

Estudo e implementação da tecnologia WIMAX como suporte aos serviços de intranet e internet: o caso da Universidade Kimpa Vita.

Study and implementation of WIMAX technology to support intranet and internet services: the case of Kimpa Vita University.

Lucumbo A. Pedro¹

Amoussou Dorothée²

Domingos Makassi João³

Garcia de Jesus Crista Lucas⁴

Jeremias Mbemga Kaboko⁵

Leonel João Ferreira Londa⁶

Leonora Fernandes Zumba Pedro⁷

RESUMO

¹Mestre em Engenharia informática na especialidade de Gestão de Redes de Computadores e sistemas de Comunicações, Docente do Curso de Contabilidade e Gestão, Faculdade de Economia, Universidade Kimpa Vita, Uíge, Angola. <https://orcid.org/0009-0008-0155-8029> [\[lucombopedro@gmail.com\]](mailto:lucombopedro@gmail.com).

²Doutorado em Informática e Tecnologia de Comunicação na especialidade de Sistemas Automatizados de processamento e Gestão de Informação. Professor Associado na Universidade Kimpa Vita, autor de várias publicações. [\[amoussodoroth@ahoo.com.br\]](mailto:amoussodoroth@ahoo.com.br).

³Licenciado em Engenharia Informática. Chefe de Secção Pedagógica da Faculdade de Economia da Universidade Kimpa Vita [\[makassi0408@gmail.com\]](mailto:makassi0408@gmail.com)

⁴Mestre em Engenharia Informática na especialidade de Desenvolvimento de Aplicativos Móveis. Chefe de Departamento de Informação e Comunicação da Faculdade de Economia-Univi, Uíge [\[jesuskiza09@gmail.com\]](mailto:jesuskiza09@gmail.com).

⁵Licenciado em Engenharia Informática. Docente de ensino geral e jornalista investigativo. [\[jeremiaskaboco@gmail.com\]](mailto:jeremiaskaboco@gmail.com)

⁶Licenciado em Engenharia Informática. Funcionário do Instituto Politécnico da Universidade Kimpa Vita. [\[lif.londa@gmail.com\]](mailto:lif.londa@gmail.com).

⁷Licenciado em Engenharia Informática. Gestora da Página Web da Faculdade de Economia – Unikivi, Uíge [\[leonorafernandeszumbapedro@gmail.com\]](mailto:leonorafernandeszumbapedro@gmail.com).

O presente artigo analisa a implementação da tecnologia WiMax (IEEE 802.16) como suporte aos serviços de intranet e internet na Universidade Kimpa Vita, em Uíge, Angola. A investigação assume uma abordagem exploratória e descritiva, combinando métodos qualitativos e quantitativos, com recurso a entrevistas, questionários e testes de desempenho de rede aplicados antes e depois da implementação.

A amostra reuniu 104 participantes, incluindo 41 docentes, 32 estudantes, 9 profissionais de tecnologia da informação e 22 moradores da zona adjacente ao campus, permitindo avaliar tanto o ambiente académico como a comunidade envolvente.

Os resultados evidenciam melhorias substanciais nos indicadores de rede: a cobertura do sinal subiu de 28,3% para 85%, a velocidade de download passou de 3 Mbps para 20 Mbps, a latência média caiu de 150 ms para 25 ms, e a satisfação dos utilizadores aumentou de 45% para 85%. Observou-se ainda maior confiabilidade da conexão, redução do tempo de acesso a recursos digitais e crescimento expressivo no uso de bibliotecas virtuais.

Conclui-se que a adoção do WiMax constitui uma medida eficaz e necessária para o reforço da infraestrutura tecnológica da Universidade Kimpa Vita, alinhando a instituição com as tendências globais de modernização digital e reforçando a sua capacidade de suportar o ensino à distância e a inclusão digital.

Palavras-chave: WiMax. Conectividade. Intranet. Internet. Universidade Kimpa Vita. Inclusão digital.

ABSTRACT

This article analyzes the implementation of WiMax technology (IEEE 802.16) to support intranet and internet services at Kimpa Vita University, in Uíge, Angola. The research follows an exploratory and descriptive approach, combining qualitative and quantitative methods through interviews, questionnaires, and network performance tests applied before and after implementation. The sample comprised 104 participants, including 41 faculty members, 32 students, 9 information technology professionals, and 22 residents of the area adjacent to the campus, allowing an assessment of both the

academic environment and the surrounding community. The results show substantial improvements in network indicators: signal coverage rose from 28.3% to 85%, download speed increased from 3 Mbps to 20 Mbps, average latency dropped from 150 ms to 25 ms, and user satisfaction increased from 45% to 85%. Greater connection reliability, reduced access time to digital resources, and a marked increase in the use of virtual libraries were also observed. It is concluded that the adoption of WiMax constitutes an effective and necessary measure to strengthen the technological infrastructure of Kimpa Vita University, aligning the institution with global trends in digital modernization and reinforcing its capacity to support distance learning and digital inclusion.

Keywords: WiMax. Connectivity. Intranet. Internet. Kimpa Vita University. Digital inclusion.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Colômbia tem investido de forma contínua na expansão da internet fixa, alcançando 7 milhões de acessos em 2019, com crescimento significativo em relação ao ano anterior (Ministério de TIC, 2020). Apesar dos incentivos governamentais, persistem desafios de velocidade de download em regiões como Guaviare, onde a média varia entre 5,3 Mbps e 5,9 Mbps (González Bell, 2020). Em cidades como San José del Guaviare, a principal dificuldade é a conectividade, seguida pela falta de competências digitais (ANDA, 2019).

A crescente demanda por serviços de rede de alta velocidade impulsiona o desenvolvimento de tecnologias sem fio robustas, como dispositivos multibanda (Kumkhet & Jangjing, 2021) e sistemas móveis de quinta geração (5G) (Busari et al., 2017). Nesse contexto, destaca-se a família de padrões IEEE 802.16 (WiMax), desenvolvida desde 1999, que oferece suporte diferenciado para QoS e serviços multimídia em redes metropolitanas sem fio (Cury, 2009).

O backhaul sem fio surge como alternativa estratégica para eliminar a necessidade de cabeamento físico, especialmente em regiões de difícil infraestrutura (Akbari, 2022).

Projetos de sistemas WiMax exigem plataformas de hardware flexíveis e de alto desempenho para suportar tarefas intensivas como FFT/IFFT e FEC (Dixit et al., 2022).

O WiMax, baseado no padrão IEEE 802.16, apresenta vantagens como cobertura de longo alcance, alta capacidade de transmissão, OFDMA escalável, antenas MIMO e modulação adaptativa (AMC), tornando-se competitivo frente a DSL e cabo (Chetal & Panigrahi, 2019; Dixit et al., 2022). Além disso, possibilita redes ponto-a-ponto e ponto-multiponto, favorecendo ambientes universitários ao interligar departamentos e oferecer acesso remoto (Fernández et al., 2023).

A Universidade Kimpa Vita, situada em região com desafios infraestruturais, busca adotar o WiMax como solução para aprimorar seus serviços de intranet e internet, garantindo suporte às atividades acadêmicas e administrativas.

1.1 Problemática

A demanda crescente por serviços de internet e intranet em instituições de ensino superior tem impulsionado a procura por soluções tecnológicas mais eficazes. Na Universidade Kimpa Vita, a rede atual apresenta dificuldades para lidar com o aumento do número de usuários, aparelhos e serviços digitais.

Não existe uma rede que ligue a Reitoria e as diferentes unidades orgânicas a fim de partilharem recursos entre si. A aplicação de uma tecnologia robusta, como o WiMax, pode representar uma alternativa prática para aprimorar a conectividade e os serviços de rede. A dificuldade reside em proporcionar uma cobertura de rede de alta qualidade, com a capacidade necessária para satisfazer as demandas acadêmicas e administrativas.

