

Cabos ópticos ADSS em cidades inteligentes: perspectivas para a transformação digital e a transição energética — subsídios para consultoria em infraestrutura e suporte ao ensino de gestão urbana

ADSS optical cables in smart cities: perspectives for digital transformation and energy transition — subsidies for infrastructure consulting and support for urban management teaching

Cables ópticos ADSS en ciudades inteligentes: perspectivas para la transformación digital y la transición energética — subsidios para la consultoría en infraestructura y apoyo a la enseñanza de la gestión urbana

Recebido: 26/01/2026 | Revisado: 08/04/2026 | Aceito: 15/06/2026 | Publicado: 19/06/2026

Kawan Wandson Alves de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3057-5209>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Brasil

E-mail: kawan.alves.701@ufrn.edu.br

Samuel Pedro da Silva Oliveira Pinto

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7451-9678>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Brasil

E-mail: samuel.silva.016@ufrn.edu.br

Eduardo Murilo Pinto Tabora

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9881-5272>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Brasil

E-mail: murilo.pinto.864@ufrn.edu.br

Rafael dos Prazeres Soares da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6575-6939>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Brasil

E-mail: rafael.prazeres@ufrn.br

Zulmara Virgínia de Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2923-652X>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Brasil

E-mail: zulmara.carvalho@ufrn.br

Resumo

Este estudo analisa a tecnologia de cabos ópticos autossustentados totalmente dielétricos (ADSS) e similares no contexto da Transformação Digital e da Transição Energética das cidades. A conectividade é

uma infraestrutura crítica para a viabilização de Cidades Inteligentes, justificando a análise desses cabos como uma solução robusta, de baixo custo e alta eficiência para transmissão de dados. O objetivo geral é analisar a tecnologia de cabos ópticos ADSS, investigando sua proteção patentária, principais agentes de inovação, classificações técnico-patentárias, tendências futuras e o cenário brasileiro. A pesquisa combina revisão de literatura, *desk research* e prospecção tecnológica baseada em um portfólio de 2.354 patentes. A análise considerou datas de publicação, idiomas, territórios, classificações IPC, inventores e empresas líderes. O estudo aponta oportunidades e desafios para o posicionamento estratégico do Brasil, destacando a necessidade de políticas de inovação e fortalecimento da indústria nacional. O estudo evidencia que os cabos ADSS constituem elemento essencial para a infraestrutura de telecomunicações, contribuindo para a conectividade em alta velocidade e a integração de sistemas energéticos sustentáveis. Os resultados deste estudo oferecem suporte prático para consultorias em infraestrutura de rede e servem como referência para o ensino baseado em casos nas áreas de engenharia e gestão de cidades inteligentes.

Palavras-chave: Cabos Ópticos ADSS; Transformação Digital; Transição Energética; Prospecção Patentária; Cidades Inteligentes.

Abstract

This study analyzes the technology of all-dielectric self-supporting (ADSS) optical cables and similar ones in the context of Digital Transformation and the Energy Transition of cities. Connectivity is a critical infrastructure for the viability of Smart Cities, justifying the analysis of these cables as a robust, low-cost, and high-efficiency solution for data transmission. The general objective is to analyze ADSS optical cable technology, investigating its patent protection, main innovation agents, technical-patent classifications, future trends, and the Brazilian scenario. The research combines literature review, *desk research*, and technological forecasting based on a portfolio of 2,354 patents. The analysis considered publication dates, languages, territories, IPC classifications, inventors, and leading companies. The study points out opportunities and challenges for Brazil's strategic positioning, highlighting the need for innovation policies and the strengthening of the national industry. The study highlights that ADSS cables are an essential element for telecommunications infrastructure, contributing to high-speed connectivity and the integration of sustainable energy systems. The results of this study offer practical support for network infrastructure consultancies and serve as a reference for case-based teaching in the areas of engineering and smart city management.

Keywords: ADSS Optical Cables; Digital Transformation; Energy Transition; Patent Forecasting; Smart Cities

Resumen

Este estudio analiza la tecnología de cables ópticos autoportados totalmente dieléctricos (ADSS) y similares en el contexto de la Transformación Digital y la Transición Energética de las ciudades. La conectividad es una infraestructura crítica para la viabilidad de las Ciudades Inteligentes, lo que justifica el análisis de estos cables como una solución robusta, de bajo costo y alta eficiencia para la transmisión de datos. El objetivo general es analizar la tecnología de cables ópticos ADSS, investigando su protección por patente, principales agentes de innovación, clasificaciones técnico-patentarias, tendencias futuras y el escenario brasileño. La investigación combina revisión de literatura, *desk research* y prospección tecnológica basada en un portafolio de 2.354 patentes. El análisis consideró fechas de publicación, idiomas, territorios, clasificaciones IPC, inventores y empresas líderes. El estudio señala oportunidades y desafíos para el posicionamiento estratégico de Brasil, destacando la necesidad de políticas de innovación y el fortalecimiento de la industria nacional. El estudio evidencia que los cables ADSS constituyen un elemento esencial para la infraestructura de telecomunicaciones, contribuyendo a la conectividad de alta velocidad y la integración de sistemas energéticos sostenibles. Los resultados de este estudio ofrecen apoyo práctico para consultorías en infraestructura de red y sirven como referencia para la enseñanza basada en casos en las áreas de ingeniería y gestión de ciudades inteligentes.

Palabras clave: Cables Ópticos ADSS; Transformación Digital; Transición Energética; Prospección de Patentes; Ciudades Inteligentes.

Introdução

A Transformação Digital e a Transição Energética configuram agendas estratégicas centrais para o desenvolvimento urbano sustentável. Tecnologias emergentes têm papel decisivo na integração de sistemas de energia, mobilidade, infraestrutura digital e serviços urbanos (EXAME, 2025; INTELBRAS, 2025; MWC, 2025). Diferente das redes convencionais de arquitetura eletromecânica, as *smart grids* representam um paradigma integrador que utiliza automação e comunicações para monitoramento otimizado. No contexto brasileiro, essa transição permite a integração de fontes renováveis e a redução de perdas, alinhando-se a metas globais de sustentabilidade.

