

António Armando Matafene

Proposta de Utilização das Soluções Padronizadas de QoS na Rede Wi-Fi da UPNet

Licenciatura em Informática

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2022

António Armando Matafene

Proposta de Utilização das Soluções Padronizadas de QoS na Rede Wi-Fi da UPNet

Monografia Científica apresentada ao Departamento de Informática, Faculdade de Engenharia e Tecnologias – FET, UP-Maputo, para obtenção do grau académico de Licenciatura em Informática.

Supervisor:

MSc. José Luís Sambo

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2022

Índice

Lista de Figuras	vii
Lista de Abreviaturas	ix
Declaração.....	x
Dedicatória.....	xi
Agradecimentos	xii
Resumo	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Problematização.....	2
1.2. Motivação	2
1.3. Objectivos	3
1.3.1. Geral:.....	3
1.3.2. Específicos:	3
1.4. Metodologia.....	3
1.4.1. Tipos de Pesquisa.....	3
1.4.2. Técnicas de Recolha de Dados.....	3
1.4.3.1. Etapas da metodologia <i>Design Science</i>	5
1.4.4. Estratégias de pesquisa.....	6
1.5. Delimitações do trabalho	7
1.6. Estrutura do trabalho.....	7
2. Referencial Teórico	8
2.4. Framework	8
2.5. Redes de computadores.....	8
2.6. Wireless.....	8
2.7. Internet	8
2.8. Quality of Service (QoS)	8
2.8.1. Requisitos de qualidade de serviço (QoS).....	8
2.8.2. Parâmetros de QoS	9
2.9. Modelos de QoS.....	9
2.9.1. Serviços Integrados	9

2.9.2.	Serviços Diferenciados.....	9
2.10.	Redes Definidas por Software.....	10
2.10.1.	Características das redes SDN.....	11
2.10.2.	Arquitetura das Redes Definidas por Software	11
2.10.3.	Comparação entre as redes do modelo tradicional e o modelo SDN	12
2.11.	Protocolo OpenFlow	13
2.11.1.	Arquitetura básica do OpenFlow	13
2.11.2.	Funcionamento do protocolo OpenFlow	14
2.12.	Controlador SDN.....	15
2.12.1.	Principais controladores SDN	15
2.12.1.1.	NOX.....	15
2.12.1.2.	Floodlight.....	15
2.12.1.3.	OpenDaylight.....	15
2.12.1.4.	Open vSwitch Controller	15
2.12.1.5.	POX	16
2.12.1.6.	Ryu.....	16
2.13.	Emulador de redes SDN.....	16
2.13.1.	Mininet	16
2.13.2.	Mininet-WiFi.....	16
3.	Caso de Estudo	17
3.4.	Descrição do Local	17
3.5.	Modelo actual do estado da rede Wi-Fi da UPNet	17
3.6.	Limitações do Modelo Actual.....	18
4.1.	Modelo proposto para rede Wi-Fi da UPNet	18
4.1.1.	Dedução da fórmula geral para cálculo de largura.....	19
4.1.2.	Apresentação da fórmula geral.....	20
4.1.3.	Validação da fórmula	20
4.1.4.	Etapas da validação da fórmula.....	21
4.1.5.	Configuração de largura de banda.....	21
4.1.6.	Dispositivos conectados na rede	22
4.1.7.	Endereços IPs reservados e seus respectivos dispositivos.	22

4.1.8.	Gestão de largura de banda para cada dispositivo através do seu endereço IP.....	22
4.1.9.	Resultados de teste de velocidade do laptop 1 (IP 192.168.1.100).....	23
4.1.10.	Resultados de teste de velocidade do laptop 2 (IP 192.168.1.102).....	23
4.1.11.	Resultados do teste de velocidade do smartphone (IP 192.168.1.101).....	24
5.	Ambiente de simulação do modelo SDN	24
5.1.	Requisitos mínimos de Mininet	24
5.2.	Requisitos mínimos do controlador OpenDaylight.....	24
5.3.	Controlador OpenDaylight com Mininet em ambiente de simulação	24
5.3.1.	Inicialização do controlador OpenDaylight	25
5.3.2.	Integração do controlador OpenDaylight com Mininet	25
5.3.3.	Verificar os enlaces da rede	26
5.3.4.	Verificar os endereços lógicos dos dispositivos da rede	26
5.3.5.	Testar a conectividade da rede através do comando ping	26
5.3.6.	Ambiente gráfico do controlador OpenDaylight.....	27
5.3.7.	Visualização da rede.....	27
5.4.	Quadro das recomendações para a implementação do framework no ambiente real rede Wi-Fi da UPNet.....	28
5.4.1.	Fórmula padronizada para calcular a largura de banda.....	28
5.4.2.	Modelo de rede SDN.....	28
5.4.3.	Controlador OpenDaylight.....	29
5.4.3.1.	Criação de usuários.....	29
5.4.3.2.	Adicionar as rotas estáticas.....	30
5.4.3.3.	Adicionar os dispositivos openflow (router, switch e access point) no controlador ..	31
5.4.3.4.	Tabela de fluxo	32
5.4.3.5.	Configuração de tabela de fluxo.....	33
5.4.4.	Topologia proposto para o ambiente real da rede Wi-Fi da UPNet.....	35
6.	Considerações Finais, Recomendações e Limitações.....	36
6.1.	Recomendações.....	37
6.2.	Limitações.....	37
7.	Referências bibliográficas	38
	Apêndice	41

Apêndice A: Instalação do Mininet no Ubuntu Server 16.04.....	41
Apêndice B: Instalação do controlador OpenDaylight no Ubuntu server 16.04	41
Apêndice C: Resultados do formulário dirigido aos estudantes da UP Maputo sobre o estágio actual da rede Wi-Fi UPNet	41
Apêndice D: Guião de entrevista para a direcção do CIUP sobre o estágio actual da rede Wi-Fi da UPNet.....	45

Lista de Figuras

Figura 2: Apresentação do fluxo das actividades	4
Figura 1: Metodologia Geral da Estratégia de Design Science	5
Figura 3: Estrutura geral do funcionamento de uma rede SDN.....	10
Figura 4: Arquitectura de Redes Definidas por Software Fonte: (ONF, 2014).....	12
Figura 5: Comparação entre o modelo tradicional de rede e o modelo SDN	13
Figura 6: Arquitectura básica do OpenFlow	14
Figura 7: Campus de UP-Lhanguene, localizada na Avenida do Trabalho, Maputo, Moçambique	17
Figura 8: Modelo actual- rede tradicional.....	18
Figura 9: Modelo proposto- rede SDN	19
Figura 10: Etapas da validação da fórmula.....	21
Figura 11: Configuração de largura de banda.....	21
Figura 12: Resultado do teste da velocidade do link total	22
Figura 13: Lista dos dispositivos conectados na rede.....	22
Figura 14: Reserva dos endereços IPs e seus respectivos dispositivos, através de Mac Address	22
Figura 15: Regras para gestão de largura de banda	23
Figura 16: Resultado de teste de velocidade.....	23
Figura 17: Resultado de teste de velocidade.....	23
Figura 18: Resultado de teste de velocidade.....	24
Figura 19: Tela de inicialização do controlador OpenDaylight.....	25
Figura 20: Integração do controlador OpenDaylight com Mininet	25
Figura 21: Enlaces da rede	26
Figura 22: Endereços lógicos dos dispositivos da rede	26
Figura 23: Teste da conectividade da rede através do comando ping.....	26
Figura 24:Tela de login.....	27
Figura 25: Visualização da rede.....	27
Figura 26: Criação de usuários	29
Figura 27: Adicionar as rotas estáticas	30
Figura 28: Adicionar os dispositivos openflow	31
Figura 29: Tabela de fluxo	32

Figura 30: Tabela de fluxo - switch1 para host2 e switch2 para host1	33
Figure 31: Tabela de fluxo - host1 para switch2 e host2 para switch1	34
Figura 32: Topologia do modelo SDN proposto para rede Wi-Fi da UPNet.....	35
Figura 33: Número de percentagem dos cursos dos estudantes participados	42
Figura 34: Percentagem do 2ano a 5ano de número dos estudantes participados	42
Figura 35: Percentagem do sexo masculino e feminino dos estudantes participados.....	42
Figura 36: Campus Universitários	42
Figura 37: Percentagem dos estudantes com e sem acesso a internet da rede Wi-Fi da UPNet... 43	
Figura 38: Dispositivos usados pelos estudantes para o acesso a internet no Campus.....	43
Figura 39: Meio de acesso a internet usado pelos estudantes no Campus com muita frequência 43	
Figura 40: Observações dos estudantes em relação a qualidade de internet da rede Wi-Fi da UPNet	44
Figura 41: Tipos de conteúdos pesquisados na rede Wi-Fi da UPNet pelos estudantes.....	44
Figura 42: Cobertura do sinal da rede Wi-Fi da UPNet.....	44
Figura 43: Velocidade do sinal de internet da rede Wi-Fi da UPNet	44
Figura 44: Serviço de handoff na rede Wi-Fi da UPNet.....	45
Figura 45: Motivos dos estudantes que não tem acesso a internet da rede Wi-Fi da UPNet.....	45

Lista de Abreviaturas

AP - Access Point

API - Application Programming Interface

CIUP - Centro de Informática da Universidade Pedagógica

DiffServ - Differentiated services

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

DNS - Domain Name System

IETF - Internet Engineering Task Force

IP - Internet Protocol

IntServ - Integrated services

LAN - Local Area Networks

Mbps - Megabit por segundo

ONF - Open Networking Foundation

QoS - Quality of Service

RADIUS - Remote Authentication Dial-In User Service

SDN - Software Defined Network

TCP - Transmission Control Protocol

UP - Universidade Pedagógica

Declaração

Declaro que esta Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, 21 de Setembro de 2022

(António Armando Matafene)

Dedicatória

Este trabalho é dedicado aos meus pais Armando Matafene e Urraca Lucas Muhatuque, pelo apoio nesta jornada académica.

Agradecimentos

É com grande contentamento e reconhecimento que também agradeço a todos que tornaram possível a realização deste trabalho. Sem ignorar ou reduzir os esforços de todos aqueles que me tem ajudado até aqui, pretendo destacar as seguintes individualidades:

Meus pais Armando Matafene e Urraca Lucas Muhatuque por terem investido tempo e recursos variados na minha formação, mas sobretudo por terem acreditado em mim sem medidas.

Aos meus queridos irmãos, por terem estado comigo nos momentos altos e baixos deste percurso académico.

Ao meu supervisor desta Monografia, pela paciência, confiança, apoio, encorajamento e completa disponibilidade em todos os momentos deste trabalho.

A Direcção do CIUP por se ter disponibilizado em facilitar o processo de recolha de dados durante o trabalho de campo.

Os docentes do Departamento de Informática, pelo empenho e competência no acompanhamento do processo de aprendizagem ao longo da minha formação académica.

Aos meus colegas do curso de informática, pela amizade e troca de conhecimento ao longo da nossa formação.

E por fim agradeço a todos que contribuíram na minha formação académica e pessoal, embora não mencionados aqui, muito obrigado.

Resumo

A QoS (*Quality of Service*) é um elemento fundamental necessária para transformar a Internet em uma infra-estrutura capaz de proporcionar vários tipos de serviços aos usuários. Este trabalho consiste no desenvolvimento de Framework baseado em padrões de QoS que incluem, o uso do modelo SDN (*Software Defined Network*) e uma fórmula padronizada de cálculo de largura de banda para a rede Wi-Fi da UPNet. O objectivo do Framework é de disponibilizar padrões de QoS que irão melhorar a qualidade do serviço de fornecimento da internet na rede Wi-Fi da UPNet. Para o desenvolvimento do modelo SDN, usou-se o emulador Mininet, integrado ao controlador OpenDaylight e foram feitos alguns testes em ambiente virtualizado, de modo a demonstrar o funcionamento do modelo.

Palavras-chave: Framework, Quality of Service (QoS), Software Defined Network (SDN), OpenFlow.

Abstract

QoS (*Quality of Service*) is a fundamental element necessary to transform the Internet into an infrastructure capable of providing various types of services to users. This work consists of the development of a Framework based on QoS standards that include the use of the SDN (*Software Defined Network*) model and a standardized formula for calculating bandwidth for the UPNet Wi-Fi network. The purpose of the Framework is to provide QoS standards that will improve the quality of the internet supply service on the UPNet Wi-Fi network. For the development of the SDN model, the Mininet emulator was used, integrated with the OpenDaylight controller, and some tests were carried out in a virtualized environment, in order to demonstrate the functioning of the model.

Keywords: Framework, Quality of Service (QoS), Software Defined Network (SDN), OpenFlow.

Capítulo 1

1. Introdução

Actualmente, Internet é um serviço fundamental na vida de pessoas em todo o mundo. Devido a demanda das aplicações, como multimédias interactivas, verifica-se que em países subdesenvolvidos o serviço não satisfaz a demanda de utilizadores. Portanto a qualidade do serviço de internet poderá ser satisfatória para o utilizador quando se obedece alguns parâmetros de *Quality of Service* (QoS).

Segundo a ISO, QoS é definida como o efeito colectivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário do serviço (ISO, 1995). Essa definição é bastante genérica e deve ser melhor definida para o problema específico que se deseja tratar.

Em redes de computadores, QoS é utilizado para definir tanto o desempenho de uma rede relativa às necessidades das aplicações, quanto ao conjunto de tecnologias que possibilitam a rede oferecer garantias de desempenho (Teitelman, 1998).

A internet é hoje uma ferramenta indispensável no Processo de Ensino e Aprendizagem (PEA), os seus serviços podem proporcionar interação efectiva entre os intervenientes do PEA. O uso pedagógico desse recurso poderá possibilitar ao professor e ao aluno uma nova forma de construção de conhecimento no processo.

