



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
CAMPUS MANAUS-DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO

LUCAS GOMES FLORES

Análise de Conectividade de Redes em Ambiente Fluvial

MANAUS-AM

2023

LUCAS GOMES FLORES

Análise de Conectividade de Redes em Ambiente Fluvial

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal do
Amazonas, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia de
Controle e Automação.

Orientador: Prof. O Dr. Alysson de Jesus

Coorientador: Prof. Msc Nivaldo Rodrigues

Manaus-AM

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F632a Flores, Lucas Gomes.
Análise de conectividade de redes em ambiente fluvial / Lucas Gomes
Flores. — Manaus, 2023.
37f.: il. (color).

Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de
Engenharia de Controle e Automação, 2023.
Orientador: Prof.º Alyson de Jesus dos Santos, Dr.

1. Dispositivos IoT. 2. Wireless. 3. Ambiente fluvial. 4. Amazônia. I.
Santos, Alyson de Jesus dos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 629.89

RESUMO

A Amazônia possui a maior bacia hidrográfica do mundo, com 20% da água doce do planeta, composta por mais de 20.000 km de hidrovias navegáveis e com 1/3 das florestas tropicais úmidas do mundo. A Amazônia representa quase 65% do território brasileiro. Entretanto, a Amazônia sofre com graves problemas de infraestrutura de comunicação de dados, o que prejudica o nível de desenvolvimento socioeconômico da região. As características geográficas da Amazônia favorecem o meio de transporte fluvial que atende ao transporte de carga e de passageiros na região. Este trabalho buscou apresentar como os principais dispositivos IoT se desempenham em ambiente fluvial, aplicados na comunidade ribeirinha Catalão. Os resultados mostraram que os dispositivos possuem uma ótima comunicação wireless nessa região do Rio Negro, apesar do ambiente não ser o mais comum da aplicação os resultados servem como base para incentivos de investimento.

Palavras-chave: Dispositivos IoT. Amazônia. Ambiente fluvial. Wireless.

ABSTRACT

The Amazon has the largest river basin in the world, with 20% of the planet's freshwater, made up of more than 20,000 km of navigable waterways and with 1/3 of the world's humid tropical forests. The Amazon represents almost 65% of the Brazilian territory. However, the Amazon suffers from serious data communication infrastructure problems, which undermines the level of socioeconomic development in the region. The geographical characteristics of the Amazon favor the means of river transport that serves the transport of cargo and passengers in the region. This work sought to present how the main IoT devices perform in a river environment, applied in the Catalão riverside community. The results showed that the devices have excellent wireless communication in this region of the Rio Negro, although the environment is not the most common application, the results serve as a basis for investment incentives.

Key-words: IoT Devices. Amazon. River. Wireless.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de medição configurados.....	28
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Camadas da arquitetura.....	14
Figura 2: O Formato do Datagrama UDP.....	15
Figura 3: Exemplo ferramenta IPERF em arquitetura cliente/servidor.....	13
Figura 4: Block Diagram of an IoT Device.....	15
Figura 5: Raspberry Pi.....	16
Figura 6: Jetson Nano Nvidia.....	17
Figura 7: Circuito Transmissor e Receptor ESP32 LoRa SX1278.....	18
Figura 8: Banana PI.....	19
Figura 9: Comunicação PROTOCOLO SSH.....	24
Figura 10: Layout parte prática do projeto.....	25
Figura 11: Trajeto Banana PI, Pacote 1460 bytes, Velocidade rápida.....	30
Figura 12: Representação do gráfico RSSI para o resultado da LoRA	33
Figura 13: Representação gráfica de SNR.....	33
Figura 14: Gráfico de análise da qualidade do rádio LoRA.....	34
Figura 15: Dados transferidos com o dispositivo Banana PI.....	35
Figura 16: Dados transferidos com o dispositivo Jetson.....	35
Figura 17: Dados transferidos com o dispositivo Raspberry.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Tecnologia de rede sem fio padrão IEEE 802.11n	11
2.1.1 Tecnologia MIMO E Junção de canal	11
2.1.2 Protocolos de comunicação TCP/IP e UDP/IP	12
2.1.2.1 <i>Camada de aplicação</i>	13
2.1.2.1 <i>Camada de transporte</i>	13
2.1.2.2 <i>Camada de rede</i>	13
2.1.2.3 <i>Camada de interface de rede</i>	13
2.2 Visão geral da ferramenta IPERF	16
2.3 Dispositivos IoT	18
2.3.1 Blocos de construção básicos de um dispositivo IoT	18
2.3.1.1 <i>Detecção</i>	18
2.3.1.2 <i>Atuação</i>	18
2.3.1.3 <i>Comunicação</i>	18
2.3.1.4 <i>Análise e Processamento</i>	18
2.3.2 Raspberry	20
2.3.3 JETSON NANO	21
2.3.4 ESP32 LoRa	22
2.3.5 Banana PI	23
2.4 Protocolo SSH	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 Procedimentos metodológicos	27
3.1.1 Coleta de dados com o software IPERF	28
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	30
4.1 Local e parâmetros da pesquisa	30
4.2 Característica do ambiente da pesquisa	32
4.3 Resultados	33
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O tema do projeto tem como interesse de pesquisa as áreas da Conectividade, Redes Móveis e Internet das Coisas e delimita-se na análise de desempenho de dispositivos móveis (celulares e notebooks), e de IoT, Raspberry, Jetson, ESP Lora, Banana Pi em ambiente fluvial na comunidade Catalão Iranduba - AM.

Com os avanços da tecnologia o uso de redes sem-fio está cada vez mais comum e acessível às pessoas. Foram relatados cerca de 5,3 bilhões de usuários da internet no mundo, e um total 2,7 bilhões de pessoas nunca tiveram acesso à rede, equivalente a um terço da população mundial. Durante a pandemia de Covid-19 os dados mostram um decrescimento mais desacelerado em relação ao número de pessoas desconectadas (ONU, 2022).

Um dos maiores desafios para a globalizar a conectividade é levar internet até áreas mais remotas, que é o caso das comunidades ribeirinhas do Amazonas. Esses locais comportam oitenta e três escolas distribuídas em cinco municípios, entretanto 97% dessas escolas não têm acesso à internet (FAS, 2021).

Na maioria dos municípios do interior a conexão com a capital ocorre via satélite, o que não atende à demanda da região, devido à limitação de capacidade do sistema, à demanda de tráfego e ao alto custo. Diante disso, quais alternativas podem ser aplicadas para que haja mais investimento de infraestrutura de Redes nas escolas e demais áreas da comunidade ribeirinha? Quais retornos poderíamos ter com esse investimento? Qual o potencial de transferência de dados de uma rede de internet em ambientes fluviais?

Pode-se considerar viável estabelecer conectividade dos dispositivos móveis em ambiente fluvial, por meio de celulares e notebooks, Raspberry, Jetson, ESP Lora, Banana Pi. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo principal promover uma infraestrutura de telecomunicações e avaliar o desempenho da comunicação dos dispositivos móveis no entorno da Comunidade do Catalão no município de Iranduba- Amazonas.

Os objetivos específicos são:

- Levar acesso à internet em ambientes fluviais;
- Avaliar a capacidade de transferência de dados;
- Avaliar a quantidade de dados transferida, considerando as velocidades que as embarcações transitam na região

Esse trabalho apresenta uma proposta de desenvolvimento de uma infraestrutura de telecomunicações em “*Internet of Things Networks*” (Redes de Internet das Coisas) na Comunidade Catalão para que então possa realizar a análise do desempenho de dispositivos móveis comuns e os dispositivos de *Internet of Things* (IoT).

Essa pesquisa promove grande relevância acadêmica, por apresentar propostas de inclusão de acessibilidade sem fio para a comunidade ribeirinha, assim promovendo o desenvolvimento social da região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico busca explicar os principais conceitos e tecnologias que serão utilizados neste trabalho, começando pela composição do sistema de rede sem fio, arquitetura da rede, aplicações e suas principais soluções em resposta à pergunta problema do trabalho, começando pelos tipos de rede e informações da rede que caracteriza o desempenho da comunicação, ou troca de dados, no ambiente específico a solução que será utilizada neste trabalho, além de mostrar os tipos de dispositivos móveis comuns e os mais utilizados pela comunidade acadêmica que trabalha com IoT de trabalhos de autores relacionados com o tema proposto.

