

Universidade Federal de Ouro Preto
Departamento de Computação e Sistemas de
Informação
Colegiado de Engenharia de Computação



Caracterização da Rede Sem Fio Minha UFOP Wifi do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas

Pedro Henrique Rosa da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTAÇÃO:

Prof. Marlon Paolo Lima

Setembro, 2017

João Monlevade/MG

Pedro Henrique Rosa da Silva

Caracterização da Rede Sem Fio Minha UFOP Wifi do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas

Orientador: Prof. Marlon Paolo Lima

Coorientador: Theo Lins

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Computação do Departamento de Computação e Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação

Universidade Federal de Ouro Preto

João Monlevade

Setembro de 2017

Pedro Henrique Rosa da Silva

Caracterização da Rede Sem Fio Minha UFOP Wifi do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas/ Pedro Henrique Rosa da Silva. – João Monlevade, 5 de setembro de 2017-

85 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Marlon Paolo Lima

Monografia (graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto, 5 de setembro de 2017.

1. *Redes sem fio*. 2. *Desempenho de redes*. I. Marlon Paolo Lima II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. IV. Caracterização da Rede Sem Fio Minha Ufop Wifi

CDU 02:141:005.7

FOLHA DE APROVAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

Caracterização da Rede Sem Fio Minha UFOP Wifi do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas

Pedro Henrique Rosa da Silva

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Computação do Departamento de Computação e Sistemas de Informação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação aprovada pela Banca Examinadora abaixo assinada:

Prof. Marlon Paolo Lima
Mestre em Ciência da Computação
Orientador
DECSI - UFOP

Theo Lins
Mestre em Ciência da Computação
Coorientador
DECSI - UFOP

Prof. X
Mestre em Ciência da Computação
Examinador
DECSI - UFOP

Prof. X
Mestre em Ciência da Computação
Examinador
DECSI - UFOP

João Monlevade, 5 de setembro de 2017

A todos que me ajudaram a crescer ao longo destes gloriosos anos de graduação

Agradecimentos

Aos meus pais, Eustáquio e Maria, por serem porto seguro independente da tempestade. Agradeço aos meus irmãos, Raphael e Renata, pela infância compartilhada fundamental para o adulto que sou hoje. Agradeço também aos meus diversos amigos pelas conversas e experiências que se transformam em parte importante da minha personalidade. Sou bastante grato aos meus professores pela paciência ao explicar e educar, tornando possível meu aprendizado. Agradeço ao NTI pelas informações fornecidas fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. À Universidade Federal de Ouro Preto pelas oportunidades obtidas durante a graduação.

“Conhece-te a ti mesmo e conhecerás os deuses e o Universo. .”
Sócrates

Resumo

Nesta monografia é apresentado o processo de implementação, a arquitetura e a caracterização da carga de trabalho da rede sem fio "Minha UFOP Wifi". Esta rede foi concebida pelo Núcleo de Tecnologia da Informação da Universidade Federal de Ouro Preto, totalmente baseada em software livre, com o objetivo de fornecer a toda comunidade acadêmica acesso a Internet em qualquer dispositivo móvel. A caracterização da carga de trabalho foi realizada pelo monitoramento de dados de autenticação dos usuários disponibilizado por um serviço de contabilidade(FreeRadius) integrado à arquitetura. Durante quatro semanas uma ferramenta desenvolvida para este trabalho coletou em intervalos de cinco minutos informações das sessões dos usuários da rede sem fio do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Foi possível caracterizar a rede através da apresentação dos dados coletados quanto aos seus usuários, dispositivos, número de sessões, tráfego de dados enviados e tráfego de dados recebidos.

Palavras-chaves: *IEEE 802.11. Caracterização de Rede. Carga de Trabalho.*

Abstract

In this monograph is presented the implementation process, the architecture and the workload characterization of the wireless network "Minha UFOP Wifi". This network was conceived by the Information Technology Nucleus of the Federal University of Ouro Preto, totally based on free software, with the objective of providing Internet access to the entire academic community in any mobile device. The workload characterization was performed by monitoring user authentication data provided by an accounting service (FreeRadius) integrated with the architecture. During four weeks a tool developed for this work collected information from sessions of the users of the wireless network of the Institute of Exact and Applied Sciences at five-minute intervals. It was possible to characterize the network through the presentation of collected data regarding its users, devices, number of sessions, sent data traffic and received data traffic .

Palavras-chaves: *IEEE 802.11.Network Characterization. Workload.*

Lista de ilustrações

Figura 1 – Modelo de Camadas OSI	31
Figura 2 – Primeiras camadas de uma rede sem fio 802.11	32
Figura 3 – Arquitetura de rede sem fio 802.11	33
Figura 4 – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas	36
Figura 5 – Arquitetura da Rede Minha Ufop Wifi	37
Figura 6 – Fluxo de Autenticação com <i>Chillispot</i>	38
Figura 7 – Arquitetura do sistema SCIFI	41
Figura 8 – Acesso SSH ao OpenWRT	42
Figura 9 – Diagrama de fluxo da ferramenta MonitorRadius.py	49
Figura 10 – Boxplot - Número de Sessões por Usuário	54
Figura 11 – Numero de Sessões x Dia e Hora - 27/06/2017 a 11/07/2017	58
Figura 12 – Numero de Sessões x Dia e Hora - 12/07/2017 a 25/07/2017	58
Figura 13 – Pico Diário de Sessões	60
Figura 14 – Número de Sessões - Um dia	61
Figura 15 – Tráfego de Download - 27/06/2017 a 11/07/2017	63
Figura 16 – Tráfego de Download - 12/07/2017 a 25/07/2017	63
Figura 17 – Download e Sessões - Dia Médio	65
Figura 18 – Tráfego de Upload - 27/06/2017 a 11/07/2017	66
Figura 19 – Tráfego de Upload - 12/07/2017 a 25/07/2017	66
Figura 20 – Upload e Sessões - Dia Médio	68
Figura 21 – Tráfego de rede entre ICEA e PoP-MG de 18/07/2017 a 12/07/2014 (POP-MG, 2017)	69
Figura 22 – Número de dispositivos - Todos Blocos	70

Lista de tabelas

Tabela 1 – Evolução da camada PHY 802.11	33
Tabela 2 – Descrição da tabela <i>Radacct</i>	46
Tabela 3 – Amostra de registros da Tabela <i>Radacct</i>	47
Tabela 4 – Estatística da Tabela <i>Radacct</i>	48
Tabela 5 – Amostra de registros da Tabela Tráfego	49
Tabela 6 – Amostra de registros da Tabela NSesoes	50
Tabela 7 – Amostra de sessões da Tabela Sessões	50
Tabela 8 – Amostra de registros da Tabela Tráfego após diferenciação	51
Tabela 9 – Estatística da Tabela Sessões	53
Tabela 10 – Número de Dispositivos por Usuários	54
Tabela 11 – Resumo Estatístico de Sessões por Usuário	54
Tabela 12 – Distribuição de Número de Sessões por Número de Usuários	55
Tabela 13 – Lista de 10 usuários com maior número de Sessões	55
Tabela 14 – Número de sessões iniciadas agregadas pela hora iniciada	55
Tabela 15 – Estatística do número de sessões diário	56
Tabela 16 – Horário de Atividades do ICEA	57
Tabela 17 – Número de sessões por dia	57
Tabela 18 – Pico Diário de Sessões	60
Tabela 19 – Tráfego e número de sessões por dia	62
Tabela 20 – Pico Diário de Download	64
Tabela 21 – Pico Diário de Upload	67
Tabela 22 – Pontos de Acesso no ICEA	71
Tabela 23 – Proporção de utilização dos pontos de acesso no ICEA	71

Lista de abreviaturas e siglas

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
ESS	<i>Extended Service Set</i>
NTI	<i>Núcleo de Tecnologia e Informação</i>
UFOP	<i>Universidade Federal de Ouro Preto</i>
ICEA	<i>Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
TERENA	<i>Trans-European Research and Education Networking Association</i>
UFF	<i>Universidade Federal Fluminense</i>
SCIFI	<i>Sistema de Controle Inteligente para Redes sem Fio</i>
RADIUS	<i>Remote Authentication Dial In User Service</i>
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>
LDAP	<i>Lightweight Directory Access Protocol</i>
CAFe	<i>Comunidade Acadêmica Federada</i>
NAS	<i>Network Access Server</i>

Sumário

	Introdução	23
	Objetivo	25
I	REFERENCIAIS TEÓRICOS	27
1	PESQUISAS RELACIONADAS	29
2	CONCEITOS BÁSICOS	31
2.1	Redes locais sem fio	31
2.1.1	IEEE 802.11	31
2.1.2	Estrutura das redes sem fio IEEE 802.11	33
3	REDE MINHA UFOP WIFI	35
3.1	Implantação	35
3.1.1	Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas	35
3.2	Arquitetura	36
3.2.1	Gerenciamento dos Usuários	37
3.2.1.1	LDAP CAFE	38
3.2.1.2	Chillispot	38
3.2.1.3	FreeRADIUS	39
3.2.2	Controle dos Pontos de Acesso	39
3.2.2.1	SCIFI	39
3.2.2.2	OpenWRT	41
II	RESULTADOS	43
4	COLETA DE DADOS	45
4.1	Dados de Autenticação	45
4.1.1	Radius Accounting	45
4.1.2	Preparação dos Dados Coletados	50
5	ANÁLISE DE DADOS	53
5.1	Usuários e Dispositivos	53
5.2	Análise de Sessões	56
5.2.1	Máximo de sessões	59

5.2.2	Análise de dia médio	60
5.3	Análise de Tráfego	61
5.3.1	Tráfego de Download	62
5.3.1.1	Análise de Download em Dia Médio	64
5.3.2	Tráfego de Upload	65
5.3.2.1	Análise de Upload em Dia Médio	68
5.4	Impacto na rede externa	68
5.5	Blocos e Pontos de Acesso	69
	Conclusão	73
	Trabalhos Futuros	75
	REFERÊNCIAS	77
	ANEXOS	81
	ANEXO A – MONITORRADIUS.PY	83

Introdução

De acordo com (GAST, 2005) as redes sem fio são sistemas de transmissão de dados desenhados para prover acesso entre dispositivos computacionais utilizando ondas de rádio ao invés de uma estrutura cabeada. Geralmente estes tipos de redes são implementadas como link final entre redes cabeadas e os usuários desta estrutura, permitindo que estes tenham mobilidade e ao mesmo tempo todos os recursos e serviços desta rede.