Segundo Marques & Caetano (2002 p.158) para a educação, a Internet pode ser considerada a mais completa, abrangente e complexa ferramenta de aprendizado. Podemos, através dela, localizar fontes de informação que, virtualmente, nos habilitam a estudar diferentes áreas de conhecimento. Neste contexto, a rede Wi-Fi da UPNet, nome atribuído a rede wireless da Universidade Pedagógica, foi criada para fins académicos, de modo a facilitar aos estudantes o acesso de informação durante as pesquisas académicas.

Este trabalho tem como principal objectivo desenvolver padrões para melhorar a qualidade do serviço de fornecimento da internet na rede Wi-Fi da UPNet.

1.1. Problematização

A rede Wi-Fi da UPNet foi criada para fins académicos, administrada pelo Centro de Informática de Universidade Pedagógica de Maputo. Para a operacionalização efectiva, este serviço é garantido através dos fundos do Orçamento Geral do Estado com a comparticipação simbólica dos estudantes mediante o pagamento de uma taxa no processo da inscrição semestral para o uso de serviços tecnológicos como Plataformas, Internet, entre outros, de modo a concretizar as suas pesquisas académicas.

A QoS é um elemento muito indispensável em rede desta dimensão, onde o fluxo de diferentes tipos de dados acedidos em simultâneo é maior. No entanto, baseando-se na observação feita pelo autor durante a sua frequência no campus da UP-Maputo ao longo dos quatro (4) anos da fase curricular de frequência do curso e dos resultados do inquérito dirigido aos estudantes da UP Maputo sobre o estágio actual do sinal de internet na rede Wi-Fi da UPNet conforme apêndice C, constata-se que apresenta baixa qualidade do serviço da internet fornecida aos seus utilizadores, o que consequentemente tem contribuído de forma negativa durante a formação dos estudantes e das suas expectativas em relação qualidade do serviço. Face a isto, levanta-se a seguinte questão: “Que factores influenciam na baixa qualidade da internet fornecida pela rede Wi-Fi da UPNet”?

1.2. Motivação

Do ponto de vista de uma rede, a associação dos padrões da QoS visa dar tratamento diferenciado a fluxos de tráfego com características e requisitos diferentes e providenciar diferentes níveis de garantia de entrega (largura de banda, atraso, perdas) de forma consistente e previsível. Uma rede que suporta QoS, dispõe-se de um conjunto de mecanismos que lhe permitem satisfazer diferentes requisitos de tráfego e de serviço colocados por elementos da rede.

Neste contexto, a presente pesquisa é sustentada pelas seguintes linhas motivacionais: (i) pessoal, o autor tem grande interesse com a QoS (*Quality of Service*), visto que é uma área que vai lhe auxiliar muito no desenvolvimento de diversos projectos do seu ramo de formação - Engenharia de Redes, (ii) institucional, disponibilizar padrões de QoS ao CIUP que irão melhorar a qualidade do serviço de fornecimento da internet e (iii) social, a incorporação desses padrões permitirá que a internet fornecida pela rede Wi-Fi da UPNet possa corresponder com eficácia as necessidades

dos estudantes no que concerne ao acesso de informação na realização das pesquisas académicas durante a sua formação.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral:

- Desenvolver padrões para a melhoria da qualidade do serviço de fornecimento da Internet na rede Wi-Fi da UPNet.

1.3.2. Específicos:

- Analisar o estágio actual do sinal de internet na rede Wi-Fi da UPNet;
- Desenhar um Framework com base em padrões da QoS para a rede Wi-Fi da UPNet;
- Realizar uma experiência com o Framework desenvolvido virtualmente e;
- Propor um quadro de recomendações para a implementação do framework no ambiente real da rede Wi-Fi da UPNet.

1.4. Metodologia

1.4.1. Tipos de Pesquisa

O tipo de pesquisa a ser usada neste trabalho, quanto a natureza é aplicada, sendo que gera um conhecimento para aplicação prática dirigido à solução de problemas específicos, com base nos passos da metodologia *Design Science*, quanto a abordagem é quali-quantitativo que é a combinação da pesquisa qualitativa e quantitativa e quanto aos procedimentos científicos será uma revisão bibliográfica.

Para Vaishnavi e Kuechler (2004), a *Design Science* é um método de pesquisa que envolve a análise do uso e desempenho de artefactos projectados para compreender, explicar e melhorar o comportamento de determinados aspectos na área de sistemas de informação.

De acordo com Simon (1996), a *Design Science* envolve um paradigma de pesquisa pragmático que busca a criação de artefactos inovadores para solucionar problemas do mundo real.

1.4.2. Técnicas de Recolha de Dados

Para o alcance dos objectivos preconizados neste trabalho, recorreu-se as seguintes técnicas de recolha de dados:

- (i) Entrevista padronizada que consistiu em fazer uma série de perguntas aos profissionais do CIUP, com objectivo de obter informações relacionadas sobre o funcionamento e a gestão da rede Wi-Fi UPNet,
- (ii) Observação que consistiu em ver, ouvir e examinar os factos do estágio actual da rede Wi-Fi UPNet,
- (iii) Questionário fechado dirigido à cerca de 200 estudantes da UP Maputo de diferentes áreas de formação/cursos, com finalidade de colher informações em relação a qualidade do sinal de internet da rede Wi-Fi da UPNet e,
- (iv) Análise documental, que consistiu em analisar os documentos que irão fundamentar dados da presente pesquisa.

1.4.3. Fluxo das actividades

O fluxo das actividades para a obtenção dos resultados esperados deste trabalho, foram sustentados pelos passos da metodologia de pesquisa *Design Science*.

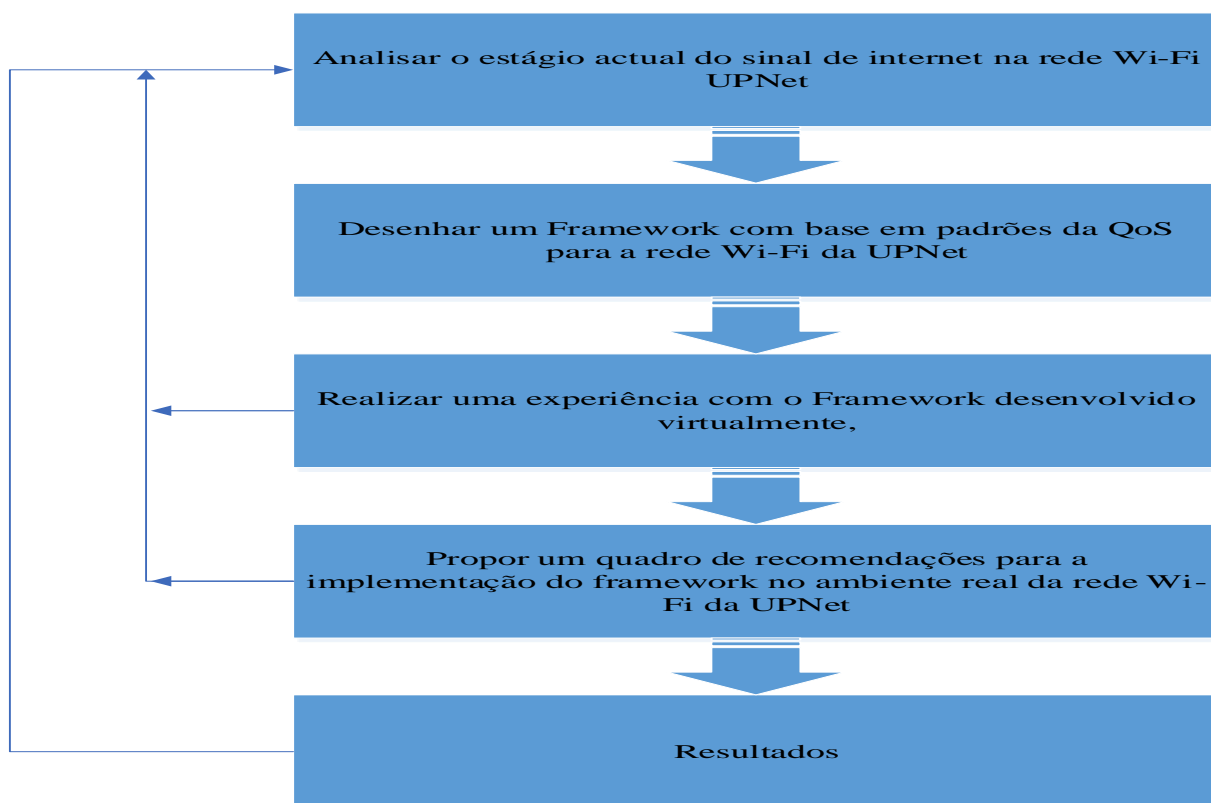


Figura 1: Apresentação do fluxo das actividades

Fonte: Autor, baseado no método *Design Science* - Manson (2006).

1.4.3.1. Etapas da metodologia *Design Science*

Segundo Manson (2006), a metodologia de *Design Science* compreende as etapas:

- **Entendimento ou conscientização do problema:** o processo de investigação começa quando o pesquisador toma conhecimento de um problema ou oportunidade de pesquisa;
- **Sugestões:** durante a etapa de sugestão, elabora um ou mais modelos de tentativa para a resolução do problema.
- **Desenvolvimento:** nesta etapa, o pesquisador construirá um ou mais artefactos. As técnicas utilizadas variam, dependendo do artefacto a ser construído.
- **Avaliação:** uma vez construído, o artefacto deve ser avaliado em função dos critérios que estão implícitos ou implicitamente contidos na proposta.
- **Conclusões:** nesta fase são consolidados e registrados os resultados da pesquisa.

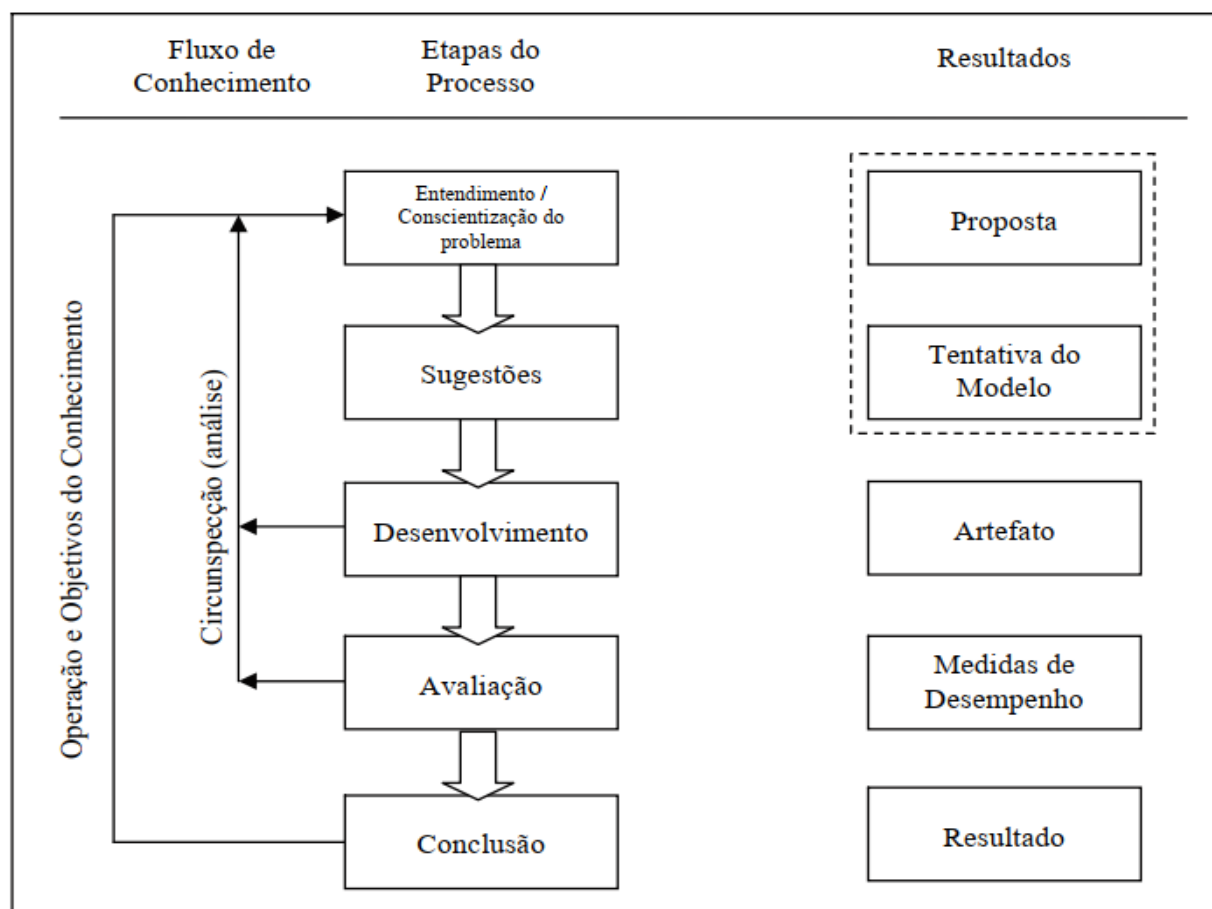


Figura 2: Metodologia Geral da Estratégia de *Design Science*

Fonte: Manson (2006)

1.4.4. Estratégias de pesquisa

De modo atingir os objectivos da presente pesquisa, o autor apresenta as seguintes estratégias:

- **Analisar o estágio actual do sinal de internet na rede Wi-Fi da UPNet**, nesta etapa autor fez um estudo exploratório da rede Wi-Fi da UPNet, recorrendo aos seguintes instrumentos: (i) revisão literária, consistiu na consulta das políticas criadas na rede UPNet, (ii) observação individual, que consistiu em fazer uma análise no período de 2 meses de forma a confrontar os resultados qualitativos com as constatações encontradas no período de 2015-2018 durante a fase curricular do seu curso, (iii) inquérito fechado, o autor administrou um inquérito via Google forms com os estudantes da UP-Maputo de diferentes cursos, o objectivo deste inquérito foi de colher as sensibilidades dos estudantes em relação a eficácia, acessibilidade e disponibilidade do sinal de internet da rede Wi-Fi da UPNet. Os estudantes partilharam as suas experiências como utilizadores da rede Wi-Fi da UPNet, conteúdos pesquisados dentro da rede, qualidade e cobertura do sinal da rede e alguns motivos que influenciam o não uso da rede Wi-Fi da UPNet pelos estudantes. Este inquérito foi administrado aos estudantes do 2 á 5 ano de diferentes cursos da UP-Maputo excepcionalmente do campus universitário de Lhanguene. Foram excluídos do processo todos estudantes do 1 ano para não trazerem percepções prematuras ao processo, (iv) entrevista padronizada, com vista a sua concretização foram entrevistados os profissionais do CIUP em relação aos seguintes conteúdos: provedor de internet e meio físico de conexão, largura de banda do link e sua atribuição a cada estudante, cobertura do sinal da rede Wi-Fi da UPNet, gestão da rede Wi-Fi da UPNet e desafios da direcção e profissionais CIUP na rede Wi-Fi da UPNet.
- **Desenhar um Framework com base em padrões da QoS para a rede Wi-Fi da UPNet** - nesta etapa o autor baseou-se nos seguintes instrumentos: (i) revisão literária, pesquisas em diferentes fontes de modo a identificar melhor solução do problema, foi uma revisão direccionada a exploração de diferentes padrões de QoS, políticas de implementação de SDN- (*Software Defined Network*) e Framework e (ii) observação individual, foi na base dos factos do estágio actual da rede analisados na etapa anterior que auxiliaram para desenvolvimento dos padrões da QoS virtualmente.
- **Realizar uma experiência com o Framework desenvolvido virtualmente**, (i) com base em estudo de framework, nesta actividade, seleccionou-se uma tecnologia que

responda as necessidades, e com a ferramenta, realizou simulações virtuais de modo a desenvolver os padrões de QoS, (ii) computador, dispositivo pelo qual foi instalado a ferramenta de simulação.