A conectividade é uma infraestrutura crítica para a viabilização de Cidades Inteligentes (FERREIRA, 2023; SILVA, 2021; SILVA, 2022). A eficiência das redes inteligentes depende de infraestruturas de telecomunicações robustas, como fibra óptica e PLC, que garantem baixa latência e alta disponibilidade para o fluxo biunívoco de informações. Nesse sentido, os cabos ópticos autossustentados totalmente dieléctricos (ADSS) consolidam-se como elementos estratégicos para suportar essa troca massiva de dados. Eles destacam-se como solução robusta, de baixo custo e alta eficiência para transmissão de dados, essenciais em serviços urbanos digitais e gestão energética (FIBRATECH TELECOM, 2022; FURUKAWA ELÉTRICA LATAM, 2023; TELSITE, 2024).

Este trabalho investiga os cabos ópticos ADSS como vetores potenciais dessas transformações, buscando compreender sua maturidade tecnológica, domínio de propriedade intelectual e a dinâmica de atores que sustentam sua inovação (FERREIRA, 2023; FISCHER *et al.*, 2020; KIM *et al.*, 2020). Apesar de sua ampla utilização global, o Brasil ainda enfrenta desafios quanto à implementação em escala, à dependência de multinacionais e ao alinhamento com políticas de inovação tecnológica (ANATEL, 2022; GRUPO PRYSMIAN, 2022; NEXANS, 2022).

Diante do exposto, a questão de pesquisa do presente estudo é: como o Brasil pode se posicionar estrategicamente na adoção da tecnologia de cabos ópticos ADSS e similares diante dos desafios da Transformação Digital e da Transição Energética das cidades? Assim, este estudo se justifica pela necessidade de compreender a dinâmica de inovação e proteção intelectual associada a essa tecnologia, a fim de subsidiar decisões estratégicas em pesquisa, investimento e políticas públicas.

Diante do exposto, a questão de pesquisa do presente estudo é: como o Brasil pode se posicionar estrategicamente na adoção da tecnologia de cabos ópticos ADSS e similares diante dos desafios da Transformação Digital e da Transição Energética das cidades?

Para responder a este questionamento, o presente artigo tem como objetivo geral analisar a tecnologia de cabos ópticos ADSS, investigando desde sua proteção patentária e principais agentes de inovação até as classificações técnico-patentárias, tendências futuras e o panorama brasileiro. Para tanto, o estudo propõe-se a mapear a evolução temporal da proteção desses cabos, examinando a distribuição de idiomas e territórios, além de identificar os principais grupos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) e caracterizar os inventores e empresas requerentes (*applicants*) associados à tecnologia. Adicionalmente, a pesquisa investiga o cenário nacional por meio de dados do INPI e da análise de empresas ativas no país, buscando, ao final, apontar as tendências tecnológicas voltadas às cidades inteligentes.

A relevância desta infraestrutura digital reflete-se em diversas esferas do desenvolvimento local e da prestação de serviços essenciais. Conforme discutido por SANTOS e ROCHA (2010), a tecnologia da informação é um ativo fundamental para dinamizar fluxos econômicos em comunidades. Além disso, a conectividade robusta suportada por redes ópticas é o pilar para serviços críticos, como as intervenções de saúde mediadas por tecnologia, essenciais em contextos de crise sanitária (SILVEIRA *et al.*, 2021). Assim, ao compreender a integração desses sistemas às *smart grids* — que podem reduzir perdas em até 15% e postergar investimentos em infraestrutura por mais de uma década — este artigo busca fornecer subsídios que auxiliem tanto consultores organizacionais quanto educadores na formulação de soluções práticas para esses cenários.

Referencial teórico

Este referencial teórico apresenta as bases conceituais necessárias para a compreensão do papel dos cabos ópticos ADSS no desenvolvimento das cidades inteligentes. A fundamentação organiza-se em três eixos principais: primeiramente, discute-se a evolução das telecomunicações e o advento da fibra óptica como pilar da Transformação Digital; em seguida, aborda-se a integração dessa infraestrutura com a Transição Energética, com foco na viabilização de *smart grids*; por fim, detalha-se a maturidade tecnológica e as características específicas da tecnologia ADSS como solução estratégica para a conectividade urbana moderna.

Evolução histórica dos cabos ópticos aéreos

A evolução das telecomunicações foi profundamente moldada por inovações significativas, com a introdução da fibra óptica na década de 1970 marcando uma verdadeira revolução na comunicação (Fischer *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2020). Essa tecnologia permitiu alcançar velocidades de transmissão de dados muito superiores às antigas tecnologias baseadas em cobre (Ferreira, 2023).

Um desenvolvimento crucial nesse panorama foi o surgimento dos cabos ópticos aéreos, como o tipo ADSS (All-Dielectric Self-Supporting). O desenvolvimento desses cabos é considerado uma das inovações mais importantes para a transmissão de dados (Fibratech Telecom, 2022; Furukawa Elétrica Latam, 2023). Eles foram projetados especificamente para serem robustos, um requisito fundamental para garantir a eficiência dos serviços de internet e comunicação mesmo quando sujeitos a condições climáticas adversas (Silva, 2021).

Além de seu papel na comunicação tradicional, a infraestrutura de telecomunicações estabelecida por esses avanços se tornou um componente essencial da transição energética (Persson, 2025; Exame, 2025). Essa infraestrutura é vital para a gestão eficiente de recursos em projetos de Cidades Inteligentes, facilitando a comunicação contínua entre dispositivos e sistemas (Telsite, 2024; Intelbras, 2025; Blog FIA, 2025).

Panorama de mercado de cabos ópticos aéreos

O mercado global de cabos ópticos aéreos apresenta trajetória de crescimento contínuo, impulsionado pela intensificação da Transformação Digital, pela expansão das redes de banda larga e pela crescente demanda por infraestrutura resiliente e de alto desempenho em ambientes urbanos e rurais. Nesse contexto, os cabos ópticos aéreos, com destaque para as soluções autossustentadas totalmente dielétricas (ADSS), consolidam-se como um dos principais vetores de conectividade para Cidades Inteligentes e para a modernização dos sistemas energéticos.