O projeto denominado “Minha Ufop Wifi”, previu a instalação de uma rede sem fio para utilização de toda comunidade acadêmica nos campi que compõe a Instituição. Segundo (CORGOSINHO; FERNANDES, 2013) o Núcleo de Tecnologia da Informação da UFOP realizou em 2008 um estudo para viabilizar a implantação deste projeto. O resultado deste indicou que seria viável implementar esta rede utilizando soluções baseadas em software livre com o mesmo padrão de qualidade oferecido por soluções proprietárias, com um excelente custo/benefício.

Em 2016 concluiu-se a fase de expansão da cobertura, cobrindo todos os campi da UFOP com sinal de rede sem fio. No entanto para a consolidação desta rede é necessário um estudo das reais demandas dos usuários, mostrando como é aproveitado o serviço disponibilizado.

Este trabalho apresenta um estudo da estrutura da rede, coleta e análise de dados de sessões da rede. As informações da estrutura da rede foram disponibilizados pelo Núcleo de Tecnologia da Informação (NTI) em artigo publicado por Corgosinho e Fernandes (2013). Nesta monografia também é realizado um estudo bibliográfico dos elementos desta estrutura. A fase de coleta de dados foi realizada através do desenvolvimento de ferramentas para monitorar informações disponíveis no serviço *Radius Accounting*, peça integrante da estrutura da rede sem fio Minha Ufop Wifi. A análise dos dados coletados foi feita utilizando a linguagem de programação R para a geração de tabelas e gráficos que apresentam as características da rede.

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar através de gráficos e tabelas como o serviço disponibilizado pelo projeto de rede sem fio Minha Ufop Wifi é aproveitado pelos usuários. O conhecimento da utilização da rede é importante para todos os envolvidos em seu funcionamento. Como por exemplo os desenvolvedores, que podem fazer aplicações mais eficientes; para os pesquisadores que podem desenvolver novos protocolos ou aperfeiçoar modelos para simulações; e para os administradores de rede que têm suas tarefas de planejamento e gerenciamento simplificadas.

Parte I

Referenciais teóricos

1 Pesquisas relacionadas

Este capítulo apresenta pesquisas relacionados com o tema abordado neste trabalho e um breve resumo de como estes são relacionados.

Em seu estudo (SCHWAB; BUNT, 2004), o autor faz a caracterização da rede **WLAN** da Universidade de Saskatchewan (Canadá) composta naquela época por 18 pontos de acessos. O estudo utilizou dados do período de uma semana de Janeiro de 2003 compostos por pacotes que entravam ou saíam desta rede sem fio, chamando-os de "Dados de Rastreabilidade" e por registros de *login* de usuários, armazenados no servidor Radius responsável por autenticá-los no *Wi-Fi*, chamando-os de "Dados de Autenticação". Com os dados de Rastreabilidade foi feito uma análise do número de pacotes ao longo do dia, identificando os picos e vales de utilização. Os dados de Autenticação foram usados para uma análise estatística do número de autenticações, usuários, e pontos de acesso. Ao combinar estes diferentes dados foi possível detectar que parte dos dados de Rastreabilidade era tráfego automático gerado pela infra-estrutura da rede. Também foi observado a distribuição de protocolos utilizado na **WLAN**, a relação entre tráfego e número de autenticação por ponto de acesso, padrões de tráfego diário e a mobilidade dos usuários.

A Associação Tran-Européia de Pesquisa e Educação de Redes (**TERENA**) criou em 2002 uma força tarefa chamada (TF-MOBILITY, 2002) para investigar os requerimentos necessários para o desenvolvimento de uma rede de cobertura internacional que fornecesse a membros da comunidade acadêmica européia acesso seguro a internet em todos os campi associados. Florio e Wierenga (2005) apresenta a solução desenvolvida pela força tarefa chamada de **eduroam** (do inglês *education roaming*), que em Abril de 2005 contava com 350 instituições participantes espalhados em 18 países. De acordo com Eduroam.org (2017) em 2016 o número de países que disponibilizam essa rede aumentou para 85. No Brasil mais de 70 instituições privadas e públicas de ensino, inclusive na Universidade Federal de Ouro Preto disponibilizam a rede **eduroam** (NTI-UFOP, 2016).

Existem diversos trabalhos que fazem o estudo da rede **eduroam**. Em (MULHANGA; LIMA; CARVALHO, 2011) é feito uma análise e caracterização da infraestrutura disponibilizada na Universidade do Minho (Portugal). Foram coletados durante o mês de Abril de 2010 dados da rede do campus localizado em Azurém. Como parte da análise, 119 pontos de acesso foram classificados pela sua localização em 6 diferentes setores de atividade (Social, Residencial, Serviços, Biblioteca, Pesquisa e Ensino) e agrupados quanto a sua utilização, considerando o número de usuários únicos registrados e o tempo médio de sessão. A análise do volume de tráfego apresenta a diferença de uso entre os diferentes

setores de atividade, e aponta uma concentração de 45 por cento do tráfego nos 10 pontos de acesso mais utilizados. Neste estudo também é feita uma análise refinada do tráfego diário, e quanto a mobilidade dos usuários.

O artigo (CRUZ; MIRANDA; RIBEIRO, 2014) contribui com resultados preliminares de um estudo dos padrões de utilização de cerca de 49000 dispositivos e 31000 usuários que acessaram a rede **eduroam** disponibilizada pelo Instituto Politécnico de Lisboa. Este artigo utiliza dados coletados entre Janeiro de 2005 e Dezembro de 2012 e foca na evolução da mobilidade registrada nessa rede ao longo do tempo, marcada pela introdução de dispositivos móveis como *smartphones*, *tablets* e *PDA's*.

No trabalho de Lage (2015), o autor avalia a rede cabeada da Universidade Federal de Ouro Preto através de dados coletados de três diferentes épocas do ano com intervalos compreendidos em torno de um mês. As informações coletadas compreendem número de requisições, tamanho de dados trafegados em relação ao tempo, sites com maior número de acessos, relação de usuários que acessam, entre outros. Os dados foram filtrados e a partir deles foi feita a caracterização da carga de trabalho da rede.

Em (ZARPELÃO et al., 2010) foi desenvolvido um sistema de detecção de anomalias em redes computadores. Este sistema detecta anomalias baseado em três pontos: o modelo de caracterização de tráfego **BLGBA** (*Baseline para o Gerenciamento de Backbones Automático*), o monitoramento através do protocolo de gerência de rede SNMP (*Simple Network Managment Protocol*) e heurísticas para detecção e correlação de desvios de comportamento entre objetos SNMP e o tráfego BLGBA. Para detectar anomalias é necessário caracterizar o tráfego normal da rede, o autor utiliza o modelo BLGBA no histórico de dados da rede, e gera um DSNS (*Digital Signature of Network Segment*) para cada dia da semana, pois segundo o mesmo o comportamento é distinto entre eles e mais visível quando comparado os dias úteis com feriados ou fins de semanas. O sistema de detecção apresentou várias anomalias representadas por curtos picos de tráfego que podem ser consideradas falsos positivos. Outro aspecto do sistema é sua agilidade ao apresentar anomalias detectadas.

2 Conceitos Básicos

A fim de introduzir o leitor a diversos assuntos tratados neste trabalho, faz-se necessária a revisão de alguns temas abordados.

2.1 Redes locais sem fio

Também conhecido como *Wi-fi* (*WiFi*, ou *wifi*) da abreviação *Wireless Fidelity* (VARSHNEY, 2003), redes locais sem fio são redes de computadores que utilizam rádio frequência para transmissão de dados. Para conseguir usar ondas de rádio como meio físico este tipo de rede utiliza o **IEEE 802.11** como protocolo para as suas primeiras camadas de comunicação. Sua principal vantagem é a flexibilidade, pois podem estender facilmente o acesso às redes de computadores a dispositivos próximos geograficamente. A transmissão de dados é feita por meio de radiofrequência, isso permite aos usuários utilizarem a rede dentro dos limites da transmissão sem que paredes ou estruturas prediais sejam adaptadas para a passagem de fios. Além disso, a estrutura de rede sem fio permite a mobilidade do usuário por toda a cobertura da rede.

2.1.1 IEEE 802.11

Os padrões **IEEE 802** definem protocolos para as camadas **Física** e **de Enlace** do modelo referencial **OSI** (do inglês *Open Systems Interconnection*. (AHMAD, 2004) Este modelo mantido pela Organização Internacional de Normalização (**ISO** do inglês *International Organization for Standardization*) serve de referência para a padronização da comunicação entre sistemas computacionais em sete camadas, como mostradas na figura 1. O objetivo desta separação é haver interoperabilidade entre diferentes tecnologias (ZIMMERMANN, 1980).

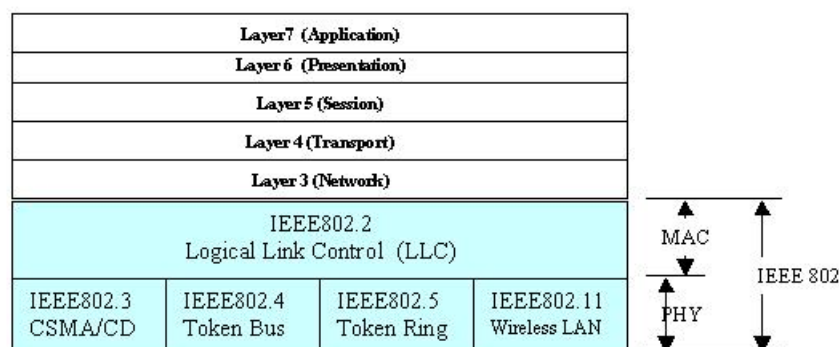


Figura 1 – Modelo de Camadas OSI (EEHERALD, 2017)

De acordo com [Hiertz \(2010\)](#) quando as redes sem fio foram primeiramente concebidas, parecia ser necessário apenas o desenvolvimento de uma nova Camada Física para o protocolo **802.3** (*ethernet*), utilizando radio-frequência. No entanto as dificuldades do novo meio não permitiam a detecção de colisões de pacotes impossibilitando seu funcionamento. Foi quando o comitê responsável por este projeto percebeu que comunicação sem fio exigiria seu próprio protocolo de controle de meio de acesso (*medium access control* **MAC**).

