



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Telemática

DESAFIOS PARA A EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE FIBRA ÓPTICA EM ÁREAS RURAIS

RAFAEL GERMANO DOS SANTOS

Orientador: Dr. Marcelo Portela Sousa

Campina Grande, agosto de 2025

©Rafael Germano dos Santos



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Coordenação do Cursos Superior de Tecnologia em Telemática

DESAFIOS PARA A EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE FIBRA ÓPTICA EM ÁREAS RURAIS

Rafael Germano dos Santos

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso Superior de Tecnologia em Telemática
do IFPB - Campus Campina Grande, como
requisito parcial para conclusão do curso
superior de Tecnologia em Telemática.

Orientador: Dr. Marcelo Portela Sousa

Campina Grande, Agosto de 2025

Catalogação na fonte:

Ficha catalográfica elaborada por Gustavo César Nogueira da Costa - CRB 15/479

S237d Santos, Rafael Germano dos.

Desafios para a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais / Rafael Germano dos Santos. - 2025.
33 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Telemática) - Instituto Federal da Paraíba, 2025.
Orientador: Dr. Marcelo Portela Sousa.

1. Fibra óptica – Áreas rurais. 2. Conectividade digital. 3. Inclusão digital. 4. Telecomunicações. 5. Políticas públicas. I. Sousa, Marcelo Portela. II. Título.

CDU 621.38

DESAFIOS PARA A EXPANSÃO DA INFRAESTRUTURA DE FIBRA ÓPTICA EM ÁREAS RURAIS

Rafael Germano dos Santos

Dr. Marcelo Portela Sousa

Me. Iana Daya Cavalcante Facundo Passos

Esp. Leilson da Silva Santos

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Agosto/2025

Dedico este trabalho primeiramente à minha mãe, por ser minha maior inspiração e por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu duvidei de mim mesmo. Sua força, amor e dedicação me guiaram em cada passo desta jornada. Ao meu irmão, por estar comigo nos momentos mais difíceis. Aos meus amigos, que também estiveram ao meu lado nos momentos mais desafiadores, compartilhando palavras de incentivo, risos e lembranças inesquecíveis. Vocês tornaram este caminho mais leve e cheio de significado nessa jornada
no curso.

Os sonhos das pessoas não têm fim!
Marshall D. Teach, One Piece

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a minha família, por me apoiar e me incentivar ao longo da minha jornada acadêmica. Suas palavras foram de grande inspiração no momento em que mais precisei de apoio. Aos meus amigos que estiveram do meu lado nessa jornada desafiadora. Minha gratidão especial para Maria Clara, Kamila, Jefeson, Jackson e Mikael que sempre estiveram junto a mim em todos os momentos. Quero expressar minha grande gratidão ao meu orientador Dr. Marcelo Portela Sousa que esta me orientando. Agradecer aos professores do Campus do Instituto Federal da Paraíba por todo conhecimento e paciência que tiveram comigo. E por último, quero deixar meus mais sinceros obrigado ao Instituto federal da Paraíba, Campus Campina Grande por todo apoio que tive nesses anos, foram de extrema importância nos momentos mais difíceis que passei na minha vida. Em resumo, Agradeço a todos que estiveram comigo na minha jornada, pois sem vocês eu não teria chegado aqui

Resumo

A expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais representa um desafio significativo, principalmente devido às barreiras econômicas e logísticas enfrentadas em regiões de baixa densidade populacional. Este trabalho tem como objetivo realizar um Levantamento bibliográfico para identificar os principais desafios técnicos, econômicos e políticos que dificultam a implantação da conectividade óptica em áreas rurais. A pesquisa analisou publicações científicas relevantes e foi complementada com visitas técnicas realizadas em duas localidades da zona rural para observar as dificuldades práticas enfrentadas por provedores de internet. Os resultados obtidos oferecem uma visão abrangente dos principais entraves e soluções propostas, fornecendo subsídios para políticas públicas e decisões estratégicas no setor de telecomunicações.

Palavras-chave: Fibra óptica, Conectividade rural, Infraestrutura de telecomunicações, Desafios econômicos, Desafios tecnológicos.

Abstract

The expansion of fiber optic infrastructure in rural areas still represents a major challenge, mainly due to high deployment costs, geographical obstacles, and low population density. This study presents a bibliographic survey to identify the main technical, economic, and regulatory barriers to implementing optical connectivity in remote regions. In addition to the theoretical analysis, technical field visits were conducted in rural communities in the state of Paraíba, Brazil, to observe the real-world difficulties faced by local internet providers. The results provide a broad overview of the key obstacles and feasible solutions, supporting the development of more inclusive public policies and strategic planning in the telecommunications sector.

Keywords: Optical fiber, Rural connectivity, Infrastructure telecommunications, Economic challenges, Technological challenges.