Do ponto de vista da cadeia produtiva, o mercado de cabos ópticos aéreos é estruturado em

etapas interdependentes que envolvem desde a produção de pré-formas e fibras ópticas, passando pela fabricação e revestimento dos cabos, até a integração em projetos de telecomunicações, energia e infraestrutura urbana. Grandes corporações multinacionais atuam de forma verticalizada, controlando etapas críticas do processo produtivo, enquanto empresas regionais e nacionais desempenham papel relevante na distribuição, instalação e manutenção das redes. No entanto, a literatura destaca que dinâmicas de engajamento coletivo e eventos de integração mútua servem como importantes catalisadores para a consolidação de práticas de aprendizagem organizacional no ecossistema (MOTTA; CORÁ, 2024).

A dinâmica competitiva do setor é marcada pela forte presença de players globais especializados em ciência de materiais e infraestrutura de telecomunicações, como Prysmian Group, Corning Incorporated, Nexans e OFS Fitel, que concentram significativa parcela do mercado internacional e exercem influência direta sobre padrões tecnológicos e estratégias de inovação. Essas empresas investem de forma contínua em pesquisa e desenvolvimento, buscando aprimorar propriedades mecânicas, dielétricas e ópticas dos cabos, bem como reduzir custos de instalação e operação.

No cenário contemporâneo, a demanda por cabos ópticos aéreos é fortemente alavancada pela expansão das redes *Fiber-to-the-Home* (FTTH), pela implantação de tecnologias 5G e, prospectivamente, 6G, além da integração de soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e inteligência artificial. Tais aplicações exigem infraestrutura de comunicação de alta capacidade, baixa latência e elevada confiabilidade, características intrínsecas às redes de fibra óptica aérea.

Além do setor de telecomunicações, observa-se uma crescente convergência entre os mercados de energia e conectividade. Os cabos ópticos aéreos desempenham papel estratégico na digitalização de redes elétricas inteligentes (*smart grids*), permitindo monitoramento em tempo real, automação de processos e maior eficiência na gestão energética. Essa convergência reforça o posicionamento dos cabos ADSS como soluções tecnológicas alinhadas tanto à Transformação Digital quanto à Transição Energética.

No contexto brasileiro, o mercado de cabos ópticos aéreos apresenta elevado potencial de expansão, impulsionado pela interiorização da banda larga, pelo crescimento dos provedores regionais de internet e pela necessidade de soluções de menor custo e rápida implantação. Entretanto, o país ainda enfrenta desafios relacionados à dependência tecnológica externa, à concentração de patentes em mãos de empresas estrangeiras e à necessidade de fortalecimento da indústria nacional. Esses fatores evidenciam a importância de políticas públicas e estratégias de inovação voltadas à ampliação da capacidade produtiva e tecnológica local.

Assim, o panorama de mercado dos cabos ópticos aéreos revela um setor dinâmico, altamente competitivo e estratégico para o desenvolvimento urbano sustentável. A consolidação dessa tecnologia

como infraestrutura essencial das Cidades Inteligentes reforça a necessidade de análises integradas que considerem não apenas aspectos técnicos, mas também econômicos, industriais e geopolíticos, especialmente no que se refere ao posicionamento do Brasil no cenário global.

Metodologia

Esta seção detalha os procedimentos e critérios metodológicos adotados para a consecução dos objetivos propostos. A estrutura divide-se inicialmente na classificação da tipologia da pesquisa, seguida pela descrição do protocolo de coleta e análise de dados. O percurso metodológico fundamenta-se em uma abordagem híbrida, que integra o levantamento bibliográfico apoiado por ferramentas de Inteligência Artificial (abordagem *gesk*) e a prospecção tecnológica sistemática em bases de patentes, permitindo uma análise multidimensional da tecnologia de cabos ópticos ADSS.

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo exploratório, delineado com uma abordagem predominantemente qualitativa e de natureza aplicada, visando uma compreensão aprofundada da dinâmica de inovação e do cenário estratégico da tecnologia de cabos ópticos aéreos. A execução metodológica fundamenta-se em dois pilares complementares.

O primeiro consiste na pesquisa de gabinete (*desk research*), que no contexto atual é potencializada pela abordagem *gesk* (termo que conceitua a pesquisa *desk* apoiada por sistemas de Inteligência Artificial generativa). De acordo com Carvalho (2025), essa técnica permite otimizar o levantamento abrangente da literatura, fornecendo o arcabouço teórico e a contextualização histórica com maior celeridade. No âmbito deste estudo, a IA generativa foi empregada como uma interface assistiva para a curadoria de fontes acadêmicas e técnicas, permitindo a síntese preliminar de grandes volumes de dados que posteriormente foram validados e analisados criticamente pelos autores.

O segundo pilar, central para os objetivos do estudo, é a prospecção tecnológica sistemática, conduzida com base em um portfólio de 2.354 patentes. Esta prospecção visa mapear a evolução da Propriedade Intelectual da tecnologia, caracterizando os agentes de inovação, a distribuição territorial e as classificações técnico-patentárias (IPC) que sustentam a Transformação Digital e a Transição Energética.

Em conformidade com as diretrizes de ética e transparência científica, detalha-se o suporte das ferramentas de IA generativa utilizadas: Perplexity AI - empregado na prospecção inicial e verificação cruzada de fontes bibliográficas e dados de mercado; ChatGPT - utilizado no refinamento da clareza textual e coesão entre os parágrafos; Google Gemini - aplicado na extração e sistematização de dados técnicos das patentes e na revisão de conformidade com as normas de redação científica. Ressalta-se que toda a interpretação dos resultados, a análise crítica e a redação final do manuscrito são de responsabilidade integral dos autores.

A população e a amostra da pesquisa, que se insere no contexto da Transformação Digital e Transição Energética das cidades, com o recorte temático em Cabos Ópticos aéreos, foram delineadas para contemplar um espectro abrangente de elementos cruciais. Especificamente, o escopo investigativo inclui territórios, empresas, inventores e patentes diretamente associadas a esta tecnologia. Tal abrangência permitiu a caracterização precisa dos agentes e dos registros que, conjuntamente, constituem a dinâmica de inovação intrínseca a esse segmento.

A coleta de dados da pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem exploratória de base secundária, combinando duas estratégias metodológicas complementares para garantir a robustez e a abrangência do levantamento informacional.

