

Análise de Desempenho de um Enlace: Simulação e Cenário Real

João Charllys Brauwol A. Cavalcante
Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Quixadá – CE – Brasil
charllysbrauwol@alu.ufc.br

Emanuel F. Coutinho
Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Quixadá – CE - Brasil
emanuel.coutinho@ufc.br

Gabriel A. L. Paillard
Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP)
Instituto Universidade Virtual (IUVI)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza – CE – Brasil
gabriel@virtual.ufc.br

Leonardo O. Moreira
Instituto Universidade Virtual (IUVI)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza – CE - Brasil
leomoreira@virtual.ufc.br

ABSTRACT

The purpose of analyzing the performance of computer systems is to validate a given solution. To this end, it is necessary to collect metrics that will measure the product being evaluated. Data can be obtained from a number of sources, such as benchmarks, programs developed by third parties or by the user themselves, which generate workloads and thus make it possible to collect the indicators needed to assess the system. This paper presents a performance analysis of a link comparing parameters produced by the UISP Design Center tool with data obtained using the PingMark benchmark tool. The first step in the simulation was to use the antenna manufacturer's website to obtain the basic indicators and thus proceed to check the feasibility of using the transmission medium. The equipment was then installed and configured, and new tests were carried out using PingMark. Finally, an analysis of the elements acquired was carried out. The results showed that the use of the initial simulation was crucial to the success of the experiment, because as well as returning the indicators used in the comparison, they also indicated that obstacles on the link route would obstruct the transmission medium.

1. INTRODUÇÃO

Os desafios encontrados no meio rural são diversos tais como: transporte, distância de grandes centros comerciais e

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

ausência de infraestruturas de apoio do Estado. Esses problemas também são refletidos quando o assunto está relacionado ao uso de meios tecnológicos. De acordo com da

Silva et al. (2020), as grandes operadoras de telecomunicações não oferecem um serviço de internet e um sinal de telefonia de qualidade em áreas mais distantes, especialmente quando se compara esses serviços aos oferecidos em regiões urbanas. A população do campo tem procurado pequenos provedores que oferecem internet por meio de antenas de radiofrequência.

Segundo o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), em 2023 cerca de 84% das residências no Brasil tinham acesso a internet via tecnologia *Fiber to the x — FTTx* — totalizando 66% dos pontos de banda larga fixa. Além disso, o uso desse meio para fornecer conexão aos brasileiros está em constante crescimento, o levantamento realizado em 2020 mostrou que a proporção de uso era de 56%, já em 2021 o número de pontos com internet utilizando a fibra óptica alcançava 61%. Embora seja evidente este incremento nas porcentagens de uso da fibra óptica para internet, existem áreas onde esta tecnologia se faz presente. Uma possibilidade para sanar este problema consiste no uso de antenas de radiofrequência, sobretudo em locais mais remotos como pequenas cidades e áreas rurais. Conforme a pesquisa TIC Domicílios de 2023 realizada pelo CGI.br, dos 71% dos pontos de acesso a internet na zona rural que utilizam um enlace por meio de uma banda larga fixa, 9% ainda empregam uma conexão por rádio.

Também cabe frisar a relevância da conectividade nos lares brasileiros, sobretudo aqueles situados nas áreas rurais remotas, a qual a simples presença possibilita a sensação de pertencimento ao mundo globalizado que a internet proporciona. O percentual de 9% representa uma parcela significativa de residências rurais com acesso a internet por meio da tecnologia de via rádio [3].

Para compreender a dinâmica de uso de determinados sistemas é preciso entender como estes se comportam em ambientes reais, permitindo avaliar se são satisfatórios ou apresentam erros de operação, de acordo com suas especificações. Pode se recorrer a comparações entre simulações já realizadas e o uso de um protótipo já implementado, por exemplo. A análise de desempenho consegue prever os comportamentos de sistemas antes das

suas implementações e assim possibilita a comparação entre suas taxas aferidas. Além disso, este método analítico é relevante por reduzir os custos e indicar a melhor estratégia para o desenvolvimento e a instalação da solução ou ferramenta [13].

Estudos comparativos entre simulações e ambientes reais são extremamente importantes para podermos analisar de forma mais realista as relações entre a expectativa de funcionamento de um sistema, antes da implementação, e sua capacidade real, após a coleta de dados. O objetivo deste trabalho é analisar um enlace formado por duas antenas de frequência de 5 Gigahertz (GHz), utilizando um software de *benchmark* desenvolvido especificamente para este fim.