- **Propor um quadro de recomendações para a implementação do framework no ambiente real da rede Wi-Fi da UPNet**, nesta etapa o autor fez apresentação dos impactos do framework resultante da experiência virtual e propor a sua implementação na rede Wi-Fi da UPNet.

1.5. Delimitações do trabalho

O foco do presente trabalho é desenhar padrões aplicáveis e testá-los virtualmente e não a sua implementação. Abre espaço para futuros trabalhos baseando-se nessa abordagem para que outros possam implementar.

1.6. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos onde:

- **Capítulo I:** comporta a visão geral do trabalho, apresentado desde a problematização, justificativa e os objectivos a serem alcançados, metodologia de pesquisa e estratégia de pesquisa;
- **Capítulo II:** aborda o referencial teórico que é a base que sustenta o tema e o problema em questão;
- **Capítulo III:** análise e discussão dos resultados, neste capítulo apresenta-se a proposta da solução;
- **Capítulo IV:** conclusão, recomendações, limitações e referências bibliográficas, neste capítulo é apresentada a conclusão do trabalho, limitações encontradas durante o desenvolvimento do trabalho, recomendações e referências bibliográficas das obras consultadas para a elaboração do trabalho.

Capítulo II

2. Referencial Teórico

2.4. Framework

Segundo Mattsson (2000), um framework é uma arquitectura desenvolvida com o objetivo de atingir a máxima reutilização, representada como um conjunto de classes abstratas e concretas, com grande potencial de especialização.

2.5. Redes de computadores

De acordo com Venturi Filho (2012), redes de computadores são um conjunto de módulos processadores interligados por um sistema de comunicação que permite a troca de informações e o compartilhamento de recursos.

2.6. Wireless

Segundo ENGST & FLSIESHMAN (2005), palavra Wireless significa sem fio, ou seja, são redes cujos cabos são substituídos por ondas de rádio. Sua utilização é muito simples, assim como sua instalação, o que ajuda a proporcionar seu crescente uso nos dias de hoje.

2.7. Internet

Segundo Almeida e Rosa (2000), a internet é um conjunto de redes de computadores interligadas entre si, que são espalhadas pelo mundo inteiro. Todos os serviços disponíveis na internet são padronizados e utilizam o mesmo conjunto de protocolos (TCP/IP).

2.8. Quality of Service (QoS)

Segundo Dantas (2002), pode-se definir QoS como: “Capacidade da rede de fornecer tratamento especial a certos tipos de tráfego previsivelmente”.

2.8.1. Requisitos de qualidade de serviço (QoS)

As necessidades de cada fluxo podem ser caracterizadas por quatro parâmetros principais: confiabilidade, atraso, jitter e largura de banda. Junto, “esses parâmetros definem a qualidade de serviços que o fluxo exige” (LI et al., 2007; TANENBAUM, 2002).

2.8.2. Parâmetros de QoS

Disponibilizar QoS basicamente significa proporcionar garantias de transmissão para certos fluxos de dados. A garantia de transmissão pode ser expressa como a combinação de alguns dos seguintes parâmetros [Fer98]:

- **Atraso:** é o tempo necessário para um pacote ser passado do emissor, através da rede, até o receptor.
- **Variação do atraso (jitter):** é a variação no atraso fim-a-fim. Mesmo com níveis de retardo dentro dos limites aceitáveis, variações acentuadas do retardo podem ter efeitos negativos na qualidade do serviço oferecido a algumas aplicações.
- **Largura de banda:** é a taxa de transmissão de dados máxima que pode ser sustentada entre dois pontos finais.
- **Confiabilidade:** como uma propriedade dos sistemas de transmissão, pode ser vista como a taxa de erros do meio físico. Na Internet, no entanto, protocolos como o TCP consideram que menos de 1% das perdas de pacotes tem causas físicas.

2.9. Modelos de QoS

A IETF (Internet Engineering Task Force) definiu dois modelos de QoS que são muito bem aceites actualmente: Serviços Integrados (IntServ) e Serviços Diferenciados (DiffServ) (CISCO, 2005).

2.9.1. Serviços Integrados

Serviços Integrados (Integrated Services ou IntServ) [Braden, 94] são baseados na reserva de recursos. Para aplicações tempo real, antes dos dados serem transmitidos, as aplicações devem primeiro configurar caminhos e reservar recursos. RSVP (Resource ReSerVation Protocol) é um protocolo de sinalização para configurar estes caminhos e reservar recursos.

2.9.2. Serviços Diferenciados

Devido às dificuldades de implementar e utilizar Serviços Integrados/RSVP, os serviços diferenciados (DS - Differentiated Services ou DiffServ) [Black, 98] foram introduzidos. Neste modelo, os pacotes são marcados diferentemente para criar várias classes de pacotes. Pacotes de classes diferentes recebem diferentes serviços. A meta do DiffServ é definir métodos relativamente

simples (comparados a IntServ) para prover classes diferenciadas de serviço para o tráfego na Internet.

2.10. Redes Definidas por Software

Segundo Rechia (RECHIA, 2014), “o termo SDN - (Software Defined Network) representa um conceito de arquitectura de rede na qual o controle dos fluxos de tráfego é feito por uma entidade independente dos equipamentos que encaminham os fluxos de trafego. Ou seja, a camada de controle é separada da camada de tráfego de dados. O plano de controle, por sua vez, actua de acordo com aquilo que é definido pelas aplicações que utilizam a rede”.

De acordo com Foster et al. (2013), Rede Definida por Software é uma rede onde um controlador centralizado administra uma coleção distribuída de comutadores, permitindo ao programador controlar o comportamento de toda a rede sem precisar acessar directamente cada comutador, em vez disso, o controlador implementa as regras de encaminhamento de pacotes nos comutadores que administra.

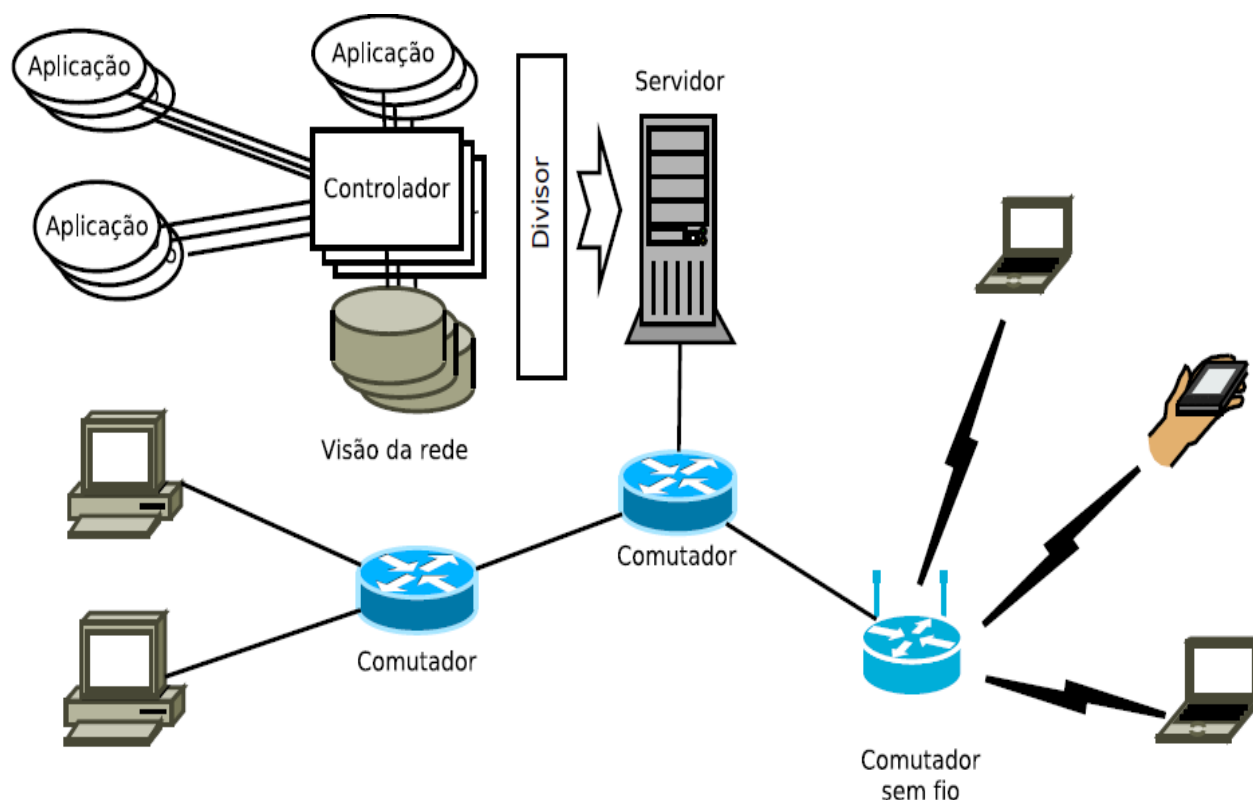


Figura 3: Estrutura geral do funcionamento de uma rede SDN

Fonte: Anderson Coelho Weller - Unicamp

2.10.1. Características das redes SDN

A SDN é uma arquitectura emergente, dinâmica e adaptável que favorece arquitecturas físicas de rede em que a largura de banda é uma exigência constante pela natureza dinâmica das aplicações actuais SDN (ONF, 2016). Como características fundamentais desta arquitectura a ONF elenca:

- **Diretamente programável:** o controlo de rede é diretamente programável pelos administradores. Permite configurar, gerir, proteger e otimizar os recursos da rede através de programas e normas SDN, sem a necessidade de acrescentar nenhuma licença do proprietário dos ativos de rede;
- **Ágil:** porque permite aos administradores ajustar o tráfego da rede de forma a adaptá-lo às necessidades da mudança;
- **Centralmente gerida:** a inteligência lógica da rede é centralizada nos controladores baseados em software, que mantêm uma visão global da rede;
- **Open standards independentes do fabricante:** como é implementada através de padrões abertos de software, a SDN pode vir a simplificar em muito a administração e operação da rede. As instruções são fornecidas pelos controladores de SDN em vez de dispositivos ou protocolos, específicos de fornecedores.

2.10.2. Arquitectura das Redes Definidas por Software

Podemos esquematizar a arquitectura de Redes Definidas por Software por três camadas ou planos distintos (Sezer et al. [2013], Foundation [2013]). Estas camadas podem ser acessadas por APIs abertas: (i) uma camada de aplicação, que consiste nas aplicações de rede que utilizam SDN, (ii) uma camada de controle, que fornece controle consolidado da rede e abstrações para a camada de aplicação e (iii) uma camada de infraestrutura, formada pelos equipamentos de rede que encaminham os pacotes.