A primeira estratégia consistiu na pesquisa desk, realizada com o apoio de inteligência artificial generativa — denominada pesquisa *gesk* (Carvalho, 2025). Essa vertente focou na recuperação de dados em fontes consideradas reais e confiáveis, visando caracterizar a tecnologia de Cabos Ópticos Aéreos em diversos aspectos. As categorias informacionais abrangidas incluíram aplicação, proposta de valor, evolução histórica, panorama de mercado, cenário nacional, tendências futuras e desafios associados.

Em paralelo, foi realizada uma prospecção tecnológica em bases de patentes, utilizando a plataforma on-line e gratuita Espacenet, gerida pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO). Este procedimento objetivou identificar informações cruciais sobre a dinâmica de inovação do tema, tais como: países, idiomas, datas de publicação, classificações IPC, empresas (applicants) e inventores relacionados. A busca patentária foi executada em 11 de setembro de 2025, empregando-se o seguinte termo de busca estruturado: {"aerial optical cable" OR "overhead optical cable" OR "optical fiber aerial cable" OR "optical fiber overhead cable" OR "ADSS optical cable" OR "self-supporting optical cable"}.

A análise dos dados, por sua vez, seguiu o procedimento metodológico tradicionalmente associado à pesquisa exploratória. Este processo englobou o levantamento, a organização e a sistematização das informações coletadas, culminando na interpretação crítica dos achados para a geração de conhecimento e caracterização do objeto de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta e discute os dados obtidos a partir da prospecção tecnológica sistemática, correlacionando-os com o referencial teórico estabelecido. A análise está estruturada para demonstrar não apenas o volume e a evolução temporal dos depósitos de patentes, mas também a distribuição geográfica, os principais players do setor e as tendências tecnológicas que posicionam os cabos ópticos ADSS como infraestrutura crítica para a Transformação Digital. A partir do universo de 2.354 documentos recuperados, os resultados revelam a maturidade e a dinâmica competitiva deste segmento em escala global.

A prospecção tecnológica relativa a Cabos Ópticos Aéreos resultou na identificação de [2.354 patentes], demonstrando a intensa e crescente atividade de inovação neste campo. A análise da evolução temporal da proteção da tecnologia, abrangendo documentos relacionados a *aerial optical cable*, (ADSS) (sigla para *All-Dielectric Self-Supporting*) e correlatos, revela uma trajetória de desenvolvimento marcada por três fases cinéticas distintas, que espelham o amadurecimento e a disseminação da infraestrutura de fibra óptica em escala global.

A primeira é a fase precursora (1978–1993), caracterizada por um volume incipiente de depósitos, com uma média de aproximadamente de 4 documentos por ano. Este período reflete a fase inicial de pesquisa e concepção da tecnologia de fibra óptica aplicada a ambientes aéreos, em um momento em que a tecnologia de cabos de fibra óptica estava se consolidando (Fischer *et al.*, 2020).

Posteriormente, a fase de consolidação e maturação (1994–2009), evidenciou um crescimento constante na atividade de patenteamento. Este período atingiu picos notáveis no início dos anos (2000) — por exemplo, (34 documentos) foram registrados em (2009) — o que espelha a crescente aceitação do emprego de fibra óptica para backbone e, progressivamente, o aprimoramento das técnicas de implantação para banda larga. Os avanços em cabos ópticos aéreos eram cruciais para essa expansão (Kim *et al.*, 2020).

Por fim, a fase de expansão e hiperatividade (2010–2023) demonstrou uma explosão exponencial no registro de patentes. Esta aceleração é impulsionada pela demanda global por redes de alta velocidade (em especial, *Fibre-to-the-Home* - (FTTH) e pela proliferação de tecnologias de Cidades Inteligentes (Silva, 2021; ANATEL, 2022). O ápice de depósitos ocorreu em 2021, 222 documentos, com um pico secundário significativo em (2019), (182 documentos). Essa acentuada aceleração (2010) é um indicativo de que a infraestrutura de cabos ópticos aéreos — com destaque para as soluções ADSS — firmou-se como um componente estratégico e de intensa inovação para a expansão da conectividade digital em escala global.

A análise cienciométrica dos documentos de patente relacionados a cabos ópticos aéreos (incluindo tecnologias como ADSS e cabos autossustentados) revela uma assimetria linguística e geográfica na disseminação do conhecimento e na propriedade intelectual global, refletindo a concentração de inovação no setor de infraestrutura de telecomunicações.

No panorama linguístico, o inglês (en) se estabelece inequivocamente como a língua franca da pesquisa e do patenteamento, dominando com 2.399 documentos. Contudo, essa hegemonia é desafiada de forma robusta pelo chinês (zh), que se posiciona com 2.019 documentos. Essa alta concentração em chinês reflete a intensa atividade de pesquisa, desenvolvimento e patentes da China (CN), que é líder em registros territoriais, totalizando 2.047 patentes. Em seguida, o japonês (ja), com 302 documentos, atesta a relevância do Japão (JP) (terceiro em patentes com 85 registros) no avanço e aplicação da tecnologia. As demais línguas, como o alemão (de) com 55 e o francês (fr) com 48, apresentam uma contribuição

significativamente menor. Esta análise sugere uma correlação direta entre a primazia da língua na documentação e a liderança do país na geração de patentes sobre cabos ópticos aéreos, o que, por sua vez, molda a trajetória tecnológica global do setor.

Em uma perspectiva territorial, a distribuição da propriedade intelectual é marcada por uma concentração acentuada. A China (CN) e a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO) dominam esmagadoramente o registro de invenções, totalizando 2.047 e 307 patentes, respectivamente. Essa liderança é seguida pelo Japão (JP) com 85, pelos Estados Unidos (US) com 75, e pelo Escritório Europeu de Patentes (EP) com 69. A junção dessas cinco entidades detém a vasta maioria dos direitos de propriedade intelectual no campo. Tal concentração sugere um papel central desses atores na inovação e na futura padronização tecnológica do setor. Os demais países e regiões, incluindo Coreia do Sul (KR), Canadá (CA), Austrália (AU), Alemanha (DE), e Brasil (BR), apresentam contribuições significativamente menores, variando de 40 a 23 patentes. Essa ampla cauda da distribuição, composta por mais de trinta nações com menos de 15 registros cada, ressalta a disparidade regional na produção de conhecimento científico e técnico para a infraestrutura de comunicação de fibra óptica aérea.