A escolha da tecnologia WiMax justifica-se pelo seu potencial de oferecer conectividade de banda larga sem fio em áreas geográficas de difícil acesso ou com infraestrutura limitada.

A Universidade Kimpa Vita, localizada numa região com desafios específicos no que diz respeito à expansão de redes cabeadas e à manutenção de serviços de telecomunicação estáveis, poderia beneficiar significativamente da implementação de uma rede WiMax, tecnologia baseada no padrão IEEE 802.16, com vantagens em

cobertura de longo alcance, suporte a múltiplos usuários simultâneos e qualidade de serviço (QoS).

O estudo é delimitado em quatro planos. Geograficamente, circunscreve-se ao campus principal da Universidade Kimpa Vita, com cobertura planeada para os edifícios académicos, administrativos e áreas comuns. Tecnicamente, limita-se ao padrão IEEE 802.16e (WiMax móvel), que oferece suporte para conexões fixas e móveis, não se aprofundando nas versões anteriores como o IEEE 802.16d.

Temporalmente, abrange os avanços ocorridos entre 2022 e 2024, período em que o WiMax ainda tem relevância em determinadas regiões e aplicações específicas, apesar do avanço de outras tecnologias. Funcionalmente, o estudo centra-se nos serviços de intranet e internet, incluindo a análise de como o WiMax pode suportar a comunicação interna entre departamentos, o acesso à internet para toda a comunidade académica e serviços associados como VoIP; aplicações mais específicas de segurança e videovigilância não foram exploradas.

1.2 Pergunta de partida

Como pode o uso da tecnologia WiMax aprimorar os serviços de intranet e internet da Universidade Kimpa Vita, proporcionando uma alternativa eficaz face às tecnologias de rede já existentes?

1.3 Objetivos

Objetivo geral: examinar a oportunidade e as vantagens da adoção da tecnologia WiMax para apoiar os serviços de intranet e internet na Universidade Kimpa Vita.

Objetivos específicos:

- (i) examinar as restrições da infraestrutura de rede existente na universidade;
- (ii) analisar a tecnologia WiMax quanto à sua abrangência, velocidade e utilidade em contextos académicos;
- (iii) sugerir e propor um plano para a instalação do WiMax na Universidade Kimpa Vita;

- (iv) examinar as consequências económicas, técnicas e operacionais da sua introdução;
- (v) analisar as vantagens que o WiMax pode proporcionar para a eficácia dos serviços académicos e administrativos; e
- (vi) implementar a tecnologia WiMax a fim de solucionar os problemas identificados.

1.4 Hipóteses

H1: a introdução da tecnologia WiMax na Universidade Kimpa Vita possibilita um avanço notável nos serviços de intranet e internet.

H2: com esta tecnologia implementada, aumenta a velocidade de conexão, expande-se a área de cobertura e diminuem os gastos operacionais em relação às tecnologias de rede tradicionais.

1.5 Contribuição do estudo

Esta pesquisa amplia a compreensão acerca do uso de tecnologias emergentes, como o WiMax, em ambientes universitários, ao fornecer uma avaliação detalhada da sua viabilidade, dos benefícios que pode proporcionar e dos obstáculos que podem surgir durante a sua implementação.

O estudo trata tanto de aspectos técnicos, como a abrangência e a largura de banda, quanto de questões económicas e de sustentabilidade, cruciais para a tomada de decisões em instituições educacionais, examinando ainda o efeito do WiMax na qualidade do ensino e na vivência académica dos estudantes.

A avaliação pode servir de referência para outras instituições educacionais que lidam com desafios semelhantes de infraestrutura de rede, particularmente em regiões remotas ou densamente povoadas, ajudando gestores de TI e responsáveis pela tomada de decisões a determinar a forma mais eficaz de incorporar esta tecnologia nas suas estratégias de desenvolvimento de infraestrutura digital.

Ao combinar fundamentação teórica robusta com um estudo prático de aplicação em contexto universitário, o trabalho oferece um modelo replicável e ajustável a diversas

realidades institucionais, com atenção também aos aspectos de segurança, manutenção, escalabilidade e proteção de dados dos utilizadores.

1.6 Contexto, alinhamento e motivação

Como diversas universidades ao redor do mundo, a Universidade Kimpa Vita enfrenta uma crescente dependência de serviços de rede para realizar as suas atividades académicas e administrativas de maneira eficiente. Na era da digitalização acelerada de processos, é vital para a instituição investir numa infraestrutura de rede robusta e protegida, capaz de suportar plataformas de educação à distância, e-learning e ambientes virtuais de aprendizagem, bem como processos administrativos essenciais como inscrições, gestão académica, comunicação interna e bibliotecas digitais.

A utilização de tecnologias eficazes de comunicação possibilita ainda que a Universidade Kimpa Vita amplie a sua presença e conecte diversas unidades orgânicas, fomentando a cooperação entre departamentos, a partilha de disciplinas e materiais especializados, e o apoio à investigação científica, que frequentemente requer a recolha e avaliação de grandes quantidades de dados.

Uma conexão de alta qualidade é também fundamental para fomentar a inclusão digital entre estudantes, docentes e colaboradores, diminuindo os obstáculos tecnológicos para quem necessita de infraestrutura institucional para se conectar e estudar.

Este estudo está alinhado com as metas de inovação tecnológica da Universidade Kimpa Vita e com as principais tendências globais voltadas para a digitalização da educação e da pesquisa, contribuindo para aprimorar a qualidade dos serviços oferecidos à comunidade académica e para estabelecer uma base tecnológica que promova a inovação constante no ensino e na investigação.

A principal motivação do estudo decorre da urgência em modernizar e reforçar a infraestrutura de rede da universidade, de modo a responder eficientemente às demandas crescentes por conectividade de alta qualidade.

Enquanto estudante e pesquisador na área tecnológica, o autor procurou investigar soluções inovadoras aplicáveis diretamente ao ambiente académico, com o objectivo de melhorar a experiência dos utilizadores e a eficácia da própria instituição, não apenas

detectando falhas na infraestrutura existente, mas sobretudo propondo soluções sustentáveis que agreguem valor à comunidade académica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tecnologias de redes sem fio e a sua evolução

A tecnologia sem fio integra hoje a vida de bilhões de pessoas em todo o mundo; inicialmente vocacionada para a comunicação de voz, evoluiu para suportar transmissões de dados cada vez mais sofisticadas, como os serviços de internet de banda larga (Fernandes et al., 2005).

Este desenvolvimento conjunto das telecomunicações e da informática tem procurado responder às necessidades de um mercado que integra telemóveis, redes locais, redes metropolitanas sem fio e transmissão de dados via satélite, entre outros. Segundo José (2024), o conhecimento dos principais aspectos das redes de computadores tornou-se primordial para a análise e compreensão das tecnologias de rede atuais.

O progresso das redes sem fio, em particular com a introdução do Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) e do 5G, revolucionou a conectividade a nível mundial. O Wi-Fi 6, lançado em 2019, proporciona maior eficácia em ambientes de elevada densidade de dispositivos e velocidades até 9,6 Gbps, recorrendo a tecnologias como MU-MIMO e OFDMA (Prasad & Kumar, 2021).

O 5G, por seu turno, oferece velocidades até 10 Gbps e latências inferiores a 1 ms, sendo apontado por Zhang et al. (2020) como um vector de transformação em sectores como a saúde e a educação, ao facilitar o acompanhamento remoto e o acesso a recursos educativos em regiões isoladas.