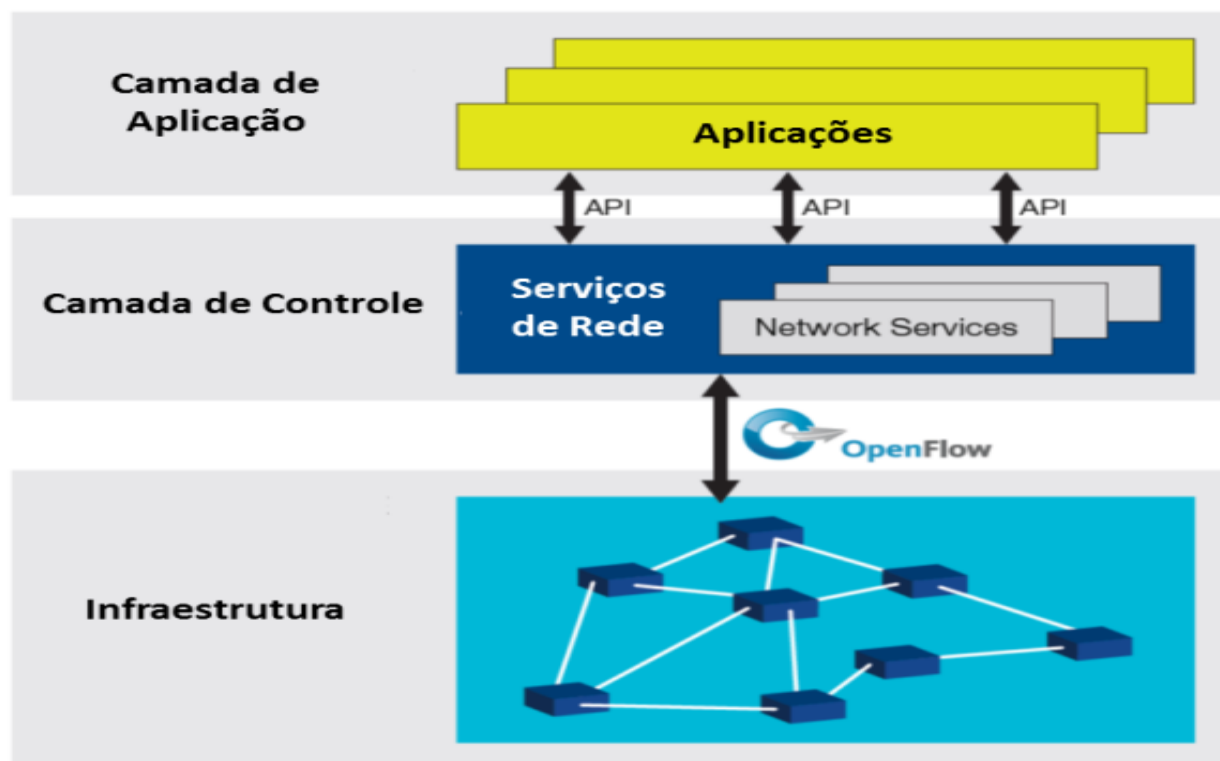


Figura 4: Arquitectura de Redes Definidas por Software

Fonte: (ONF, 2014)

2.10.3. Comparação entre as redes do modelo tradicional e o modelo SDN

No modelo tradicional, em todos os equipamentos nós temos 2 termos conhecidos como plano de dados e plano de controle. Isso quer dizer que em qualquer um dos dispositivos sejam eles firewalls, roteadores, switches ou ponto de acesso sem fio, esses dois planos estão embarcados dentro do firmware de cada um desses equipamentos de maneira unificada.

No modelo de Rede Definida por Software foi possível desmembrar esses o plano de dados e o plano de controle em lugares distintos. Dessa forma foi possível ter a gerência (plano de controle) de todos os dispositivos em um único lugar e a operação (plano de dados) separada funcionando em cada um dos respectivos equipamentos da rede.

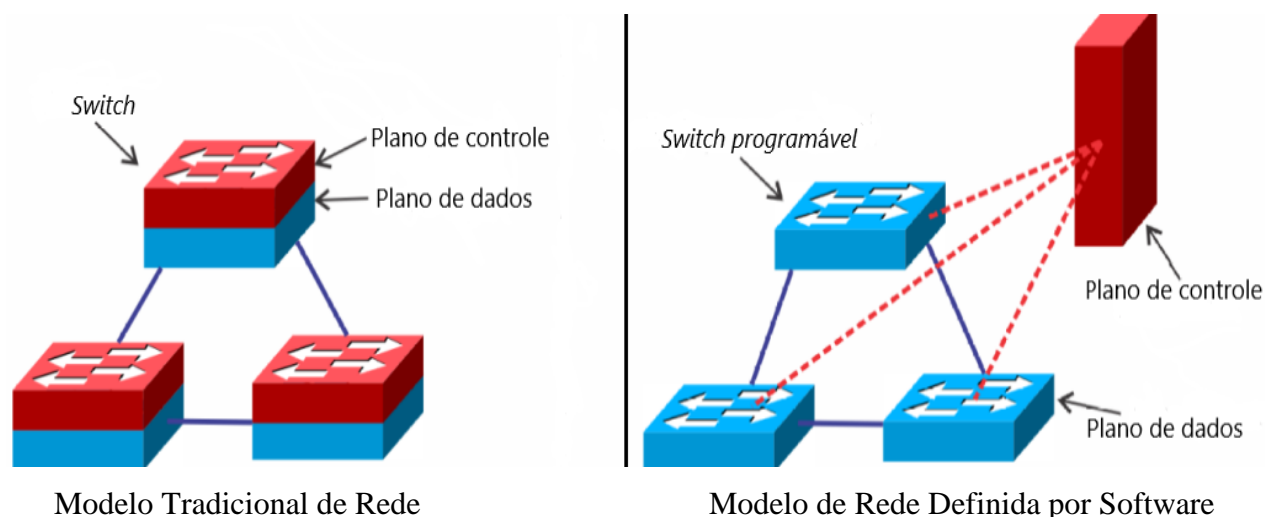


Figura 5: Comparação entre o modelo tradicional de rede e o modelo SDN

Fonte: Adaptado de Nunes et al., [2014]

2.11. Protocolo OpenFlow

De acordo com (McKeown et al., 2008) o protocolo OpenFlow é a primeira interface padrão de comunicação definida entre o controlador e as camadas de encaminhamento de uma arquitetura de Redes Definidas por Software.

Segundo Costa (2013), o OpenFlow é um padrão aberto, composto por uma interface de programação que dá a possibilidade ao administrador da rede de controlar directamente os dispositivos de encaminhamento de pacotes que estão nos elementos da rede.

2.11.1. Arquitectura básica do OpenFlow

Para a implantação de uma rede OpenFlow, se faz necessário que em sua arquitectura estejam associados quatro componentes, são eles: Tabela de fluxos, protocolo OpenFlow, controlador e canal seguro. Os componentes são apresentados a seguir, segundo Rothenberg, et al (2010):

- **Tabela de fluxos** - cada entrada na tabela de fluxos do hardware de rede consiste em regras, ações e contadores.
- **Canal seguro** - ele garante a confiabilidade na troca de informações entre o equipamento de rede e o controlador.
- **Protocolo OpenFlow** - um protocolo aberto para troca de mensagens entre os controladores e os equipamentos de redes.

- **Controlador** - é o software responsável por tomar decisões, adicionar ou remover entradas na tabela de fluxos, de acordo com o objectivo desejado.

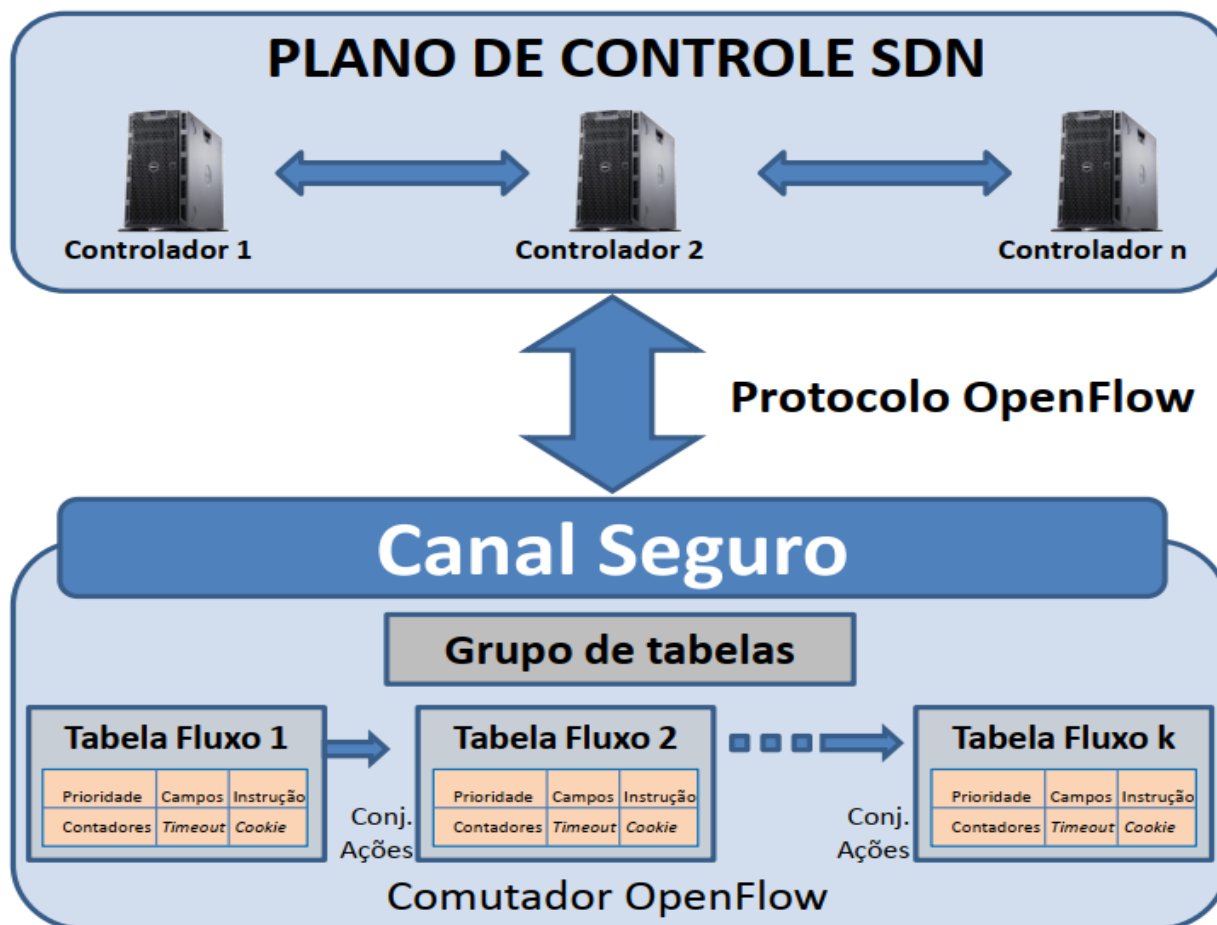


Figura 6: Arquitectura básica do OpenFlow

Fonte: Adaptado de [Jammal et al., 2014, p.78]

2.11.2. Funcionamento do protocolo OpenFlow

Basicamente o protocolo OpenFlow define três ações básicas que podem ser associadas com um padrão de classificação, enumeradas por Comer (2015) como:

- I. **Encaminhar:** essa ação define que os pacotes serão roteados/encaminhados através da rede.
- II. **Encapsular e enviar para o controlador:** o pacote que chega ao switch é encapsulado em uma mensagem Openflow e, é enviado ao controlador.
- III. **Descartar:** todos os pacotes do fluxo serão descartados. Pode ser usado na contenção de ataques de negação de serviço.

2.12. Controlador SDN

É o software responsável por tomar as decisões, adicionar e remover as entradas na tabela de fluxo de acordo com o objectivo desejado. Exerce a função de uma camada de abstracção da infraestrutura física facilitando a criação de aplicações e serviços para o gerenciamento da rede (ROTHENBERG et al, 2010).

2.12.1. Principais controladores SDN

2.12.1.1. NOX

O controlador NOX opera sobre o conceito de fluxo de dados, onde o primeiro pacote é analisado e a tabela de encaminhamento consultada para determinar a política a ser aplicada. O controlador realiza o gerenciamento das regras instaladas nos comutadores fornecendo a base para o gerenciamento de eventos de rede (GUEDES et al, 2012).

2.12.1.2. Floodlight

Floodlight é um controlador SDN capaz de interoperar com comutadores físicos, virtuais e pontos de acesso com suporte ao protocolo OpenFlow, oferece um sistema de carregamento de módulos extensível por linguagem java. Pode lidar com redes mistas OpenFlow e não OpenFlow, sendo capaz também de gerenciar várias sub-redes de comutadores físicos OpenFlow (Big Switch Networks, 2016).

2.12.1.3. OpenDaylight

OpenDaylight é um controlador SDN de código-fonte aberto. Foi criado por uma associação de empresas da indústria de equipamentos e programas de rede. Sua proposta é entregar redes programáveis interoperáveis para os provedores de serviços, empresas, universidades e uma variedade de organizações (FOUNDATION, 2016c).

2.12.1.4. Open vSwitch Controller

O controlador Open vSwitch é um controlador virtual com suporte ao protocolo OpenFlow. Ele é projetado para permitir a automatização de redes através da extensão programática de suas funcionalidades (FOUNDATION, 2016b).

2.12.1.5. POX

O POX é um controlador de rede OpenFlow de código aberto, escrito na linguagem Python. Contém interface OpenFlow e componentes reusáveis para seleção e descoberta de topologias (PRIYADARSINI; BERA; BHAMPAL, 2017).

2.12.1.6. Ryu

O controlador SDN Ryu é um controlador de código fonte aberto, destinado a aumentar a agilidade da rede, tornando mais fácil de gerir e adaptar como o tráfego é tratado. Ele oferece componentes com interfaces de programação de aplicações bem definidas, para os desenvolvedores criarem novas aplicações de gestão de rede e controle (COMUNNITY, 2016).

2.13. Emulador de redes SDN

2.13.1. Mininet

De acordo com Mininet (2016), Mininet é um sistema de prototipagem rápida, cujo principal objetivo é o desenvolvimento rápido de aplicações de controladores OpenFlow. Ele possibilita a emulação de uma rede SDN completa, composta por switches OpenFlow (Open vSwitches), hosts e controladores.

2.13.2. Mininet-WiFi

Segundo Fontes e Rothenberg (2019), o Mininet-WiFi é um emulador desenvolvido na linguagem Python, dando suporte a emulação de redes sem fio e redes sem fio definidas por software.

CAPÍTULO III

3. Caso de Estudo

3.4. Descrição do Local

A Universidade Pedagógica de Maputo é uma instituição de ensino superior que forma professores, técnicos da educação e profissionais de outras áreas.

A rede Wi-Fi da UPNet, nome atribuído a rede wireless da Universidade Pedagógica, é uma rede criada para fins académicos e administrada pelo Centro de Informática de Universidade Pedagógica (CIUP).

O Centro de Informática da Universidade Pedagógica (CIUP) é uma unidade central técnico académica virada para a área de serviços, desenvolvimento e utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação na Universidade Pedagógica. Disponível na internet via <https://www.ciup.up.ac.mz>. Arquivo consultado em 20 de Julho de 2021.