A análise da classificação internacional de patentes (IPC) referente a cabos ópticos aéreos (aerial optical cable, ADSS) revela que a inovação tecnológica no setor é predominantemente impulsionada por avanços em três domínios científicos e de engenharia. O grupo H02G7 (Cabos, condutores ou barramentos aéreos) lidera com 1.687 documentos, estabelecendo a infraestrutura de linha de transmissão e distribuição como o principal foco de P&D, confirmando a relevância da instalação aérea. Em seguida, o grupo H01B7 (Cabos de energia, cabos de comunicação ou cabos ópticos ou suas partes, caracterizados pela estrutura) com 141 documentos e H01B11 (Cabos ou condutores de comunicação coaxial ou de par trançado; Cabos de fibra óptica) com 107 documentos enfatizam a inovação no design estrutural e nos materiais dos próprios cabos, visando otimizar a performance da transmissão e a durabilidade mecânica. A distribuição das patentes nas demais classificações (por exemplo, G02B6 sobre guias de onda e acoplamentos ópticos, ou C08L23 sobre composições poliméricas para revestimento) sugere que a pesquisa é uma disciplina multitécnica, abrangendo desde o aprimoramento de materiais dielétricos e revestimentos poliméricos até o desenvolvimento de sistemas de conexão e medição, sublinhando a natureza complexa e integrada da inovação no campo de cabeamento de fibra óptica autossustentada.

A análise cienciométrica sobre cabos ópticos aéreos (incluindo tecnologia ADSS) demonstra que a atividade de patenteamento atingiu um estado de hiperatividade tecnológica na última década, coincidindo com a expansão da banda larga global e a demanda por infraestrutura de *Smart Cities*. A evolução temporal revela uma fase de crescimento exponencial pós-2010, culminando no pico de 222 documentos em 2021. Essa ascensão é predominantemente impulsionada pela República Popular da China (CN), que detém a maior parte da propriedade intelectual com 2.047 documentos e o maior número de inventores (123) e requerentes (123). A concentração de conhecimento é igualmente notória no âmbito

linguístico, onde o inglês (en) e o chinês (zh) somam mais de 87% dos documentos. O foco tecnológico é dado pelo grupo de classificação H02G7 (cabos aéreos), com 1.687 documentos, confirmando que o principal vetor de inovação reside na engenharia de instalação e infraestrutura de linhas de transmissão.

A análise cienciométrica dos documentos de patente relacionados a cabos ópticos aéreos (ADSS ou autossustentados) revela um perfil de produção e difusão de conhecimento altamente concentrado em termos geográficos, linguísticos e temporais.

A República Popular da China (CN) demonstra uma dominância hegemônica na propriedade intelectual, com 2.047 documentos, mais de seis vezes o volume do segundo maior detentor (Organização Mundial da Propriedade Intelectual – WO). No âmbito linguístico, o inglês (en) e o chinês (zh) respondem pela vasta maioria dos documentos, com 2.399 e 2.019 respectivamente. A evolução temporal indica uma ascensão exponencial na atividade de patenteamento, especialmente a partir de 2010, atingindo um pico de 222 documentos em 2021, coincidindo com a expansão global de redes de alta velocidade (FTTH) e a demanda por infraestrutura de *Smart Cities*. As classificações internacionais de patentes (IPC) reforçam essa concentração tecnológica, com o grupo H02G7 (focado em cabos aéreos) liderando com 1.687 documentos, seguido por H01B7 e H01B11 (relacionados ao design estrutural e óptico do cabo), indicando que a inovação é impulsionada pela engenharia de implantação em sistemas de transmissão e distribuição.

A tabela de Inventores por País mostra que os inventores são predominantemente: China (CN): Lidera com 123 inventores. Isso está diretamente correlacionado com a dominância da China em patentes registradas (2.047 documentos). Os inventores chineses são os principais responsáveis pela explosão de patentes pós-2010. Japão (JP): O segundo maior grupo de inventores, com 56 inventores. Reino Unido (GB): Terceiro, com 43 inventores. Estados Unidos (US): Quarto, com 28 inventores. Identificação dos Agentes Inovadores Os inventores são os indivíduos físicos (engenheiros e cientistas) que conceberam as invenções. Eles estão quase sempre vinculados aos requerentes (as empresas ou instituições que detêm os direitos da patente). Embora a tabela de inventores não liste os nomes próprios, a tabela de Requerentes por País confirma a origem da inovação: a China (CN) também lidera em número de requerentes (123). Portanto, os inventores por trás do boom de patentes sobre os cabos ópticos aéreos são majoritariamente engenheiros e cientistas chineses que trabalham para as grandes corporações e universidades de telecomunicações do país.

A análise cienciométrica abrangente sobre cabos ópticos aéreos (incluindo tecnologias ADSS) revela que a inovação é impulsionada pela República Popular da China (CN), que lidera tanto em número de patentes depositadas (2.047 documentos) quanto em número de requerentes de patentes (123 requerentes), estabelecendo sua hegemonia tecnológica no setor. Esta dominância é seguida pelo Japão (JP), que é o segundo em requerentes (62) e o terceiro em número total de documentos (85), e pelo Reino Unido (GB), surpreendentemente o terceiro em requerentes (61), à frente de potências como Estados

Unidos (US, 75 documentos, 27 requerentes). A concentração da produção científica é refletida na esfera linguística, onde o inglês (en) e o chinês (zh) respondem por mais de 87% dos documentos. A evolução temporal demonstra uma fase de expansão exponencial pós-2010, com um pico em 2021 (222 documentos), coincidindo com a demanda por redes de banda larga e *Smart Cities*. O foco tecnológico é dado pelo grupo de classificação H02G7 (cabos aéreos), confirmando que o principal vetor de inovação reside na engenharia de instalação e infraestrutura de linhas de transmissão.