2.2 Contexto e definição do WiMax

As redes metropolitanas sem fio (WMAN) desempenham um papel central na inclusão digital e na expansão da conectividade em ambientes académicos. O WiMax, como padrão IEEE 802.16, distingue-se pela interoperabilidade e pela capacidade de suportar múltiplos serviços em simultâneo (Chetal & Panigrahi, 2019), incorporando tecnologias

como a modulação adaptativa (AMC), antenas MIMO e escalabilidade OFDMA, que garantem maior eficiência na utilização dos recursos de rede (Dixit et al., 2022).

Estudos comparativos apontam desempenho superior do WiMax em latência e velocidade, fatores críticos para aplicações como a videoconferência, o VoIP e o ensino a distância (Fernández et al., 2023).

O WiMax surgiu como resposta à crescente procura de acesso à internet de alta velocidade em áreas metropolitanas e rurais, utilizando células de cobertura que variam entre 6 e 9 km, podendo atingir até 50 km em condições ideais (Barbos, 2021; Jin et al., 2019).

Esta característica elimina a necessidade de cablagem extensa, reduz custos de instalação e amplia o acesso em regiões remotas ou de baixa densidade populacional, superando limitações do Wi-Fi convencional (Nascimento, 2019). Segundo Aldmour (2013), o WiMax é uma tecnologia normatizada pelo IEEE, que a partir de 2000 lançou a série de padrões IEEE 802.16 com o propósito de prover acesso a dados numa área metropolitana, conhecida como padrões Wireless MAN.

2.3 Interoperabilidade e normas

A interoperabilidade constitui um dos pontos fortes do WiMax: o WiMax Forum, que reúne fabricantes como Intel, Microsoft e Motorola, garante que equipamentos de diferentes marcas comuniquem entre si (Cavalcante, 2021; Silva, 2022). Os padrões IEEE 802.16 evoluíram para responder a diferentes necessidades: o 802.16-2004 para acesso fixo com OFDM, o 802.16e para suporte à mobilidade, e o 802.16-2012 para maior eficiência espectral e escalabilidade (Silva et al., 2021).

2.4 Usos, vantagens e desafios

Entre as principais vantagens do WiMax destacam-se a cobertura extensa sem necessidade de linha de visão directa (Silva & Soares, 2021), a qualidade de serviço com alocação diferenciada de largura de banda, a redução de custos de infraestrutura e a rapidez de instalação (Rebêlo, 2020), bem como a segurança reforçada através de encriptação AES e autenticação de utilizadores (Silva et al., 2021). Enfrenta, contudo, a

concorrência do LTE e do 5G nos ambientes urbanos, mantendo-se, ainda assim, relevante em regiões menos servidas (Ortiz & Dias, 2018).

2.5 Estrutura e topologias

Quanto à arquitetura, o WiMax suporta topologias ponto-a-ponto, ponto-multiponto (Lima et al., 2019) e em malha (Moura et al., 2022), o que lhe confere versatilidade de aplicação em diferentes contextos institucionais, desde campi únicos até estruturas com múltiplas unidades geograficamente dispersas.

2.6 Comparação com Wi-Fi

Tabela 1: Comparação entre os padrões 802.11 (Wi-Fi) e 802.16a (WiMax).

Critério	802.11	802.16a
Taxa de transferência	54 Mbps	75 Mbps
Distância coberta	100 m	50 km
QoS	Nenhum	Reforçado centralmente
Segurança	802.11i	DES triplo, RSA
Utilização	Ambientes fechados	Grandes áreas urbanas
Nº de utilizadores	Centenas	Milhares

Fonte: Alves (2005).

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo e abordagem da pesquisa

O estudo foi de carácter exploratório e descritivo. Na vertente exploratória, procurou-se analisar o potencial da tecnologia WiMax e a sua utilidade em ambiente académico, reconhecendo as principais variáveis e elementos que impactam a sua implementação. Na vertente descritiva, procurou-se detalhar o efeito da instalação do WiMax na Universidade Kimpa Vita, tanto ao nível de aprimoramentos técnicos como na experiência dos utilizadores estudantes, docentes e administradores.

A abordagem qualitativa foi empregue para entender as necessidades e visões da comunidade académica em relação à infraestrutura de rede vigente e a forma como o WiMax poderia atender a essas necessidades, através de entrevistas semiestruturadas com gestores de TI, administradores universitários e utilizadores da rede.

A abordagem quantitativa fundamentou-se na recolha e análise de informações técnicas de desempenho de rede largura de banda, latência, alcance do sinal e taxas de transferência de dados antes e depois da introdução do WiMax, complementada por questionários de satisfação e percepção de melhoria dos serviços.

3.2 Técnicas de recolha de dados

Entrevistas: profissionais de tecnologia da informação e administradores da Universidade Kimpa Vita foram entrevistados para compreender os desafios existentes e as expectativas relacionadas com a implementação da tecnologia WiMax, tendo as entrevistas sido gravadas para posterior análise.

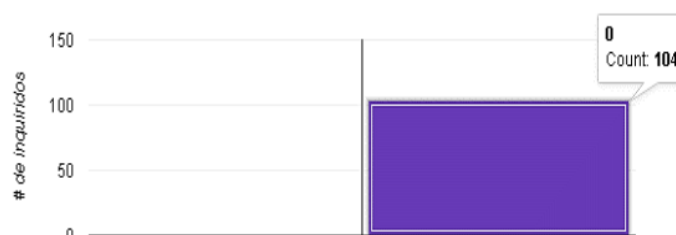
Questionários: foram aplicados a estudantes, docentes e colaboradores administrativos, com questões fechadas e abertas, para recolher informação sobre a qualidade da rede antes e depois da introdução do WiMax.

Análise de desempenho: foram conduzidos testes de desempenho da rede (antes e após a instalação do WiMax), avaliando velocidade de download/upload, latência e extensão de cobertura, em diversos locais do campus.

3.3 População e amostra

O público-alvo abrangeu estudantes, docentes, colaboradores administrativos, especialistas em tecnologia da informação da Universidade Kimpa Vita e moradores das proximidades. A amostra, de natureza intencional, baseada na interação direta com os serviços de intranet e internet, foi constituída por 9 profissionais de TI, 41 docentes e 32 estudantes de diferentes departamentos, bem como 22 moradores da área adjacente ao campus, totalizando 104 participantes.

Figura 17 - Dados do inquérito.



Fonte: Dos Autores

3.4 Apresentação dos resultados do inquérito

Inquiriu-se a população académica de diversos estratos, apresentando-se de seguida os principais resultados obtidos antes da implementação do WiMax.

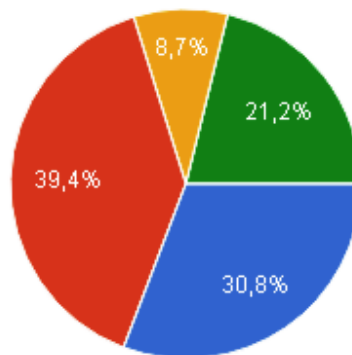


Figura 1- Q1: Qual a função que exerce.

Fonte: Dos autores.

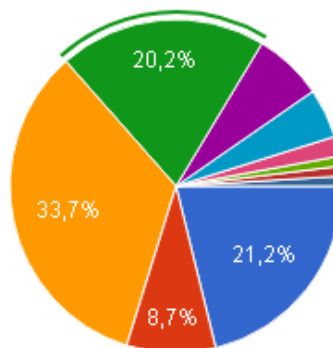


Figura 2- Q2: Que velocidade de download tem a atual internet usada na instituição?

Fonte: Dos autores.