Sumário

Lista de Figuras	xii
Lista de Quadros	xiii
1 Introdução	1
1.1 Justificativa e Relevância do Trabalho	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
2 Metodologia	4
2.0.1 Tipo de pesquisa	4
2.1 Etapas da Pesquisa	4
2.1.1 Revisão Bibliográfica da Literatura	4
2.1.2 Visita Técnica	4
2.1.3 Análise dos Resultados	5
2.1.4 Questões da Pesquisa	5
2.1.5 Palavras-Chave	5
2.1.6 <i>Strings</i> de Busca	5
2.1.7 Critérios de Inclusão e Exclusão	6
3 Fundamentação Teórica	7
3.1 A Importância da Infraestrutura de Fibra Óptica	7
3.2 Tecnologias de Internet Disponíveis em Áreas Rurais	8
3.3 Desafios Econômicos e de Infraestrutura Óptica Para Um Provedor	8
3.4 Regulação e Políticas Públicas para Expansão da Fibra Óptica	10
4 Resultados e discussão: A Expansão da Fibra Óptica na Zona Rural	12
4.1 Local de estudo de caso	12
4.2 Dificuldade de acesso ao local	13
4.3 Infraestrutura <i>Versus</i> Custo de Instalação	14
4.4 Busca Por Internet De Alta Qualidade	15
4.5 Comparativo com outra localidade rural: Sítio Lucas	16

5	Considerações Finais e Sugestões para Trabalhos Futuros	20
5.1	Considerações Finais	20
5.1.1	Recomendação	21
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	21
	Referências Bibliográficas	22

Lista de Figuras

4.1	Trecho da estrada de acesso ao Sítio Caxeiro, com ausência de pavimentação.	13
4.2	Poste de madeira improvisado instalado por provedor local.	14
4.3	Substituição de fibra óptica danificada por ação de queimadas.	15
4.4	Equipamento instalado fibra óptica.	16
4.5	Poste instalado em terreno particular, dificultando o acesso à infraestrutura óptica à esquerda.	17
4.6	Antena de rádio utilizada como alternativa à fibra óptica na zona rural. . . .	18
4.7	Estrada de acesso ao sítio lucas.	19

Lista de Quadros

2.1	Quadro das <i>Strings</i> de Busca	5
2.2	Quadro das <i>Strings</i> de Busca	6
2.3	Quadro dos Critérios de Inclusão	6
2.4	Quadro dos Critérios de Exclusão	6

Capítulo 1

Introdução

O avanço das tecnologias de comunicação e a crescente digitalização de serviços em diversas áreas elevaram significativamente a demanda por conectividade de alta velocidade e qualidade. Este cenário destaca a importância de uma infraestrutura de telecomunicações eficiente, capaz de atender às necessidades de uma sociedade cada vez mais conectada.

Contudo, a expansão dessa infraestrutura em áreas rurais apresenta desafios únicos, como a baixa densidade populacional, dificuldades logísticas e custos elevados de implementação. Essas barreiras não apenas dificultam o acesso à internet de qualidade, mas também ampliam as desigualdades sociais e econômicas entre regiões urbanas e rurais.

Enquanto nas áreas urbanas o crescimento da infraestrutura de fibra óptica avança rapidamente, as áreas rurais permanecem subatendidas [Salemink, Strijker e Bosworth 2017], resultando em uma disparidade de conectividade que acentua a exclusão digital. Essa desigualdade impacta diretamente a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico das regiões rurais, que muitas vezes dependem de uma conectividade estável para setores essenciais como agricultura, saúde e educação.

Neste trabalho, são identificados e analisados os principais desafios para a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais, além da discussão das soluções propostas na revisão bibliográfica. A partir da análise da revisão, deve-se fornecer uma visão consolidada sobre as barreiras e alternativas tecnológicas, políticas e econômicas que podem contribuir para a redução da exclusão digital nessas regiões.

1.1 Justificativa e Relevância do Trabalho

A expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais é essencial para promover a inclusão digital e o desenvolvimento econômico. Mesmo com os avanços tecnológicos e a ampliação das redes em centros urbanos, comunidades rurais ainda enfrentam graves limitações de acesso à internet de qualidade, dependendo muitas vezes de tecnologias com desempenho insatisfatório, como rádio e internet móvel 3G ou 4G [JONATHAM Francisco; OLIVEIRA]. Esses desafios não apenas perpetuam a desigualdade digital, mas também limitam

o desenvolvimento social e econômico dessas regiões, dificultando o acesso a serviços essenciais, como educação, saúde, e oportunidades de negócios sociais. Neste contexto, torna-se relevante investigar, a partir de uma revisão bibliográfica, as barreiras técnicas, econômicas e regulatórias que impedem a implantação da fibra óptica no campo, bem como analisar soluções tecnológicas e iniciativas governamentais voltadas para reduzir essa lacuna. Além disso, o trabalho busca associar as informações encontradas na literatura com um estudo de caso real, por meio de visitas técnicas, para verificar como essas dificuldades se apresentam na prática.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar e analisar a partir da revisão bibliográfica as principais soluções para a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar os principais desafios técnicos enfrentados na implantação da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais;
- b) Analisar as barreiras econômicas que dificultam o investimento em redes de fibra óptica nessas regiões;
- c) Examinar políticas públicas e iniciativas governamentais voltadas para conectividade rural;
- d) Avaliar soluções tecnológicas propostas para superar os desafios de conectividade em áreas remotas.