2.1 Tecnologia de rede sem fio padrão IEEE 802.11n

O padrão de rede sem fio do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) 802.11n vem sendo utilizado mais frequentemente por ser um padrão que promete versatilidade entre as tecnologias de padrões anteriores, os objetivos principais da criação desse padrão foi o aumento da velocidade e banda para dar suporte a serviços como *High Definition Television* (HDTV), *Video on Demand* (VoD), e meios para flexibilizar configurações desse padrão com as tecnologias antecessoras. Este padrão também traz a compatibilidade total com padrões atuais, enquanto os padrões IEEE 802.11b/g e IEEE 802.11a operam nas frequências de 2,4 GHz e 5 GHz, respectivamente, o padrão IEEE 802.11n opera nas duas frequências (DINIS, 2014)

Além desta compatibilidade e de ganho de velocidade e banda, temos diversas tecnologias que acompanham este padrão, as principais:

2.1.1 Tecnologia MIMO E Junção de canal

Para DINIS (2014), os padrões atuais de rede utilizam para comunicação um único canal, denominado fluxo espacial, através de uma única antena. O padrão IEEE 802.11n usa dois ou mais fluxos espaciais em múltiplas antenas. Esta técnica, chamada de Múltiplas Entradas e Múltiplas Saídas (MIMO), possibilita o envio de

diferentes partes dos quadros, usando multiplexação, aumentando consideravelmente a vazão de dados em comparação com os padrões atuais.

E completa que a largura de banda máxima de um canal sem fio, nos padrões atuais (IEEE 802.11a/b/g) é de 20 MHz. No padrão IEEE 802.11n é possível juntar canais adjacentes para formar um canal único de 40MHz. Esta facilidade praticamente dobra a vazão de dados em uma transmissão.

As funcionalidades do padrão IEEE 802.11n apresentadas, trazem o benefício de aumentar a vazão e a área de cobertura. A utilização deste padrão trará consequentemente, uma área de cobertura maior quando comparado com os que usam os padrões atuais de rede sem fio (JOÃO BATISTA, 2011).

2.1.2 Protocolos de comunicação TCP/IP e UDP/IP

Os serviços de comunicação *Transmission Control Protocol* (TCP) e o Internet Protocol (IP) fornecem detalhes dos formatos de mensagens. O IP é a parte responsável pela obtenção do endereço para qual os dados são transmitidos, e o TCP é responsável pela entrega dos dados após o endereço IP for encontrado (ESR, 2020).

O TCP/IP foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América a fim de trazer segurança na hora da transmissão dos dados para garantir a recepção do mesmo, no exemplo de outro tipo de protocolo, caso uma mensagem seja enviada de uma vez só e ela fosse corrompida ou tivesse algum problema, a única solução seria enviar-la novamente. Ao contrário disso, o conjunto de protocolos TCP/IP quebra cada mensagem em pacotes, que são unidos no destino (ESR, 2020).

A arquitetura do modelo TCP/IP possui funções divididas em camadas: Aplicação, Transporte, Rede e Interface de rede, respectivamente, na hierarquia. Cada uma das camadas é responsável por responder um conjunto de tarefas e serviços definidos garantindo a integridade e entrega dos dados (ESR, 2020).

2.1.2.1 Camada de aplicação

A camada de Aplicação é o topo da arquitetura, estando mais próximo ao usuário, ela faz toda a comunicação entre programas e protocolos de transporte,

dentro desta camada ficam localizados alguns dos seguintes protocolos: *Terminal Virtual* (TELNET), *File Transfer Protocol* (FTP), *Send Mail Transfer Protocol* (SMTP), *Domain Name System* (DNS), *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) (ESR, 2020).

2.1.2.1 Camada de transporte

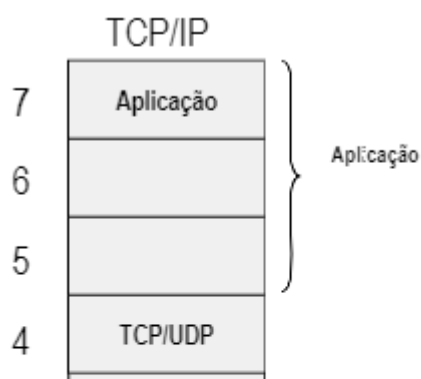
A camada de Transporte corresponde igualmente à mesma camada do modelo *Open System Interconnection* (OSI). Neste nível são executadas ações relacionadas à confiabilidade e integridade dos dados por meio das funções: Controle de fluxo, Controle de erro, Sequenciação e Multiplexação de mensagens. Os protocolos definidos para esta camada são o *User Datagram Protocol* (UDP) e o TCP, com o objetivo de garantir a conversação entre dois *hosts* (ESR, 2020).

2.1.2.2 Camada de rede

A camada de rede (camada de *internet*), é responsável pela permissão do envio de pacotes e garantia da chegada dos dados ao destino final. Os protocolos responsáveis são o IP e *Internet Control Message Protocol* (ICMP) (ESR, 2020).

2.1.2.3 Camada de interface de rede

A Interface de rede é a camada base da arquitetura TCP/IP, nesta ocorre a conexão do *host* com a rede que através dos protocolos *Ethernet* para redes locais *Local Area Network* (LAN) e *Point-to-Point Protocol* (PPP), para redes locais *Wide Area Network* (WAN) (ESR, 2020).



Fonte: CARISSIMI, 2009

O uso dos protocolos TCP/IP para apresentação deste documento trará como benefício uma padronização por serem protocolos roteáveis, completos e passíveis de integração com todos os sistemas operacionais, visando que a implementação do mesmo será feito com diferentes ferramentas de *IoT*:

- Interconectividade, pois essa tecnologia possibilita a conexão entre sistemas não compatíveis, dando mais versatilidade e acessibilidade.
- Roteamento, já que a conexão remota pode ser habilitada e vinculada com dispositivos e tecnologias mais antigas e recentes, adicionando mais compatibilidade ao cenário do atual documento.

O protocolo UDP é extremamente simples e amplamente utilizado na Internet. Não é orientado a conexão, não tem garantia de entrega de mensagens nem controle de duplicações e não garante o ordenamento (CARISSIMI, 2009).

Este protocolo de comunicação é utilizado em toda a internet para transmissões com validade especialmente limitada, tais como reproduções de vídeo ou pesquisas no DNS. Ele acelera as comunicações ao não estabelecer formalmente uma conexão antes que os dados sejam transferidos. Isso permite que os dados sejam transferidos muito rapidamente, mas também pode fazer com que pacotes se percam em trânsito além de criar oportunidades de exploração na forma de ataques

O formato do datagrama UDP é apresentado na figura 2 O campo porta de origem, de 16 bits, indica a partir de que porta, no emissor, que a mensagem foi enviada. Estes valores podem variar de 0 a 65535. O campo porta de destino é similar, mas indica a porta que a mensagem deve ser entregue. O campo tamanho do datagrama é calculado sobre os dados da mensagem e o cabeçalho UDP. O *checksum* é calculado sobre o cabeçalho UDP e os dados da mensagem justaposto ao pseudo-cabeçalho imaginário composto pelos 15 dados do cabeçalho do protocolo imediatamente abaixo, no caso o IP. Neste sentido, nota-se que a independência das camadas do modelo MR-OSI foi quebrada. (MICHEL, 2010).