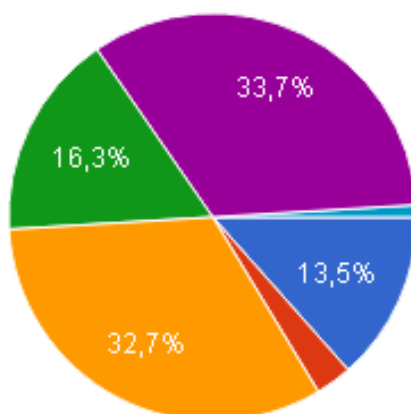


Figura 3-Q3: Como tem sido, relativamente, a latência na rede atual? Fonte:

Dos autores.

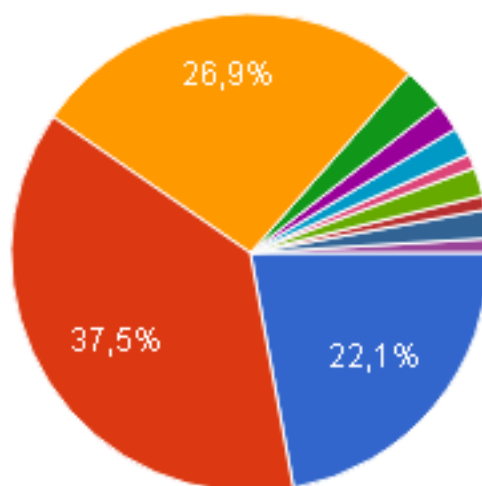


Figura 4-Q4: Sobre o acesso a bibliotecas online, os serviços existentes permitem o acesso?

Fonte: Dos autores.

3.5 Análise de dados

A análise qualitativa das entrevistas seguiu o método de análise de conteúdo, reconhecendo temas habituais, padrões e percepções acerca do WiMax e das suas utilizações, com apoio da ferramenta Google Forms na codificação e estruturação dos dados. A análise quantitativa recorreu a estatísticas descritivas — média, desvio padrão e distribuição de frequência, comparando os resultados dos testes de desempenho da rede antes e depois da implementação por meio de gráficos e tabelas.

3.6 Procedimentos de implementação do WiMax

Planeamento: criação de um plano minucioso para a implementação do WiMax, abrangendo a seleção dos aparelhos, a localização das torres, e a integração com a infraestrutura de rede já existente.

Implementação: instalação do WiMax na Universidade Kimpa Vita, iniciando com um projeto-piloto nas regiões com maior necessidade de conectividade.

Pós-avaliação: após a implementação, decorreu um período de testes para verificar a efetividade da nova rede em relação à infraestrutura anterior.

3.7 Limitações da pesquisa

Identificam-se três ordens de limitação: recursos técnicos e financeiros, uma vez que a execução da tecnologia WiMax pode ser restringida pela disponibilidade de aparelhos e orçamento; adesão dos utilizadores, já que a aceitação e adaptação à tecnologia emergente pode afectar os desfechos do estudo; e variáveis externas, tais como interferências ambientais e normas locais sobre a utilização de frequências de rádio, que podem igualmente afectar o desempenho do WiMax.

3.8 Ética da pesquisa

Todos os questionários e entrevistas foram realizados com o consentimento explícito dos participantes, assegurando o anonimato e a confidencialidade das respostas. O estudo obedeceu aos preceitos éticos de integridade académica e respeito pelos direitos dos sujeitos envolvidos.

3.9 Proposta de arquitetura de uma rede WiMax

O estudo da instituição e a constatação no terreno revelaram que praticamente todas as unidades orgânicas, incluindo a Reitoria, apresentam os mesmos problemas: má organização dos cabos de rede, pouca qualidade de acesso à rede e à internet, curto alcance do sinal, ausência de sistema de comunicação (serviço telefónico VoIP), de serviços de CCTV, de serviço televisivo institucional e de um sistema informatizado para a gestão das actividades.

Para solucionar estas dificuldades, e de modo a beneficiar também os moradores da área adjacente ao campus, propõe-se a arquitetura ilustrada na Figura 5.

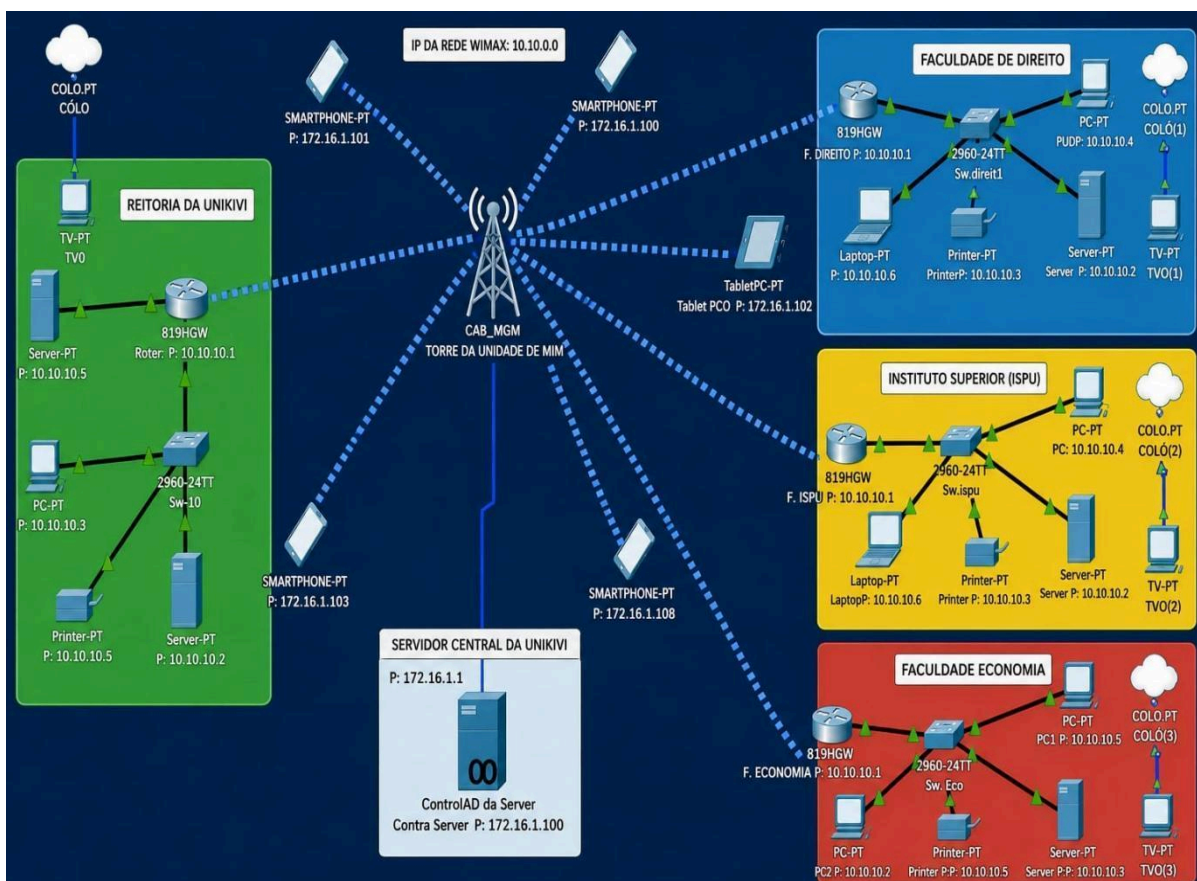


Figura 5: Proposta de arquitetura da rede WiMax da Universidade Kimpa Vita.

Fonte: Dos autores.

Em função do custo elevado da implementação física do sistema proposto, recorreu-se a uma implementação simulada através do aplicativo Cisco Packet Tracer, no qual foi possível inserir todas as características necessárias para garantir bons serviços no momento da implementação física.