Figura 7: Campus de UP-Lhanguene, localizada na Avenida do Trabalho, Maputo, Moçambique

Fonte: Autor

3.5. Modelo actual do estado da rede Wi-Fi da UPNet

A rede Wi-Fi da UPNet integra os serviços de dados, voz e imagem, onde cada serviço tem o seu tratamento diferenciado e o seu controle de acesso é feito através do servidor RADIUS. Actualmente os gestores da rede ainda não tem uma fórmula padronizada para o cálculo de largura

de banda e também a rede usa o modelo tradicional, em que o plano de dados e de controle estão acoplados no mesmo equipamento.

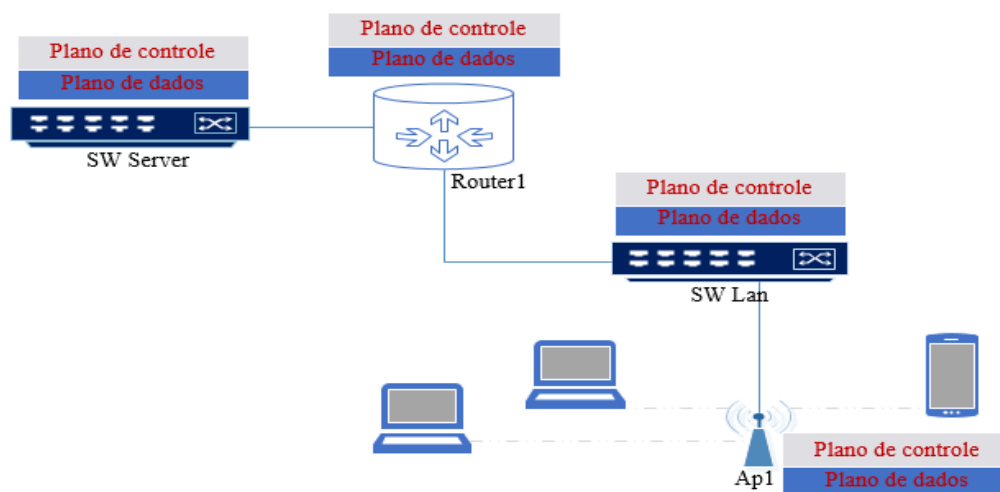


Figura 8: Modelo actual- rede tradicional

Fonte: Autor

3.6. Limitações do Modelo Actual

Quanto as limitações destacam-se as seguintes:

- O número de utilizadores da rede cresce anualmente e a instituição não tem um modelo/forma padrão para calcular a largura de banda necessária para responder eficientemente a demanda.
- O modelo de rede tradicional, o actual da rede Wi-Fi da UPNet apresenta uma arquitectura fechada, implicando o uso de códigos proprietários dos fabricantes na configuração dos elementos da rede.

4.1. Modelo proposto para rede Wi-Fi da UPNet

Para suprir as limitações do modelo actual do funcionamento e gestão da rede, é proposto um Framework baseado em padrões de QoS que incluem, o uso do modelo SDN e uma fórmula padronizada de cálculo de largura de banda para a rede Wi-Fi da UPNet.

O uso da fórmula padronizada irá facilitar aos gestores da rede na gestão de largura de banda de acordo com a demanda da instituição, melhorando a qualidade de fornecimento de internet.

O modelo SDN, garantirá a separação do plano de dados e controle da rede, onde um controlador programável será responsável por gerenciar regras para o encaminhamento dos dados para diversos

dispositivos, assim, o hardware (router e switch) simplesmente fica com a tarefa de encaminhamento de pacotes de forma rápida de acordo com as regras que estão estabelecidas pelo software. A inteligência da rede estará logicamente centralizada em controlador baseado em software (plano de controle).

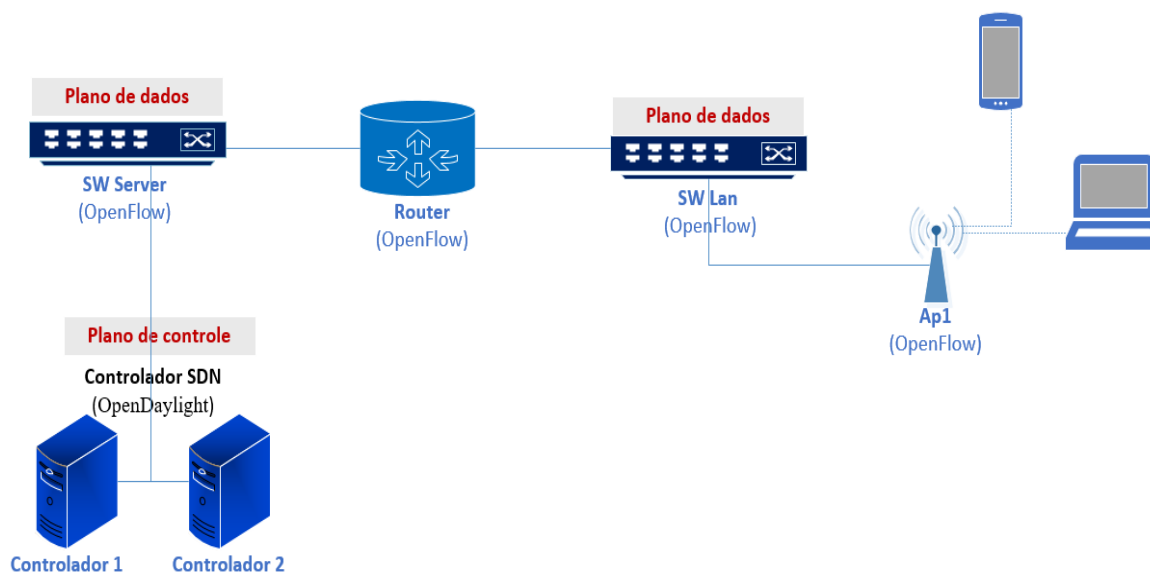


Figura 9: Modelo proposto- rede SDN

Fonte: Autor

4.1.1. Dedução da fórmula geral para cálculo de largura

Opção (a): 1Gigabit = 1000Megabit.

Opção (b): 1Megabit = 1000Kilobit.

Se o valor do link total pretendido for em Gbps usa-se a opção (a), caso for em Mbps é usada a opção (b) e obedecendo as suas devidas conversões.

Exemplo: Considerando uma amostra de 1000 utilizadores onde cada um deve ter 1Mbps, de modo a obter o resultado do seu link total em Gbps, segue-se os seguintes cálculos abaixo:

Dados:

$x = ?$

$y = 1\text{Mbps}$

$z = 1000$

Demonstração:

Baseada da aplicação da regra de 3 simples, um método utilizado para encontrar valores desconhecidos quando trabalha-se com grandezas directa ou inversamente proporcionais.

$$\begin{array}{ccc} 1\text{Gigabit} & \text{—————} & 1000\text{Megabit} \\ & x & y \text{ (1Megabit)} \end{array}$$

$$1\text{Gigabit} \cdot 1\text{Megabit} = x \cdot 1000\text{Megabit}$$

$$x = \left(\frac{1000\text{Megabit} \cdot y}{1000\text{Megabit}} \right) \cdot Z$$

$$x = \left(\frac{1000\text{Megabit} \cdot 1\text{Megabit}}{1000\text{Megabit}} \right) \cdot 1000$$

$$x = 1000\text{Mbps}$$

$$x = 1\text{Gbps}$$

Neste contexto, para que cada um dos 1000 utilizadores tenha 1Mbps, será necessário um total de 1000Mbps que corresponde 1Gbps.

4.1.2. Apresentação da fórmula geral

A partir da dedução demonstrada anteriormente, surge a seguinte fórmula matemática para o cálculo da largura de banda:

$$\boxed{x = \left(\frac{1000\text{Megabit} \cdot y}{1000\text{Megabit}} \right) \cdot Z} \quad \text{ou} \quad \boxed{x = \left(\frac{1000\text{Kilobit} \cdot y}{1000\text{Kilobit}} \right) \cdot Z}$$

4.1.3. Validação da fórmula

Para a validação da fórmula padronizada para o cálculo de largura de banda foram utilizados os seguintes equipamentos: 1 router Huawei modelo B315, 1 Access Point TP Link modelo TL-WR740N, 1 Smartphone e 2 Laptops. De modo a garantir que cada dispositivo conectado no Access Point (1 Smartphone e 2 Laptops) tenha 2Mbps de largura de banda, segue abaixo os cálculos para a largura de banda total necessária.

$$\begin{array}{ccc} 1\text{Megabit} & \text{—————} & 1000\text{Kilobit} \\ & x & y \text{ (2000Kilobit)} \end{array}$$

$$1\text{Megabit} \cdot 2000\text{Kilobit} = x \cdot 1000\text{Kilobit}$$

$$x = \left(\frac{1000\text{Kilobit} \cdot y}{1000\text{Kilobit}} \right) \cdot Z$$

$$x = \left(\frac{1000 \text{Kilobit} \cdot 2000 \text{Kilobit}}{1000 \text{Kilobit}} \right) \cdot 3$$

$$x = 6000 \text{Kbps}$$

$$x = 6 \text{Mbps}$$

Onde:

x = largura de banda total no link.

y = largura de banda para cada utilizador.

z = número total dos utilizadores.

4.1.4. Etapas da validação da fórmula

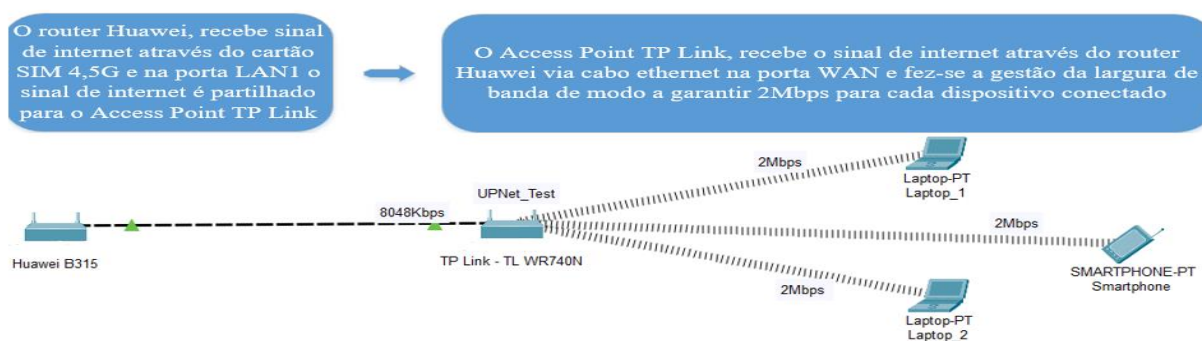


Figura 10: Etapas da validação da fórmula

Fonte: Autor

4.1.5. Configuração de largura de banda

Configuração de largura de banda de Download e Upload no Access Point TP Link, de modo a garantir velocidade de 6Mbps no link.

Status	Bandwidth Control Settings
Quick Setup	
QSS	
Network	
Wireless	
DHCP	
Forwarding	
Security	
Parental Control	
Access Control	
Advanced Routing	
Bandwidth Control	
- Control Settings	
<p>Enable Bandwidth Control: <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Line Type: <input checked="" type="radio"/> ADSL <input type="radio"/> Other</p> <p>Egress Bandwidth: <input type="text" value="8048"/> Kbps</p> <p>Ingress Bandwidth: <input type="text" value="8048"/> Kbps</p> <p style="text-align: center;"><input type="button" value="Save"/></p>	

Figura 11: Configuração de largura de banda

Fonte: Autor

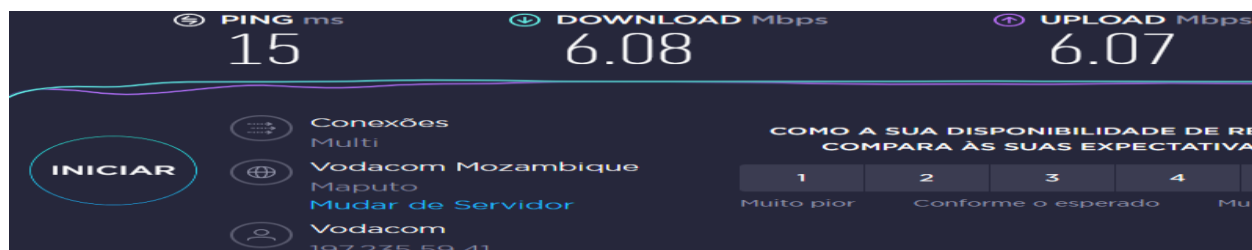


Figura 12: Resultado do teste da velocidade do link total

Fonte: Autor

4.1.6. Dispositivos conectados na rede

Status	DHCP Clients List				
Quick Setup	ID	Client Name	MAC Address	Assigned IP	Lease Time
QSS	1	DESKTOP-RSBKT9E	F4-8C-50-7C-2F-E0	192.168.1.100	Permanent
Network	2	Unknown	50-3D-C6-7A-66-DC	192.168.1.101	Permanent
Wireless	3	VM-LIT08350	C0-3C-59-44-A6-FB	192.168.1.102	Permanent
DHCP					
- DHCP Settings					
- DHCP Clients List					
- Address Reservation					

Figura 13: Lista dos dispositivos conectados na rede

Fonte: Autor

4.1.7. Endereços IPs reservados e seus respectivos dispositivos.

Status	Address Reservation				
Quick Setup	ID	MAC Address	Reserved IP Address	Status	Modify
QSS	1	F4-8C-50-7C-2F-E0	192.168.1.100	Enabled	Modify Delete
Network	2	50-3D-C6-7A-66-DC	192.168.1.101	Enabled	Modify Delete
Wireless	3	C0-3C-59-44-A6-FB	192.168.1.102	Enabled	Modify Delete
DHCP					
- DHCP Settings					
- DHCP Clients List					
- Address Reservation					
Forwarding					