O presente artigo é dividido da seguinte maneira: na Seção 2 estão listados os trabalhos relacionados; na Seção 3 apresentamos conceitos do referencial teórico; na Seção 4 o projeto de experimento é detalhado; na Seção 5 são apresentadas informações sobre a execução do experimento; na Seção 6 é apresentada a análise dos resultados; e, por fim, na Seção 7 são apresentadas as conclusões deste estudo.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

O objetivo do trabalho de Pimentel et al. (2017) foi analisar o desempenho após a atualização dos equipamentos de uma rede Ponto a Ponto (PTP), utilizada por uma indústria avícola. Foram coletados dados referentes a taxa de pacotes por segundo e a taxa de transmissão em *Megabits por Segundo* (Mbps), e realizada uma comparação dos resultados com os dados da rede anterior. A rede apresentou uma melhoria significativa no desempenho, chegando a 7,5 vezes o aumento de eficiência. Diferente do cenário vivenciado pelos autores citados, esta pesquisa não tem dados para comparar e a rede não está em produção, um ambiente operacional e funcional onde os dispositivos de comunicação estão em operação, como a que foi utilizada no desenvolvimento desse trabalho. Além disso, as antenas usadas são de uma frequência diferente.

Barros Júnior (2017) avaliou a viabilidade técnica e financeira de instalar um enlace entre duas cidades do Ceará. Realizou uma simulação com o aplicativo *Radio Mobile for Windows 10.3.5 Freeware*, entre Meruoca e Sobral, além de ter configurado dois *Bullet 2* para fazer testes de bancada. O projeto foi considerado viável para a implantação futura e apresentava boas condições de instalação, funcionamento e manutenção. O estudo tem uma base teórica (simulação) e um teste de bancada do enlace. Não foram instaladas as antenas para coletar os dados. Neste trabalho, ao contrário da pesquisa de Barros Júnior (2017), utilizou-se um simulador online oferecido pela fabricante da antena e as redes foram montadas: antenas, roteadores e *link* foram instalados.

Piau et al. (2013), em sua dissertação de mestrado, analisou a relação entre os fatores naturais e as atenuações de enlaces de rádios com frequência superior a 10 GHz. Para isso, foram realizados testes com os programas *Google Earth*, *CelPlan e Pathloss* para gerar perfis dos enlaces, além de monitorar uma rede existente. Em suma, o autor demonstrou que a utilização dos aplicativos era de alta confiabilidade, uma vez que os resultados alcançados apresentaram pouca diferença em relação a` simulação. Além disso, foi demonstrado que a condição ambiental pode ter um impacto significativo no *link*, sendo necessário considerar esse fator ao configurar os

equipamentos. A pesquisa teve como objetivo analisar como fatores naturais podem influenciar uma rede de antenas de 10 GHz, que diferem das empregadas neste trabalho, que possuem frequência de 5 GHz. Além disso, um software de *benchmark* foi empregado para analisar a rede de uma forma diferente da que o autor em questão procedeu.

A Tabela 1 expõe as principais diferenças entre os trabalhos apresentados nesta Seção e o estudo realizado pelo autor. A primeira coluna elenca os trabalhos que possuem semelhanças a` pesquisa desenvolvida. Na segunda constam os trabalhos onde houve o uso de uma ferramenta de *Benchmark* para execução dos testes. A terceira coluna está relacionada a` frequência das antenas, indicando se os equipamentos utilizados pelos autores são correspondentes aos empregados neste trabalho. As duas últimas apresentam quais trabalhos usaram uma rede real e simulação destas para comparação entre os resultados obtidos. Pode-se observar com isso que, embora alguns autores empreguem o uso da simulação e/ou de uma rede real, os demais parâmetros diferem dos trabalhos encontrados, seja no que concerne a frequência das antenas ou no uso de uma ferramenta para gerar cargas de trabalho.

Table 1: Comparação dos Trabalhos Relacionados com essa Pesquisa

Trabalhos	Benchmark	5 GHz	Rede Real	Simulação
[11]	Não	Não	Sim	Não
[1]	Não	Não	Não	Sim
[10]	Não	Não	Sim	Sim
Trabalho	Sim	Sim	Sim	Sim

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção é dedicada a` revisão da literatura existente e apresentação dos conceitos-chave que ajudam a fundamentar e dar suporte ao problema de pesquisa.