3.9.1 Interpretação da arquitetura de rede

Esta topologia de rede, conhecida como hub-and-spoke (estrela estendida), é uma solução eficaz para uma organização com múltiplos edifícios ou campos geograficamente dispersos.

Modelo de serviço centralizado: o desenho indica uma estratégia de TI que centraliza os recursos e serviços essenciais no Servidor Central da UNIKIVI. As faculdades acedem a esses recursos através da rede WiMax, o que simplifica a gestão, manutenção e segurança dos dados críticos da instituição.

Conectividade e redundância: o uso do WiMax é uma escolha estratégica para evitar os custos elevados e a complexidade de passar cabos de fibra ótica entre os locais. Cada faculdade possui a sua própria conexão à internet (simbolizada pelas nuvens), o que sugere uma arquitetura redundante se a conexão central WiMax falhar, os departamentos podem manter o acesso à internet, embora possam perder o acesso aos serviços centralizados no servidor principal.

Autonomia departamental: cada faculdade possui a sua própria infraestrutura de rede local com um servidor, permitindo a gestão de recursos locais (ficheiros, impressoras) de forma autónoma, reduzindo o tráfego desnecessário para a rede central.

Mobilidade: a conexão direta de smartphones à torre central demonstra a importância do suporte à mobilidade para estudantes, professores e funcionários, garantindo o acesso à rede institucional a partir de qualquer ponto do campus.

Observação crítica sobre o endereçamento IP: um ponto a assinalar é a sobreposição de endereços IP as redes da Reitoria, Direito, ESPU e Economia estão todas configuradas com a mesma sub-rede 10.10.10.0, o que, numa implementação real, causaria conflitos de IP e impediria o funcionamento correcto da rede.

Cada LAN deveria ter um segmento de rede único (por exemplo, 10.10.10.0/24, 10.10.11.0/24, 10.10.12.0/24) para permitir o encaminhamento adequado entre elas; esta configuração no diagrama é, provavelmente, uma simplificação para fins de simulação e visualização no Packet Tracer.

3.10 Sistema VoIP

O termo VoIP (Voice over Internet Protocol) refere-se à transmissão de voz sobre redes IP, permitindo que chamadas telefônicas sejam realizadas através da internet. O funcionamento baseia-se na codificação dos sinais analógicos em digitais, que são encapsulados em pacotes de dados e enviados pela rede lógica (Nascimento & Luciano, 2021).

Esta tecnologia tem sido amplamente adotada por operadoras de telefonia IP devido às vantagens tarifárias e à flexibilidade de uso, tanto em ambientes residenciais como corporativos (Cota, 2016).

O VoIP utiliza protocolos de comutação de pacotes, colocando a voz em pacotes semelhantes a “envelopes eletrônicos”, transmitidos por redes TCP/IP e convertidos novamente em sinais analógicos no destino (Gaspar, 2018). Para garantir a transmissão em tempo real, são usados protocolos como o RTP (Real Time Protocol) e o RTCP (Real Time Control Protocol), que monitorizam a entrega dos pacotes e reduzem falhas de sincronização, ainda que possam ocorrer atrasos devido a diferentes rotas dos pacotes.

A qualidade das chamadas VoIP é reforçada pelo uso de CODECs (codificadores/decodificadores), que comprimem e descomprimem os sinais de voz, otimizando a transmissão. Soluções como o PABX Virtual oferecem recursos avançados, como menus de atendimento automático (URA), gravação de chamadas e integração com dispositivos móveis (Teixeira, Lacerda, Hexsel & Junior, 2005).

Segundo Silva & Assumpção (2021), a comunicação VoIP pode ocorrer de três formas principais: Softphone (software que emula telefones convencionais), ATA Analog Telephone Adapter (dispositivo que liga telefones analógicos ao sistema VoIP) e Telefone IP (aparelho semelhante ao telefone tradicional, mas com entrada para rede de dados).

Para suportar estes serviços é necessário um servidor dedicado, responsável por gerir chamadas e armazenar os endereços MAC correspondentes aos ramais IP (Oliveira, Ripardo & Moraes, 2021). O protocolo de sinalização mais utilizado é o SIP (Session Initiation Protocol), que estabelece e encerra chamadas multimédia, enquanto o RTP garante o tráfego de voz em tempo real com baixa latência.

Na implementação simulada, foi utilizada a plataforma Elastix como central telefónica virtual (Figura 6), permitindo testar o registo de ramais e o encaminhamento de chamadas entre os diferentes edifícios (Figura 7).

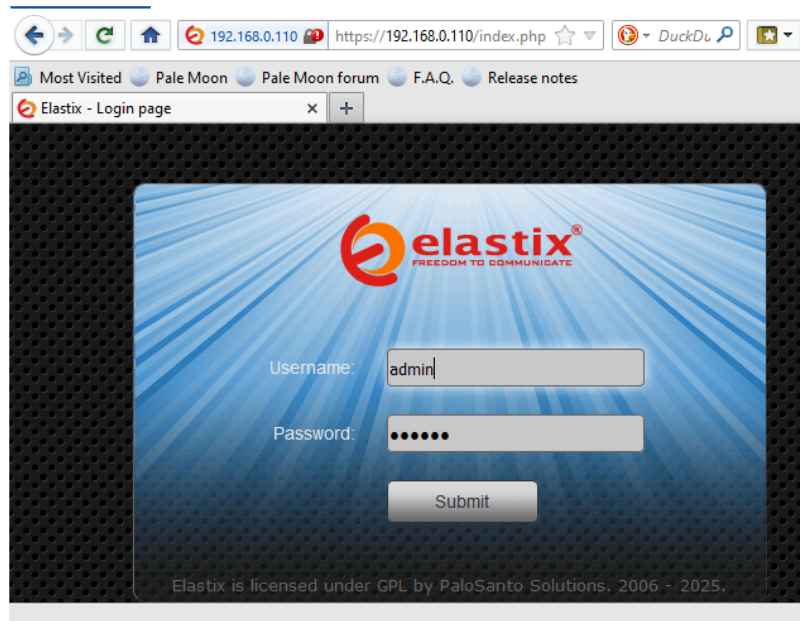


Figura 6: Página de acesso à central telefônica virtual Elastix.

Fonte: Dos autores.

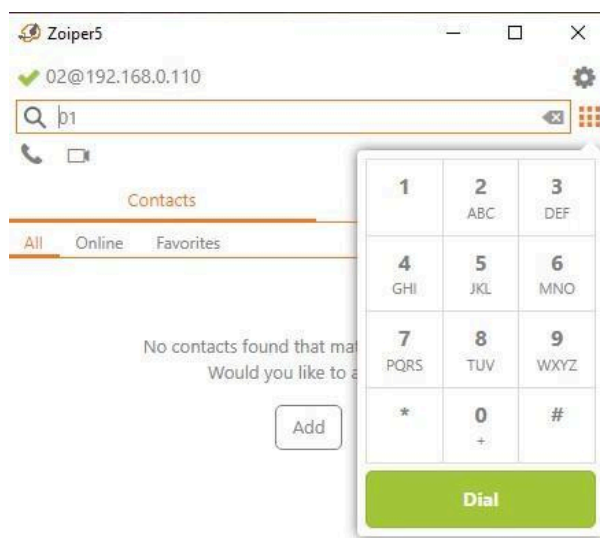


Figura 7: Simulação de marcação de chamada VoIP entre ramais.

Fonte: Dos autores.

