetas, isoladores, transformadores e demais componentes da rede. A dificuldade em acessar essas informações, devido à falta de transparência e à indisponibilidade de dados por parte das empresas e órgãos públicos envolvidos no programa, limitou uma análise mais técnica sobre a qualidade e o dimensionamento das redes implementadas. Tal limitação impediu que estudos fossem feitos para avaliar a eficiência, durabilidade e sustentabilidade das instalações.

Conclui-se que, apesar dos desafios de acesso a informações detalhadas, o Programa Luz Para Todos continua sendo uma iniciativa fundamental para promover a inclusão social e o desenvolvimento socioeconômico das áreas rurais do Piauí, com efeitos transformadores sobre a vida das pessoas atendidas.

## REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, Eugênio. Avaliação do Processo de Implementação do Programa Luz Para Todos no estado do Ceará. 2010. 146 f. Dissertação (Mestrado em Avaliação de Políticas Públicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- CASTRO, Aldefran. Construção de Redes de Distribuição Rural para o Programa Luz Para Todos no Estado do Piauí. [Relatório de Estágio]. 48 folhas. Universidade Federal de Campina Grande. Engenharia Elétrica. Campina Grande, 2010.
- ELETROBRÁS. Luz Para Todos - Relatório de Síntese 10 anos. 18 f. Outubro, 2013.
- FREITAS, Gisele; SILVEIRA, Suely. Programa Luz Para Todos: Uma Representação da Teoria do Programa através do Modelo Lógico. Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro, 2014.
- JUNIOR, Elival. Avaliação do Programa Luz Para Todos no Estado do Amazonas Sob o Aspecto da Qualidade da Continuidade do Serviço de Energia Elétrica. 2015. 130 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2015.
- JUNIOR, José. et al. A dinâmica excludente da eletrificação rural no Maranhão: ponderações sobre o Programa Luz Para Todos. Revista Observatório da Economia Latino Americana, v. 21, n .9, p. 10724-10737, 2023.
- MATOSINHOS, Livia; LAVORATO, Mateus; SILVEIRA, Suely. Avaliação da eficácia e da eficiência do Programa Luz Para Todos. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. V. 16, N. 3, p. 251 - 262, fevereiro de 2020.
- Ministério de Minas e Energia. Luz Para Todos - Um marco Histórico: 10 milhões de brasileiros saíram da escuridão. RRN Comunicação Bárbarabela Editora Gráfica, 2009.
- NETA, Zenaide. A divisão do trabalho e o programa Luz Para Todos: um estudo da comunidade Nazaré. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas) - Faculdade Latino Americana de Ciência Sociais, 2010.
- OLIVEIRA, Jaciara. Contabilidade em Emergia da Implantação do Programa Luz Para Todos no Estado do Piauí. 2017. 58 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Paulista, São Paulo, 2017.
- RIBEIRO, Felipe; TEIXEIRA, Gilbran; SOARES, Silvana. Investimentos em Infraestrutura e desenvolvimento Socioeconômico: o caso do Programa Luz Para Todos. Planejamento e Políticas Públicas, n. 49. 2017.
- SIQUEIRA, Rafael. Programa Luz Para Todos: Uma Avaliação do Primeiro Ciclo do Programa de Universalização de Energia Elétrica na Região Nordeste (2003-2008). Monografia (Graduação em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

IBGE. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Estado do Piauí. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/pesquisa/37/30255?tipo=ranking>. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. Programas sociais transformam realidade do Piauí em 20 anos. Disponível em: <https://www.gov.br/mds/pt-br/noticias-e-conteudos/desenvolvimento-social/noticias-desenvolvimento-social/programas-sociais-transformam-realidade-do-piaui-em-20-anos>. Acesso em: 28 set. 2024.

MESH Engenharia. Para-raio de média tensão. Disponível em: <https://meshengenharia.com/2023/03/17/para-raio-media-tensao/>. Acesso em: 29 set. 2024.