Em 1997 foi publicada a primeira versão do padrão **IEEE 802.11**. Esta oferecia três soluções para o meio físico (**PHY**): **FHSS** (*frequency hopping spread spectrum*) , **DSSS** (*direct sequence spread spectrum*) para a faixa de frequência 2.4GHz e uma solução baseada em infravermelho **IR-PHY** utilizando a faixa frequência de 316 a 355THz. Para o controle de meio de acesso **MAC** foi desenvolvido um protocolo baseado no princípio **CSMA/CA** *carrier sense multiple access with collision avoidance* no qual o dispositivo de rede percebe múltiplas transmissões na portadora e evita colisões, que pode ser simplificado como "ouvir e reservar o canal antes de transmitir". Esta primeira versão tinha taxa de transmissão limitada a 2Mb/s devido ao seu modelo primitivo de modulação. A figura 2 mostra as primeiras camadas de uma rede sem fio utilizando a primeira versão do **IEEE 802.11**.

datalink layer (OSI layer 2)	logical link control (LLC)	IEEE 802.2		
	medium access control (MAC)	IEEE 802.11 (MAC & PLCP)		
physical layer (OSI layer 1)	physical layer convergence protocol (PLCP)			
	physical protocol layer (PHY)	IEEE 802.11 FH-PHY	IEEE 802.11 DS-PHY	IEEE 802.11 IR-PHY

Legend

DS-PHY = direct sequence spread spectrum physical layer

FH-PHY = frequency hopping spread spectrum physical layer

IR-PHY = infra-red physical layer

Figura 2 – Primeiras camadas de uma rede sem fio 802.11 ([CLARK, 2003](#))

As limitações do IEEE 802.11 foram superadas ao longo do tempo, novos protocolos para a camada PHY foram surgindo e com isso velocidades, alcance e número de usuários atendidos foram ficando cada vez maiores. A tabela 1 a evolução da camada **PHY**.

Ano	Padrão	Banda (GHz)	Largura de Banda (MHz)	Modulação	Taxa Máxima
1997	802.11	2.4	20	DSSS, FHSS	2 Mbits/s
1999	802.11b	2.4	20	DSSS	11 Mbits/s
1999	802.11a	5	20	OFDM	54 Mbits/s
2003	802.11g	2.4	20	DSSS, OFDM	54 Mbits/s
2009	802.11n	2.4, 5	20, 40	OFDM	600 Mbits/s ¹
2012	802.11ac	5	40, 80, 160	OFDM	6.93 Gbits/s ¹

Tabela 1 – Evolução da camada PHY 802.11 (HIERTZ, 2010)

2.1.2 Estrutura das redes sem fio IEEE 802.11

De acordo com (CLARK, 2003) uma simples rede sem fio IEEE802.11 consiste em um número de estações que podem operar em uma das seguintes configurações:

1. **Basic Service Set - BSS** - neste modo estações comunicam diretamente umas com a outra. Não há estrutura de rede formal e são conhecidas como redes *ad hoc*. Esta configuração é relativamente simples, porem sua area de cobertura é extremamente limitada.
2. **Extended Service Set - ESS** nesta configuração estações selecionam um *ponto de acesso*(AP, do inglês *access point*) próximo e se associam a ele. O ponto de acesso provê acesso a dados de uma rede externa. Uma *extended service set (ESS)* é utilizada para fornecer uma grande cobertura de rede sem fio, possibilitando às estações a se deslocarem por toda cobertura. Conforme é mostrado na figura 3 uma ESS pode ser compostas de várias BSS.

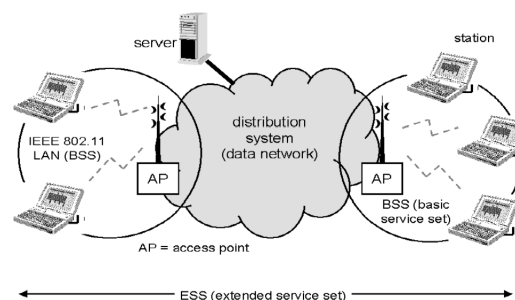


Figura 3 – Arquitetura de rede sem fio 802.11 (CLARK, 2003)

¹ Esta velocidade varia de acordo com a configuração de equipamento, número de antenas, entre outros fatores.

A rede sem fio "Minha Ufop Wifi" consiste em um *Extended Service Set* pois disponibiliza diversos pontos de acesso espalhados pelos campus.

3 Rede Minha Ufop Wifi

Este capítulo apresenta os componentes da rede sem fio Minha Ufop Wifi no Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Aqui serão apresentados os equipamentos, software e arquitetura da rede 802.11.

3.1 Implantação

O projeto de **WLAN** institucional começou com um estudo de viabilização iniciado em 2008, de acordo com (CORGOSINHO; FERNANDES, 2013) primeiramente foram analisadas soluções proprietárias com custo estimado na época de R\$800.000,00 (oitocentos mil reais). Em 2012, o **NTI** tomou conhecimento da solução de rede sem fio institucional utilizada na Universidade Federal Fluminense baseada em software livre e se interessou pelo modelo adotado. Para os técnicos do **NTI**, a solução da **UFF** que utilizava o Sistema de Controle Inteligente para Redes sem Fio (*SCIFI*), era viável para Universidade Federal de Ouro Preto. No entanto o modelo de autenticação utilizado na instituição do Rio de Janeiro baseado no **eduroam** necessita de configuração no dispositivo suplicante, o que segundo (CORGOSINHO; FERNANDES, 2013) inviabilizaria o uso em alguns dispositivos móveis. Diante desta inviabilidade, o **NTI** decidiu substituir o modelo de autenticação baseado em **eduroam** por um *captive portal*, onde a autenticação é feita em um navegador *web*, e implantar uma solução baseada em software livre para disponibilizar a rede sem fio para a comunidade acadêmica. (CORGOSINHO; FERNANDES, 2013) destaca o baixo custo do projeto, orçado no valor de R\$122.634,00, em relação a solução proprietária; a facilidade de gerenciamento provida pelos sistemas integrados (*SCIFI* para pontos de acesso e *GigaUFOPNet* para gestão de usuários) e de ampliação de cobertura pela instalação de novos pontos de acesso.

A implantação iniciou-se com um piloto realizado em Novembro de 2012, utilizando apenas três pontos de acesso. A expansão da cobertura com a instalação de pontos de acesso por todo o campi começou em Março de 2013 e terminou em Março de 2015. Hoje a rede conta com 270 pontos de acesso espalhados entre os campi de Ouro Preto, Mariana e João Monlevade.

3.1.1 Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas

Este trabalho foca o estudo da rede sem fio Minha Ufop Wifi disponibilizada no Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, campus da Universidade Federal de Ouro Preto localizado em João Monlevade que concentra as atividades acadêmicas em 2 turnos

(vespertino e noturno). Apresentado na Figura 4, o ICEA possui uma área total de aproximadamente $23.500m^2$ e é dividido em oito blocos totalizando cerca de $8.800m^2$ de área construída onde foram espalhados trinta pontos de acesso para fornecer a cobertura da rede sem fio. Estima-se que a área de maior circulação de usuários em $13.800m^2$. Desde Janeiro de 2014 e até a Julho de 2017, 2196 usuários únicos se autenticaram nesta rede.



Figura 4 – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas (Google Maps, 2017)

3.2 Arquitetura

A arquitetura da rede sem fio Minha Ufop Wifi é separada em duas redes locais virtuais (Virtual Local Area Network, **VLANs**). A primeira **VLAN**, chamada de **VLAN WIFI**, conecta os pontos de acesso distribuídos nos campi ao servidor de autenticação e ao servidor controlador de pontos de acesso. Uma vez autenticado o usuário da rede sem fio passa a ter acesso a VLAN ADM que provê acesso a internet. De acordo com (CORGOSINHO; FERNANDES, 2013) a arquitetura dessa rede pode ser dividido em seis servidores, mostrados na figura 5 responsáveis pelo gerenciamento dos usuários e controle dos pontos de acesso.

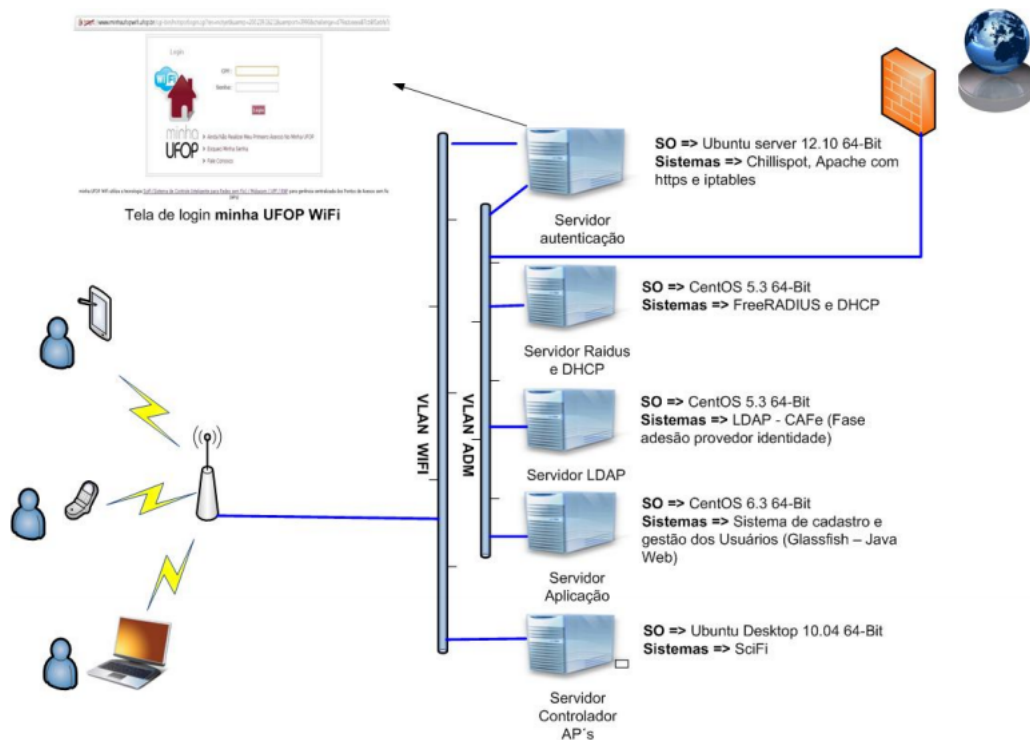


Figura 5 – Arquitetura da Rede Minha Ufop Wifi (CORGOSINHO; FERNANDES, 2013)

1. Servidor de Autenticação - responsável por servir página de login e integrar rede WIFI com a rede administrativa.
2. Servidor Radius e DHCP - responsável por autenticar e contabilizar as sessões de usuário.
3. Servidor LDAP - provedor de serviços de diretório, utilizado para integrar a rede com outras redes também federadas CAFE (Comunidade Acadêmica Federada)
4. Servidor Sistema de cadastro e gestão de usuários - responsável pelo gerenciamento de usuários
5. Servidor Controlador de Pontos de Acesso - responsável por controlar os pontos de acesso.