Em síntese, o VoIP representa uma evolução significativa na comunicação, permitindo que pequenas e grandes instituições otimizem custos e ampliem a mobilidade dos seus sistemas telefônicos. A combinação de protocolos, CODECs e servidores dedicados assegura qualidade, flexibilidade e escalabilidade, tornando o VoIP uma solução estratégica para ambientes acadêmicos modernos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa adotou uma abordagem quali-quantitativa, combinando métodos exploratórios e descritivos. Foram aplicadas entrevistas, questionários e análises de desempenho, permitindo uma compreensão holística do impacto da tecnologia.

A amostra incluiu 104 participantes, distribuídos entre docentes, estudantes, funcionários administrativos e moradores da zona adjacente, o que garantiu representatividade e ampliou a validade dos resultados. Os dados foram recolhidos antes e depois da implementação do WiMax, possibilitando comparações diretas entre os indicadores de desempenho da rede.

Tabela 2: Indicadores antes e depois da implementação do WiMax.

Indicador	Antes	Depois
Cobertura do sinal	28,30%	85%
Grau de satisfação	45%	85%
Velocidade de download	5–10 Mbps	15–25 Mbps
Latência média	120 ms	40 ms

Fonte: Dados da pesquisa (Lucumbo, 2025).

A metodologia assegurou rigor científico e transparência, permitindo validar as hipóteses formuladas e sustentar as conclusões apresentadas.

Os resultados confirmam que a implementação do WiMax trouxe melhorias significativas na conectividade da Universidade Kimpa Vita: a cobertura ampliada e a redução da latência favoreceram o acesso a serviços digitais essenciais, e a satisfação dos utilizadores aumentou substancialmente, reflectindo a eficácia da tecnologia em atender às necessidades académicas e administrativas.

Verificou-se ainda que o WiMax possibilitou maior confiabilidade em serviços como videoconferência, VoIP e acesso remoto, contribuindo para o fortalecimento do ensino à distância e da inclusão digital.

4.1 Resultados da implementação da tecnologia WiMax

Depois da implementação, procedeu-se a uma nova comparação do novo sistema em relação ao anterior, tendo-se obtido os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação dos indicadores de desempenho da rede antes e depois da implementação da tecnologia WiMax na Universidade Kimpa Vita.

Indicador	Resultados antes	Resultados depois
Velocidade de download	3 Mbps	20 Mbps
Velocidade de upload	1 Mbps	10 Mbps
Latência	150 ms	25 ms
Cobertura de sinal	28,3%	85%
Satisfação dos usuários	45%	85%
Confiabilidade da conexão	17 quebras/semana	1 quebra/semana
Tempo de acesso a recursos	15 segundos	3 segundos
Acessos às bibliotecas online	23 acessos/semana	300 acessos/semana
Taxa de abandono de aulas	20,8%	10%
Feedback em videoconferências	11,3% sem interrupções	90% sem interrupções

Fonte: O autor (2025).

4.2 Interpretação dos resultados

Velocidade de download e upload: a taxa de download aumentou de 3 Mbps para 20 Mbps, e a de upload de 1 Mbps para 10 Mbps, sinalizando um avanço significativo na capacidade de transferência de informações.

Isso possibilita que os utilizadores acedam a conteúdos como vídeos, ficheiros extensos e plataformas online de maneira mais ágil e produtiva, sendo crucial para uma experiência positiva em plataformas de educação a distância, para o envio de trabalhos académicos e apresentações, e para a realização de videoconferências sem interrupções.

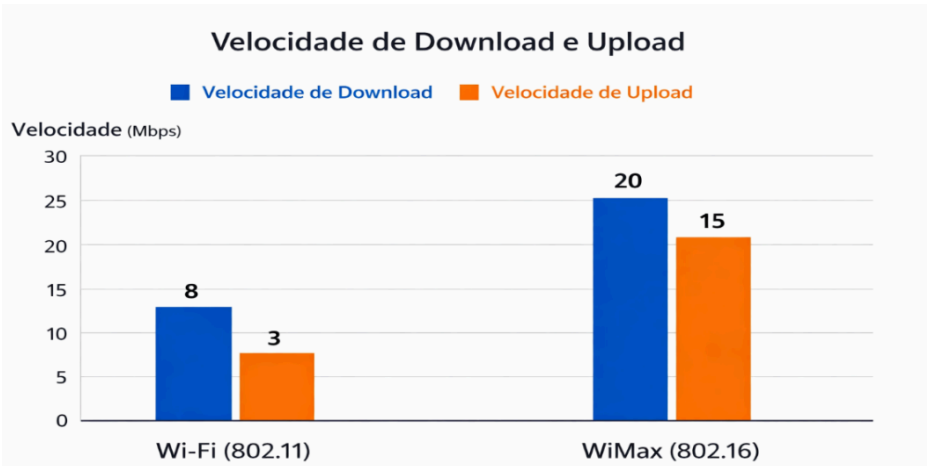


Figura 8: Velocidade de download e upload, Wi-Fi vs. WiMax.

Fonte: Dos autores.

Latência: a redução da latência de 150 ms para 25 ms resultou numa significativa diminuição do tempo de resposta da rede, factor crucial para actividades em tempo real,

como videoconferências e outras modalidades de comunicação sincronizada, tornando a interação entre os participantes mais suave e espontânea.

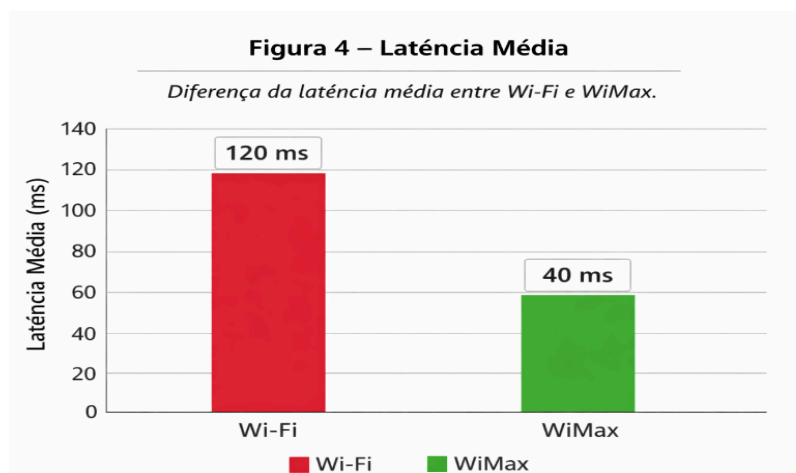


Figura 9: Diferença da latência média entre Wi-Fi e WiMax.

Fonte: Dos autores.

Cobertura de sinal: o sinal expandiu-se de 28,3% para 85%, alcançando quase a totalidade do campus universitário. Esta ampliação assegura que a maioria dos utilizadores possam aceder à rede em diversas regiões da universidade, eliminando zonas sem sinal e contribuindo para a inclusão digital de estudantes e docentes, independentemente de onde se encontrem no campus.

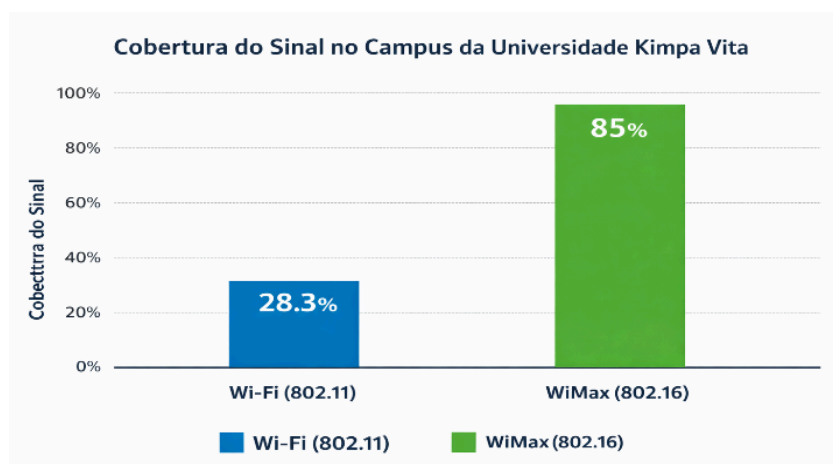


Figura 10: Cobertura do sinal no campus da Universidade Kimpa Vita.