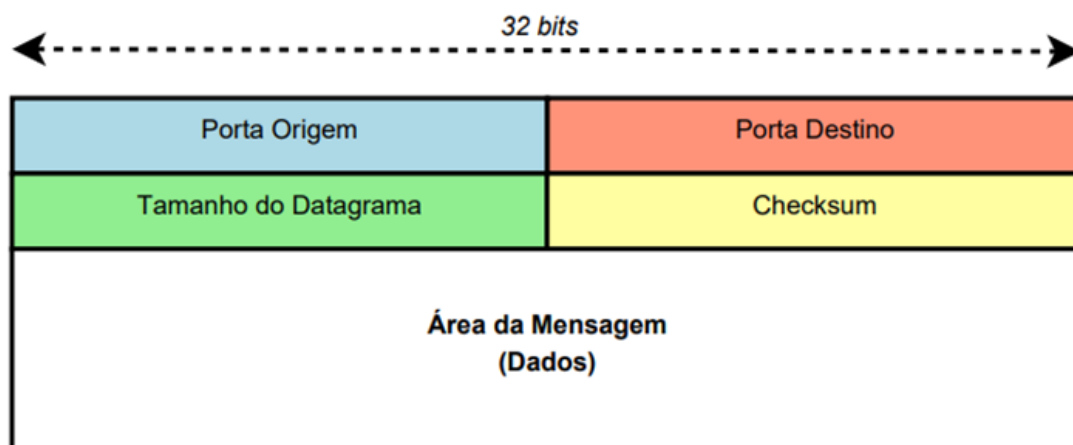


Figura 2: O Formato do Datagrama UDP

Fonte: MICHEL, 2010

2.2 Visão geral da ferramenta IPERF

O IPERF é uma ferramenta que reúne em uma única aplicação o relatório da análise de várias métricas, como a capacidade máxima fim-afim a nível de transporte, o jitter e a perda de pacotes. A sua utilização simplifica a análise de problemas de rede por parte dos administradores de redes. Desse modo, essa foi uma das motivações de sua escolha como ferramenta para análise nesse documento (DINIS, 2014).

Em relação às ferramentas de medição ativa de redes, (DINIS, 2014) afirma que o IPERF é uma ferramenta amplamente utilizada para medir a vazão e a qualidade de um enlace de rede. Ela permite a análise da qualidade de um enlace segundo algumas das métricas apontadas por (DINIS, 2014) a seguir:

- Jitter (variação do atraso entre os pacotes de dados sucessivos): pode ser medida por meio do envio de fluxos de pacotes de UDP com a ferramenta IPERF.

- Perda de datagramas: pode ser medida, também, com testes UDP.
- Vazão: medidas através de testes TCP e UDP por meio do IPERF.

O IPERF é um *software* livre desenvolvido pelo *National Laboratory for Applied Network Research/Distributed Applications Support Team* (NLANDR/DAST) no início da década de 2000, como uma alternativa para medição do rendimento da banda de redes de computadores com o uso de TCP e UDP. A ferramenta não possui interface gráfica por padrão, sendo sua operação relativamente simples através da *Command Line Interface* (CLI). Porém, existe também um front-end gráfico desenvolvido em linguagem Java conhecido como Jperf, que permite a visualização dos resultados graficamente (DINIS, 2014).

O IPERF funciona, basicamente, em um modelo cliente/servidor, onde o servidor atende às solicitações de testes e o cliente inicia as sessões de testes. Ele está disponível como open source compilável ou binário executável para diversas plataformas incluindo Windows, Linux, Solaris, Mac OS, OpenBSD e FreeBSD (DINIS, 2014).

Os testes de performance realizados pelo IPERF podem ser utilizados para validar uma rede, tanto em segmentos cabeados quanto sem fio. Os testes podem ser utilizados, por exemplo, para identificar o mau desempenho de uma rede ou até mesmo para desqualificar a porta de um switch ou roteador defeituoso (DINIS, 2014).

Por padrão, (DINIS, 2014) consolida que o protocolo utilizado pelos testes com IPERF é o TCP que também será o protocolo utilizado no trabalho, por conta das características de: Medida da largura de banda, Reporta o tamanho do *Maximum Segment Size/Maximum Transmission Unit* (MSS/MTU). Suporta a modificação do tamanho de janelas TCP e Conexões simultâneas tanto para o cliente quanto para o servidor .

Como o IPERF funciona segundo o modelo cliente/servidor, então, em geral, após sua instalação é necessário que em um *host* a ferramenta seja executada como cliente, enquanto que em outro a mesma seja executada como servidor.

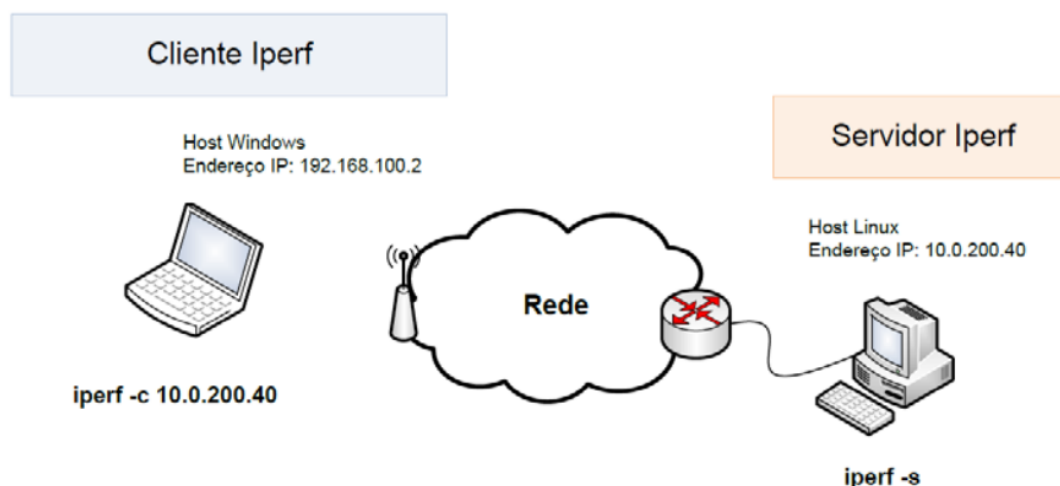


Figura 3: Exemplo de funcionamento na ferramenta IPERF em arquitetura cliente/servidor.

Fonte: Dinis, 2014.

2.3 Dispositivos IoT

O "*Thing*" de *Internet of Things* (Internet das coisas) pode ser qualquer objeto que tenha um identificador único e que possa enviar/receber dados (incluindo dados do usuário) em uma rede (por exemplo, smartphone, smart TV, computador, geladeira, carro, etc) (Bahga, 2015).

Os dispositivos IoT são conectados à Internet e enviam informações sobre si mesmos ou sobre seus arredores (por exemplo, informações detectadas pelos sensores conectados) por uma rede (para outros dispositivos ou servidores/armazenamento) ou permitem a atuação sobre as entidades físicas/ambiente ao seu redor remotamente (BAHDA, 2015).

2.3.1 Blocos de construção básicos de um dispositivo IoT

2.3.1.1 Detecção

Os sensores podem estar integrados ao dispositivo IoT ou conectados ao dispositivo (BAHDA, 2015).

2.3.1.2 Atuação

Os dispositivos IoT podem ter vários tipos de atuadores anexados que permitem que ações sejam executadas nas entidades físicas próximas do dispositivo (BAHDA, 2015).

2.3.1.3 Comunicação

Os módulos de comunicação são responsáveis por enviar os dados coletados para outros dispositivos ou servidores/armazenamento baseados em nuvem e receber dados de outros dispositivos e comandos de aplicativos remotos (BAHDA, 2015).

2.3.1.4 Análise e Processamento

Os módulos de análise e processamento são responsáveis por dar sentido aos dados coletados (BAHDA, 2015).