Capítulo 2

Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada para investigar, de forma detalhada e fundamentada, os desafios para a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais, combinando levantamento bibliográfico e estudo de caso por meio de visitas técnicas. Essa abordagem possibilitou compreender tanto os aspectos teóricos discutidos na literatura quanto as dificuldades práticas enfrentadas no campo.

2.0.1 Tipo de pesquisa

Este trabalho adota uma abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica e estudo de caso. A revisão permitiu reunir informações provenientes de artigos científicos, livros, relatórios técnicos e documentos oficiais, buscando cobrir de forma ampla as contribuições relevantes para o tema. O estudo de caso foi realizado a partir de visitas técnicas a comunidades rurais, possibilitando a análise direta da realidade local.

2.1 Etapas da Pesquisa

A pesquisa associada a este trabalho foi dividida nas etapas apresentadas a seguir

2.1.1 Revisão Bibliográfica da Literatura

A primeira etapa consiste no levantamento de artigos científicos, livros e outros trabalhos de conclusão de curso que tratam do tema, para identificar os principais desafios, avanços tecnológicos e tendência na expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais, possibilitando a identificação de estudos de casos relevantes.

2.1.2 Visita Técnica

Foram realizadas visitas técnicas em duas localidades do estado da Paraíba: Sítio Caxeiro (Juarez Távora) e Sítio Lucas (Campina Grande). Nessas visitas, foram observadas as condições físicas do local (vias de acesso, rede elétrica, disposição das residências), registradas

por meio de anotações de campo e fotografias. Técnicos e moradores foram entrevistados informalmente para relatar as principais dificuldades na instalação e manutenção da rede. Essas observações permitiram comparar os achados práticos com as evidências discutidas na literatura científica.

2.1.3 Análise dos Resultados

Após a visita técnica é possível realizar uma análise dos desafios para a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais. Essa análise possibilitou apontar não apenas as barreiras mais comuns, mas também possíveis estratégias e alternativas para ampliar o acesso à internet de qualidade nas áreas estudadas.

2.1.4 Questões da Pesquisa

Para atender ao objetivo proposto, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- **1:** Quais são os principais desafios técnicos e econômicos que dificultam a expansão da fibra óptica em áreas rurais?
- **2:** Como as condições econômicas afetam a viabilidade de projetos de fibra óptica em regiões de zona rural?

2.1.5 Palavras-Chave

As seguintes palavras-chave foram utilizadas para a realização das buscas nas bases de dados selecionadas:

2.1.6 *Strings* de Busca

As *strings* de busca foram construídas com base nas palavras-chave e seus sinônimos, utilizando operadores booleanos para combinar os termos e ampliar a abrangência dos resultados.

As principais *strings* de busca utilizadas foram:

String 1
("Rural connectivity") OR ("Fiber optic deployment")
String 2
("Rural areas") AND ("Fiber optics")
String 3
("fiber optics") AND ("rural fiber") AND ("technologies")

Quadro 2.1: *Quadro das Strings de Busca*

String 1
("Conectividade rural") OR ("Implantação de fibra óptica")
String 2
("Área rural") AND ("Fibra óptica")
String 3
("Fibra óptica") AND ("banda larga rural") AND ("tecnologias")

Quadro 2.2: *Quadro das Strings de Busca*

2.1.7 Critérios de Inclusão e Exclusão

Para garantir a relevância e a qualidade dos estudos selecionados, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

Inclusão
Artigos publicados entre 2017 e 2024.
Estudos que abordam a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais.
Artigos que estejam na língua portuguesa ou inglesa.
Pesquisas que discutem desafios técnicos e econômicos.

Quadro 2.3: *Quadro dos Critérios de Inclusão*

Exclusão
O Artigo não é científico
Artigos sem dados ou discussão clara de desafios e soluções.
Publicações em outros idiomas.
Trabalhos sem metodologia definida.

Quadro 2.4: *Quadro dos Critérios de Exclusão*

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os principais conceitos relacionados à infraestrutura de fibra óptica, aos desafios econômicos enfrentados para sua implantação em zonas rurais e às políticas públicas voltadas à conectividade digital no Brasil. As subseções seguintes organizam esses temas de forma a fundamentar a análise proposta neste trabalho.

3.1 A Importância da Infraestrutura de Fibra Óptica

A fibra óptica é uma tecnologia de transmissão de dados que utiliza pulsos de luz por meio de filamentos extremamente finos de vidro ou plástico. Essa tecnologia oferece elevada largura de banda, baixa atenuação do sinal e alta imunidade a interferências eletromagnéticas, tornando-se ideal para aplicações que demandam transmissão contínua e de alta velocidade [Chicon e Telocken 2021]. Seu uso é amplamente reconhecido por permitir taxas de transferência de dados, baixa latência e grande capacidade de transmissão, características que a tornam essencial para atender à crescente demanda por conexão de alta qualidade.