A distribuição global da propriedade intelectual relacionada a cabos ópticos aéreos (aerial optical cable, ADSS) evidencia uma assimetria geográfica acentuada na produção tecnológica, com a República Popular da China (CN) emergindo como o polo hegemônico com 2.047 documentos, refletindo seu investimento massivo e liderança na infraestrutura de comunicação em fibra óptica. Esta dominância é seguida pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WO), que gerencia 307 patentes internacionais, e então por potências econômicas e tecnológicas como Japão (JP) com 85, Estados Unidos (US) com 75 e o Escritório Europeu de Patentes (EP) com 69 documentos. Os dados demonstram que esses cinco principais detentores (CN, WO, JP, US, EP) controlam a vasta maioria das patentes (aproximadamente 92% do total), enquanto um grupo de países de segundo escalão, como Coreia do Sul (KR, 40), Canadá (CA, 35) e Austrália (AU, 33), contribui em menor escala. Essa concentração de patentes sugere que a capacidade de inovação e a futura padronização do mercado de cabos ópticos autossustentados estão amplamente sob influência de um pequeno conjunto de jurisdições, com a China possuindo uma vantagem competitiva e tecnológica substancial. A China (CN) lidera inequivocamente com (123) inventores, refletindo sua dominância em patentes registradas (2.047 documentos) e a explosão de atividade (pós-2010).

A identificação desses agentes inovadores é fundamental: os inventores são os indivíduos (engenheiros e cientistas) que conceberam as invenções, e estão majoritariamente vinculados aos requerentes (as entidades que detêm os direitos de propriedade intelectual). Uma vez que a China também lidera em número de requerentes (123), a conclusão é que os inventores por trás do boom global de patentes sobre cabos ópticos aéreos são, em sua grande maioria, engenheiros e cientistas chineses.

Estes profissionais atuam em estreita colaboração com as grandes corporações e instituições de telecomunicações do país, as quais servem como os principais centros de P&D e os detentores formais das inovações.

Embora o Japão (JP), o Reino Unido (GB) e os Estados Unidos (US) figurem como os próximos maiores grupos de inventores, é a comunidade científica e de engenharia chinesa que se estabelece como a principal força motriz por trás da atual trajetória tecnológica do setor de infraestrutura de fibra óptica aérea.

O cenário brasileiro de cabos ópticos, especialmente no que se refere às soluções aéreas como os cabos ADSS, é fortemente influenciado pela atuação de grandes corporações globais da indústria de

telecomunicações e ciência de materiais, que desempenham papel central no fornecimento da infraestrutura necessária à Transformação Digital. Empresas como Corning Incorporated, Furukawa Electric e Yangtze Optical Fibre and Cable (YOFC) figuram entre os principais agentes internacionais desse mercado, destacando-se pela liderança tecnológica, capacidade produtiva e domínio da cadeia de valor da fibra óptica.

A Corning Incorporated, multinacional norte-americana reconhecida pela invenção da fibra óptica de baixa perda na década de 1970, consolidou-se como uma das maiores fornecedoras globais de fibras e cabos ópticos, incluindo soluções aéreas, além de atuar em outros segmentos de alta tecnologia baseados em vidro e cerâmica avançada. A Furukawa Electric, de origem japonesa, apresenta forte especialização em infraestrutura de comunicação e energia, sendo referência no fornecimento de soluções completas para redes de banda larga, data centers e aplicações industriais. Já a YOFC, empresa chinesa de alta tecnologia, ocupa posição de destaque global na produção de pré-formas, fibras e cabos ópticos, refletindo a liderança da China na proteção patentária e no desenvolvimento tecnológico do setor.

Essas corporações mantêm presença direta e consolidada no mercado brasileiro. A Furukawa atua no país desde 1974 por meio de sua subsidiária Furukawa Electric LatAm S.A., com unidades industriais e centros operacionais em Curitiba, Santa Rita do Sapucaí e São Paulo, fornecendo soluções para provedores de internet, data centers e projetos de Cidades Inteligentes. A YOFC fortaleceu sua atuação nacional ao adquirir integralmente a Belden Poliron Indústria de Cabos Especiais Ltda., passando a operar como YOFC Brasil Cabos e Soluções Ltda., o que lhe permitiu produzir e distribuir cabos ópticos localmente. A Corning, por sua vez, atende o mercado brasileiro por meio de sua subsidiária e de uma rede de distribuidores autorizados, sendo fornecedora essencial para operadoras e provedores regionais. Dessa forma, tais empresas não apenas exploram o mercado nacional, mas contribuem diretamente para a expansão da infraestrutura de telecomunicações e para a consolidação da Transformação Digital no Brasil.

O mercado brasileiro de cabos ópticos encontra-se em franca expansão, impulsionado principalmente pela ampliação das redes Fiber-to-the-Home (FTTH) e pelo crescimento exponencial da demanda por tráfego de dados. Esse movimento está inserido em um contexto global de valorização contínua da infraestrutura de fibra óptica, associada à digitalização de serviços, à implantação do 5G e à modernização das redes de utilities.

Embora não existam dados públicos e específicos sobre o faturamento anual exclusivamente relacionado aos cabos ópticos aéreos do tipo ADSS no Brasil, o mercado global de fibra óptica — que engloba soluções aéreas, subterrâneas e submarinas — foi avaliado em aproximadamente US\$ 7,24 bilhões em 2024, com projeções de crescimento a uma taxa anual composta de cerca de 9,8%. Nesse cenário, o Brasil se destaca como um dos principais polos de crescimento da América Latina,

desempenhando papel estratégico na expansão regional da infraestrutura óptica, tanto pela dimensão territorial quanto pelo volume de investimentos associados à conectividade e à transição digital.

O mercado brasileiro de cabos ópticos, incluindo as soluções aéreas como os cabos ADSS, caracteriza-se por elevada competitividade, sendo disputado por grandes grupos multinacionais com forte presença local, além de fornecedores nacionais e regionais que atendem segmentos específicos do mercado. Os principais concorrentes que exploram o mercado brasileiro são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais concorrentes que exploram o mercado brasileiro de cabos ópticos, incluindo as soluções aéreas como os cabos ADSS

Concorrente Principal	Origem	Atuação no Brasil
Furukawa Electric	Japão	Produção local robusta (Curitiba/PR, Santa Rita do Sapucaí/MG) e fornecimento de soluções completas de FTTH.
Corning Incorporated	EUA	Fornecedora líder mundial de fibras ópticas de alta qualidade e cabos, atuando com distribuidores autorizados.
Prysmian Group	Itália	Líder global em cabos de energia e telecomunicações, com grande capacidade fabril no Brasil.
YOFC (Yangtze Optical Fibre and Cable)	China	Consolidou sua presença no Brasil com a aquisição da Belden Poliron, atuando como fornecedora local de cabos e soluções.
Sumitomo Electric	Japão	Forte presença em soluções para telecom e energia.
Grandes Fornecedores Nacionais/Regionais	Brasil	OIW (grande distribuidora para pequenos e médios provedores - OIW, 2023), Cabletech, HT Cabos e outras empresas de engenharia e instalação, que atendem o volume de PMEs.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Prysmian Group (2022), Corning Inc. (s.d.), Furukawa Elétrica LatAm (2023), YOFC (s.d.), Nexans (2022), OIW (2023) e ANATEL (2022).