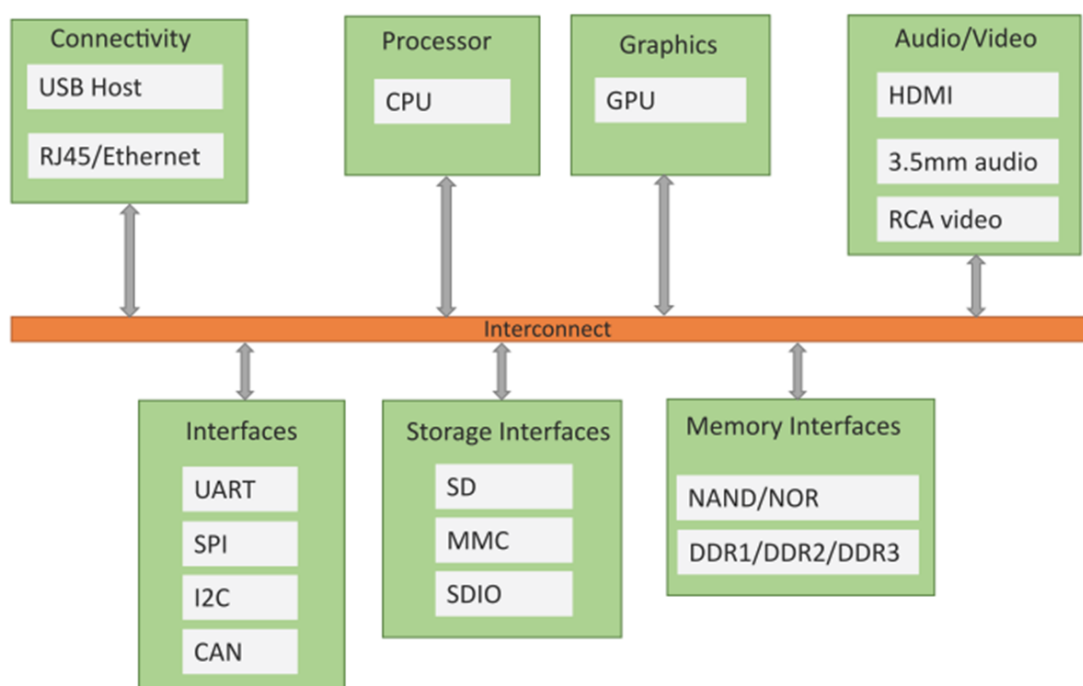


Figura 4: Block Diagram of an IoT Device.

Fonte: BAHGA, 2015.

2.3.2 Raspberry

O Raspberry Pi é um minicomputador de baixo custo com o tamanho físico de um cartão de crédito. Esse dispositivo executa várias distribuições Linux e pode executar quase todas as tarefas que um computador desktop normal pode fazer. O Raspberry Pi também permite a interface de sensores e atuadores através dos pinos de E/S de uso geral. Como o Raspberry Pi executa o sistema operacional Linux, ele suporta Python "out of the box" (ZHAO, 2015).

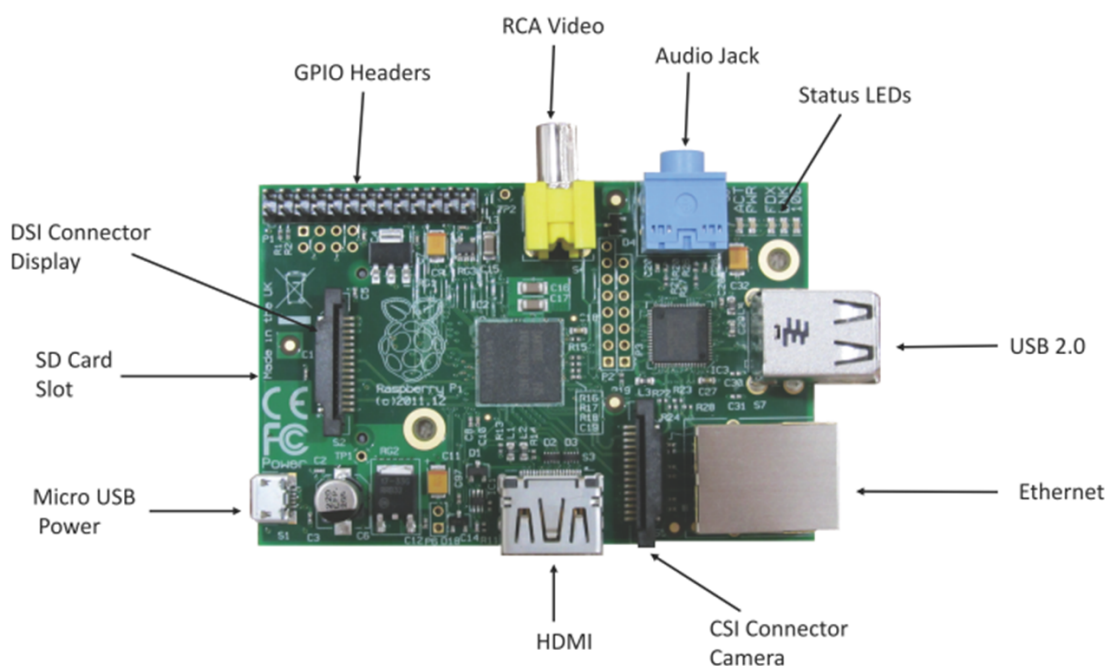


Figura 5: Raspberry Pi

Fonte: BAHGA, 2015.

2.3.3 JETSON NANO

NVIDIA Jetson Nano é um dispositivo que pode implementar soluções de IoT com o poder da computação de GPU. Esta placa possui pinos GPIO e um núcleo de GPU para ajudar desenvolvedores, fabricantes e usuários de TI a criar programas com facilidade. O dispositivo também possui uma placa WI-FI baseada no chip Intel 8265AC que suporta 4.2 Bluetooth, 2.4G e 5G WiFi de banda dupla com velocidade de transmissão pode atingir até 867Mbps (KURNIAWAN, 2021).

Fonte: Autoria própria, 2022.



Figura 6: Jetson Nano Nvidia

2.3.4 ESP32 LoRa

LoRa é uma tecnologia proprietária de comunicação de dados desenvolvido para IoT, que define o chamado *LoRaPHY* camada física. LoRaPHY é proprietário e nenhuma documentação oficial está disponível, embora alguns dos principais parâmetros pode ser derivado empiricamente. Ao contrário da camada física, a camada de controle de acesso ao meio (MAC) normalmente usada com LoRa, chamado *LoRa Wide-Area Network (LoRaWAN)*, é um padrão aberto e foi desenvolvido pela LoRa Alliance. (DELAFONTAINE, 2020)



Figura7: Circuito Transmissor e Receptor ESP32 LoRa SX1278.

Uma das razões para a popularidade de LoRa e utilização é o fato de que ele se adapta naturalmente aos principais aplicativos de IoT caracterizado por nós com restrição de energia espalhados por uma ampla área geográfica. Por exemplo, uma rede *LoRaWAN* tem um alcance testado de até dois quilômetros em áreas urbanas, capaz de atender 200 mil nós em 100 quilômetros quadrados usando 30 *gateways*. Duas pilhas AA podem dar a um dispositivo uma vida útil da bateria de dois anos.(DELAFONTAINE, 2020)

2.3.5 Banana Pi

Banana Pi é um mini computador de placa-única integrado (*single-board*) produzido pela empresa Shenzhen LeMaker Technology, influenciada pelo minicomputador Raspberry Pi. A maioria dos *softwares* criados para o Raspberry Pi podem ser executados no Banana Pi com pouca ou nenhuma modificação. O principal problema de compatibilidade refere-se à diferença entre os *chips* BCM (usado no RPI) e o da Allwinner (usado na Banana PI e outros *forks* similares) (GALKIN, 2018).

Apesar do Bananian Linux ter sido criado como sistema operacional padrão, outros SOs também são compatíveis com o Banana Pi, como NetBSD, Android,

Ubuntu, Debian, Archlinux e Raspbian, O Banana Pi possui 26-pin GPIO, semelhantes aos dos modelos A e B do Raspberry Pi (GALKIN, 2018).



Figura 8: Banana PI

Fonte: Autoria própria, 2022

2.4 Protocolo SSH

SSH ou Cápsula de Segurança é um protocolo de administração remota que permite aos usuários controlar e modificar seus servidores pela rede. O serviço foi criado como uma substituição segura para o *Telnet não criptografado* que usa técnicas criptográficas para garantir que todas as comunicações do servidor remoto aconteçam de forma criptografada. Ele fornece um mecanismo para autenticar um usuário remoto, transferindo entradas do cliente para o servidor de hospedagem e retransmitindo a saída para o cliente (BOTH, 2020).

Qualquer usuário Linux ou MacOS, pode colocar um SSH em seu servidor remoto, diretamente da janela do terminal. Os usuários do Windows podem aproveitar os clientes SSH com o *Putty*. Você pode executar comandos de

segurança de modo remoto, da mesma maneira como se você estivesse operando fisicamente o computador (BOTH, 2020).