Em áreas urbanas, sua implantação é facilitada pela existência de infraestrutura compartilhada (postes, dutos e energia). No meio rural, entretanto, a dispersão geográfica dos usuários e a necessidade de instalar toda a infraestrutura de suporte — postes, dutos subterrâneos e equipamentos — elevam os custos e dificultam a viabilidade do investimento [Whitacre, Gallardo e Strover 2014].

A infraestrutura necessária para uma rede óptica inclui, além dos próprios cabos de fibra óptica, equipamentos como transmissores ópticos, receptores ópticos, repetidores (para manter a qualidade do sinal em longas distâncias), além de centros de distribuição de dados. Em regiões rurais, essa infraestrutura pode ser ainda mais complexa devido a baixa densidade populacional, o que torna os custos de instalação mais altos e menos atraentes provedores de serviço de Internet.

3.2 Tecnologias de Internet Disponíveis em Áreas Rurais

Em muitas localidades rurais, a internet de alta velocidade por fibra óptica ainda não está disponível, e os moradores dependem de tecnologias alternativas, como:

- a) Conexões via rádio: realizadas por meio de torres e antenas que transmitem o sinal sem fio até antenas instaladas nas residências. Essa solução é mais acessível, mas sofre com instabilidades causadas por condições climáticas, obstáculos físicos (árvores, construções) e sobrecarga da rede em horários de pico.
- b) Internet móvel (3G, 4G e, em poucos casos, 5G): acessada por roteadores ou diretamente em dispositivos móveis. Apesar de mais difundida, a cobertura é limitada em regiões afastadas, e a velocidade é instável. Em muitos casos, o sinal não é suficiente para atividades como videochamadas ou streaming em alta definição.
- c) Internet via satélite: disponível por provedores privados ou programas governamentais. Oferece cobertura ampla, mas tem custo elevado e latência alta, o que prejudica aplicações em tempo real.

Essas alternativas atendem parcialmente à demanda por conectividade, mas não substituem a qualidade e a estabilidade de uma rede óptica bem estruturada

3.3 Desafios Econômicos e de Infraestrutura Óptica Para Um Provedor

Os principais entraves à expansão da infraestrutura óptica em zonas rurais são os altos custos de instalação, a dispersão geográfica das residências e a falta de retorno financeiro imediato para os provedores. A baixa densidade populacional aumenta o custo por usuário, dificultando o equilíbrio entre investimento e receita.

Além disso, há obstáculos logísticos como a precariedade das estradas, a ausência de rede elétrica em algumas áreas e a necessidade de utilização de estruturas alternativas (como postes de madeira ou cercas). Isso torna a manutenção e a operação da rede mais complexas [Oki e Lawrence 2022]. Empresas privadas, muitas vezes, priorizam investimentos em áreas urbanas, onde a demanda e a lucratividade são mais previsíveis. Dessa forma, a ausência de um modelo econômico sustentável para a expansão da fibra óptica em áreas remotas limita o avanço da conectividade nessas localidades.

A infraestrutura necessária para a implementação da fibra óptica em zonas rurais também enfrenta desafios significativos, que dificultam a viabilidade técnica do projeto. Um dos principais obstáculos é a extensa distância entre os pontos de distribuição e os consumidores finais, o que exige uma grande quantidade de cabos e equipamentos de suporte, aumentando a complexidade da instalação.

Outro fator relevante é a precariedade das estradas e vias de acesso em muitas regiões rurais, dificultando o transporte de materiais e a realização de manutenções na infraestrutura já instalada. A topografia acidentada, com rios, montanhas e florestas, também representa um desafio para a passagem dos cabos de fibra óptica, exigindo soluções específicas, como o uso de postes adicionais ou métodos alternativos de fixação.

A escassez de infraestrutura de suporte, como redes elétricas adequadas e pontos de interconexão, é outro entrave relevante [José 2019]. Em muitas localidades, a ausência de backbones nacionais ou regionais próximos impossibilita a conexão direta à infraestrutura de fibra óptica existente, exigindo investimentos adicionais para criar enlaces de longa distância.

Por fim, a manutenção da rede em áreas rurais representa um desafio adicional, pois requer deslocamentos longos e custos operacionais elevados. A necessidade de técnicos especializados para realizar reparos pode resultar em atrasos na resolução de problemas, comprometendo a qualidade do serviço oferecido aos usuários.

3.4 Regulação e Políticas Públicas para Expansão da Fibra Óptica

No Brasil, políticas públicas como o Plano Nacional de Banda Larga (PNBL), o Wi-Fi Brasil e a regulamentação do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (FUST) têm buscado reduzir as desigualdades digitais. Contudo, muitas dessas iniciativas carecem de continuidade, fiscalização e foco específico na realidade rural.