A implantação de cabos ópticos aéreos, especialmente das soluções ADSS, no Nordeste e no Rio Grande do Norte está diretamente associada à necessidade de expansão da conectividade em áreas remotas e ao fortalecimento dos pequenos e médios provedores de internet. Historicamente menos atendida pelas grandes operadoras tradicionais, a região Nordeste tem experimentado crescimento expressivo dos provedores regionais, que dependem fortemente de soluções aéreas devido à sua viabilidade econômica, rapidez de implantação e compatibilidade com a infraestrutura existente de postes de energia elétrica.

Os cabos ADSS mostram-se particularmente adequados a esse contexto por dispensarem o uso de elementos metálicos, reduzirem custos de instalação e facilitarem a expansão das redes FTTH em municípios de menor porte e em zonas rurais. Iniciativas federais, como os projetos conduzidos pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), também têm contribuído para a ampliação da infraestrutura de fibra óptica nessas regiões, ao permitir a cessão de capacidade para provedores privados e instituições locais. Esse ecossistema regional demanda dos atores locais uma alta capacidade de análise crítica e

argumentação diante de cenários complexos de tomada de decisão estratégica e planejamento financeiro (SOARES, SILVINO, 2025).

No Rio Grande do Norte, observa-se dinâmica semelhante, com a concorrência entre provedores concentrando-se na qualidade da fibra entregue ao usuário final. A infraestrutura aérea existente é amplamente utilizada para a distribuição do sinal, sendo os cabos fornecidos por grandes fabricantes e implantados por uma rede diversificada de provedores locais responsáveis pelo lançamento, fusão e manutenção das redes ópticas. Esse arranjo tem garantido a oferta de conexões de alta velocidade no estado, ao mesmo tempo em que cria condições favoráveis para o desenvolvimento de aplicações associadas às Cidades Inteligentes, à Internet das Coisas e à integração entre telecomunicações e sistemas energéticos sustentáveis.

Conclusão

O estudo evidencia que os cabos ópticos ADSS e tecnologias similares constituem elementos essenciais para a infraestrutura de telecomunicações das cidades inteligentes, atuando como o suporte físico necessário para a viabilidade da Transformação Digital e da Transição Energética. Os objetivos desta pesquisa foram alcançados por meio de uma abordagem que combinou *desk research* e prospecção tecnológica, revelando um campo de inovação globalmente ativo desde os anos 1990 com um portfólio robusto de 2.354 patentes. Os achados demonstram que a tecnologia ADSS oferece uma solução de alta eficiência e baixo custo para o fluxo biunívoco de dados em tempo real, fundamental para a operação de *Smart Grids* e a autorrecuperação (*self-healing*) dos sistemas de potência. A análise aponta que a integração dessas redes pode gerar ganhos de eficiência de até 15% na distribuição e permitir a postergação de investimentos em infraestrutura por até 15 anos, desde que suportada por redes de comunicação de alta disponibilidade.

No cenário brasileiro, o posicionamento estratégico do país exige que os *stakeholders* considerem a dinâmica patentária global para direcionar investimentos e reduzir a dependência externa. Destaca-se a urgência de políticas de inovação que fortaleçam a indústria nacional, garantindo autonomia tecnológica na transição para modelos de operadores de sistemas de distribuição (DSO). Como contribuição prática, este estudo recomenda que consultores de infraestrutura priorizem a tecnologia ADSS em projetos de rápida implantação, dada a sua resiliência e viabilidade técnica frente aos desafios climáticos e à necessidade de modernização do Setor Elétrico Brasileiro. Para o campo educacional, os dados aqui reunidos servem como referência para casos de ensino que simulem processos de tomada de decisão em investimentos de infraestrutura digital, fundamentais para a consolidação de cidades inteligentes sustentáveis e resilientes no Brasil. Adicionalmente, esse tipo de ferramenta pedagógica auxilia na

mediação prática das pressões de aprendizagem, considerando que fatores contextuais severos estão intimamente associados ao estresse percebido elevado em universitários (RIBEIRO et al., 2025).

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). *Relatório sobre a evolução das telecomunicações no Brasil*. Brasília, DF: ANATEL, 2022. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br>.

Acesso em: 4 set. 2025.

AGÊNCIA SENADO. *CCT apresenta projetos que levam internet por fibra ótica a regiões Nordeste e Norte*. Brasília, DF: Agência Senado, 25 set. 2019. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2019/09/25/cct-apresenta-projetos-que-levam-internet-por-fibra-otica-a-regioes-nordeste-e-norte>. Acesso em: 29 set. 2025.

BLOG FIA. *Cidades inteligentes: saiba o que são e quais suas características*. São Paulo: FIA, 29 jul. 2025. Disponível em: <https://www.fia.com.br/blog>. Acesso em: 11 set. 2025.

CIRION TECHNOLOGIES. *Futuro digital em 2025: conheça tendências tecnológicas*. Cirion Blog, 30 jun. 2025. Disponível em: <https://www.ciriontechnologies.com/blog>. Acesso em: 11 set. 2025.

CORNING INC. *Produtos de fibra ótica Corning*. Corning Inc., [s.d.]. Disponível em: <https://www.corning.com>. Acesso em: 29 set. 2025.

EXAME. *As 10 tendências da transição energética na América Latina em 2025*. São Paulo: Exame, 27 jan. 2025. Disponível em: <https://exame.com/blog>. Acesso em: 11 set. 2025.