3.2.1 Gerenciamento dos Usuários

Por gerenciamento dos usuários entende-se o cadastro e gestão dos mesmos e também o processo de autenticação. A gestão dos usuários da rede Minha Ufop Wifi é feito através do sistema *GigaUFOPNet* desenvolvido pelo próprio NTI. Este sistema armazena informações dos usuários em LDAP configurado de acordo com as especificações da Federação CAFE (Comunidade Acadêmica Federada). A autenticação dos usuários é feita através de um *captive portal* disponibilizado pelo software *Chillispot* que encaminha

a autenticação para o servidor *FreeRadius* que por sua vez consulta a base de usuários LDAP e autoriza ou não o acesso.

3.2.1.1 LDAP CAFe

LDAP é um protocolo que provê acesso a serviços de diretórios distribuídos que estejam de acordo com padrões definidos conhecidos como X.500 (IEEE, 2006). Serviço de diretórios fornecem um conjunto de registros organizados, como uma lista de usuários, contendo suas informações pessoais e permissões. A padronização destes registros possibilita que agentes externos consultem informações para identificação do usuário, transformando o LDAP em um provedor de identidades. A Federação CAFe (Comunidade Acadêmica Federada) reúne desde 2008 instituições acadêmicas brasileiras em uma rede de confiança, na qual cada instituição é responsável por autenticar e prover informações de seus usuários para provedores de serviços autorizados (WANGHAM et al., 2010). Com o objetivo de incluir a rede sem fio Minha UFOP Wifi nesta federação, o OpenLDAP foi adequado aos padrões definidos pela comunidade. Os benefícios da participação na Federação CAFe incluem o uso de um único sistema de controle de acesso para serviços internos e externos à instituição, uma única conta para acesso a serviços e garantia de privacidade.

3.2.1.2 Chillispot

Chillispot é um *captive portal* de código aberto, usado para autenticação de usuários em WLANs (CHILLISPOT.ORG, 2017). *Captive Portal* é uma página web onde o usuário da rede sem fio precisa fazer *login* para se conectar a Internet. Enquanto não autorizado, o usuário só tem acesso a página de *login*. O trabalho do *Chillispot* é encaminhar os dados de *login* para um servidor Radius via MSCHAP-v2, onde é feito a autenticação, autorização e contabilidade da sessão do usuário. A figura 6 mostra o fluxo necessário para se autenticar com o *Chillispot*.

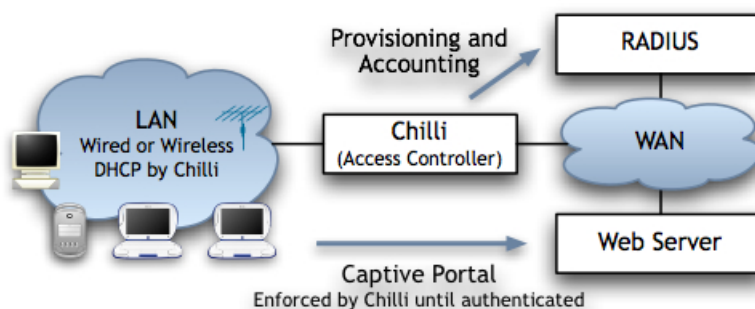


Figura 6 – Fluxo de Autenticação com *Chillispot* (CHILLISPOT.ORG, 2017)

3.2.1.3 FreeRADIUS

RADIUS é um protocolo de rede para autenticação, autorização e contabilidade de usuários remotos. Criado em 1991 pela Livingston Enterprises, este protocolo se tornou um padrão industrial mantido pelo IEEE na RFC 2865 (WALT, 2011). De acordo com (SARL, 2014), *FreeRADIUS* é o mais popular servidor *RADIUS* de código aberto do mundo. Sua popularidade é atribuída ao *design* modular deste servidor que permite que ele seja configurado de acordo com a necessidade, podendo ser escalado para grandes ou pequenas infra-estruturas.

A função do *FreeRadius* na rede Minha Ufop Wifi é receber uma requisição de autenticação encaminhada pelo *Chillispot* e verificar na base dados LDAP se o usuário está autorizado a acessar a internet. Também é responsável pela contabilidade da sessão do usuário, registrando em um banco de dados um resumo da mesma com dados como duração e quantidade de tráfego de entrada e saída. As informações guardadas neste banco de dados foram utilizados para a caracterização da rede realizada neste trabalho.

3.2.2 Controle dos Pontos de Acesso

O Controle dos Pontos de Acesso consiste no gerenciamento das configurações dos equipamentos distribuídos pelos campi. Para isso é instalado nos pontos de acesso o firmware *OpenWRT* (OPENWRT.ORG, 2017), permitindo o controle remoto pelo Sistema de Controle Inteligente para Redes sem Fio (*SCIFI*).

3.2.2.1 SCIFI

O Sistema de Controle Inteligente para Redes sem Fio (*SCIFI*) foi desenvolvido na Universidade Federal Fluminense como uma solução de baixo custo e código aberto, extensível e customizável, que permite a configuração automática e gerenciamento centralizado da infra-estrutura de WLAN (NASCIMENTO et al., 2011). Redes sem fio de larga cobertura necessitam de um grande número de pontos de acesso o que dificulta a gestão dessa infra-estrutura necessariamente distribuída. É importante ressaltar outro desafio pertinente a redes 802.11 com múltiplos pontos de acesso: a alocação de canais de transmissão na frequência de 2.4GHz. Devido ao número limitado de canais é necessário distribuir os dispositivos transmissores para reduzir a sobreposição e assim minimizar interferências melhorando o funcionamento da rede (RIIHJARVI; PETROVA; MAHONEN, 2005; VILLEGAS; FERRÉ; ASPAS, 2005; LEUNG; KIM, 2003).

De acordo com (LIMA; CARRANO; TAKAHASHI, 2012) o método mais comum de distribuição de pontos de acesso é realizado *ad-hoc* baseado na experiência do administrador e chamado de *site survey*. MAGALHÃES et al. resume essa técnica em duas etapas: inicialmente o planejamento da distribuição de pontos de acesso utilizando as plantas

baixas do local para garantir cobertura e em seguida a instalação individual dos mesmos, seguido de testes e medidas para tentar garantir um bom funcionamento da rede. Ao fim da instalação é necessário uma revisão da infra-estrutura através de novos testes para validar a arquitetura. Para áreas muito grande, o método *site survey* é complexo e trabalhoso. Diante dessas dificuldades, a utilização de algoritmos e técnicas de inteligência computacional estão cada vez mais comuns para o planejamento de redes WLAN. (LIMA et al., 2014)

O controlador *SCIFI* inclui um algoritmo centralizado para seleção de canais e outro para controle de potência de transmissão maximizando a utilização do espectro 2.4GHz e a quantidade de pontos de acesso suportados. (MAGALHÃES et al., 2013).

1. Algoritmo de Seleção de Canais - Conhecido como DSATUR, este algoritmo modela a rede como um grafo e o problema de atribuição de canais se transforma em um problema de coloração de grafos com três cores (canais 1,6 e 11). Simplificando seu funcionamento, cada ponto de acesso coleta RSSI e Canal atribuído dos pontos de acesso vizinhos (pertencentes a rede ou não), e envia para o Controlador SCIFI. O Controlador SCI-FI faz uma lista com todos os pontos de acesso visíveis e marca aqueles que não pertencem a rede como já coloridos com uma das cores disponíveis. Então é selecionado dentre os pontos de acesso controlados e sem cor atribuída, aquele com o maior número de vizinhos com diferentes cores e a ele é atribuído a cor menos usada. Este processo é repetido até todos os pontos de acesso controlados estejam configurados.
2. Algoritmo de Controle de Potência - Após a seleção de canais a lista de pontos de acesso é dividida em três conjuntos ortogonais, sem interferência (Canais 1, 6 e 11). Para cada ponto de acesso de cada conjunto, o algoritmo decrementa a potência de transmissão linearmente até que seus vizinhos parem de detectá-lo, então é atribuído a este ponto de acesso a potência um passo superior a esta.

A utilização destes algoritmos resulta em um sistema de auto-configuração acabando com a abordagem de planejamento baseado em tentativa e erro, que demanda muito tempo, é imprecisa e acaba elevando os custos de implantação da WLAN. Outra característica deste controlador é a compatibilidade com diferentes modelos de pontos de acesso, desde que compatíveis com o sistema operacional *OpenWRT*. Este requisito permite que o *SCIFI* seja independente do *hardware* utilizado e permite a instalação de módulos que fazem comunicação entre ponto de acesso e controlador. Mais detalhes sobre o OpenWRT são apresentados na seção 3.2.2.2.