Embora existam investimentos públicos na área de conectividade, eles ainda se concentram em centros urbanos e escolas públicas, deixando comunidades rurais em segundo plano. A falta de incentivos fiscais, de metas regulatórias claras e de políticas regionais específicas contribui para a persistência da exclusão digital no campo [RICARDO André. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento 2018]

As principais limitações identificadas são:

- a) Falta de políticas específicas para o contexto rural: as metas de cobertura não consideram a baixa densidade populacional e os custos diferenciados de implantação no campo.
- b) Burocracia para acesso a recursos do FUST: pequenos provedores, que são responsáveis por grande parte da cobertura em áreas remotas, encontram barreiras para acessar fundos e incentivos.
- c) Ausência de metas de desempenho mínimo: mesmo quando há atendimento, não existe garantia regulatória de velocidade e estabilidade adequadas para aplicações críticas como telemedicina ou ensino a distância.
- d) Incentivos fiscais insuficientes: a falta de benefícios tributários específicos para redes implantadas em áreas de difícil acesso torna o investimento pouco atraente.
- e) Falta de fiscalização e continuidade: muitos programas têm ações pontuais sem acompanhamento de resultados, o que compromete sua eficácia a longo prazo.

Alternativas sugeridas na literatura e em relatórios técnicos:

- a) Programas regionais de incentivo: criar linhas de crédito e subsídios diretos para provedores que expandirem redes ópticas no campo, priorizando áreas de menor densidade populacional.
- b) Parcerias público-privadas (PPPs): compartilhar custos de implantação entre governo e empresas privadas, utilizando recursos públicos para a infraestrutura passiva (postes, dutos, torres) e deixando a operação para o setor privado.
- c) Modelos híbridos de conectividade: integrar fibra óptica a tecnologias complementares como rádio, satélite ou 5G para atender regiões muito afastadas, reduzindo o custo por usuário.

- d) Metas regulatórias de cobertura e qualidade: estabelecer exigências mínimas de velocidade e estabilidade, com prazos e penalidades para descumprimento, adaptadas à realidade rural.
- e) Utilização de infraestrutura existente: promover o uso compartilhado de postes, torres e dutos de empresas de energia, telecomunicações e até rodovias para reduzir o custo e o tempo de implantação.

O governo brasileiro, por meio do Ministério das Comunicações, tem implementado programas para incentivar a expansão da banda larga em regiões menos atendidas tendo como exemplo a autorização de 192 milhões de reais do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust) para a expansão da banda larga fixa em 81 municípios, beneficiando mais de 300 mil pessoas, entretanto não foi confirmada se haverá expansão da fibra óptica nas zonas rurais dessas cidades.

A ausência de um plano nacional focado exclusivamente na expansão da fibra óptica no campo reforça a necessidade de políticas mais específicas, que considerem a realidade geográfica, econômica e social dessas localidades

Capítulo 4

Resultados e discussão: A Expansão da Fibra Óptica na Zona Rural

A fim de validar na prática as informações obtidas no levantamento bibliográfico, foram realizadas visitas técnicas a duas localidades rurais do estado da Paraíba: Sítio Caxeiro (Juarez Távora - PB) e Sítio Lucas (Campina Grande - PB). Essas visitas permitiram observar os principais entraves para a expansão da infraestrutura de fibra óptica, como dificuldades logísticas, ausência de estrutura adequada e limitações socioeconômicas.

Antes da apresentação das visitas técnicas, faz-se necessário contextualizar que, nas áreas rurais analisadas, a conexão predominante ainda se dá por meio de enlaces via rádio ou por internet móvel. As conexões via rádio são estabelecidas a partir de torres que transmitem o sinal sem fio até antenas instaladas nas residências, porém apresentam vulnerabilidade a interferências climáticas, obstáculos físicos e sobrecarga durante os horários de pico. Por sua vez, a internet móvel, seja na tecnologia 3G ou 4G, apresenta cobertura limitada e instabilidade de velocidade, mostrando-se insuficiente para aplicações que demandam alta largura de banda. Esse panorama reforça a relevância da implantação da fibra óptica como solução de longo prazo, capaz de assegurar maior estabilidade e desempenho.

4.1 Local de estudo de caso

No intuito de realizar a pesquisa, foi realizada uma visita técnica no Sítio Caixeiro, zona rural do município de Juarez Távora, composto por outros sítios como Bebedouro, Independência, São Marcos e Janbiroba. Essa localidade fica a 7,8 km do Centro de Juarez Távora.

4.2 Dificuldade de acesso ao local

A expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais enfrenta desafios significativos relacionados ao difícil acesso aos locais de instalação. A geografia dessas regiões frequentemente apresenta obstáculos naturais, como relevo acidentado, rios e vegetação densa, que dificultam o transporte de materiais e equipamentos necessários para a implantação da rede.

Além dos desafios topográficos, a precariedade das vias de acesso é um fator limitante para a logística de implantação. Muitas estradas rurais são de terra, frequentemente mal conservadas e suscetíveis a condições climáticas adversas, como chuvas intensas, que podem torná-las intransitáveis em determinadas épocas do ano. Isso impacta diretamente os custos e o tempo necessário para a conclusão dos projetos de expansão da infraestrutura de telecomunicações.

A imagem 4.1 ilustra uma das dificuldades enfrentadas na expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais. Observa-se que a via de acesso apresenta condições precárias como lama, buracos, vegetação densa, o que pode dificultar o transporte de equipamentos e a mobilidade das equipes técnicas responsáveis pela instalação da rede.