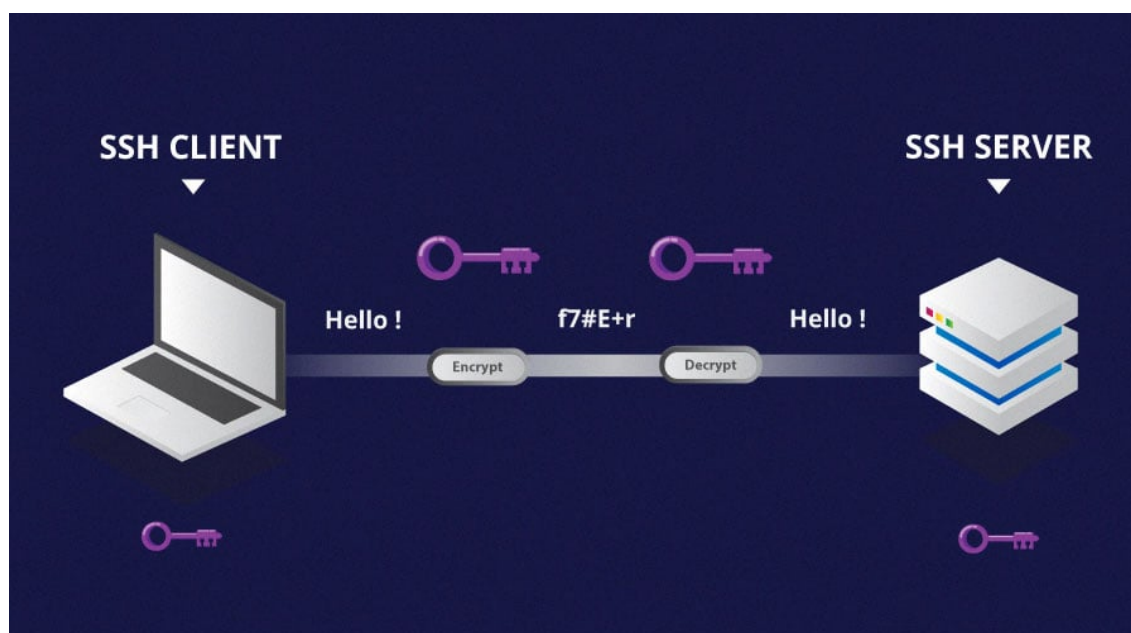


Figura SEQ Figura * ARABIC 9: Comunicação PROTOCOLO SSH

Fonte: ARIANE,2021.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa científica, foi realizado o uso da metodologia definida por FONTENELLE (2017), que se constitui da identificação dos diferentes tipos de pesquisa, sua natureza, seus objetivos e seus procedimentos.

Baseado nesta metodologia foi realizada a identificação para determinar a melhor opção de metodologia para se seguir de forma adequada ao objeto de pesquisa, sendo este o Projeto de infraestrutura e modelo de uma Rede de Conectividade para análise de desempenho de dispositivos móveis e de IoT em ambiente fluvial. Apresentando os tipos de pesquisa que mais se enquadram com o projeto, sua natureza e os procedimentos aplicados.

A pesquisa qualitativa apresenta como característica caráter subjetivo, tendo em vista que o critério para a identificação dos resultados não é numérico, exato, mas valorativo. O autor é ferramenta essencial, pois é ele quem faz a análise dos dados coletados (FONTENELLE, 2017).

Com relação à pesquisa quantitativa, tem a característica pelo uso de ferramentas e técnicas estatísticas, para a análise dos dados. Isso é necessário para permitir a medição das relações entre as variáveis, de maneira estritamente numérica. Portanto, é possível identificar nos fenômenos apenas os dados quantificáveis, obtendo-se os valores médios e não as particularidades de cada objeto (FONTENELLE, 2017).

Nessa abordagem, foi adotada uma atitude de coleta de dados e observação, sendo uma pesquisa de campo, foram feitas várias análises de desempenho de dispositivos móveis com o auxílio da ferramenta Jperf em ambiente fluvial, a extração desses dados serão nosso objeto de estudo.

Segundo, Fonseca (2002), a utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente. Para Silveira e Córdova (2009), cada uma apresenta seus pontos fortes e fracos, e com isso uma pesquisa complementa a outra, de forma a tornar a pesquisa desenvolvida mais completa. FONTENELLE (2017) diz que quando se tem as duas formas de abordagem temos então a abordagem quali-quantitativa, pois

mesmo que as duas abordagens, qualitativa e quantitativa, sejam absolutamente diferentes, elas não se excluem.

Deste modo o tipo de pesquisa realizada foi a pesquisa quali-quantitativa, para desenvolvimento do projeto, pois o mesmo se enquadra nas definições desses dois tipos de pesquisa.

A outra forma de classificar a pesquisa científica é quanto à sua natureza, sendo dividida em pesquisa básica, que é aquela em que se busca apenas aprofundar o conhecimento disponível na ciência. Isso é feito para preencher a ausência de estudo sobre algum aspecto que ainda não foi completamente abordado. Ela é usada em estudos predominantemente teóricos e cujo problema não seja relacionado diretamente com uma situação específica (FONTENELLE, 2017).

No entanto, também há a pesquisa aplicada onde é buscado fazer um estudo científico voltado a solucionar algum problema específico, que já é conhecido e demonstrado no texto do trabalho. Desse modo, ela não serve apenas para gerar um novo conhecimento, aumentando o que já está disponível, mas, também para aplicá-lo na prática, intervindo no mundo real.

Portanto, essa pesquisa foi necessária para uma aplicação prática, verificando sua eficiência e solução de um problema específico, sendo este a construção da infraestrutura da rede para então comprovar o funcionamento dos dispositivos *IoT* em áreas ribeirinhas.

A pesquisa foi descritiva com a finalidade de retratar as características do objeto estudado, expondo fatos ou fenômenos, para estabelecer a natureza das relações entre as variáveis delimitadas no tema, no caso do trabalho, descrever a performance dos dispositivos em ambiente fluvial .

Foi realizada juntamente à pesquisa explicativa buscando encontrar os fundamentos que dão ensejo a um fenômeno, utilizando resultados, para mostrar as vantagens e funcionalidade que serão obtidas ao se utilizar essa forma alternativa de análise de desempenho desses dispositivos.

Os dispositivos ficaram nas embarcações ao redor da comunidade para analisar a qualidade de transferências de dados utilizando o Iperf nos dispositivos tendo usuários clientes e um servidor.

3.1 Procedimentos metodológicos

A infraestrutura do padrão de rede sem fio IEEE 802.11n foi gerada através do roteador tp link ax10. O protocolo utilizado foi o TCP/IP que possui a característica da capacidade de permitir comunicação sem grandes gargalos, o que favorece uma infraestrutura que depende dessa conexão a distância e em larga escala.

Foram utilizados diversos dispositivos móveis IoT, e a variedade de suporte em praticamente todos os sistemas operacionais reforça e garante a utilização do TCP/IP. A capacidade de controle de transmissão também torna o protocolo fundamental para a rede. Afinal, o TCP/IP verifica as condições de tráfego e direciona os pacotes para diferentes rotas evitando que haja gargalo com rotas congestionadas ou inativas garantindo que o aspecto seguro e rápido da comunicação na web seja estabelecido.

Para a coleta dos dados da transmissão, tais como, velocidade, tamanho do pacote, tempo de contato, quantidade de dados transferidos e vazão da rede, foram utilizado o Iperf que é uma ferramenta para medição e ajuste de desempenho de rede, para visualizar graficamente os dados foi utilizado o Jperf que consiste em um *software* de análise de performance de banda e cálculo de perda de datagramas na rede, cria fluxo de dados sob TCP e UDP, ou seja, ele reflete visualmente o resultado da ferramenta iperf.

O protocolo de comunicação SSH foi utilizado nos dois modos de operação: Servidor e cliente. Onde através do servidor foi aplicado o comando *ssh-server* e nos dispositivos *IoT* o comando *ssh-Client*, deste modo, todos os dispositivos puderam ser utilizados de forma remota fazendo com que apenas os mesmos sejam colocados no barco para variar distância e velocidade em relação ao roteador.