A arquitetura do *SCIFI* é dividida em duas partes: o Controlador *SCIFI* instalado em um servidor centralizado e a aplicação distribuída nos pontos de acesso. O controlador é composto por quatro módulos formando o Núcleo de Processamento Central responsável

pela execução dos algoritmos de configuração automática, comunicação com pontos de acesso, coleta de dados e comunicação com banco de dados. O Controlador também inclui um servidor de aplicação com interface Web para gerenciamento e monitoração da rede, banco de dados *Postgres* e uma plataforma de monitoramento de desempenho da aplicação. A aplicação instalada nos pontos de acesso possui um módulo de comunicação com o controlador, um *script* para coleta de dados e um *script* para configuração de parâmetros. A figura 7 resume a arquitetura descrita anteriormente. A comunicação entre ponto de acesso e controlador é feita via SSH e SNMP.

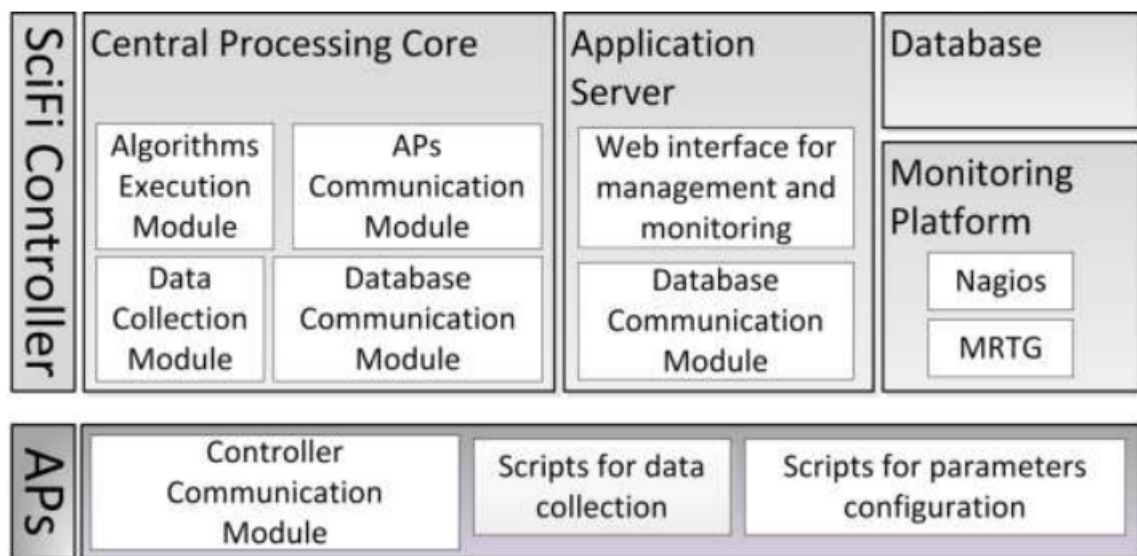


Figura 7 – Arquitetura do sistema SCIFI (MAGALHÃES et al., 2013)

Este sistema já se encontra em uso na Universidade Federal Fluminense, na Marinha do Brasil e desde de 2012 na Universidade Federal de Ouro Preto, e de acordo com estes casos de uso pode ser considerada estável, de baixo custo e de fácil instalação.

3.2.2.2 OpenWRT

O *OpenWRT* é uma distribuição minimalista BusyBox/Linux para sistemas embarcados como *gateways*, roteadores ou pontos de acesso (OPENWRT.ORG, 2017). Baseado na licença GPL, este projeto começou em 2004 e tem como objetivo disponibilizar um sistema operacional leve com um conjunto de ferramentas úteis para a criação de um firmware adaptado as necessidades do usuário. Dentre as ferramentas disponibilizadas, estão um servidor **SSH** que permite o acesso remoto a linha de comando do sistema operacional apresentado na figura 8 e um gerenciador de pacotes que possibilita a instalação simplificada de novas ferramentas. Para se integrar ao *SCIFI* o OpenWRT é modificado e são inseridos *scripts* que enviam informações ao servidor de controle de pontos de acesso.

[illegible]

Figura 8 – Acesso SSH ao OpenWRT

Parte II

Resultados

4 Coleta de Dados

Este capítulo apresenta a metodologia de coleta de dados para Rede Minha UFOP WIFI. Assim como em (SCHWAB; BUNT, 2004) a rede estudada possui um banco de dados *Radius Accounting*, responsável por registrar informações sobre sessões de usuários autêntificados, que nesta monografia também são chamados de "Dados de Autenticação". Serão explicados neste capítulo este banco de dados, as ferramentas utilizadas para o monitoramento da rede sem fio e a preparação de dados.

4.1 Dados de Autenticação

4.1.1 Radius Accounting

Por razões de segurança, a rede sem fio MINHA UFOP WIFI necessita de autenticação para permitir que um usuário consiga se conectar a internet. Essa autenticação é realizada pelo servidor FreeRadius apresentado na subseção 3.2.1.3. Como previamente citado, além de tratar da autenticação o serviço Radius, especificamente o *Radius Accounting* cuida da contabilidade (*accounting*) das sessões dos usuários, registrando-as em um banco de dados. A RFC 2866 (RIGNEY, 2000) descreve o protocolo utilizado para a contabilidade e as informações que podem ser registradas. Mesmo com um protocolo definido, diferentes implementações de Radius Accounting apresentam variação nos tipos de informação registradas, sendo necessário configurar cada uma delas para que sejam armazenados. O NTI disponibilizou para este trabalho acesso a tabela onde são registrados as informações de Radius Accounting das sessões do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. A tabela chamada "radacct" se encontra em um banco de dados Postgresql, localizado em um servidor pertencente a VLAN ADM e seus campos são descritos na Tabela 2.

Campo	Descrição	Tipo
raddacctid	Chave primária de identificação da sessão no banco de dados autoincrementada.	bigint
acctsessionid	Identificador único da sessão definido pelo NAS.	character(64)
acctuniqueid	Identificador único secundário que garante unicidade caso sejam armazenadas sessões de diferentes NAS.	character(32)
username	O identificador de usuário utilizado é o Cadastro de Pessoa Física	character(253)
groupname	Identificador para o grupo do usuário	character(253)

Campo	Descrição	Tipo
realm	Identifica a federação do usuário	character(64)
nasipaddress	Endereço de IP disponibilizado ao usuário para a conexão com a internet.	inet
nasportid	Porta disponibilizada ao usuário para a conexão com a internet.	character(15)
nasporttype	Identifica o tipo da porta física NAS utilizada	character(32)
acctstarttime	Data e hora do início da sessão.	timestamp
acctstoptime	Data e hora do final da sessão.	timestamp
acctsessiontime	Tempo decorrido da sessão.	bigint
acctauthentic	Identifica como o usuário foi autenticado (via NAS ou via RADIUS)	character(32)
connectinfostart	Informação opcional a respeito do início da conexão	character(50)
connectinfostop	Informação opcional a respeito do fim da conexão	character(50)
acctinputoctets	Quantidade de bytes de entrada no servidor, ou seja, o upload realizado pelo usuário.	bigint
acctoutputoctets	Quantidade de bytes de saída do servidor, ou seja, o download realizado pelo usuário.	bigint
callingstationid	Endereço MAC do dispositivo utilizado durante a sessão	character(50)
calledstationid	A identificação do NAS que mantém a sessão.	character(50)
acctterminatecause	Motivo do fim da sessão.	character(32)
servicetype	Tipo do Serviço	character(32)
xascendsessionsvrkey	Chave para autenticação com servidor virtual	character(10)
framedprotocol	Indica o protocolo que será utilizado para converter os pacotes através do NAS	character(32)
frameipaddress	Endereço de IP do usuário na rede interna.	inet
acctstartdelay	Atraso em segundos entre o pedido e o início da sessão, informado pelo NAS.	integer
acctstopdelay	Atraso em segundos entre o pedido e o fim da sessão, informado pelo NAS.	integer

Tabela 2 – Descrição da tabela RADACCT ([FREERADIUS, 2017](#))

A Tabela 3 exemplifica os registros armazenados neste banco de dados. Nota-se que os campos *groupname*, "realm", "connectinfostart", "connectinfostop", "servicetype", *xascendsessionsvrkey* e "framedprotocol" desta tabela estão em branco. Isso ocorre em todos os registros do banco de dados, o que indica que tais informações não foram configuradas para serem salvas. Os campos "nasipaddress", "nasporttype", "acctauthentic", "calledstationid", "acctstartdelay" e "acctstopdelay" apresentam os mesmos valores da Tabela 3 em todas as sessões registradas, estes valores são constantes devido a configuração da rede. Para preservar a privacidade dos usuários os campos "username" e "callingstationid", que representam respectivamente o CPF (Cadastro de Pessoa Física) do usuário e o endereço MAC (*Medium Access Control*) do dispositivo utilizado, foram substituídos nesta monografia por seu *hash* SHA1 (3RD; JONES, 2001) correspondente e omitidos nas tabelas aqui apresentadas.

Campo	Sessão 1	Sessão 2	Sessão 3
raddacctid	376986	376987	376988
acctsessionid	a9639df68c994dde	0bc534574eefcec7	785ecac8a82047d5
acctuniqueid	33939842c95d56d2	5500b2f06df4e954	12401f16e100ae89
username	omitido	omitido	omitido
groupname			
realm			
nasipaddress	200.239.152.139	200.239.152.139	200.239.152.139
nasportid	2074	2076	2078
nasporttype	Ethernet	Ethernet	Ethernet
acctstarttime	2017-07-05 09:34:38-03	2017-07-05 09:35:12-03	2017-07-05 09:35:46-03
acctstoptime	2017-07-05 13:35:25-03	2017-07-05 12:11:19-03	2017-07-05 13:36:26-03
acctsessiontime	14447	5729	14440
acctauthentic	RADIUS	RADIUS	RADIUS
connectinfostart			
connectinfostop			
acctinputoctets	6010443	227539	9308229
acctoutputoctets	4564917	454179	88496274
calledstationid	200.239.152.139	200.239.152.139	200.239.152.139
callingstationid	omitido	omitido	omitido
acctterminatecause	Session-Timeout	Idle-Timeout	Session-Timeout
servicetype			
xascendsessionsvrkey			
framedprotocol			
frameipaddress	172.16.253.103	172.16.254.53	172.16.255.187
acctstartdelay	0	0	0
acctstopdelay	0	0	0

Tabela 3 – Amostra de registros da Tabela *Radacct*

Um resumo estatístico dos dados da tabela *Radacct* registrados entre 05/12/2013 a 24/07/2017 é apresentado na Tabela 4. É importante frizar que o campo "callingstationid", que representa o endereço MAC do dispositivo utilizado na sessão, só passou a ser incluído a partir de 04 de Maio de 2016, devido a uma alteração na configuração do servidor Radius.