Figura 4.1: Trecho da estrada de acesso ao Sítio Caxeiro, com ausência de pavimentação.
Fonte:Acervo do autor(2025)

A escassez de recursos e investimentos públicos e privados também agrava a situação [Oki e Lawrence 2022]. Muitas vezes, as empresas de telecomunicações concentram seus esforços em áreas urbanas, onde a demanda e a rentabilidade são mais previsíveis, deixando as áreas rurais em segundo plano. Isso acentua a disparidade na qualidade da conectividade entre as regiões urbanas e rurais, agravando a exclusão digital nessas localidades.

4.3 Infraestrutura *Versus* Custo de Instalação

O elevado custo para a implementação da fibra óptica em áreas rurais, como no Sítio Caxeiro, está diretamente associado a diversos fatores. A grande distância entre os postes e as residências aumenta a quantidade de cabos e suportes necessários, enquanto a ausência de infraestrutura consolidada e a presença de terrenos de difícil acesso exigem maior tempo de execução e investimentos adicionais por parte dos provedores. Diferentemente das áreas urbanas, onde a infraestrutura elétrica e de telecomunicações já está consolidada e os postes são distribuídos de forma mais próxima, em regiões rurais a baixa densidade populacional resulta em longos trechos sem suporte adequado para a fixação de cabos. Esse fato gera a necessidade de instalar novos postes ou estender cabos por grandes distâncias, o que aumenta significativamente os custos com materiais, mão de obra e tempo de execução do projeto. Além disso, a necessidade de utilizar cabos de maior resistência e qualidade para evitar perdas de sinal em longos percursos também encarece o investimento

A imagem 4.2 ilustra uma situação observada durante a visita técnica ao Sítio de Caxeiro, no município de Juarez Távora, onde foi instalado um poste improvisado de madeira para sustentar a rede de fibra óptica para a casa de um cliente.



Figura 4.2: *Poste de madeira improvisado instalado por provedor local.*

Fonte: Acervo do autor (2025)

Além dos gastos iniciais com a infraestrutura, a manutenção da rede em áreas de difícil acesso também se torna mais cara, pois qualquer falha ou dano nos cabos exige deslocamentos longos para reparos, demandando tempo e recurso adicionais.

A imagem 4.3 Ilustra a Substituição de fibra óptica danificada por ação de queimadas na região



Figura 4.3: *Substituição de fibra óptica danificada por ação de queimadas.*
Fonte:Acervo do autor(2025)

4.4 Busca Por Internet De Alta Qualidade

A procura por serviços de internet de alta qualidade em áreas rurais tem crescido de forma significativa nos últimos anos, impulsionada pela transformação digital e pela necessidade de acesso a plataformas que exigem maior largura de banda e estabilidade. A chegada da fibra óptica nessas localidades representa uma oportunidade de redução da exclusão digital, oferecendo velocidades superiores e menor latência quando comparada a tecnologias convencionais, como rádio e internet móvel.

Durante a visita técnica ao Sítio Caxeiro, foi possível constatar que a população local demonstra elevado interesse na adoção da tecnologia óptica, motivada principalmente pela necessidade de acesso confiável para atividades como ensino a distância, reuniões virtuais e entretenimento via *streaming*. Entretanto, a adesão efetiva ainda é limitada pela ausência de infraestrutura adequada e pela distância entre as residências, fatores que impactam diretamente o custo e a viabilidade do serviço para os provedores.

Atualmente, muitos moradores recorrem a soluções alternativas, como a conexão via rádio ou redes móveis (3G/4G), que, apesar de suprirem parcialmente a demanda, apresentam restrições consideráveis de desempenho. Essas tecnologias são sensíveis a variações climáticas, interferências causadas por obstáculos físicos — como árvores e

construções, e à sobrecarga da rede nos horários de pico. Como consequência, atividades que exigem estabilidade, como transmissões ao vivo e chamadas de vídeo em alta definição, acabam sendo prejudicadas.

A análise de campo evidenciou que a transição para a fibra óptica poderia proporcionar um salto qualitativo na conectividade local, favorecendo não apenas o uso doméstico, mas também a produtividade agrícola, o turismo rural e pequenos empreendimentos. No entanto, essa transição depende de investimentos que viabilizem a infraestrutura básica, da redução dos custos de implantação e de políticas públicas que incentivem o atendimento a regiões com baixo retorno financeiro imediato para o setor privado.

A imagem 4.4 ilustra uma instalação de um cliente que utilizava conexão via rádio durante a visita técnica realizada.



Figura 4.4: *Equipamento instalado fibra óptica.*
Fonte:Acervo do autor(2025)

4.5 Comparativo com outra localidade rural: Sítio Lucas

Com o intuito de verificar se os desafios observados na primeira visita ao Sítio Caixeiro também estariam presentes em outras áreas rurais, foi realizada uma nova visita técnica ao Sítio Lucas, localizado na zona rural do município de Campina Grande, Paraíba. Esta localidade, embora pertença a um município de maior porte, apresenta características geográficas e estruturais semelhantes às do primeiro local analisado.