3.1 Internet na Zona Rural

A internet nas áreas rurais, especialmente nas áreas mais afastadas do centro urbano, apresenta uma distribuição predominante de três principais fontes: radiofrequência, satélite e fibra óptica [3]. Considerando que o investimento em tecnologias de fibra óptica é elevado e não está disponível em locais mais remotos, prevalecendo no acesso a` internet se dá através das duas opções remanescentes. No entanto, o fornecimento de links por meio de satélites apresenta custos elevados na aquisição dos equipamentos necessários além do requerido planejamento para sua implantação. O uso de antenas, apesar de não conseguirem alcançar altas velocidades e sofrerem interferências do meio ambiente, se apresenta como a solução viável a` maioria dos moradores rurais, considerando principalmente os custos da mesma[8].

Conforme a pesquisa efetuada por [3], atualmente, 71% das residências situadas na zona rural possuem conexão de banda larga disponível. Portanto, temos acesso a` internet através das seguintes categorias: cabo de televisão ou fibra óptica (53%); rádio (9%) e satélite (9%). Embora exista uma grande demanda por conexões empregando fibra óptica, inúmeros habitantes usufruem dos serviços usando antenas de radiofrequência.

3.2 Benchmark

De acordo com [14], ferramentas de *benchmark* são softwares utilizados na computação para exercer cargas de trabalho específicas num determinado sistema e assim realizar a coleta de métricas cuja análise poderá se dar posteriormente. Esses tipos de programas possuem duas origens principais: próprios - codificados pelo interessado para obter essas informações - softwares pré-existentes.

[2] descreve um *benchmark* como uma técnica utilizada para medir a performance relacionada a aspectos de sistemas computacionais de forma sistemática. Este software possui características entre as quais pode se destacar o uso de testes relevantes para a validação da aplicação analisada e a portabilidade para arquiteturas distintas, possibilitando a execução em variados sistemas computacionais[12]. Porém, as cargas de trabalho e as quantidades de repetições dos testes precisam ser definidas pelo usuário [4].

Existem diferentes casos de uso para um *benchmark*, principalmente quando o objetivo é executar uma análise de desempenho de algum sistema computacional. Na literatura são encontrados diversos estudos com essa relação, como, por exemplo: *Benchmark* de Sistemas de Detecção de Intrusões Baseados em Comportamento com Recurso a Algoritmos Bioinspirados [7]; *Benchmark* para Análise Comportamental do Sistema de Memória Virtual do Linux [14]; Análise de Desempenho de Banco de Dados NoSQL Orientado a Família de Colunas [6] entre outros.

3.3 Simulação

O uso de simulação no processo de desenvolvimento traz diversos benefícios, entre os quais: a possibilidade de realizar inúmeros procedimentos, próximo ao cenário real, sem impactar ou parar o funcionamento dos equipamentos já instalados naquele sistema; análise e detecção de erros; obtenção de dados sobre os desempenhos esperados de um sistema [9]. Outras vantagens estratégicas são o estudo e o planejamento da implantação de sistemas ou redes de computação, por exemplo, que, com a disponibilização dessas informações prévias, possibilitará que os equipamentos possam ser instalados com um padrão de qualidade elevado, evitando problemas comuns encontrados em redes sem projetos de execução.

A simulação é utilizada em muitos contextos da sociedade, para diversos fins como treinamento, testes, desenvolvimento, educação e pesquisas. Softwares ou sites em que são possíveis efetuar simulações são de grande ajuda para áreas da tecnologia, por exemplo, podendo utilizar essas ferramentas para reduzir os impactos financeiros, não sendo necessário a compra de equipamentos para testes antes do planejamento adequado, já que consegue se simular a viabilidade e o funcionamento de diversos elementos [15].

4. PROJETO DO EXPERIMENTO

O planejamento do projeto seguiu três eixos fundamentais: simulação, instalação e testes. Para a simulação utilizou a

plataforma *UISP Design Center*¹, pertencente a fabricante das antenas utilizadas Ubiquiti. Em seguida, foi realizada a instalação do enlace e, por fim, a realização dos testes. Este roteiro foi elaborado para o experimento ser realizado de forma rápida e sistemática, possibilitando obter resultados com um nível maior de confiabilidade.

A primeira etapa da execução do projeto consiste em realizar uma simulação que envolva duas principais questões: a viabilidade do projeto e a obtenção de métricas como parâmetros de comparação futura. Para atender ao primeiro item, foi utilizado o *UISP Design Center*. Esses dados são de suma importância para o planejamento da implantação do enlace, uma vez que fornecem a viabilidade técnica da instalação. Além disso, são fornecidos dados adicionais, tais como a taxa de transmissão esperada, o sinal do PTP e possíveis interferências causadas pelo relevo, o que torna essa etapa crucial para o desenvolvimento do projeto.