O cenário para a coleta dos dados foi um notebook (Servidor) que, através da rede gerada pelo roteador fixo em um ponto estratégico na comunidade Catalão,

receberá tráfego TCP, por um tempo específico, dos dispositivos móveis (Cliente) que ficarão separados em distâncias diferentes e em movimentos dentro das embarcações ao redor para que se possa pegar informações e gerar gráficos característicos de transmissão.

3.1.1 Coleta de dados com o *software* IPERF (coletar as imagens durante os testes)

O Iperf é um software do tipo *client/server* e para usá-lo basta iniciá-lo como servidor em um PC. Os dispositivos, como clientes, passaram a enviar tráfego TCP para o servidor por dez segundos ou o tempo que for setado na linha de comando, e em seguida mostrou a quantidade dados transferidos (MBytes) e a velocidade atingida (Mbits/s).

No *notebook* que ficará como servidor, via linha de comando (Iniciar > Executar > digite “cmd”) será acessada a pasta onde o Iperf foi salvo e depois digitar “iperf –s”. Este comando fará o Iperf ser executado como servidor e ele passará a aguardar as conexões dos clientes .

Em contrapartida, nos dispositivos utilizados para o teste que foram clientes, na linha de comando, será digitado “iperf – c e o IP do Iperf Servidor”. Isto foi suficiente para que o Iperf envie tráfego TCP do cliente para o server durante dez segundos (essa é a configuração padrão), para aumenta o tempo do tráfego, deve-se acrescentar na linha de comando “-t (tempo)s “ e para relatórios parciais adicionar “-i”.

Para melhor visualização foi utilizado o Jperf a interface gráfica do próprio Iperf, execute o arquivo Jperf.bat, iniciará a interface em Java.



Figura 10: Layout parte prática do projeto.

Fonte: Autoria própria, 2022.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção é abordado o ambiente em que foram realizadas as medições, bem como as características do experimento e os resultados obtidos.

4.1 Local e parâmetros da pesquisa

Os experimentos foram realizados as margens do Rio Negro, na comunidade flutuante Catalão, município de Iranduba - AM. O período corresponde ao início da cheia dos rios na região. O rio Negro é o maior afluente da margem esquerda do rio Amazonas e corre cerca de 2 km/h a uma temperatura de 28°C. Os barcos utilizados nos experimentos são de pequeno porte (lanchas) (figura11).

Ao iniciar os experimentos, a embarcação fica no ponto inicial do trajeto do teste, em torno de 270 m do roteador que está no flutuante fixo onde também está o servidor. O barco faz o percurso de aproximadamente 540 m, ida e volta, em duas velocidades: baixa em 7,77 mph e a alta em 22,06 mph. Desta forma, o barco se movimenta a favor e contra a correnteza (figura 12).



Figura 11: Trajeto Banana PI, Pacote 1460 bytes, Velocidade rápida

Fonte: Autoria própria (2022)

Os dispositivos IoT utilizados foram a ESP 32 Loral, Jetson Nano Raspberry PI e a Banana PI já apresentados na seção 2. O tamanho dos pacotes UDP e TCP usados foram: 150, 500 e 1460 bytes. Conforme tabela de parâmetros de medição configurados a seguir:

Tabela 1: Parâmetros de medição configurados.

Parâmetros	Valor
Endereço IP	Fixado
ARP	Manual
ESSID	Fixo
Canal	Fixo (1 e 6)
Padrão sem-fio	IEEE 802.11n
Protocolo de transporte	UDP
Velocidade (mph)	7,77 e 22,06
Tamanho do Pacote (bytes)	150, 500 e 1460

4.2 Característica do ambiente da pesquisa

Os testes foram realizados no Rio Negro, em uma extensão de 1,2 km, local onde havia pouco tráfego de embarcações no momento. Nenhuma outra rede do padrão IEEE 802.11 foi identificada ao longo do trecho e na comunidade ribeirinha. Os fatores que podem influenciar nos resultados dos experimentos são descritos a seguir.

Condições do clima: Neste dia, a temperatura era de 28°C, com sensação térmica de 31,9 °C e a umidade relativa do ar de 71%, velocidade do vento em média 5 mk/h e velocidade da correnteza 2 km/h como padrão do Rio Negro.

Altura do roteador: O ponto de acesso estava a uma altura de 3 m acima do nível da água para garantir um maior alcance da rede. Embora a experiência tenha sido realizada em barco de porte pequeno, não havia barcos grandes ou outros flutuantes que pudessem interceptar o sinal da rede.

Distâncias das embarcações em relação ao roteador: O ponto inicial do trajeto que fica aproximadamente 240 m distante do ponto fixo, a distância influencia na quantidade de dados que podem ser transferidos nas redes sem-fio e quanto maior a distância menor e o tempo de contato e maior é a atenuação do sinal. A comunicação era realizada entre o cliente e o servidor, um dispositivo de cada vez.

A cada um segundo foi realizada a gravação de um arquivo de texto da quantidade de dados transferidos e da largura de banda entre o cliente e o servidor. O tempo de duração das transmissões é de três minutos, tempo médio do trajeto, com os modos de velocidade lento e rápido.

O protocolo TCP não diferencia os erros de transmissão de perdas por congestionamento, então o controle de congestionamento é prejudicado em enlaces com altas taxas de erro, com isso, o protocolo da camada de transporte UDP foi escolhido, em função de ser o mais apropriado para enlaces sem fio. Três repetições foram realizadas para cada uma das velocidades das embarcações, com os respectivos tamanhos de pacote.

4.3 Resultados

- Obtidos com o dispositivo ESP-LoRa

De acordo com os gráficos abaixo, para termos a segurança de que o sinal recebido é forte o suficiente para obter uma boa conexão sem fio do transmissor ou se será possível demodular o sinal existem indicadores que classificam o sinal.

Para o RSSI (figura 13), quanto mais o valor estiver próximo de 0 e abaixo de -115 significa que o sinal está ótimo e garante uma excelente conexão sem fio, no experimento, o valor máximo foi de -108, com isso, conclui-se que há uma ótima conexão wireless no ambiente da pesquisa.

Já o SNR (figura 14) é avaliada a relação entre a potência do sinal recebido e o nível de ruído, com o SNR positivo temos que o sinal recebido é maior que o ruído, bem como, se o sinal for negativo o ruído é maior, na pesquisa foi identificado que os valores de SNR são todos positivos, com isso, podemos concluir que o receptor pode facilmente demodular o sinal garantindo a qualidade dele.

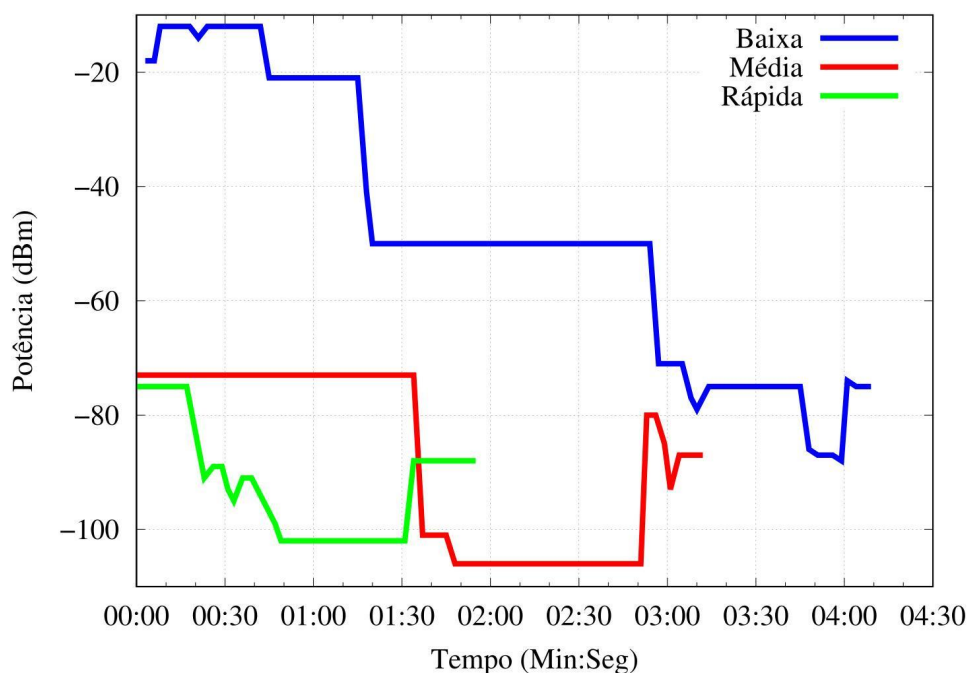


Figura 12: Representação do gráfico RSSI para o resultado da LoRA.