Figura 14: Reserva dos endereços IPs e seus respectivos dispositivos, através de Mac Address

Fonte: Autor

4.1.8. Gestão de largura de banda para cada dispositivo através do seu endereço IP.

Para garantir que cada dispositivo tenha 2Mbps, segue as seguintes regras abaixo:

Bandwidth Control Rules List							
ID	Description	Egress Bandwidth(Kbps)		Ingress Bandwidth(Kbps)		Enable	Modify
		Min	Max	Min	Max		
1	192.168.1.100	1024	2048	2048	2048	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify Delete
2	192.168.1.101	1024	2048	2048	2048	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify Delete
3	192.168.1.102	1024	2048	2048	2048	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify Delete

Now is the page

Figure 15: Regras para gestão de largura de banda

Fonte: Autor

4.1.9. Resultados de teste de velocidade do laptop 1 (IP 192.168.1.100)

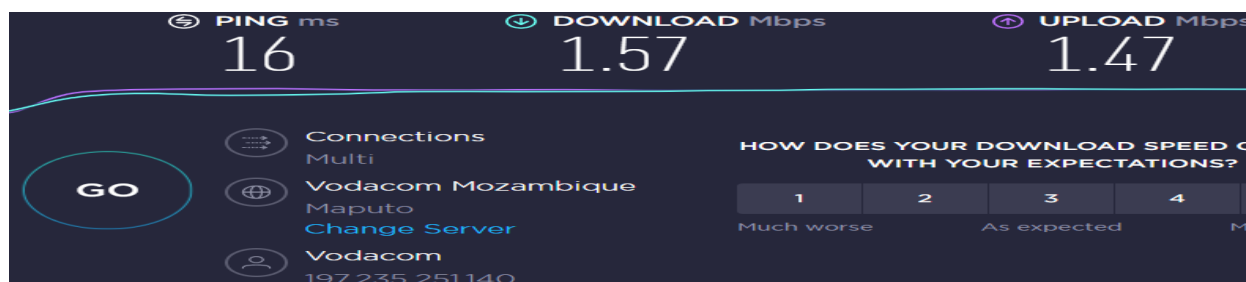


Figura 16: Resultado de teste de velocidade

Fonte: Autor

4.1.10. Resultados de teste de velocidade do laptop 2 (IP 192.168.1.102)



Figura 17: Resultado de teste de velocidade

Fonte: Autor

4.1.11. Resultados do teste de velocidade do smartphone (IP 192.168.1.101)

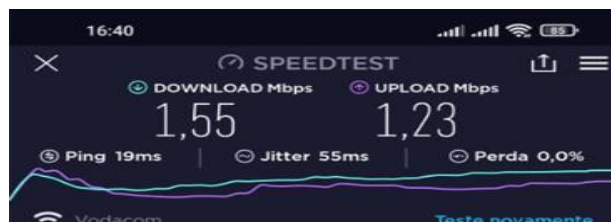


Figura 18: Resultado de teste de velocidade

Fonte: Autor

5. Ambiente de simulação do modelo SDN

Para viabilizar os testes foi usado o ambiente de simulação do modelo através do Mininet, que permite emular componentes típicos de arquiteturas SDN, um controlador OpenDaylight integrado aos recursos do Mininet e foi necessário um computador físico, onde foram criadas as máquinas virtuais.

As máquinas virtuais foram criadas com recurso a VMware workstation versão 16 Pro. As máquinas virtuais Mininet e controlador OpenDaylight, cada máquina foi instalada no Ubuntu Server versão 16.04.

5.1. Requisitos mínimos de Mininet

Sistema operacional Linux Ubuntu, 1GB de RAM, Intel Core i5, pelo menos 8GB de espaço livre no disco.

5.2. Requisitos mínimos do controlador OpenDaylight

Sistema operacional Linux Ubuntu, 2GB de RAM, Intel Core i5 e pelo menos 20GB de espaço livre no disco.

5.3. Controlador OpenDaylight com Mininet em ambiente de simulação

O controlador OpenDaylight e o mininet foram configurados virtualmente com objectivo de apresentar o modelo SDN.

5.3.1. Inicialização do controlador OpenDaylight

Inicialização controlador OpenDaylight através do comando: `./run.sh`

```
F/yang/shutdown.yang], org.opendaylight.yangtools.model.opendaylight-12-types_2013.8.27.3 [15]=Ibund
leentry://15.fwk1156060786/META-INF/yang/opendaylight-12-types.yang]}
2022-04-18 08:00:05.033 PDT [fileinstall-./plugins] INFO o.o.c.c.y.s.impl.ExtenderYangTracker - Yan
g store updated to new consistent state containing 20 yang files
2022-04-18 08:00:05.471 PDT [Start Level Event Dispatcher] INFO o.o.c.c.s.internal.ClusterManager -
I'm a GossipRouter will listen on port 12001
GossipRouter started at Mon Apr 18 08:00:05 PDT 2022
Listening on port 12001 bound on address 0.0.0.0/0.0.0.0
Backlog is 1000, linger timeout is 2000, and read timeout is 0
2022-04-18 08:00:05.628 PDT [Start Level Event Dispatcher] INFO o.o.c.c.s.internal.ClusterManager -
Started GossipRouter
2022-04-18 08:00:05.630 PDT [Start Level Event Dispatcher] INFO o.o.c.c.s.internal.ClusterManager -
Starting the ClusterManager
2022-04-18 08:00:09.674 PDT [Start Level Event Dispatcher] INFO o.o.c.c.i.ConfigurationService - Co
nfigurationService Manager init
2022-04-18 08:00:13.774 PDT [nioEventLoopGroup-2-2] INFO o.o.c.s.b.i.RootBindingAwareBroker - Start
ing Binding Aware Broker: binding-broker-impl
2022-04-18 08:00:13.809 PDT [pool-3-thread-2] INFO o.o.c.s.t.provider.ToasterProvider - Provider Se
ssion initialized
2022-04-18 08:00:14.374 PDT [nioEventLoopGroup-2-2] INFO o.o.c.s.c.topology.TopologyProvider - Topo
logyProvider started
2022-04-18 08:00:14.401 PDT [pool-3-thread-2] INFO o.o.c.m.i.m.FlowCapableInventoryProvider - Flow
Capable Inventory Provider started.
2022-04-18 08:00:14.409 PDT [pool-3-thread-4] INFO o.o.m.c.t.lldp.LLDPDiscoveryProvider - LLDPDisco
veryListener Started.
2022-04-18 08:00:14.722 PDT [ConfigPersister-registrator] INFO o.o.c.n.p.i.o.ConfigPersisterActivat
or - Configuration Persister initialization completed.
2022-04-18 08:00:16.014 PDT [pool-3-thread-5] INFO o.o.controller.frm.flow.FlowProvider - Flow Conf
ig Provider started.
2022-04-18 08:00:16.025 PDT [pool-3-thread-5] INFO o.o.c.frm.group.GroupProvider - Group Config Pro
vider started.
2022-04-18 08:00:16.032 PDT [pool-3-thread-5] INFO o.o.c.frm.meter.MeterProvider - Meter Config Pro
vider started.
2022-04-18 08:00:16.149 PDT [pool-3-thread-3] INFO o.o.c.m.s.manager.StatisticsProvider - Statistic
s Provider started.
osgi> _
```

Figura 19: Tela de inicialização do controlador OpenDaylight

Fonte: Autor

5.3.2. Integração do controlador OpenDaylight com Mininet

Criação da rede no mininet

`mn --controller=remote, ip=192.168.52.128 --topo linear, 5`

```
root@mininet-vm:/home/mininet# mn --controller=remote, ip=192.168.52.128 --topo linear,5
*** Creating network
*** Adding controller
Unable to contact the remote controller at 192.168.52.128:6653
Connecting to remote controller at 192.168.52.128:6633
*** Adding hosts:
h1 h2 h3 h4 h5
*** Adding switches:
s1 s2 s3 s4 s5
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s2) (h3, s3) (h4, s4) (h5, s5) (s2, s1) (s3, s2) (s4, s3) (s5, s4)
*** Configuring hosts
h1 h2 h3 h4 h5
*** Starting controller
c0
*** Starting 5 switches
s1 s2 s3 s4 s5 ...
*** Starting CLI:
mininet>
```

Figura 20: Integração do controlador OpenDaylight com Mininet

Fonte: Autor

5.3.3. Verificar os enlaces da rede net

```
mininet> net
h1 h1-eth0:s1-eth1
h2 h2-eth0:s2-eth1
h3 h3-eth0:s3-eth1
h4 h4-eth0:s4-eth1
h5 h5-eth0:s5-eth1
s1 lo: s1-eth1:h1-eth0 s1-eth2:s2-eth2
s2 lo: s2-eth1:h2-eth0 s2-eth2:s1-eth2 s2-eth3:s3-eth2
s3 lo: s3-eth1:h3-eth0 s3-eth2:s2-eth3 s3-eth3:s4-eth2
s4 lo: s4-eth1:h4-eth0 s4-eth2:s3-eth3 s4-eth3:s5-eth2
s5 lo: s5-eth1:h5-eth0 s5-eth2:s4-eth3
c0
mininet>
```

Figura 21: Enlaces da rede

Fonte: Autor

5.3.4. Verificar os endereços lógicos dos dispositivos da rede

Os nós são configurados em uma subrede padrão (default) de IP 10.0.0.0/8

dump

```
mininet> dump
<Host h1: h1-eth0:10.0.0.1 pid=5243>
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=5246>
<Host h3: h3-eth0:10.0.0.3 pid=5249>
<Host h4: h4-eth0:10.0.0.4 pid=5252>
<Host h5: h5-eth0:10.0.0.5 pid=5255>
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=5261>
<OVSSwitch s2: lo:127.0.0.1,s2-eth1:None,s2-eth2:None,s2-eth3:None pid=5264>
<OVSSwitch s3: lo:127.0.0.1,s3-eth1:None,s3-eth2:None,s3-eth3:None pid=5267>
<OVSSwitch s4: lo:127.0.0.1,s4-eth1:None,s4-eth2:None,s4-eth3:None pid=5270>
<OVSSwitch s5: lo:127.0.0.1,s5-eth1:None,s5-eth2:None pid=5273>
<RemoteControllerf'ip': '192.168.52.128'> c0: 192.168.52.128:6633 pid=5235>
mininet>
```

Figura 22: Endereços lógicos dos dispositivos da rede

Fonte: Autor

5.3.5. Testar a conectividade da rede através do comando pingall

```
mininet> pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> h2 h3 h4 h5
h2 -> h1 h3 h4 h5
h3 -> h1 h2 h4 h5
h4 -> h1 h2 h3 h5
h5 -> h1 h2 h3 h4
*** Results: 0% dropped (20/20 received)
mininet>
```

Figura 23: Teste da conectividade da rede através do comando ping

Fonte: Autor

5.3.6. Ambiente gráfico do controlador OpenDaylight

http://ip do servidor:8080

Tela de login

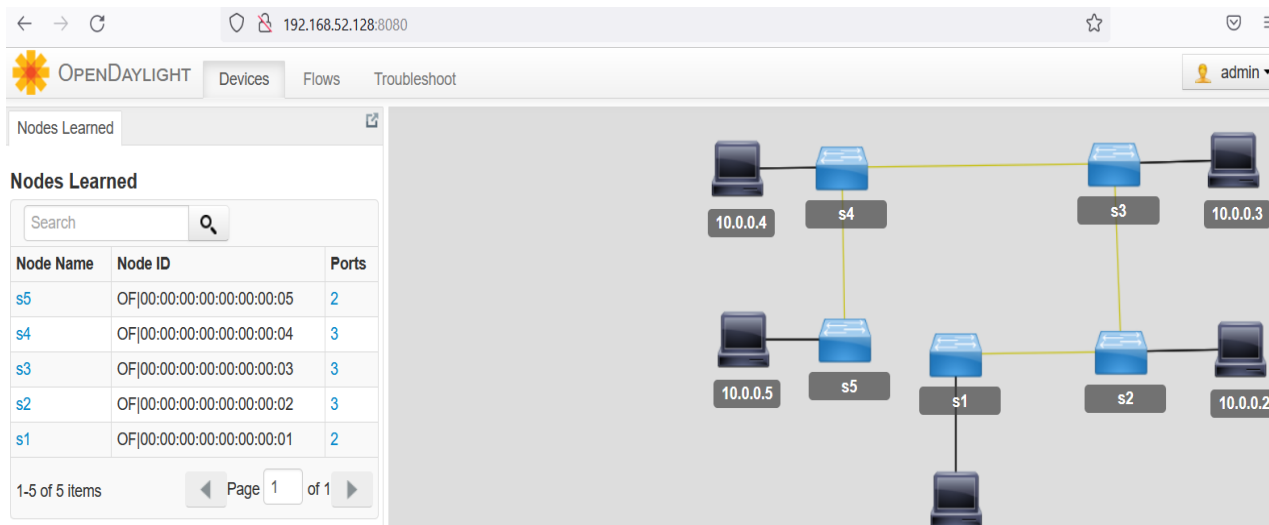


Figura 24:Tela de login

Fonte: Autor

5.3.7. Visualização da rede

Visualização da rede criada durante a integração do controlador com Mininet

The image shows a screenshot of the OpenDaylight web interface. The browser address bar shows "192.168.52.128:8080". The interface has a navigation bar with "OPENDAYLIGHT", "Devices", "Flows", and "Troubleshoot" tabs. A user profile "admin" is visible in the top right. The main content area is titled "Nodes Learned" and contains a table with the following data:

Node Name	Node ID	Ports
s5	OF 00:00:00:00:00:00:05	2
s4	OF 00:00:00:00:00:00:04	3
s3	OF 00:00:00:00:00:00:03	3
s2	OF 00:00:00:00:00:00:02	3
s1	OF 00:00:00:00:00:00:01	2

Below the table is a pagination control showing "Page 1 of 1". To the right of the table is a network diagram showing five switches (s1, s2, s3, s4, s5) and five hosts. The hosts are labeled with IP addresses: 10.0.0.4, 10.0.0.3, 10.0.0.5, and 10.0.0.2. The switches are connected in a mesh topology.