Durante a visita, foram observadas diversas dificuldades já identificadas anteriormente: estradas em más condições de tráfego, grande distância entre algumas residências e a

necessidade de improvisação na infraestrutura — como postes de madeira ou instalação em terrenos particulares. Foi possível perceber que existem problemas semelhantes aos do Sítio Caxeiro, como estradas em más condições e fornecimento de energia elétrica instável. Entretanto, há uma diferença significativa quanto à distância entre as residências: no Sítio Lucas, em alguns trechos, as casas estão menos afastadas entre si, e existe uma quantidade maior de postes. Apesar disso, muitos desses postes estão localizados dentro dos terrenos dos próprios moradores, o que representa um novo entrave à instalação de fibra óptica.

A imagem 4.5 mostra um poste de energia dentro da propriedade do cliente.



Figura 4.5: *Poste instalado em terreno particular, dificultando o acesso à infraestrutura óptica à esquerda.*

Fonte:Acervo do autor(2025)

Durante a visita, foi perceptível observar locais tecnicamente viáveis para receber a infraestrutura óptica, mas a presença de postes em propriedade privada impede a implantação da rede. Isso ocorre tanto pela necessidade de autorização formal dos donos dos terrenos quanto pela possibilidade de exigência de compensações ou impedimentos relacionados à manutenção futura.

Foi possível constatar que a maioria dos moradores utiliza atualmente a tecnologia de conexão via rádio para acesso à internet. Esse tipo de conexão é estabelecido por meio de torres e antenas que transmitem o sinal sem fio diretamente para antenas instaladas

nas residências dos clientes. Embora seja uma solução amplamente adotada em áreas onde a fibra óptica não chega, ela apresenta diversas limitações técnicas.

As conexões via rádio estão sujeitas a instabilidades causadas por interferência climática, obstáculos físicos como árvores ou construções, e sobrecarga da rede em horários de pico. Durante a observação no local, notou-se que muitos usuários enfrentavam oscilações de velocidade, além de quedas frequentes no sinal em dias chuvosos. Essa limitação compromete aplicações que exigem maior largura de banda ou estabilidade, como videochamadas, ensino remoto e plataformas de streaming.

Apesar disso, para muitos moradores, a conexão via rádio ainda representa a única opção viável de acesso à internet. A implantação da fibra óptica, embora tecnicamente possível em alguns pontos, esbarra em barreiras como postes localizados dentro de propriedades privadas e distâncias elevadas entre as residências.

A imagem 4.6 ilustra um dos equipamentos de rádio utilizados por um cliente local, evidenciando a alternativa encontrada pelos moradores diante da ausência de infraestrutura óptica disponível.



Figura 4.6: Antena de rádio utilizada como alternativa à fibra óptica na zona rural.

Fonte:Acervo do autor(2025)

Outro fator crítico observado durante a visita técnica ao Sítio Lucas foi a condição precária das estradas que dão acesso à localidade. Assim como no Sítio Caxeiro, as

vias são majoritariamente de terra batida, com buracos, erosões e trechos com acúmulo de lama, especialmente após períodos de chuva. Essas características impactam diretamente a logística necessária para a instalação e manutenção da infraestrutura de fibra óptica.

Para provedores de internet, o deslocamento de equipes técnicas, veículos com equipamentos e materiais como bobinas de fibra, postes e ferramentas torna-se mais demorado. Em alguns pontos, a passagem de veículos utilitários só é possível com tração nas quatro rodas, o que eleva os custos operacionais e pode gerar atrasos significativos.

Além disso, em casos de falhas na conexão, as condições das estradas dificultam o atendimento rápido por parte das equipes técnicas. Isso compromete a qualidade do serviço prestado, impactando diretamente a confiabilidade da conexão para os moradores.

A imagem 4.7 demonstra visualmente uma das estradas observadas no Sítio Lucas, evidenciando os desafios enfrentados por provedores que atuam em regiões rurais com baixa infraestrutura de acesso viário.



Figura 4.7: *Estrada de acesso ao sítio lucas.*

Fonte:Acervo do autor(2025)

As observações obtidas no Sítio Lucas reforçam que os desafios enfrentados para expandir a infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais não se limitam a uma localidade específica, mas representam uma realidade ampla e repetida em diversas zonas rurais do estado. Isso corrobora os achados da pesquisa e da primeira visita técnica, validando a existência de obstáculos recorrentes, tanto técnicos quanto sociais, que dificultam a universalização da conectividade de alta qualidade no meio rural.

Capítulo 5

Considerações Finais e Sugestões para Trabalhos Futuros

5.1 Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar os principais desafios enfrentados na expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais, por meio de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso realizado em duas comunidades da zona rural da Paraíba. A revisão bibliográfica permitiu compreender as barreiras técnicas, econômicas e regulatórias discutidas na literatura, enquanto as visitas técnicas possibilitaram observar como esses problemas se manifestam na prática.

Os resultados mostram que a baixa densidade populacional, as longas distâncias entre residências, as dificuldades de acesso físico e a falta de infraestrutura elétrica adequada são fatores que elevam significativamente o custo de implantação. Além disso, as políticas públicas existentes não apresentam ações específicas para a realidade rural, concentrando esforços em áreas urbanas ou em pontos isolados, como escolas, sem contemplar toda a comunidade.