Total de Sessões:	389.190
Usuários:	2428
Média de Sessões/Usuário:	160,29
Dispositivos:	4195 ¹
Média de Dispositivo/Usuário:	2.35 ¹

Tabela 4 – Estatística da Tabela *Radacct*

Totalizando 389.190 sessões registradas entre 05/12/2013 e 24/07/2017, o banco de dados Radius Accounting é muito útil para a caracterização da rede sem fio Minha UFOP WIFI. Destacam-se os campos "acctinputoctets" e "acctoutputoctets" que registram a quantidade de bytes que o usuário utilizou em download e upload, respectivamente. Estes campos são atualizados frequentemente ao longo da sessão e congelados ao fim da mesma, quando é registrado o *timestamp* do fim sessão. Esta forma de funcionamento atrapalha a realização de uma análise da intensidade de tráfego da rede pois dilui a utilização da mesma ao longo de toda a sessão. Ao consultar o registro de uma sessão só é possível calcular a média de tráfego, inviabilizando a detecção de picos e de sub-utilização. Para contornar isto, foi desenvolvido um *script* em Python (PYTHON, 2017) para monitorar o banco de dados Radius Accounting obtendo informações incrementais das sessões.

O *script* nomeado "MonitorRadius.py", apresentado na figura 9, funciona de maneira simples: Dado um intervalo de tempo X minutos, a cada X minutos são selecionados os campos "radacctid", "username", "nasportid", "acctstarttime", "acctstoptime", "acctsessiontime", "acctinputoctets", "acctoutputoctets", "callingstationid", "acctterminatecause", "framedipaddress" das sessões que estão abertas ("acctstoptime" é nulo) ou daquelas que acabaram em menos de X minutos no banco de dados Radius Accounting. Essas informações são separadas em 3 tabelas de um banco de dados PostgreSQL: "sessoes", "trafego" e "nsessoes". A tabela "sessoes" armazena todas as informações coletadas e é atualizada enquanto a sessão continua ativa. A tabela "trafego" registra os campos radacctid, acctsessiontime, acctinputoctets, acctoutputoctets e data/hora atual, registrando estes valores de forma incremental ao longo da sessão. A terceira tabela, "nsessoes" registra a quantidade de sessões abertas e quantas delas foram iniciadas neste intervalo de tempo.

¹ O endereço MAC do dispositivo só começou a ser registrado a partir do dia 04 de Maio de 2016

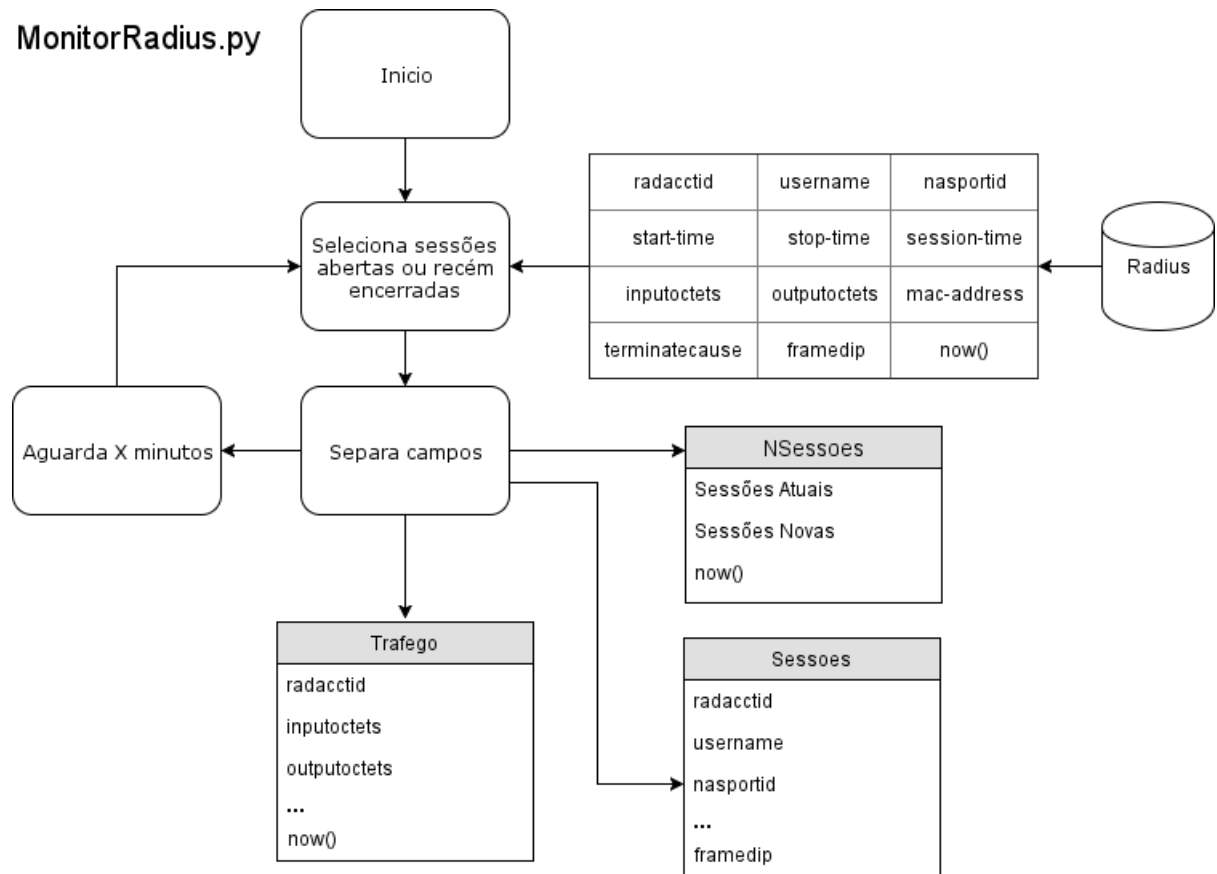


Figura 9 – Diagrama de fluxo da ferramenta MonitorRadius.py

O processo de coleta de dados utilizando a ferramenta MonitorRadius.py iniciou-se em 27/06/2017, utilizando um servidor inserido na rede interna do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Foi definido o intervalo de 5 minutos entre cada interação, para minimizar as interferências no funcionamento da rede Minha Ufop Wifi, e sobrecarga no banco de dados Radius. Amostra de registros das tabelas , 'trafego', 'nsesoes' e 'sesoes' são apresentadas nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

radacctid	acctsessiontime	acctinputoctets	acctoutputoctets	timestamp
372960	54	37022	104407	2017-06-27 15:28:47.840979-03
372960	360	99566	366782	2017-06-27 15:33:47.820183-03
372960	667	115830	397946	2017-06-27 15:38:47.845541-03
372960	974	118657	407363	2017-06-27 15:43:47.840885-03

Tabela 5 – Amostra de registros da Tabela Tráfego

Novas Sessões	Sessões Atuais	timestamp
6	201	2017-07-06 15:33:52.410526-03
3	204	2017-07-06 15:38:52.411261-03
11	211	2017-07-06 15:43:52.414529-03
2	210	2017-07-06 15:48:52.408979-03

Tabela 6 – Amostra de registros da Tabela NSessoes

Campo	Sessão 4	Sessão 5	Sessão 6
raddacctid	372729	372646	372734
username	omitido	omitido	omitido
nasportid	2240	2122	2250
acctstarttime	2017-06-27 12:46:12-03	2017-06-27 10:47:57-03	2017-06-27 12:46:51-03
acctstoptime	2017-06-27 16:46:40-03	2017-06-27 12:33:59-03	2017-06-27 16:47:41-03
acctsessiontime	14428	2728	14450
acctinputoctets	2343294	121891930	1443594
acctoutputoctets	7603678	18537711	2657281
callingstationid	omitido	omitido	omitido
acctterminatecause	Session-Timeout	Idle-Timeout	Session-Timeout
frameipaddress	172.16.252.40	172.16.254.144	172.16.253.183

Tabela 7 – Amostra de sessões da Tabela Sessões

4.1.2 Preparação dos Dados Coletados

Os dados coletados pela ferramenta "MonitorRadius.py" inseridos na Tabela "Tráfego" consistem numa sequência de registros dos campos 'acctinputoctets' e 'acctoutputoctets' que representam a quantidade de bytes consumidos via *upload* e *download*, além do campo 'acctsessiontime' que registra a duração em segundos da sessão até o momento da coleta. Este comportamento é amostrado na Tabela 5. Para a análise de tráfego de rede entre os intervalos de monitoramento, isto é, quantificar o consumo realizado em 5 minutos, é necessário fazer uma diferenciação entre os registros da mesma sessão. Esta preparação foi realizada utilizando a linguagem de programação R (R, 2017) através da versão gratuita do software RStudio (RSTUDIO, 2017). Uma amostra dos mesmos registros apresentados na Tabela 5 após a preparação é apresentado na Tabela 8

radacctid	acctsessiontime	dif-inputoctets	dif-outputoctets	timestamp
372960	0	0	0	2017-06-27 15:28:47.840979-03
372960	306	62544	262375	2017-06-27 15:33:47.820183-03
372960	307	16264	31164	2017-06-27 15:38:47.845541-03
372960	307	2827	9417	2017-06-27 15:43:47.840885-03

Tabela 8 – Amostra de registros da Tabela Tráfego após diferenciação

5 Análise de Dados

Análise de dados é o processo de inspecionar, filtrar, transformar e modelar dados com o objetivo de extrair informações úteis, e sugerir conclusões, facilitando a tomada de decisões. Este capítulo apresenta características da carga de trabalho da rede Minha UFOP WIFI através de tabelas e gráficos contruídos a partir das bases de dados apresentadas no capítulo de anterior. Ao longo de 28 dias corridos ou 20 dias úteis (entre os dias 27/06/2017 e 25/07/2017) de monitoramento, foram observadas 16768 autenticações na rede sem fio Minha UFOP Wifi, divididos em 1046 diferentes usuários e 1662 dispositivos únicos. Um resumo dos dados coletados podem ser observados na Tabela 9.