A segunda fase trata da instalação das duas antenas e seus equipamentos auxiliares (cabeamento, fontes e roteadores) para ativar o ponto a ponto, configurar e verificar se os equipamentos foram identificados pela rede e se a comunicação entre eles está sendo feita corretamente. É necessário verificar o sinal obtido e realizar o alinhamento para proporcionar o maior ganho de sinal possível. Os dados da primeira etapa são de suma importância, uma vez que, com eles, o instalador consegue executar de forma mais simplificada o que havia sido planejado e assim obter mais detalhes sobre os resultados esperados após a conclusão da instalação dos equipamentos.

Por fim, é necessário obter os dados através do *benchmark* sobre os diversos testes de rede que serão executados. Serão testados o *ping* (ou latência)² e a velocidade de transmissão, em Mbps, daquele enlace. Os dados são processados pela ferramenta e gráficos são gerados para o usuário poder ter uma melhor visualização dessas métricas e, assim, realizar uma análise de desempenho daquele sistema.

São várias as métricas possíveis de serem obtidas através desse experimento, entre elas podemos citar os seguintes indicadores:

- **Latência:** o tempo de percurso, normalmente em milissegundos, de um pacote entre os equipamentos de uma rede;
- **Perda de pacotes:** refere-se a porcentagem de pacotes que não foram entregues ao seu destino com êxito;
- **Traceroute:** tempo que um pacote viaja entre dois pontos da rede e a identificação (IP) de cada equipamento entre esses pontos, os endereços já alocados são disponibilizados para consulta do usuário;
- **Scanner de rede:** exibe todos os endereços utilizados em uma determinada faixa de IP da rede;

¹ <https://ispdesign.ui.com/>

² Tempo que leva para os dados percorrerem um determinado caminho na rede

- Teste de velocidade: apresenta a velocidade de *download* e *upload*, em *megabytes* por segundo, de uma conexão disponível.

A aplicação PingMark³, apresentada na Figura 1, foi desenvolvido pelo autor em Python e possibilita gerar as cargas de trabalho necessárias para os testes, sendo de responsabilidade do usuário fornecer alguns dados durante o processo. No teste de *ping*, é necessário informar o IP destino dos pacotes, o tamanho de cada pacote em bytes, a quantidade de pings e a quantidade de repetições do teste em relação ao número de testes que deseja realizar.

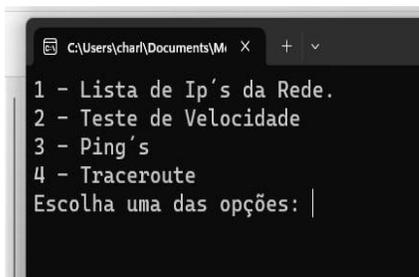


Figure 1: Página inicial do PingMark

Os dados obtidos pelo *benchmark* são apresentados de duas formas principais: tabelas e gráficos. Figure 1: Página Inicial do PingMark. Nos testes de velocidade é apresentada uma tabela no terminal e outra como imagem para salvar na máquina, além de um gráfico de pontos e um de barras com a velocidade (*download* e *upload*). Já nos de *ping* o usuário conseguirá observar os testes acontecendo no terminal e por fim será apresentado um gráfico de linha, cada linha representará um teste, com o tempo de cada *ping* e outro de barras com o tempo médio daqueles testes.

5. EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

A execução do experimento foi dividida em três etapas principais, conforme estabelecido na fase de planejamento: simulação, instalação dos equipamentos e testes do enlace. A simulação do experimento foi realizada com uma plataforma fornecida pela fabricante das antenas. Posteriormente, foram instalados os equipamentos e realizados testes e avaliação do enlace. A seguir, cada parte da execução do projeto é apresentada com mais detalhes e suas etapas específicas são explicadas.

5.1 Primeira Etapa - Simulação

Uma simulação inicial foi realizada utilizando a plataforma *online* UISP Design Center, pertencente à empresa Ubiquiti, que consegue simular enlaces. No site, é possível definir apenas equipamentos da empresa e obter informações sobre a viabilidade e métricas esperadas de sinal ou taxa de transmissão, por exemplo. A utilização desta ferramenta permite ao usuário obter informações relevantes para o seu projeto, tais como as coordenadas exatas das antenas, o sinal e a velocidade esperados. Além disso, é possível analisar o relevo entre as antenas do enlace, para obter dados sobre a viabilidade técnica da instalação desses equipamentos.