Figura 25: Visualização da rede

Fonte: Autor

5.4. Quadro das recomendações para a implementação do framework no ambiente real rede Wi-Fi da UPNet

Tendo em conta a situação a real da rede Wi-Fi da UPNet, o autor apresenta este Framework composto por padrões de QoS que incluem, uma fórmula padrão para calcular de largura de banda e modelo de rede SDN.

5.4.1. Fórmula padronizada para calcular a largura de banda

A presente fórmula padronizada irá facilitar aos profissionais da CIUP na gestão de largura de banda da sua rede de acordo com a demanda da instituição, de modo a proporcionar melhor qualidade de serviço aos utilizadores da rede Wi-Fi da UPNet.

$$x = \left(\frac{1000 \text{Megabit} \cdot y}{1000 \text{Megabit}} \right) \cdot z \quad \text{ou} \quad x = \left(\frac{1000 \text{Kilobit} \cdot y}{1000 \text{Kilobit}} \right) \cdot z$$

Onde:

x = largura de banda total no link.

y = largura de banda para cada utilizador.

z = número total dos utilizadores.

Se o valor total pretendido for em Gbps usa-se a primeira fórmula e se for em Mbps/Kbps usa-se a segunda. Caso o número de largura de banda atribuído a cada utilizador for aumentado ou diminuído substitui-se o valor de **y** na fórmula e se o mesmo acontecer com o número total dos utilizadores, substitui-se o valor do **z**.

5.4.2. Modelo de rede SDN

Aplicando o modelo SDN na rede Wi-Fi da UPNet não implica uma mudança total da infraestrutura e topologia actual do modelo tradicional, mas sim será necessário substituir alguns equipamentos (router, switch e Acces Point) na rede já existente por outros que suportam a tecnologia SDN, integrando controlador OpenDaylight, onde será possível ter acesso a uma visão geral da rede e configuração das políticas de controle de tráfego de forma centralizada.

Como forma de garantir alta disponibilidade da rede recomenda-se o uso dois controladores, um primário e secundário.

5.4.3. Controlador OpenDaylight

Neste framework o OpenDaylight é o controlador escolhido por ser o mais destacado entre vários projectos open source associados à SDN, fornece uma interface web que permite a administração dos fluxos dos nós que estão sobre seu controle e facilidades durante o seu processo de instalação.

5.4.3.1. Criação de usuários

Admin -> Users -> Add User



Add User

Username

Password

Verify Password

Roles

Figura 26: Criação de usuários

Fonte: Autor

5.4.3.2. Adicionar as rotas estáticas

Devices -> Static Route Configuration -> Add Static Route

The screenshot displays the OpenDaylight web interface. At the top, there is a navigation bar with the OpenDaylight logo and tabs for 'Devices', 'Flows', and 'Troubleshoot'. The main content area is split into two columns. The left column contains a 'Nodes Learned' section with a search bar and a table with columns 'Node Name', 'Node ID', and 'Ports'. The right column shows a network diagram with a green node and a blue node, and the text 'No Network I'. Below these sections are two configuration panels: 'Static Route Configuration' with buttons 'Add Static Route' and 'Remove Static Route', and 'Subnet Gateway Configuration' with buttons 'Add Gateway IP Address', 'Remove Gateway IP Address', and 'Add Ports'. A modal dialog box titled 'Add Static Route' is open, featuring three input fields: 'Name', 'Static Route', and 'Next Hop'. Below the 'Next Hop' field is an example: 'Example: 192.168.10.254'. A 'Save' button is located at the bottom right of the dialog box.

Figura 27: Adicionar as rotas estáticas

Fonte: Autor

5.4.3.3. Adicionar os dispositivos openflow (router, switch e access point) no controlador

Devices -> Connection Manager -> Add Node

The screenshot displays the OpenDaylight web interface. At the top, there is a navigation bar with the OpenDaylight logo and tabs for 'Devices', 'Flows', and 'Troubleshoot'. Below this, the 'Nodes Learned' section is visible, featuring a search bar and a table with columns for 'Node Name', 'Node ID', and 'Ports'. The table currently shows '0 items'. To the right, a large grey area contains a network diagram icon and the text 'No Network Elements'. Below the main content, there are several configuration sections: 'Static Route Configuration', 'Connection Manager' (with an 'Add Node' button), 'Subnet Gateway Configuration' (with buttons for 'Add Gateway IP Address', 'Remove Gateway IP Address', and 'Add Ports'), and 'SPAN Port Configuration'. A modal dialog box titled 'Add Node' is open, containing the following fields: 'Node ID', 'IP Address', 'Port', 'Node Type', and 'Optional'. At the bottom of the dialog, there are 'Submit' and 'Cancel' buttons.

Figura 28: Adicionar os dispositivos openflow

Fonte: Autor

5.4.3.4. Tabela de fluxo

Flows -> Add Flow Entry

The screenshot displays the OpenDaylight web interface with the 'Flows' tab selected. The main content area shows a table for 'Flow Entries' with 0 items. A modal dialog titled 'Add Flow Entry' is open, allowing configuration of a new flow entry. The dialog includes the following fields and sections:

- Name:** Flow Name
- Node:** Please Select a Node
- Input Port:** (Dropdown menu)
- Priority:** 500
- Hard Timeout:** Hard Timeout
- Idle Timeout:** Idle Timeout
- Layer 3:**
 - Source IP Address: 192.168.3.128
 - Destination IP Address: 2001:2334::0/32
 - ToS Bits: ToS Bits
 - Range: 0 - 63
- Layer 4:**
 - Source Port: Source Port
 - Range: 0 - 65535
 - Destination Port: Destination Port
 - Range: 0 - 65535
 - Protocol: Protocol
 - Actions: Please Select an Action
 - Action: No data available
 - Data: No data available
- Layer 2 (Expanded):**
 - Ethernet Type: 0x800
 - VLAN Identification Number: VLAN Identification Number
 - Range: 0 - 4095
 - VLAN Priority: VLAN Priority
 - Range: 0 - 7
 - Source MAC Address: 3c:97:0e:75:c3:f7
 - Destination MAC Address: 7c:d1:c3:e8:e6:99

At the bottom of the dialog, there are three buttons: 'Install Flow' (green), 'Save Flow' (blue), and 'Close' (grey).

Figura 29: Tabela de fluxo

Fonte: Autor

5.4.3.5. Configuração de tabela de fluxo

Configuração de tabela de fluxo no controlador para os dispositivos (switch1, switch2, host1 e host2).

The screenshot displays the OpenDaylight web interface for configuring flow entries. The top navigation bar includes 'Devices', 'Flows', and 'Troubleshoot'. The main content area is divided into several sections:

- Flow Entries:** A table listing flow entries with columns for Flow Name and Node. The entries are:

Flow Name	Node
switch1toh2	switch2
switch2toh1	switch1
h1toswitch2	switch1
h2toswitch1	switch2
- Nodes:** A table showing the number of flows for each node:

Node	Flows
switch2	0
switch1	0
- Flow Overview:** A table showing flow details:

Flow Name	Node	Priority	Hard Timeout	Idle Timeout
switch2toh1	switch1	500		
- Edit Flow Entry Modals:** Two modal windows are open, showing configuration details for 'switch1toh2' and 'switch2toh1'. Both modals have the following fields:
 - Name: switch1toh2 (left) / switch2toh1 (right)
 - Node: switch2 (left) / switch1 (right)
 - Input Port: s2-eth2(2) (left) / s1-eth2(2) (right)
 - Actions: Please Select an Action (left) / Please Select an Action (right)
 - Action: Add Output Ports (left) / Add Output Ports (right)
 - Data: s2-eth1(1) (left) / s1-eth1(1) (right)

Figura 30: Tabela de fluxo - switch1 para host2 e switch2 para host1

Fonte: Autor

Edit Flow Entry

Name: h1toswitch2

Node: switch1

Input Port: s1-eth1(1)

Actions: Please Select an Action

Action	Data
Add Output Ports	s1-eth2(2)

Save Flow Close

Edit Flow Entry

Name: h2toswitch1

Node: switch2

Input Port: s2-eth1(1)

Actions: Please Select an Action

Action	Data
Add Output Ports	s2-eth2(2)

Save Flow Close

Figure 31: Tabela de fluxo - host1 para switch2 e host2 para switch1

Fonte: Autor

5.4.4. Topologia proposto para o ambiente real da rede Wi-Fi da UPNet

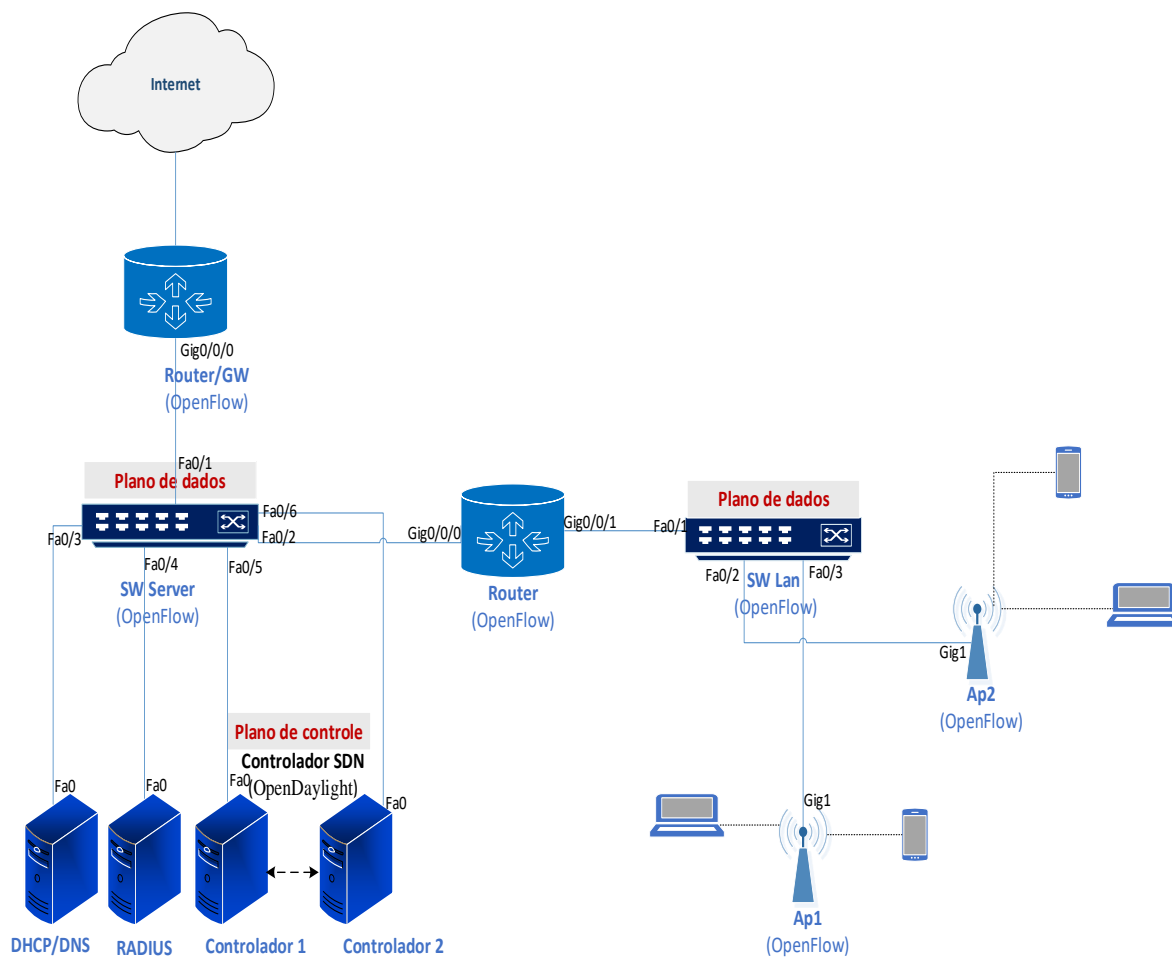


Figura 32: Topologia do modelo SDN proposto para rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

Capítulo IV

6. Considerações Finais, Recomendações e Limitações.

Durante o desenvolvimento deste trabalho possibilitou conhecer na prática os conceitos relacionados com a QoS. Principalmente, na coleta de informações com os usuários da rede Wi-Fi da UPNet através do Google forms (<https://forms.gle/xtUaeBmKoRqXivrf7>), entrevista padronizada com profissionais da CIUP e no decorrer dos testes realizados em ambiente de virtualização. Por meio deste, foi possível entender de forma clara e objectiva a importância da aplicação de QoS dentro de uma rede.

O uso do modelo padrão para calcular a largura de banda facilita encontrar valores ideias de velocidade de internet de modo a responder eficientemente a demanda da instituição, melhorando a qualidade de fornecimento de internet, visto que actualmente não tem uma fórmula padronizada para a gestão de largura de banda.

Numa rede do modelo tradicional o processo de resolução dos incidentes é lento e complexo, por causa da dificuldade que o administrador tem para analisar tráfego numa rede de elevada complexidade com muitos equipamentos ativos, que obriga a percorrer vários equipamentos na procura da informação pretendida. Na arquitectura SDN este trabalho pode ser realizado recorrendo ao software específico da controladora acelerando assim os processos, não só da procura, mas também da análise e resolução dos incidentes.

O protocolo OpenFlow, permite a programação dos elementos activos da rede, tais como roteadores, switches ou pontos de acesso sem fio, o mesmo especificar como o controlador deve se comunicar com os dispositivos de rede, permitindo a manipulação e o acesso directo do plano de dados dos dispositivos sem a necessidade de exploração dos códigos proprietários dos fabricantes.

A combinação do modelo padrão de cálculo de largura de banda com o modelo SDN apresenta ganhos significativos para garantir a melhoria de qualidade de serviço (QoS) na rede Wi-Fi da UPNet.