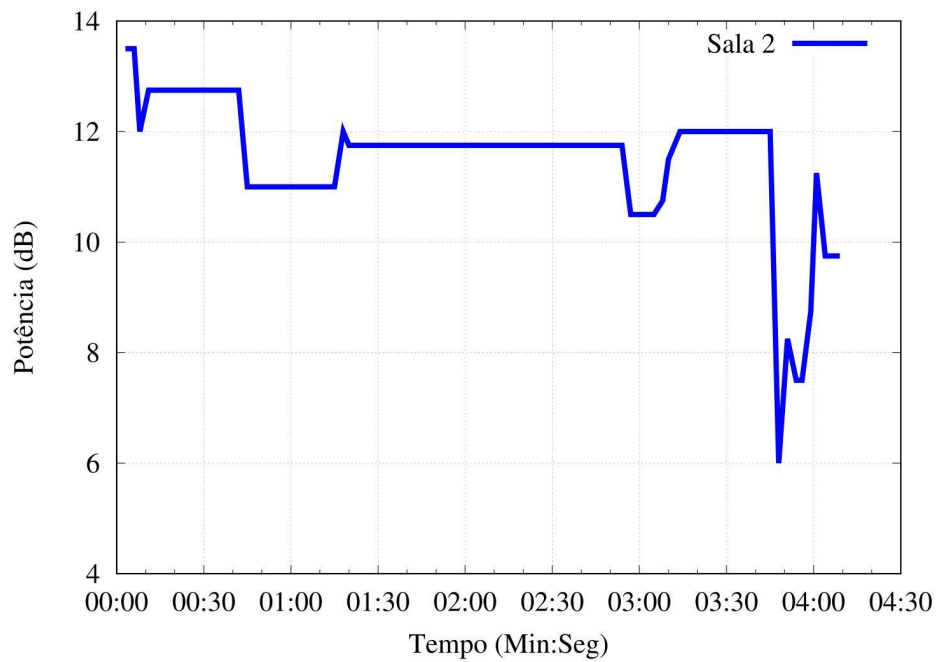


Figura 13: Representação gráfica de SNR.

Radio level analysis

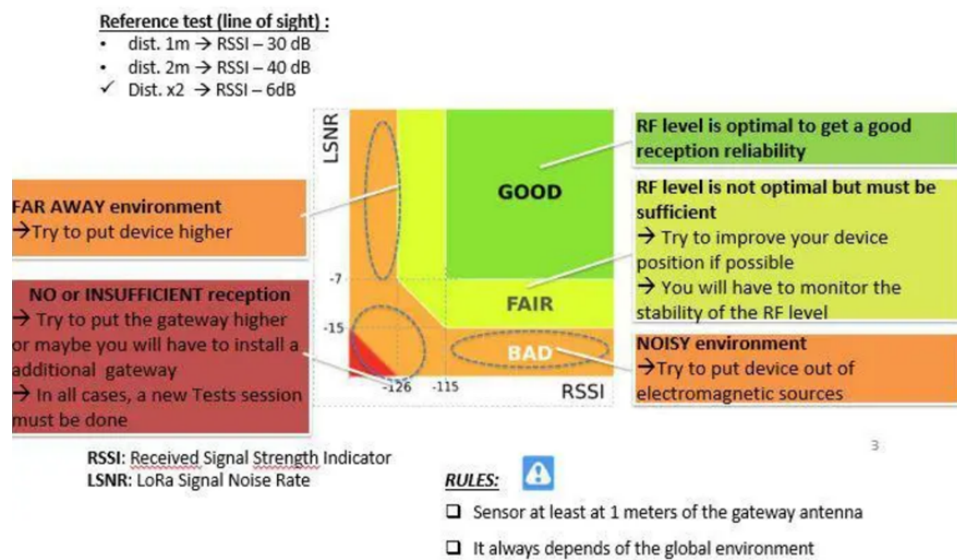


Figura 14: Gráfico de Análise da qualidade do rádio LoRA.

Fonte: <<https://sensing-labs.com/f-a-q/a-good-radio-level>>

- Obtidos com os dispositivos Jetson, Raspberry e Banana PI

Nessas análises foi estabelecido dados transferidos como a quantidade de dados trocados entre o cliente e o servidores no tempo de 1 segundo e tempo de contado o intervalo de transmissão de dados , onde foram configurados 3 tamanhos de pacotes diferentes 150 bytes, 500 bytes de 1460 bytes nas velocidades 7,7 mph (Devagar) e 22,06 mph (Rápida).

As figuras 15, 16 e 17 mostram os gráficos da relação entre dados transferidos em MB x segundo. A figura 15 mostra os dados transferidos do dispositivo Banana PI, foi observada semelhança entre os gráficos, como esperado, a quantidade de dados transferidos aumenta conforme aumenta o tamanho do pacote, já o tempo de contato entre as duas velocidades é diferente por ser inversamente proporcional à velocidade. As figuras 16 e 17 dos dispositivos Jetson e *Raspberry*, respectivamente, também possuem as mesmas características do gráfico da figura 15, ou seja, o tempo de contato menor na velocidade rápida e tempo de contato maior na velocidade devagar.