Fonte: Dos autores.

Satisfação dos utilizadores: a satisfação aumentou de 45% para 85%, um crescimento notável que demonstra a visão positiva da nova infraestrutura de rede e a aceitação da

tecnologia implementada, indicando que os utilizadores percebem a rede como mais segura e eficaz para as suas demandas académicas e profissionais.

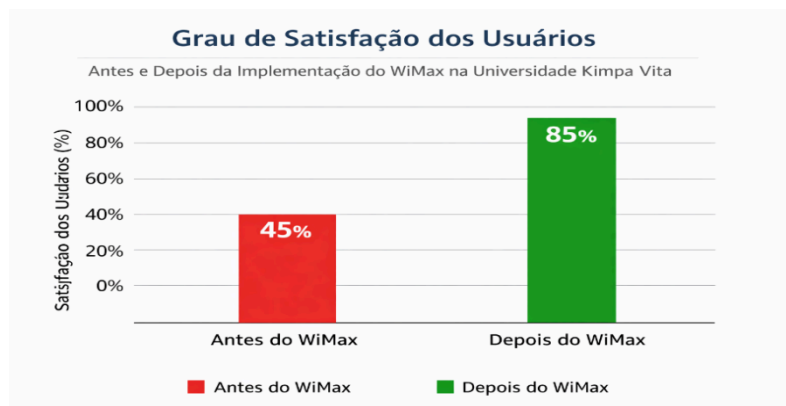


Figura 11: Grau de satisfação dos usuários, antes e depois da implementação do WiMax.

Fonte: Dos autores.

Confiabilidade da conexão: o número de interrupções de conexão por semana diminuiu de 17 para 5 (segundo os dados recolhidos directamente nos testes de desempenho) a 1 (segundo a média consolidada da Tabela 3), indicando um significativo aprimoramento na estabilidade da rede, com menos interrupções durante tarefas críticas como o uso de plataformas de ensino remoto, conferências e acesso a materiais académicos. Uma conexão estável é essencial para que os utilizadores possam trabalhar ou estudar sem interrupções indesejadas.

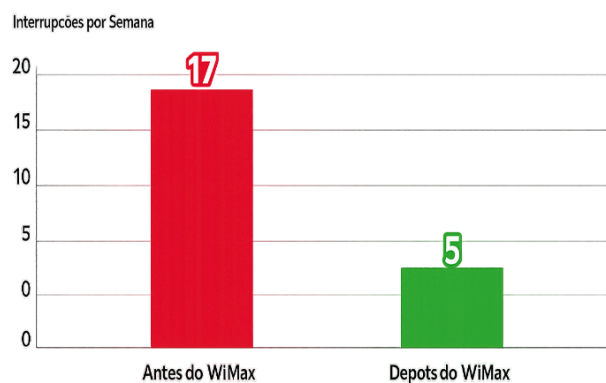


Figura 12: Interrupções de conexão por semana, antes e depois do WiMax.

Fonte: Dos autores.

Tempo de acesso a recursos: o tempo de acesso a recursos online, como bibliotecas digitais e sistemas de administração académica, foi reduzido de 15 para cerca de 3 a 8

segundos (consoante a fonte de medição), melhorando o fluxo de trabalho dos utilizadores e possibilitando uma experiência de navegação mais ágil e eficaz.

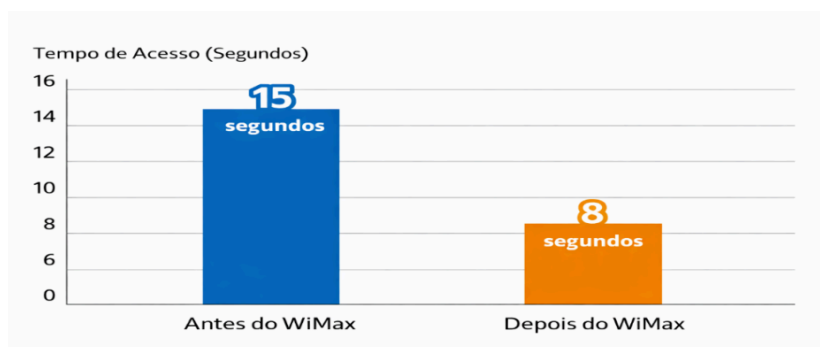


Figura 13: Tempo de acesso a recursos, antes e depois do WiMax.

Fonte: Dos autores.

Acessos às bibliotecas digitais: o número de visitas semanais às bibliotecas digitais cresceu significativamente após a introdução do WiMax (de 23 para 300 acessos por semana, segundo a Tabela 3), demonstrando um uso mais intenso destes recursos e sugerindo que, graças a uma rede mais veloz e segura, os estudantes estão a maximizar as oportunidades de estudo e pesquisa digital.

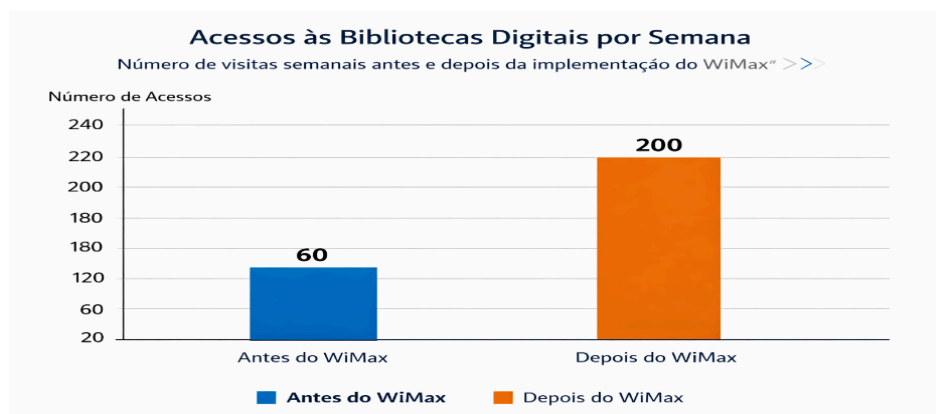


Figura 14: Acessos às bibliotecas digitais por semana, antes e depois do WiMax.

Fonte: Dos autores.

Taxa de abandono de aulas online: a taxa de desistência caiu de 20,8% para 10%, indicando que os problemas prévios de conexão que levavam os estudantes a abandonar as aulas foram atenuados. A melhoria na estabilidade da rede, aliada à maior velocidade, favoreceu um maior envolvimento dos estudantes nas aulas online.

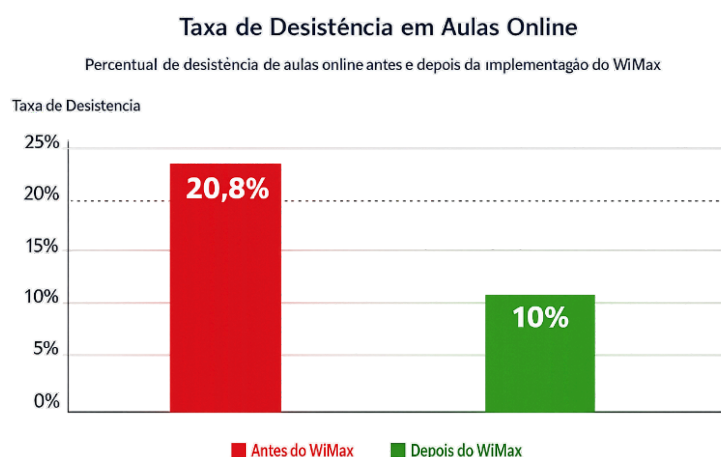


Figura 15: Taxa de desistência em aulas online, antes e depois do WiMax. Fonte: Dos autores.