Os dados de modelo e altura das antenas são fornecidos pelo usuário manualmente, assim como as coordenadas dos pontos onde as duas pontas do enlace serão instaladas. A primeira simulação, com uma altura de 5 e 10 metros em cada lado, mostrou que o enlace estava obstruído pelo relevo, com uma distância aproximada de 71 metros do local onde a primeira antena seria instalada, como é possível ver na Figura 2 a seguir:

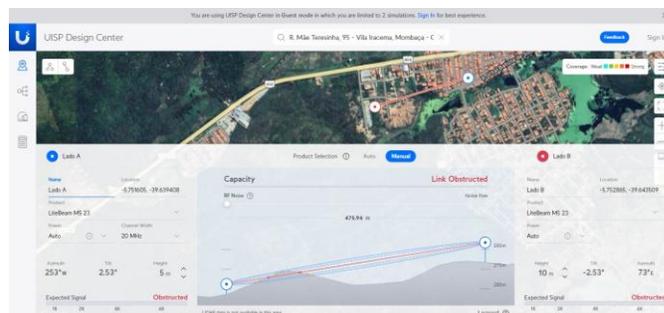


Figure 2: Simulação 01 - Enlace Obstruído.

A obstrução tornaria o enlace inviável, mas foram acrescentados 3 metros de altura no lado B e 5 metros no lado A, possibilitando a instalação do PTP⁴. Na simulação seguinte, percebe-se que não tem nenhuma obstrução e que, utilizando uma largura de canal de 20 Megahertz (MHz), a capacidade de banda do enlace foi estimada em 42 Mbps e sinal de 29 Decibel Miliwatt (dBm), conforme apresentado na Figura 3. Esses dados serão utilizados como base na etapa seguinte que é a instalação dos equipamentos.

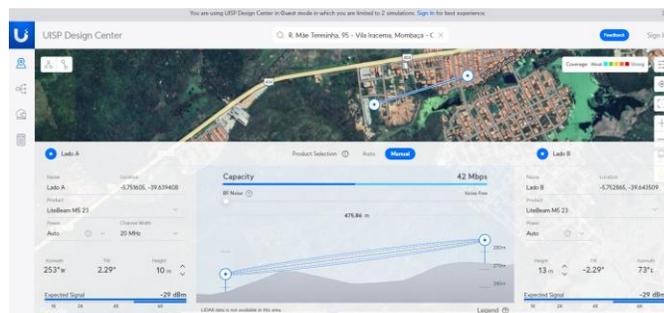


Figure 3: Simulação 02 - Ajuste nas Alturas das Antenas.

5.2 Instalação dos Equipamentos

A segunda etapa do projeto foi a instalação dos equipamentos. Para isso, foram utilizadas duas antenas do modelo Litebeam M5 fabricadas pela Ubiquiti. Conforme a simulação, as antenas foram posicionadas na altura aproximada que foi calculada na plataforma UISP, usando tubos de aço inox para complementar a altura que faltava nos dois locais designados para as antenas. A instalação e configuração dos roteadores e antenas também foram realizadas nesse passo.

A fase inicial do processo (instalação) e a configuração dos equipamentos não apresentaram dificuldades significativas, sendo que a antena do lado A foi configurada como estação e a do lado B, como cliente. No final, o sinal obtido foi de 35 dBm, o

³ <https://github.com/Charllys-Brauwo/PingMark>

⁴ Ponto a Ponto

que, diferentemente do que foi estimado, teve 6 dBm de diferença em relação ao que estava previsto. A rede de teste é composta por duas antenas Ubiquiti Litebeam M5, duas fontes PoE 24V 12W Gigabit Ubiquiti e dois roteadores TP-Link modelo Ax1800.

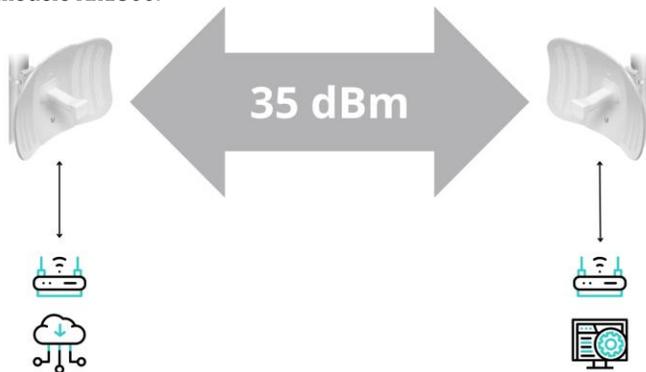


Figure 4: Modelo do Enlace.