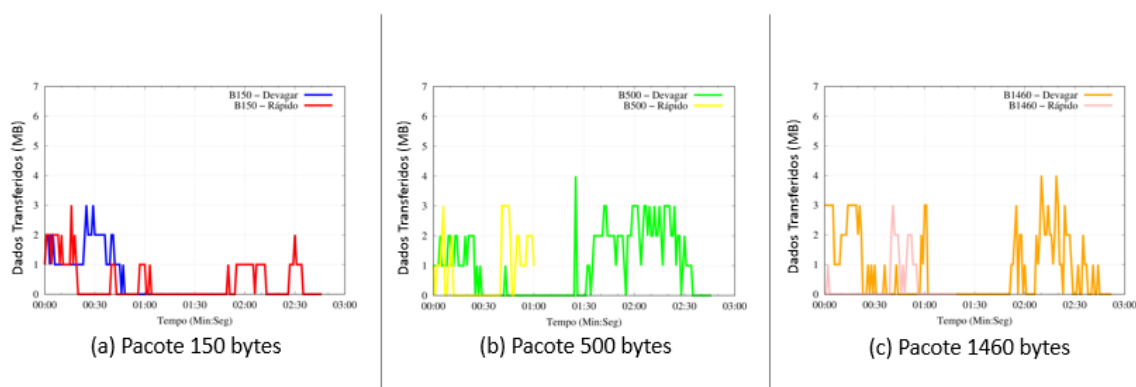


Figura 15: Dados transferidos com o dispositivo Banana PI

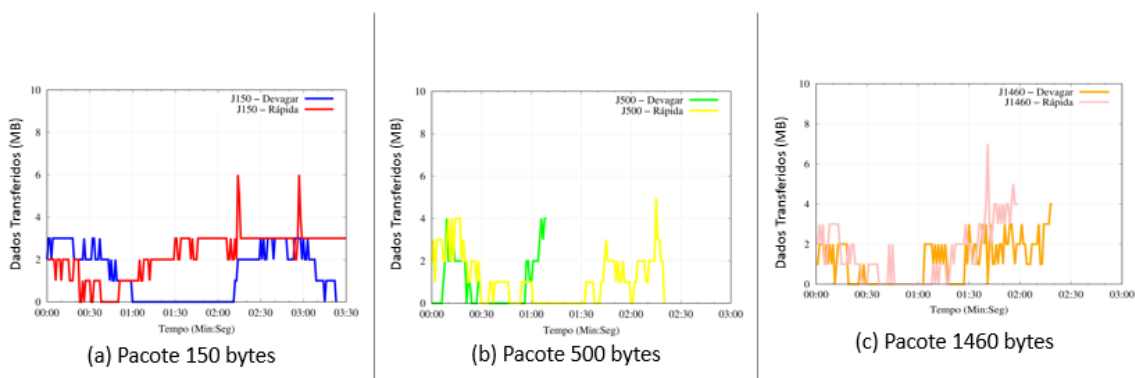
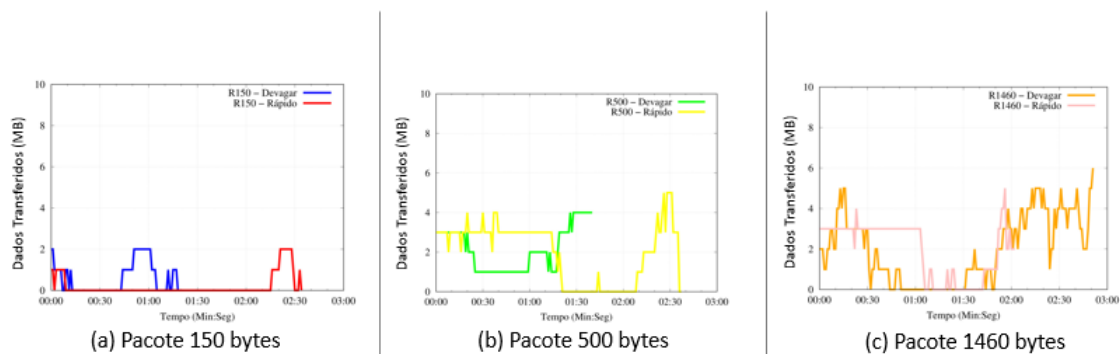


Figura 16: Dados transferidos com o dispositivo Jetson**Figura 17:** Dados transferidos com o dispositivo Raspberry

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise experimental do desempenho da capacidade de comunicação entre os dispositivos de IoT (Raspberry Pi, LoRa, Jetson Nano e Banana Pi) com o roteador no lago do Catalão - Rio Negro, utilizando o padrão de comunicação sem-fio IEEE 802.11 n. Com as velocidades praticadas pelas embarcações na região mostra-se que é possível realizar a transferência de dados em função do tempo de contato dos barcos da ordem de grandeza de MegaBytes.

Desta forma, é possível o desenvolvimento de aplicações e serviços que se utilizem do contato entre as embarcações que fazem viagens aos municípios amazonenses, produzindo desenvolvimento e modernização ao estado. Como trabalhos futuros, pretende-se avaliar a capacidade de transmissão de dados do protocolo IEEE 802.11p entre as embarcações na calha do rio e variar a distância entre a embarcação e o roteador, analisando a quantidade de dados transferidas durante o contato e o tempo de contato, por meio de experimentos práticos.

REFERÊNCIAS

ALVES, R., CAMPBELL, I., COUTO, R., et al. “Redes Veiculares: Princípios, Aplicações e Desafios”. In: Minicursos do XXVII SBRC, pp. 199–254, maio 2009.

ZHANG, Z. “**Routing In Intermittently Connected Mobile Ad Hoc Networks And Delay Tolerant Networks: Overview and Challenges**”, IEEE Communications Surveys Tutorials, pp. 24–37, mar. 2006.

COUTINHO, M. M., SANTOS, I. M., MATOS, M. “**Desenvolvimento de um Simulador para Redes Orientadas a Plano de Deslocamento Contínuo (CODPON-SIM)**”, Traços (UNAMA), pp. 83–92, jul. 2009.

DOMINGUES, C. **The importance of rivers for the transportation system of the Amazon.** 1a ed. , L. Aragon and M. Clusener-Godt, 2004.

COMER, Douglas. **Interligação de Redes com TCP/IP–: Princípios, Protocolos e Arquitetura.** Elsevier Brasil, 2016.

ZHAO, Cheah Wai; JEGATHEESAN, Jayanand; LOON, Son Chee. **Exploring iot application using raspberry pi.** *International Journal of Computer Networks and Applications*, v. 2, n. 1, p. 27-34, 2015.

James F. Kurose; Keith W. Ross – **Redes de Computadores ea Internet: Uma Abordagem Top-Down** Pearson São Paulo; 5a Edição; 2010; ISBN: 978-85-88639-97-3.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. **Situaçãooao da Banda Larga no Brasil.** Teleco e SindiTelebrasil, acesso Outubro 2022.Disponível em : <http://www.telebrasil.org.br>.

CENSO DA FAS E UNICEF REVELA QUE 97% DAS COMUNIDADES RIBEIRINHAS NÃO TEM ACESSO A INTERNET, acesso Novembro 2022. Disponível em: <https://fas-amazonia.org>

Crescimento da internet desacelera e 2,7 bilhões ficam fora da rede, acesso Novembro 2022. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/09/1801381>

CRIATIVIDADE À BRASILEIRA: O JEITINHO PARA DRIBLAR CRISES, acesso

Novembro 2022. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/index.php/pensamentorealidade/article>

Bahga & Madisetti, © 2015 - **Internet of Things - A Hands-On Approach**,
Chapter-1: Introduction to Internet of Things, Published August 9, 2014.

KURNIAWAN, Agus. **IoT Projects with NVIDIA Jetson Nano**. 2021.

DELAFONTAINE, Victor et al. **Drone-aided localization in LoRa IoT networks**. In:
2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE,
2020. p. 286-292.

GALKIN, Pavlo; GOLOVKINA, Lydmila; KLYUCHNYK, Igor. **Analysis of
single-board computers for IoT and IIoT solutions in embedded control
systems**. In: 2018 **International Scientific-Practical Conference Problems of
Infocommunications**. Science and Technology (PIC S&T). IEEE, 2018. p. 297-302.

FONTENELLE, André. Metodologia científica: **Como definir os tipos de pesquisa
do seu TCC?** 2017. 2017.

FONTENELLE, Andre. **Metodologia científica: Como definir os tipos de pesquisa
do seu TCC**. Acervo Digital. Disponível em: <https://www.andrefontenelle.com.br/tipos-depesquisa/>.

Metodologia científica: Como definir os tipos de pesquisa do seu TCC?, acesso
novembro 2022, Disponível em: <https://andrefontenelle.com.br/tipos-de-pesquisa>

Projeto de pesquisa por André Fontenelle, acesso novembro 2022, Disponível
em: <https://andrefontenelle.com.br/projeto-de-pesquisa>

SILVEIRA, D. T.; CORDOVA, F. P. Unidade 2 - **A pesquisa científica**. In: **Tatiana
Engel Gerhardt; Denise Tolfo Silveira**. (Org.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre:
Editora da UFRGS, 2009, v., p. 31-42.

DOS SANTOS, Alyson de Jesus et al. **Análise da Capacidade de uma Rede
Tolerante a Atrasos e Desconexões na Bacia Hidrográfica Amazonense**.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.
Apostila.

Protocolos de Rede: O Que São, Como Funcionam e Tipos de Protocolos de Internet, acesso novembro 2022, Disponível em:
<https://www.weblink.com.br/blog/tecnologia>

Arquitetura TCP/IP: conceitos básicos, acesso novembro 2022, Disponível em:
<https://esr.rnp.br/administracao-e-projeto-de-redes/arquitetura-tcp-ip>

DINIZ, Pedro Henrique; JUNIOR, Nilton Alves. Ferramenta IPERF: geração e medição de Tráfego TCP e UDP. **Notas Técnicas**, v. 4, n. 2, 2014.

BOTH, David. Remote Access with SSH. In: **Using and Administering Linux: Volume 3**. Apress, Berkeley, CA, 2020. p. 67-86.

Carissimi, Alexandre da S., J. Rochol, L. Granville. . **Redes de Computadores**. Bookman, 2009

MICHEL, Germano Veit. **Estudo de mecanismos FEC para transmissão confiável em UDP**. 2010.

Best Performing and Most Reliable LoRa Sensors, acesso janeiro 2023, Disponível em:
<https://sensing-labs.com/f-a-q/a-good-radio-level/>