Neste trabalho o autor apresentou a sua proposta, permitindo que novas pesquisas possam ser estimuladas por outros académicos, aprofundando sua aplicação e os conceitos ligados a redes definidas por software, podendo até abordar novas implementações em um ambiente real, possibilitando uma experiência maior relacionada ao tráfego de rede e suas resiliências.

6.1. Recomendações

A proposta desta pesquisa focou-se no desenvolvimento de soluções padronizadas de QoS, que por sua vez integram o uso da fórmula padrão de cálculo de largura de banda e uso do modelo SDN. Como forma de melhorar a qualidade de fornecimento da internet na rede, recomenda-se a UP-Maputo, em particular ao CIUP a implementação deste framework na rede Wi-Fi da UPNet.

6.2. Limitações

A principal limitação encontrada neste trabalho está relacionada com o estado actual da infraestrutura da rede Wi-Fi da UPNet, que ainda não apresenta meios que suportam este framework, de modo a ser testado em ambiente real.

7. Referências bibliográficas

- AKYILDIZ, Ian F. et al. A roadmap for traffic engineering in SDN-OpenFlow networks. *Computer Networks*, v. 71, p. 1-30, 2014.
- Braden, R., Clark, D. & Shenker, S., *Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview*, Internet RFC 1633, Junho 1994.
- Black, D., *An Architecture for Differentiated Services*, Internet RFC 2475, Dezembro 1998.
- COSTA, Lucas Rodrigues. *OpenFlow e o paradigma de redes definidas por software*. 2013. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/5674>. Arquivo consultado em 20 de Março de 2021.
- DANTAS, Maria. *Tecnologia de Redes de Comunicação e Computadores*. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2002.
- ENGST, Adam. *Kit do iniciante em redes sem fio*. São Paulo: Elsevier, 2005.
- FERRAZ, A. & BELHOT, R.V. *Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais*. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2.pdf>. Arquivo consultado em 05 de Fevereiro de 2021.
- Ferguson, P. & Huston, G., *Quality of Service in the Internet: Fact, Fiction, or Compromise?*, INET'98, julho 1998.
- FONTES, R. dos R.; ROTHENBERG, C. E. *Mininet-wifi: Plataforma de emulação para redes sem fio definidas por software*. In: SBC. *Anais Estendidos do XXXVII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*. [S.l.], p. 201-208, 2019.
- FOSTER, Nate. et al. *Languages for software-defined networks*. *Communications Magazine, IEEE*, IEEE, v. 51, n. 2, p. 128-134, 2013.
- GUDE, N.; KOPONEN, T.; PETTIT, J.; PFAFF, B.; CASADO, M.; MCKEOWN, N.; SHENKER, S. *Nox: towards an operating system for networks*. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review, ACM*, v. 38, n. 3, p. 105-110, 2008.
- GUEDES, D. et al. *Redes definidas por software: uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento de pesquisas em redes de computadores*. *Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores-SBRC 2012*, v. 30, n. 4, p. 160–210, 2012.

ISO/IEC DIS 13236, Information Technology - Quality of Service - Framework, ISO/OSI/ODP, Julho 1995.

Jammal, M.; Singh, T.; Shami, A.; Asal, R. & Li, Y. (2014). Software-defined networking: State of the art and research challenges. CoRR, abs/1406.0124.

LI, Z. et al. An immune genetic routing algorithm for mesh network with qos constraints. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. International Conference on, p. 1701–1704, Sept. 2007.

MARQUES, Adriana Cavalcanti & CAETANO, Josineide da Silva, Utilização da Informática na Escola In: MERCADO, Luiz Paulo Leopoldo (Org.). Novas tecnologias na educação: reflexões sobre a prática. Maceió: EDUFAL, 2002.

MCKEOWN, N.; ANDERSON, T.; BALAKRISHNAN, H.; PARULKAR, G.; PETERSON, L.; REXFORD, J.; SHENKER, S.; TURNER, J. Openflow: enabling innovation in campus networks. MCCAULEY KYRIAKOS ZARIFIS, A. T. S. S. M. The POX network software platform. 2009.

MATTSSON, M. Evolution and Composition Object-Oriented Frameworks. [Phd Thesis]. University of Karlskrona/Ronneby, Department of Software Engineering and Computer Science; 2000.

Manson, N. J. Is operations research really research?. Operations Research Society of South Africa, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006.

Mininet - An Instant Virtual Network on your Laptop (or other PC). OpenWRT team (2016). OpenWRT Wireless Freedom. (Mininet), 2016.

NUNES, A. B.; MENDONÇA, M.; NGUYEN, N. X.; OBRACZKA, K.; TURLETTI, T. A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks, Communications Surveys Tutorials, IEEE, p. 1617-1634, 2014.

ONF. OpenFlow-enabled SDN and Network Functions Virtualization. Technical Report, Open Network Foundation (ONF), 2014.

ONF, Open Networking Foundation. Sitemap, SDN Defined, (p.10-23), 2016.

PRIYADARSINI, M.; BERA, P.; BHAMPAL, R. Performance analysis of software defined network controller architecture-a simulation based survey. In: IEEE. Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET), 2017 International Conference on. [S.l.], 2017. p. 1929–1935

RECHIA, Felipe. Estudo de Redes Definidas por Software e a sua Implantação em Redes Corporativas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

ROTHENBERG, Christian Esteve et al. OpenFlow e redes definidas por software: um novo paradigma de controle e inovação em redes de pacotes. Cad. CPqD Tecnologia, Campinas, v. 7, n. 1, p. 65-76, 2010.

SIMON, H. The sciences of artificial. Cambridge: MIT Press, 1996.

TANENBAUM, A. S. Computer networks. 4. ed. [S.l.]: Prentice Hall PTR, 2002.

Teitelman, B. & Hanss, T., QoS Requirements for Internet2, Internet2 QoS Work Group Draft, Abril 1998.

UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA. Normas para produção e publicação de trabalhos científicos na universidade pedagógica. Comissão de revisão curricular central, Maputo, 2009.

Vaishnavi, V. & Kuechler, W. Design research in information systems. 2004. Disponível em: <<http://desrist.org/design-research-in-information-systems>>. Arquivo consultado em 26 de Janeiro de 2021.

b) Acesso a rede Wi-Fi da UPNet para os estudantes

5. Tem acesso a internet da rede UPNet?

200 respostas

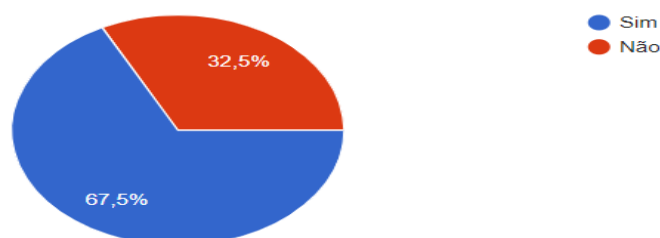


Figura 37: Percentagem dos estudantes com e sem acesso a internet da rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

6. Que dispositivo(s) usa para acesso a internet no campus? Pode seleccionar mais que um dispositivo.

135 respostas

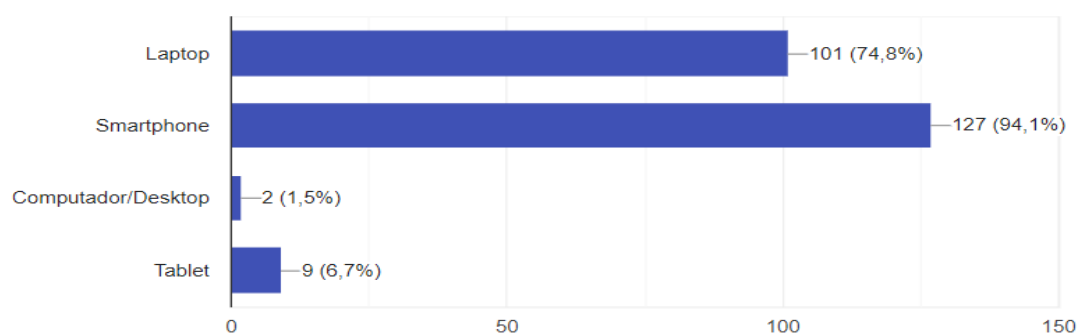


Figura 38: Dispositivos usados pelos estudantes para o acesso a internet no Campus

Fonte: Autor

7. Quando está no campus da Universidade Pedagógica de Maputo, qual é o meio de acesso a internet usa com frequência para fazer suas pesquisas académicas?

135 respostas



Figura 39: Meio de acesso a internet usado pelos estudantes no Campus com muita frequência

Fonte: Autor

c) Qualidade e cobertura do sinal da rede Wi-Fi da UPNet

8. Qual é a sua observação quanto ao sinal de internet da rede UPNet?

135 respostas



Figura 40: Observações dos estudantes em relação a qualidade de internet da rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

9. Que tipo de conteúdo pesquisa na internet usando a rede UPNet?

135 respostas

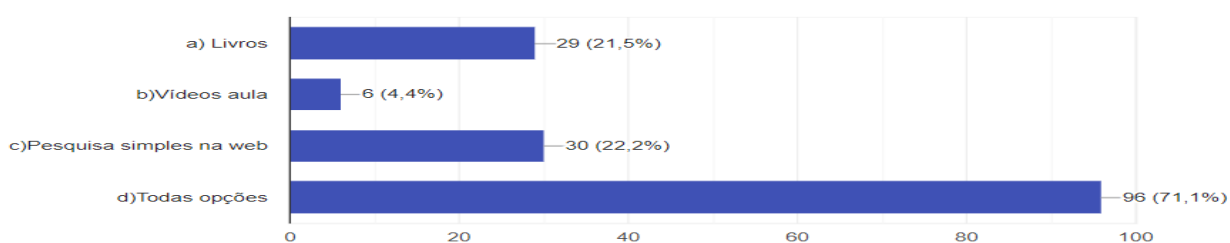


Figura 41: Tipos de conteúdos pesquisados na rede Wi-Fi da UPNet pelos estudantes

Fonte: Autor

10. Consegue aceder internet através da rede UPNet em todo lugar do campus da Universidade Pedagógica de Maputo?

135 respostas

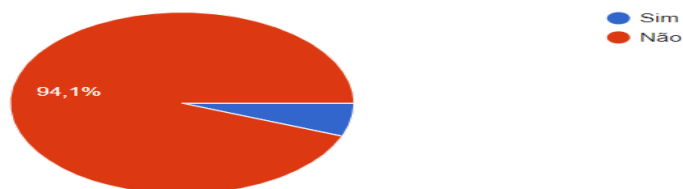


Figura 42: Cobertura do sinal da rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

11. Na rede UPNet, a velocidade de internet consegue corresponder as suas necessidades durante as pesquisas académicas?

135 respostas

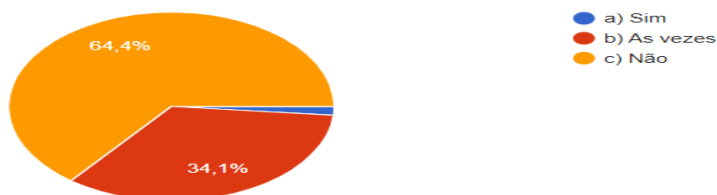


Figura 43: Velocidade do sinal de internet da rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

12. Handoff é um serviço que permite ao utilizador mover se de um ponto para outro em campus da Universidade Pedagógica de Maputo, sem perder a conexão e sem necessidade de se autenticar novamente na rede. Tem disponível esse serviço na rede UPNet?

135 respostas

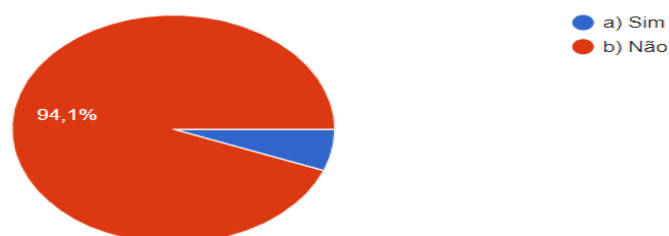


Figura 44: Serviço de handoff na rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

d) Alguns motivos que influenciam o não uso da rede Wi-Fi da UPNet pelos estudantes

Porquê não tem acesso a internet da UPNet no campus?

65 respostas



Figura 45: Motivos dos estudantes que não tem acesso a internet da rede Wi-Fi da UPNet

Fonte: Autor

Apêndice D: Guião de entrevista para a direção do CIUP sobre o estágio actual da rede Wi-Fi da UPNet

UNIVERSIDADE PEDAGÓGICA DE MAPUTO

FACULDADE DE ENGENHARIA E TECNOLOGIAS

Licenciatura Informática com Minor de Engenharia de Redes

Análise e Avaliação de Qualidade do Sinal da Rede Wi-Fi da UPNet

Entrevista sobre a rede Wi-Fi da UPNet

a) Provedor de internet e meio físico de conexão

1. Qual é o provedor de internet da rede Wi-Fi da UPNet?

R: _____

2. Qual é o meio físico de conexão?

R: _____

b) Largura de banda do link e sua atribuição a cada estudante

1. Qual é a largura de banda do link?

R: _____

2. Qual é a largura de banda atribuída a cada estudante?

R: _____

c) Cobertura do sinal da rede Wi-Fi da UPNet

1. A rede Wi-Fi da UPNet tem o serviço handoff disponível?

R: _____

d) Gestão da rede Wi-Fi da UPNet

1. Qual é o tempo de duração que a conta do estudante fica activa para o acesso a rede Wi-Fi da UPNet?

R: _____

2. Quando o estudante esquece o password ou conta de acesso como faz para recuperar?

R: _____

3. O CIUP como tem comunicado aos estudantes sobre a existência da rede Wi-Fi da UPNet?

R: _____

e) Desafios da direção e profissionais da CIUP na rede Wi-Fi da UPNet

1. Quais são os desafios que o CIUP enfrenta na rede Wi-Fi da UPNet?

R: _____