FERREIRA, L. C. *Cidades inteligentes: a revolução da conectividade*. Revista de Tecnologia Urbana, v. 1, p. 75–90, 2023.

FIBRATECH TELECOM. *Cabo óptico aéreo dielétrico ADSS*. Fibratech Telecom, 2022. Disponível em: <https://fibratech.net.br/wp-content/uploads/2022/07/Cabo-ADSS-3.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

FISCHER, J. *et al.* *Cabos de fibra óptica: uma revisão abrangente*. Journal of Optical Communications and Networking, v. 12, n. 4, p. 345–360, 2020.

FURUKAWA ELÉTRICA LATAM. *Cidades inteligentes*. 31 dez. 2023. Disponível em: <https://www.furukawalatam.com/pt-br/solucao-furukawa-detalhes/smart-cities-fbs>. Acesso em: 4 set. 2025.

GLOBAL GROWTH INSIGHTS. *Tamanho do mercado de cabos de fibra óptica*. Global Growth Insights, 2025. Disponível em: <https://www.globalgrowthinsights.com/pt/market-reports/optic-fibre-cable-market-113671>. Acesso em: 4 set. 2025.

GRUPO PRYSMIAN. *Relatório anual 2022*. Prysmian Group, 2022. Disponível em: <https://www.prysmiangroup.com>. Acesso em: 29 set. 2025.

INTELBRAS. *Infraestrutura energética: cidades inteligentes com energia limpa*. Blog Intelbras, 13 maio 2025. Disponível em: <https://www.intelbras.com.br/blog>. Acesso em: 11 set. 2025.

KIM, S. *et al.* *Avanços na tecnologia de cabos ópticos aéreos*. Revista IEEE Communications, v. 58, n. 5, p. 30–36, 2020.

MARKETSANDMARKETS. *Fiber optics market size, share & latest trends, 2024–2029*. Northbrook: MarketsandMarkets, 2024. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/fiber-optics-market-238443438.html>. Acesso em: 29 set. 2025.

MELHORPLANO.NET. *Melhor internet do Rio Grande do Norte: prêmio MelhorPlano.net*. MelhorPlano.net, 2025. Disponível em: <https://melhorplano.net/internet-banda-larga/rn>. Acesso em: 29 set. 2025.

MOTTA, Rodrigo Guimarães; CORÁ, Maria Amélia Jundurian. *Festa como prática de aprendizagem organizacional: Economizadas em São Paulo*. Revista de Casos e Consultoria, v. 15, n. 1, p. e37653, 2024.

MWC 2025. *Tendências do MWC 2025: transformação digital e sustentável*. Digital Futurecom, 26 maio 2025. Disponível em: <https://digital.futurecom.com.br>. Acesso em: 11 set. 2025.

NEXANS. *Relatório anual Nexans 2022*. Nexans, 2022. Disponível em: <https://www.nexans.com>. Acesso em: 29 set. 2025.

OFS FITEL. *Produtos de fibra óptica OFS*. OFS Fitel, Disponível em: <https://www.ofsoptics.com>. Acesso em: 29 set. 2025.

OIW. *OIW vendeu 850 mil quilômetros de fibra óptica para o mercado brasileiro em 22*. OIW, 26 abr. 2023. Disponível em: <https://telesintese.com.br/oiw-vendeu-850-mil-quilometros-de-fibra-optica-para-o-mercado-brasileiro-em-22/>. Acesso em: 29 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL (OMPI). *Guia da Classificação Internacional de Patentes*. Genebra: OMPI, 2024. Disponível em: <https://www.wipo.int/en/web/classification-ipc>. Acesso em: 29 set. 2025.

PAIXÃO, Joelson Lopes da; ABAIDE, Alzenira da Rosa. *Redes elétricas inteligentes - Smart Grids*. In: *Caminhos da Pesquisa Multidisciplinar*. Aurum Editora, 2024. Cap. 3. p. 43-62..

PERSSON, M. *A revolução das telecomunicações: cinco tendências para 2025 que moldarão o futuro*. Teletempo, 13 fev. 2025. Disponível em: <https://www.teletempo.com.br>. Acesso em: 11 set. 2025.

RIBEIRO, Yasmim Karoline et al. *Fatores associados ao estresse percebido elevado em universitários do Acre durante a pandemia de COVID-19*. *Revista de Casos e Consultoria*, v. 16, n. 1, p. e38647, 2025.

SANTOS, L. C.; ROCHA, K. *Tecnologia da informação e desenvolvimento local: o comércio eletrônico na promoção do comércio justo*. *Revista de Casos e Consultoria*, v. 1, n. 1, e112, 2010.

SILVA, J. R. *Telecomunicações e cidades inteligentes: desafios e oportunidades*. *Revista Brasileira de Telecomunicações*, v. 3, p. 45–60, 2022.

SILVA, R. *Cidades inteligentes e a importância da infraestrutura de telecomunicações*. *Revista Brasileira de Telecomunicações*, v. 15, n. 2, p. 50–65, 2021.

SILVEIRA, D. F. et al. A tecnologia como ferramenta na saúde mental dos profissionais de saúde no contexto da pandemia por coronavírus. *Revista de Casos e Consultoria*, v. 12, n. 1, e26363, 2021.

SOARES, Nahuan Alaff Virgino; SILVINO, Ketly Mathielle Araújo. Jovem Aprendiz: O Que Fazer Com O Dinheiro Que Conquistei? *Revista de Casos e Consultoria*, v. 16, n. 1, p. e40068, 2025.

STRAITS RESEARCH. *Fiber optic market size, growth & forecast report by 2033*. Nova York: Straits Research, 2024. Disponível em: <https://straitsresearch.com/report/fiber-optic-market>. Acesso em: 29 set. 2025.

TELSITE. *Infraestrutura de telecomunicações: o pilar das cidades inteligentes*. 22 set. 2024. Disponível em: <https://telsitesolutions.com.br/infraestrutura-de-telecomunicacoes-o-pilar-das-cidades-inteligentes/>. Acesso em: 4 set. 2025.

YANGTZE OPTICAL FIBRE AND CABLE (YOFC). *Sobre a YOFC*. São Paulo: YOFC Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://www.yofc.com/en/about.html>. Acesso em: 29 set. 2025.