5.3 Obtenção dos Dados

Os dados utilizados para a análise de desempenho foram obtidos através da utilização de um *benchmark* denominado *PingMark* e desenvolvido pelo autor. Esse software foi codificado na linguagem Python e suas principais características são de realizar *traceroute*, *pings*, cálculo de velocidade e *scanner* de rede. A coleta de dados foi realizada entre os dias 15 e 19 de novembro de 2023, sendo que os testes de *ping* e velocidade foram repetidos dez vezes, em dois turnos (manhã e tarde), totalizando dez coletas, com dez repetições em cada etapa. Foi uma quantidade de testes, que embora tenham sido realizados em pouco tempo, são suficientes para obter uma quantidade grande de dados, analisar e demonstrar a qualidade do funcionamento daquela rede em questão. As outras duas opções (*scanner* de rede e *traceroute*) não foram testadas, pois seriam adequadas para testes de conectividade e disponibilidade, mas, para o objetivo específico de criar uma análise de desempenho, as alternativas restantes são mais adequadas e significativas.

O programa apresenta quatro opções na tela inicial: 1 Listar IPs da Rede; 2 - Testes de Velocidade; 3 - Ping's; e 4 - Traceroute. Realizou-se um teste de *traceroute* para verificar se os equipamentos foram reconhecidos na faixa de IP disponível, o que resultou em uma resposta positiva. Todos os IPs foram reconhecidos. Para cumprir o que foi proposto, os experimentos mais repetidos durante o período foram os de *pings* e velocidade, que serão descritos a seguir.

No que diz respeito ao teste de *ping*, a terceira opção do programa, o usuário deve informar a quantidade de cargas de trabalho desejadas e o número de repetições. O software solicita os seguintes dados: endereço IP de destino, tamanho dos pacotes em bytes, número de *pings* e número de repetições. Já referente a velocidade, somente é necessário inserir a medida de recorrências do teste.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados obtidos através do *benchmark* são apresentados nas subseções seguintes: 6.1. Testes de Velocidade e 6.2. Testes de Ping. A seguir, serão analisados os dados e analisadas as

possíveis causas ou consequências, além de uma comparação entre esses dados e a simulação realizada anteriormente. Apenas uma vez foram realizados testes de *traceroute* e listagem de IPs da rede, não sendo necessário repeti-los, uma vez que a rede não apresentou nenhuma anormalidade durante o período de testes. Além disso, são testes que não seriam necessários repetir várias vezes, diferentemente dos seus pares, pois apenas listariam os equipamentos daquela rede e fariam *pings* entre eles. Só seria necessário refazer caso aparecesse algum problema.

6.1 Testes de Velocidade

Para realizar esses testes foi disponibilizado um *link* com 40 Mbps simétricos de *download* e *upload*. Os dados de cada teste são apresentados em três modelos de visualização para análise: um gráfico de linhas com a velocidade de *download* e *upload* de cada um dos dez testes, um gráfico de barras com a média das dez velocidades e uma tabela com as velocidades exatas alcançadas.

Para uma melhor análise as informações das médias sobre as velocidades estão expostas na Figura 5 a seguir:

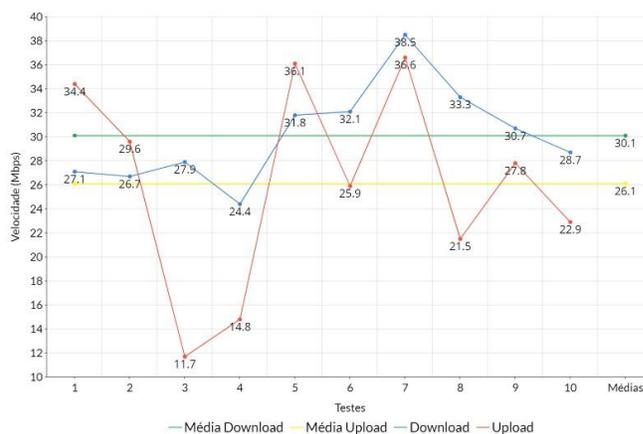


Figure 5: Testes de Velocidade.

A média geral de velocidade foi de 30,1 Mbps de *download* e 26,1 de *upload*. O projeto de simulação previa um desempenho de 42 Mbps para esse enlace. A análise desses dados revela que a rede instalada está conforme o que era esperado, tanto em sinal quanto em velocidade, em relação ao que foi simulado. Uma velocidade e o sinal menor são comuns quando a rede está em funcionamento, sobretudo porque a simulação considera os dados de produção da antena, não considera as atenuações causadas pelo meio, outros sinais que podem prejudicar a comunicação e outros pontos que podem causar diminuição do sinal.