Total de Sessões:	16768
Usuários:	1046
Média de Sessões/Usuário:	16,03
Dispositivos:	1662
Média de Dispositivo/Usuário:	1,617
Total de Download:	898,366 Gigabytes
Total de Upload:	108,709 Gigabytes

Tabela 9 – Estatística da Tabela Sessões

5.1 Usuários e Dispositivos

Por utilizar o modelo de "Captive Portal" para autenticação, a Rede sem Fio Minha UFOP Wifi permite que um usuário utilize qualquer dispositivo compatível com IEEE 802.11 para se conectar a Internet. A diferença entre o número de usuários e o número de dispositivos únicos registrados indica que alguns usuários utilizam mais de um dispositivo na rede mencionada. Para identificar como os acessos dos usuários foi distribuído em relação aos seus dispositivos, foi contabilizado o número de dispositivo utilizado por cada usuário. Durante o mês de observação, notou-se que quase a totalidade dos usuários utilizam 1(46,5%) ou 2(47%) dispositivos. A Tabela 10 mostra a quantidade de usuários que utiliza determinado número de dispositivo. Nota-se também a identificação de um usuário que utilizou 14 diferentes dispositivos para se autenticar, que pode indicar que sua credencial de acesso foi comprometida.

O número de sessões por usuário é uma métrica importante para saber com que frequência os usuários se autenticaram na rede sem fio Minha Ufop WIFI. A tabela 11 mostra um resumo estatístico da distribuição de sessão por usuários. A partir desta tabela, foi possível construir o Diagrama de Caixa (*boxplot*), representado na Figura 10, que permite visualizar como estão distribuídos os usuários pelo número de sessões. A

Dispositivos	Usuários	%
1	487	46.55
2	491	46.95
3	62	5.9
4	3	0.3
5	2	0.2
14	1	0.1

Tabela 10 – Número de Dispositivos por Usuários

tabela 12 agrupa a quantidade de sessões por usuário em intervalos, indicando o número de autenticações realizadas ao longo do mês de observação. Com estes dados pode-se observar que 50% dos usuários fizeram até 10 autenticações e que 75% deles fizeram até 24 autenticações. O mesmo usuário identificado por se autenticar em 14 diferentes dispositivos é identificado aqui como *outlier* ao contabilizar 200 sessões ao longo do período observado.

Mínimo	1
1º Quartil	4
Mediana	10
Média	4
3º Quartil	24
Máximo	200

Tabela 11 – Resumo Estatístico de Sessões por Usuário

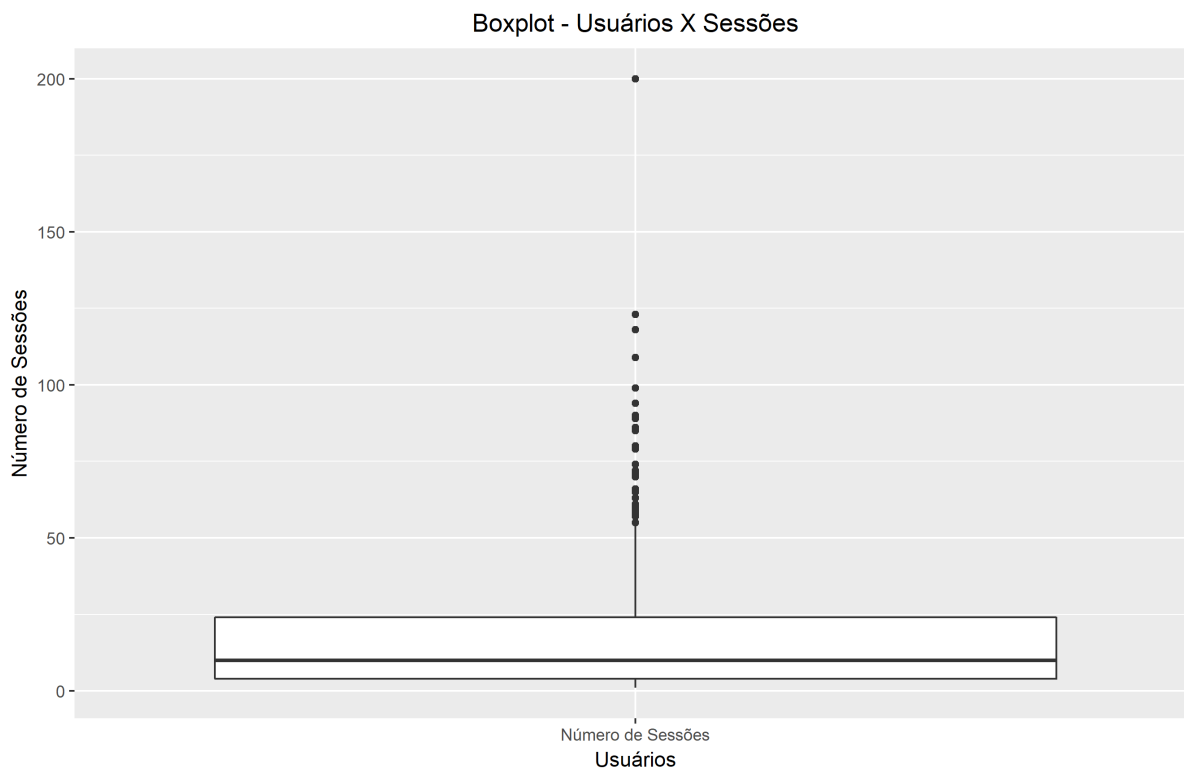


Figura 10 – Boxplot - Número de Sessões por Usuário

Sessões	Usuários	%
[1,5)	296	28.3
[5,10)	197	18.8
[10,20)	240	22.9
[20,30)	141	13.5
[30,40)	88	8.4
[40,50)	39	3.7
[50,75)	32	3.1
[75,100)	9	0.9
[100,125)	3	0.3
[125,201)	1	0.1

Tabela 12 – Distribuição de Número de Sessões por Número de Usuários

Usuário	Download	Upload	Sessões	Tempo de Sessão	Dispositivos
Top 1	14,59 GB	3,87 GB	200	25d 06h 01m 15s	14
Top 2	12,26 GB	0,89 GB	123	13d 22h 56m 55s	5
Top 3	5,11 GB	0,327 GB	118	13d 04h 37m 28s	3
Top 4	8,16 GB	0,819 GB	109	10d 18h 23m 14s	2
Top 5	2.24 GB	0.386 GB	99	9d 01h 23m	3
Top 6	0,69GB	0,33 GB	94	8d 11h 20m 20s	3
Top 7	4,35 GB	0,88 GB	90	10d 08h 17m 21s	3
Top 8	3,76 GB	0,52 GB	89	11d 15h 21m 23s	2
Top 9	1,76 GB	0,377 GB	86	8d 23h 52m 23s	2
Top 10	1,43 GB	0,103GB	85	7d 06h 03m 25s	2

Tabela 13 – Lista de usuários com maior número de Sessões

A Tabela 13 lista 10 usuários com o maior número de sessões durante o mês observado. Ao comparar estas métricas com as de outros usuários que também utilizaram a rede durante o período percebemos uma grande desigualdade. Estes 10 usuários que representam apenas 0,95% dos 1046 usuários registrados e possuem somados 19,07% de download e 31,6% de upload contabilizados. Também se diferem dos demais por serem os principais utilizadores do período entre 00:00 e 07:00 como pode ser mostrado na Tabela 14, que apresenta o número de sessões iniciadas dentro do intervalo de uma hora do dia, comparando as sessões dos top 10 usuários com os demais.

Hora	Top10	Total
00:00	10	10
01:00	1	1
02:00	1	1
03:00	1	1
04:00	5	5
05:00	3	3
06:00	24	24
07:00	43	47

Hora	Top10	Total
08:00	15	74
09:00	52	430
10:00	53	595
11:00	63	582
12:00	66	714
13:00	94	1801
14:00	89	1704
15:00	88	1777

Hora	Top10	Total
16:00	58	1330
17:00	90	1584
18:00	89	1479
19:00	55	1654
20:00	49	1159
21:00	54	1062
22:00	65	680
23:00	25	51

Tabela 14 – Número de sessões iniciadas agregadas pela hora iniciada

A Tabela 14 também permite identificar as horas do dia em que se iniciam mais sessões, nota-se que a maioria delas se iniciam entre 13:00 e 14:00 da tarde, e que o período com maior número de sessões é a partir das 13:00 e vai até aproximadamente 19:00 quando este começa a diminuir. Uma análise mais detalhada do número de sessões é realizada na Seção 5.2

5.2 Análise de Sessões

Utilizando a ferramenta "MonitorRadius.py" também foi possível registrar o número de conexões ativas e o número de conexões iniciadas em intervalos de 5 minutos entre os dias 27/06/2017 e 25/07/2017. O número mínimo, médio, mediano e máximo de sessões diárias pode ser encontrado na Tabela 15. As Figuras 11 e 12 apresentam o número de sessões ativas separados em quatro gráficos semanais, onde cada coluna representa o número de sessões registradas durante um intervalo de amostragem, classificadas pela cor a atividade acadêmica registrada no Campus de acordo com a Tabela 16. Nota-se pelos gráficos das Figuras 11 e 12 a diferença de número de sessões registradas entre os dias úteis (segunda a sexta), onde se concentram a maior parte das atividades, e finais de semana (sábado e domingo). Esta afirmação pode ser confirmada pela tabela 17, que também sugere que o maior número de sessões ocorrem nas Terças-Feira e Quartas-Feiras. Entretanto para afirmar em quais dias da semana ocorre maior atividade na rede Wi-Fi do campus, é necessária uma coleta de dados por um período maior. Uma vez que foram observadas apenas 4 semanas e são necessárias mais réplicas deste experimento para então a partir de testes estatísticos se afirmar que a atividade de rede do campus é maior em um dado dia da semana.