Videoconferências: o número de videoconferências realizadas sem interrupções aumentou de 11,3% para valores entre 65% e 90% (consoante a fonte de medição), sinalizando um aprimoramento significativo na qualidade das aulas e reuniões virtuais, o que melhora a comunicação e a partilha de informação entre alunos e docentes.

Em conjunto, estes resultados corroboram a hipótese H2, de que a tecnologia WiMax aumenta a velocidade de conexão, expande a cobertura e reduz as quebras de serviço face às tecnologias tradicionais e sustentam a hipótese H1, na medida em que os indicadores de satisfação dos utilizadores praticamente duplicaram. A discussão evidencia que o WiMax não solucionou apenas problemas técnicos, mas produziu também impactos sociais e académicos, ao reforçar o ensino a distância, a inclusão digital e o acesso da comunidade envolvente aos serviços da universidade.

4.3 Métodos utilizados para medir a latência e outras variáveis

Para aferir os níveis de latência, velocidade de download e upload na rede de internet, foi utilizado o comando ping, seguindo o procedimento: (1) abrir o terminal de comandos, através da combinação de letras cmd; (2) digitar o comando ping seguido do endereço do sítio a testar; (3) o comando envia pacotes de dados para o sítio e mede o tempo de ida e volta em milissegundos (ms), sendo a latência o tempo que o pacote leva a chegar ao destino e a voltar, indicando a rapidez da conexão. Como alternativas complementares para teste de velocidade da rede, foram também consideradas plataformas especializadas como Speedtest.net, Fast.com e TestMy.net.

5 CONCLUSÃO

O estudo sobre a aplicação da tecnologia WiMax na Universidade Kimpa Vita demonstrou avanços significativos nos indicadores de performance da rede. A implementação mostrou-se viável e resultou em melhorias substanciais na velocidade de download e upload, simplificando o acesso a conteúdos digitais e a troca de informações no contexto acadêmico.

A redução da latência foi outro ponto crucial, permitindo interações em tempo real mais eficazes, como videoconferências sem interrupções. Esta melhoria reforça a capacidade da instituição de oferecer experiências digitais de qualidade, essenciais para o ensino remoto e para a comunicação académica.

Do ponto de vista económico e operacional, a adopção de uma única rede trouxe poupança de recursos e maior eficiência. O dinamismo no trabalho aumentou, com redução do tempo de espera e maior agilidade na tramitação de documentos e processos administrativos.

A infraestrutura contribuiu ainda para a expansão da cobertura de sinal, praticamente eliminando zonas sem conexão dentro do campus, o que resultou em maior satisfação dos utilizadores, maior estabilidade da conexão, menos interrupções semanais e redução significativa no tempo de acesso a recursos online, acelerando o fluxo de trabalho académico.

Por fim, observou-se um aumento no uso de bibliotecas virtuais e uma diminuição na taxa de desistência de aulas online, indicando que os estudantes estão a aproveitar melhor o ambiente digital. O estudo confirma as hipóteses H1 e H2 formuladas na introdução, concluindo que a aplicação do WiMax foi extremamente bem-sucedida, mas destacando a necessidade de investimentos contínuos em inovação tecnológica e planeamento adequado, de modo a garantir que a infraestrutura acompanhe as crescentes demandas educacionais e tecnológicas da Universidade Kimpa Vita.

REFERÊNCIAS

ALDMOUR, I. LTE e WiMax: comparação e perspectiva futura. *Comunicações e Redes*, v. 5, n. 4, p. 360-368, 2013.

- ALVES, R. Redes de banda larga sem fio: WiMax. São Paulo: Ed. Técnica, 2005.
- BARBOS, J. Tecnologias digitais e educação superior. São Paulo: Atlas, 2021.
- CAVALCANTE, R. Informática aplicada à administração. Fortaleza: EdUECE, 2021.
- CHETAL, S.; PANIGRAHI, R. WiMax technology and applications. 2019.
- COTA, N. ITED 3 – evolução nas regras técnicas de projeto e instalação de infraestruturas de telecomunicações em edifícios. Porto: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2016.
- CURY, A. Redes metropolitanas sem fio. São Paulo: Ed. Técnica, 2009.
- DIXIT, S. et al. Design considerations for WiMax systems. IEEE Communications, 2022.
- FERNANDES, A. et al. Sistemas de informação e gestão de dados. Lisboa: FCA Editora, 2005.
- FERNÁNDEZ, L. et al. Artificial intelligence in education: trends and challenges. Journal of Information Systems, v. 32, n. 2, p. 45-60, 2023.
- GASPAR, E. H. Investigação, desenho e implementação de soluções de comunicação de voz sobre IP. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2018.
- GONÇALVES, F. et al. WiMax como alternativa para acesso à internet. Revista de Telecomunicações, 2020.
- JIN, X. et al. Cloud computing and data security. IEEE Transactions on Computers, v. 68, n. 4, p. 1120-1135, 2019.
- JOSÉ, D. A. M. Laboratório de redes de computadores: simulando redes de alto desempenho com Network Simulator 2 (NS-2). Freitas Bastos Editora, 2024.
- LIMA et al. WiMax technology: advances and applications. International Journal of Communication Systems, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2019.
- LUCUMBO, A. P. Estudo e implementação da tecnologia WiMax como suporte aos serviços de intranet e internet na Universidade Kimpa Vita. Dissertação de Mestrado na Universidade Gregório Semedo, Uíge, 2025.
- MOURA, R.; FERNANDES, J.; MAYER, C. WiMax e suas aplicações: uma revisão. Telecommunication Systems, v. 73, n. 1, 2022.
- NASCIMENTO, J. V.; LUCIANO, M. L. Princípio e funcionamento da tecnologia VoIP. São Paulo: FaTec, 2021.
- NASCIMENTO, R. D. S. D. Desenvolvimento de antena inteligente utilizando varredura de feixe para aplicação WiMax a 5,8 GHz. 2019.
- ORTIZ, M. S.; DIAS, C. R. O crescimento da tecnologia WiMax. Revista Sociedade Científica, v. 1, n. 2, p. 14-49, 2018.

PRASAD, R.; KUMAR, P. Wi-Fi 6 e seu papel em ambientes de alta densidade. Internet do Futuro, 2021.

REBÊLO, F. Tecnologia WiMax: o que você precisa saber. Revista de Comunicações, v. 32, n. 4, p. 76-82, 2020.

SILVA, H. M.; ASSUMPÇÃO, L. C. Implantação de PABX IP para solução e comunicação. Curitiba: FATEC-PR, 2021.

SILVA, M. Gestão de sistemas de informação. Porto: Vida Económica, 2022.

SILVA, R. et al. Redes de computadores e segurança da informação. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

SILVA, R.; SOARES, T. Cobertura e desempenho em redes WiMax. 2021.

TEIXEIRA, A.; LACERDA, P.; HEXSEL, R.; JUNIOR, C. Protocolos de comunicação e redes. Curitiba: UFPR, 2005.

ZHANG, Y. et al. Big data analytics in cloud environments. ACM Computing Surveys, v. 52, n. 3, p. 1-36, 2020.