Considerando os resultados obtidos, os maiores e menores valores de *download* foram, respectivamente, 38,5 e 24,4 Mbps. Em relação ao *upload*, os números foram 36,6 e 11,7 Mbps. A diferença de velocidade mínima e máxima no *upload* é maior, o que se deve, muitas vezes, a` necessidade maior de baixar arquivos ou dados do que de enviar dados. Outro fator que pode influenciar é que o *link* fornecido pela operadora esteja, naquele momento, saturado e tenha atrapalhado a coleta dessas métricas adequadamente. Se os dois menores valores,

11,7 e 14,8 Mbps de *upload* forem ignorados, o próximo valor será de 21,5 Mbps, muito próximo do resultado médio, sendo de 26,1 Mbps.

6.2 Testes de Ping

Os experimentos de coleta de *ping* também foram realizados nos mesmos dias, logo após os testes de velocidade. Foram realizados dez testes com a execução de 50 *pings* entre os dois roteadores, visando avaliar a latência entre os dois pontos finais da rede. O tamanho de cada pacote foi de 255 *bytes*. Ao todo, foram realizados 5.000 *pings* nessa rede. Cada conjunto de 50 *pings* é calculado em milissegundos (ms). Os resultados são armazenados em dois tipos de gráficos: linha, contendo todos os *pings* de cada teste, e coluna, com as dez médias dos testes. Os resultados em milissegundos de cada dia estão apresentados na Figura 6, apresentando-se em forma de média para facilitar a compreensão dos resultados.

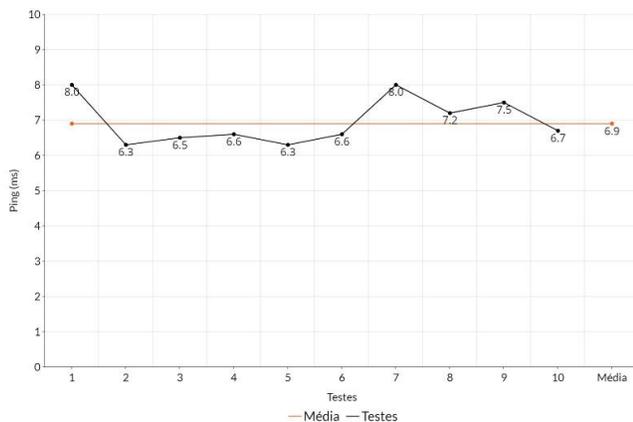


Figure 6: Testes de Ping.

É perceptível que a latência esteve próxima ao valor médio (6,9 ms), sendo que a média do maior tempo coletado foi de 8,0 ms e a menor, de 6,3 ms. Esse fato comprova a boa conectividade entre as pontas do enlace, pois um tempo de resposta curto e estável, como os testes demonstraram, não seria praticável de ser obtido em uma rede com algum problema de instalação. Além disso, esses números demonstram que os equipamentos e os itens extras, como fonte e cabos, estão corretamente instalados e configurados, sem causar oscilações ou problemas subjacentes na rede.

6.3 Limitações da Pesquisa

A principal limitação no desenvolvimento dessa pesquisa está relacionada ao intervalo curto que teria para realizar os testes. Algumas semanas de testes e uma quantidade maior de dados seria o mais recomendável. Com o prazo disposto o objetivo do trabalho teve êxito quanto a análise da rede em questão, mas em redes maiores, é aconselhável realizar testes por um período maior de tempo.

Outra condição que influencia um enlace é o ambiente. Ao decorrer dos testes o clima permaneceu constantemente ensolarado, não sendo possível analisar o comportamento da conexão e a sua qualidade em diferentes condições, como com chuva, por exemplo.

Além disso, a velocidade da internet disponível era limitada, não conseguindo realizar os testes com o máximo da capacidade dos equipamentos, segundo o fabricante. Outro ponto que pode ser considerado uma limitação é que os equipamentos testados são somente de um modelo, não realizando assim uma comparação no funcionamento entre diferentes modelos de antenas do mesmo ou de outros fabricantes.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho comparou a simulação do site da empresa que fabrica as antenas com os resultados reais em um ambiente em funcionamento. Após a coleta de diversas métricas e análise de suas médias, chegou-se à conclusão de que o PTP apresentou um resultado próximo ao esperado, conforme a simulação, considerando que esses valores devem ser menores, uma vez que é apontado na simulação um cenário sem considerar pontos-chave no ambiente real, como o clima e as interferências do meio, e, em situações de uso real, existem esses e outros diversos fatores que podem afetar a qualidade ou a banda máxima suportada pela rede.