A análise também evidenciou que, na ausência da fibra óptica, as tecnologias mais utilizadas são conexões via rádio e internet móvel. Embora cumpram um papel provisório, essas soluções apresentam limitações de desempenho, instabilidade e alcance, o que reforça a necessidade de investimentos em infraestrutura óptica ou modelos híbridos.

Assim, para avançar na universalização da conectividade de qualidade no campo, é essencial que os projetos contem com incentivos fiscais, parcerias público-privadas e políticas que integrem diferentes tecnologias de forma complementar..

5.1.1 Recomendação

Sugere-se que pesquisas futuras explorem abordagens inovadoras para a redução dos custos de implantação e investiguem modelos de parcerias entre o setor público e privado, visando à ampliação do acesso à internet de qualidade para as populações rurais. Dessa forma, será possível reduzir a desigualdade digital e promover o desenvolvimento econômico e social dessas comunidades.

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

A partir dos desafios identificados neste estudo, abre-se espaço para novas pesquisas que possam aprofundar a compreensão dos fatores que influenciam a expansão da infraestrutura de fibra óptica em áreas rurais. Um dos aspectos que merece maior investigação é a viabilidade de diferentes modelos de financiamento e incentivos governamentais, analisando como subsídios, parcerias público-privadas e políticas de universalização da internet podem impactar a implementação dessa tecnologia.

Outra vertente promissora de pesquisa envolve a exploração de tecnologias alternativas à fibra óptica tradicional. Estudos que investiguem o uso de redes híbridas, como a combinação de fibra óptica com redes de rádio, satélite ou tecnologias emergentes como o 5G rural, podem fornecer soluções mais acessíveis e eficientes para a conectividade em regiões remotas.

Além disso, pesquisas futuras podem analisar o impacto da conectividade na qualidade de vida das populações rurais, abordando aspectos como educação a distância, telemedicina e desenvolvimento econômico. Compreender como a expansão da internet influencia a inclusão digital e a geração de novas oportunidades de emprego pode auxiliar na formulação de políticas públicas voltadas para essas comunidades.

Dessa forma, novas pesquisas poderão oferecer soluções práticas para superar os desafios enfrentados na expansão da fibra óptica em áreas rurais, promovendo maior inclusão digital e desenvolvimento socioeconômico para essas regiões.

Referências Bibliográficas

[Chicon e Telocken 2021] CHICON, P. M. M.; TELOCKEN, A. V. *OTIMIZAÇÃO APLICADA A TÉCNICA DE CLUSTERIZAÇÃO*. [S.l.]: Fundacao Universidade de Cruz Alta, 2021. v. 9. 13-27 p. 7

[JONATHAM Francisco; OLIVEIRA] JONATHAM FRANCISCO; OLIVEIRA, R. A. d. v. t. e. e. p. i. d. r. F. e. z. r. C. U. . d. E. . *UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO-UFERSA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS-CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS-CMC BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES FTTH EM ZONAS RURAIS*. [S.l.]. 1

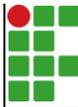
[José 2019] JOSÉ rui. [1library.org] acesso à internet em áreas rurais oportunidades e desafios para as políticas públicas de desenvolvim. 2019. 9

[Oki e Lawrence 2022] OKI, O.; LAWRENCE, M. O. cost-effectiveness of fibre optic technology deployment in rural area. *Journal on Innovation and Sustainability RISUS*, Pontifical Catholic University of Sao Paulo (PUC-SP), v. 13, p. 111–123, 6 2022. 8, 14

[RICARDO André. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento 2018] RICARDO ANDRÉ. REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO CONHECIMENTO, v. . n. . p. D. e. h. A. e. . j. . Revista científica multidisciplinar núcleo do conhecimento - nc: 14237 - issn: 2448-0959. v. 04, p. 73–92, 2018. ISSN 2448-0959. Disponível em: <www.nucleodoconhecimento.com.br>. 10

[Salemink, Strijker e Bosworth 2017] SALEMINK, K.; STRIJKER, D.; BOSWORTH, G. Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ict availability, adoption, and use in rural areas. *Journal of Rural Studies*, Elsevier, v. 54, p. 360–371, 2017. 1

[Whitacre, Gallardo e Strover 2014] WHITACRE, B.; GALLARDO, R.; STROVER, S. Broadbands contribution to economic growth in rural areas: Moving towards a causal relationship. *Telecommunications Policy*, v. 38, 2 2014. 7

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquílino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de trabalho de conclusão de curso

Assunto:	Entrega de trabalho de conclusão de curso
Assinado por:	Rafael Santos
Tipo do Documento:	Projeto
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rafael Germano dos Santos, ALUNO (201921210014) DE TECNOLOGIA EM TELEMÁTICA - CAMPINA GRANDE**, em 15/08/2025 10:36:06.

Este documento foi armazenado no SUAP em 15/08/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1575780

Código de Autenticação: 0dbdb6d3f7