A presente pesquisa analisou o desempenho de uma rede, usando um *benchmark* desenvolvido para coletar os dados. Também foi analisada a relação entre a simulação e o ambiente de produção, ajudando a compreender a relevância dessa etapa para que se possa ter parâmetros para servir de guia. Os dados coletados contêm informações reais sobre o que está ocorrendo naquele ambiente. A capacidade e o funcionamento foram avaliados durante dias e testados em diferentes ocasiões para assegurar que as métricas coletadas estejam o mais próximo possível do funcionamento de um enlace.

Em futuros trabalhos, pode-se aperfeiçoar os testes, aumentar o número de repetições e as cargas necessárias. É possível que o cenário de coleta seja reformulado, utilizando uma rede com usuários logados consumindo internet, a fim de avaliar como o PTP se comportaria diante dessa situação. Também é possível usar outras ferramentas de simulação para descrever como deveriam ser os elementos desse enlace, outras métricas esperadas, além de comparar antenas de frequência e potência, mas que tenham modelos diferentes das que foram utilizadas neste estudo.

Os autores gostariam de agradecer pelo apoio financeiro recebido mediante uma bolsa de mestrado fornecida pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP no âmbito do Programa de Bolsas de Formação Acadêmica.

8. REFERENCES

- [1] J. I. R. Barros Júnior. Análise de desempenho de um enlace ponto a ponto entre meruoca e sobral. 2017.
- [2] M. Berry, G. Cybenko, and J. Larson. Scientific benchmark characterizations. *Parallel Computing*, 17(10-11):1173–1194, 1991.
- [3] CGIBR. Tic domicílios 2023. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/domicilios/2023/domicilios/A5/>. Acesso em: 15 de setembro 2023, 2023.
- [4] V. V. Cogo. Exploração e benchmarking de uma implementação de mapreduce: o caso do hadoop na plataforma grid'5000. 2010.

- [5] J. M. da Silva, J. Colling, and S. Mueller. Inclusão digital no campo: implantação e expansão da internet no meio rural da região extremo oeste catarinense. In *Anais do XVII Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas*, pages 141–146. SBC, 2020.
- [6] L. Ferreira and S. Souza. Benchmark of nosql data base oriented to column family análise de desempenho de banco de dados nosql orientado a família de colunas. 2017.
- [7] P. J. G. Ferreira. *Benchmark de Sistemas de Detecção de Intrusões Baseados em Comportamento com Recurso a Algoritmos Bioinspirados*. PhD thesis, Instituto Politecnico de Leiria (Portugal), 2020.
- [8] A. Y. Milanez, R. V. Mancuso, G. B. d. S. Maia, D. D. Guimarães, C. E. A. Alves, R. F. Madeira, et al. Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira a` agricultura 4.0 no brasil. 2020.
- [9] V. C. Oliveira. Simulador eve-ng em projetos de redes heterogêneas: um estudo sobre a importância da simulação em redes de computadores. *Research, Society and Development*, 9(11):e1199119562–e1199119562, 2020.
- [10] D. d. B. Piau et al. Projeto de dimensionamento de enlace de rádio associado a atenuações devido a` chuva utilizando celplan e pathloss. 2013.
- [11] A. Pimentel, A. Barros, I. Araújo, A. Galvão, and C. Santos. Conexão sem fio com eficiência: Estudo de caso em uma indústria avícola de santarém-pará. 11 2017.
- [12] L. T. Queiroz et al. Um benchmark para avaliação de técnicas de busca no contexto de análise de mutantes sql. 2013.
- [13] M. Raeder. *Um Estudo Sobre Técnicas de Avaliação de Desempenho e Modelos de Complexidade para Computação Paralela*. PhD thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2007.
- [14] A. L. C. Ribeiro, J. N. Leite, A. A. d. Silva, B. O. d. Amorim, C. A. Batista, G. S. Filbido, M. N. d. Souza, D. L. M. G. d. Costa, A. P. d. Oliveira, R. A. Rodrigues, et al. Benchmark para análise comportamental do sistema de memória virtual do linux. *CIENCIA DA COMPUTAÇÃO AO:~ TECNOLOGIAS EMERGENTES EM COMPUTAÇÃO*, 1(1):44–61, 2020.
- [15] F. H. Santos, L. A. Albertin, and J. M. Scatena. Segmentação de redes com vlan em uma empresa de telecomunicação. In *Congresso de Tecnologia-Fatec Mococa*, volume 4, 2021.