(a) Dias Corridos

Mínimo	8
Média	524
Mediana	696
Máximo	885

(b) Dias Úteis

Mínimo	393
Média	728.2
Mediana	754
Máximo	885

Tabela 15 – Estatística do número de sessões diário

Horário x Dia	Seg - Sex	Sáb - Dom
00:00 - 11:30	Não Atividade	Não Atividade
11:30 - 13:30	Restaurante Universitário	
13:30 - 14:20	Aula	
14:20 - 15:10	Aula	
15:10 - 15:25	Intervalo	
15:25 - 16:15	Aula	
16:15 - 16:50	Aula	
16:50 - 17:05	Aula + RU	
17:05 - 18:50	Restaurante Universitário	
18:50 - 19:40	Aula	
19:40 - 20:30	Aula	
20:30 - 20:45	Intervalo	
20:45 - 21:35	Aula	
21:35 - 22:25	Aula	
22:25 - 00:00	Não Atividade	

Tabela 16 – Horário de Atividades do ICEA

Data	Dia	Sessões	Data	Dia	Sessões
27/06/2017	ter	885	04/07/2017	ter	865
28/06/2017	qua	799	05/07/2017	qua	856
29/06/2017	qui	690	06/07/2017	qui	770
30/06/2017	sex	393	07/07/2017	sex	742
01/07/2017	sáb	16	08/07/2017	sáb	15
02/07/2017	dom	19	09-07-2017	dom	9
03/07/2017	seg	696	10-07-2017	seg	752

Data	Dia	Sessões	Data	Dia	Sessões
11/07/2017	ter	856	18/07/2017	ter	813
12/07/2017	qua	885	19/07/2017	qua	800
13/07/2017	qui	563	20/07/2017	qui	724
14/07/2017	sex	409	21/07/2017	sex	685
15/07/2017	sáb	8	22/07/2017	sáb	47
16/07/2017	dom	13	23/07/2017	dom	5
17/07/2017	seg	744	24/07/2017	seg	720

Tabela 17 – Número de sessões por dia

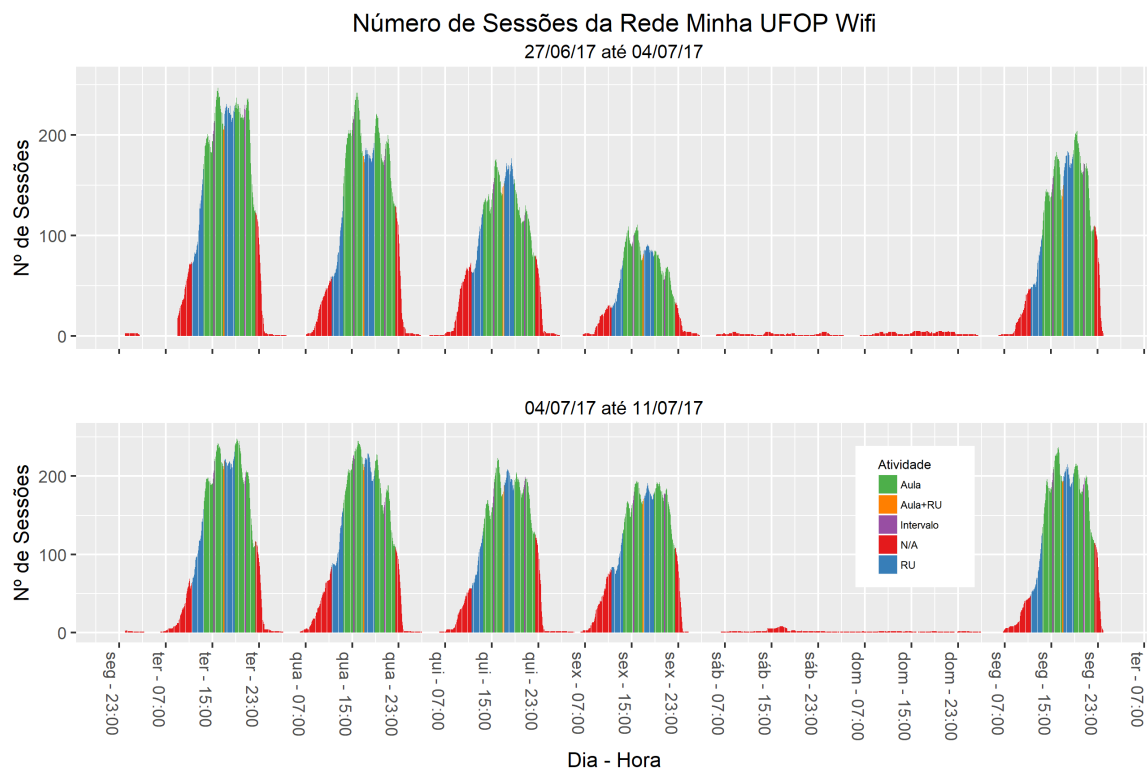


Figura 11 – Numero de Sessões x Dia e Hora - 27/06/2017 a 11/07/2017

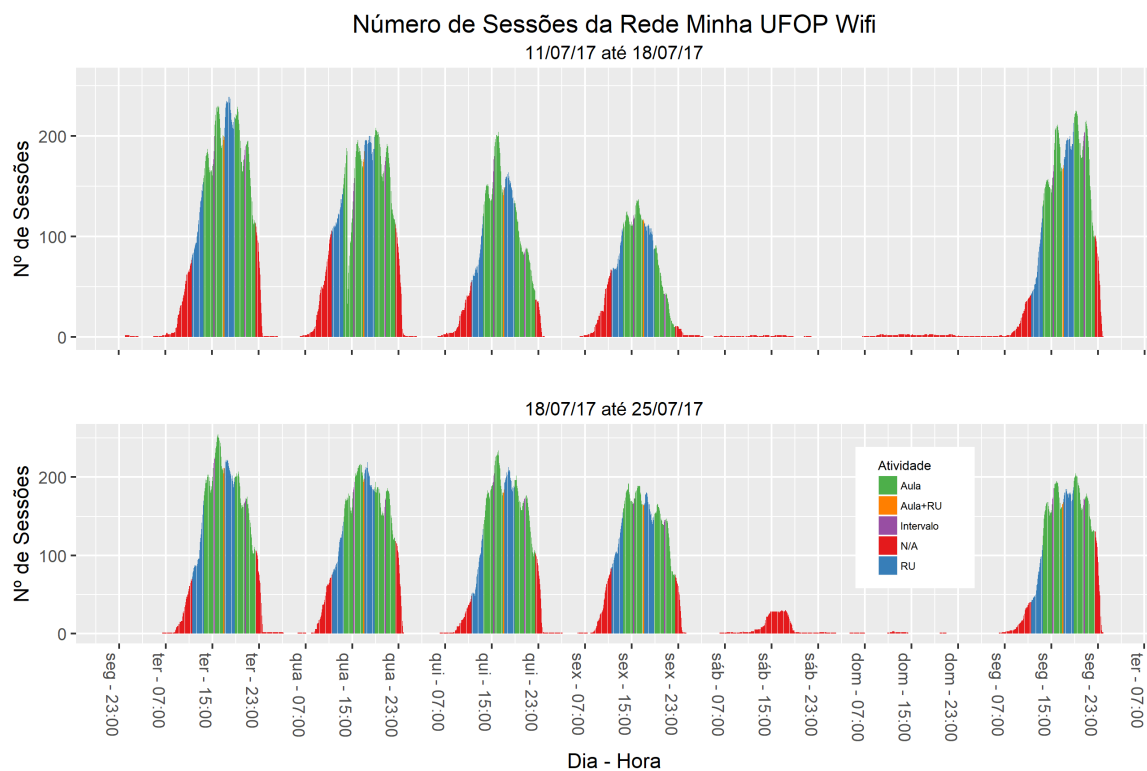


Figura 12 – Numero de Sessões x Dia e Hora - 12/07/2017 a 25/07/2017

5.2.1 Máximo de sessões

A Figura 13 mostra o número de máximo de sessões em cada dia observado, apontando o horário em que isto ocorreu e classificando pela atividade acadêmica daquele instante, gerado a partir da Tabela 18. Observa-se que o número máximo de sessões é 255, que ocorreu na terça-feira 18/07/2017 às 15:59. A média do pico diário de sessões é de 153.7 sessões incluindo os finais de semana e de 212.3 sessões excluindo finais de semana. Além disso percebe-se que a maioria dos picos de número de sessões ativas ocorre aproximadamente as 16:00.

Data - Hora	Dia	Sessões	Atividade
27/06/2017 15:58:47	Terça-Feira	247	Aula
28/06/2017 15:48:48	Quarta-Feira	242	Aula
29/06/2017 18:18:48	Quinta-Feira	177	RU
30/06/2017 15:58:49	Sexta-Feira	111	Aula
01/07/2017 00:03:49	Sábado	5	N/A
02/07/2017 15:28:50	Domingo	5	N/A
03/07/2017 19:28:50	Segunda	204	Aula
04/07/2017 19:13:51	Terça-Feira	248	Aula
05/07/2017 15:58:51	Quarta-Feira	245	Aula
06/07/2017 15:58:52	Quinta-Feira	223	Aula
07/07/2017 15:53:52	Sexta-Feira	194	Aula
08/07/2017 16:23:53	Sábado	8	N/A
09/07/2017 00:03:53	Domingo	2	N/A
10/07/2017 16:18:54	Segunda	237	Aula
11/07/2017 17:48:55	Terça-Feira	239	RU
12/07/2017 19:04:54	Quarta-Feira	208	Aula
13/07/2017 16:04:55	Quinta-Feira	204	Aula
14/07/2017 16:09:55	Sexta-Feira	137	Aula
15/07/2017 00:04:55	Sábado	2	N/A
16/07/2017 09:34:55	Domingo	3	N/A
17/07/2017 19:09:55	Segunda	225	Aula
18/07/2017 15:59:56	Terça-Feira	255	Aula
19/07/2017 17:34:56	Quarta-Feira	219	RU
20/07/2017 16:04:56	Quinta-Feira	234	Aula
21/07/2017 14:24:56	Sexta-Feira	192	Aula
22/07/2017 16:44:56	Sábado	30	N/A
23/07/2017 11:44:56	Domingo	3	N/A
24/07/2017 19:14:57	Segunda	205	Aula

Tabela 18 – Pico Diário de Sessões

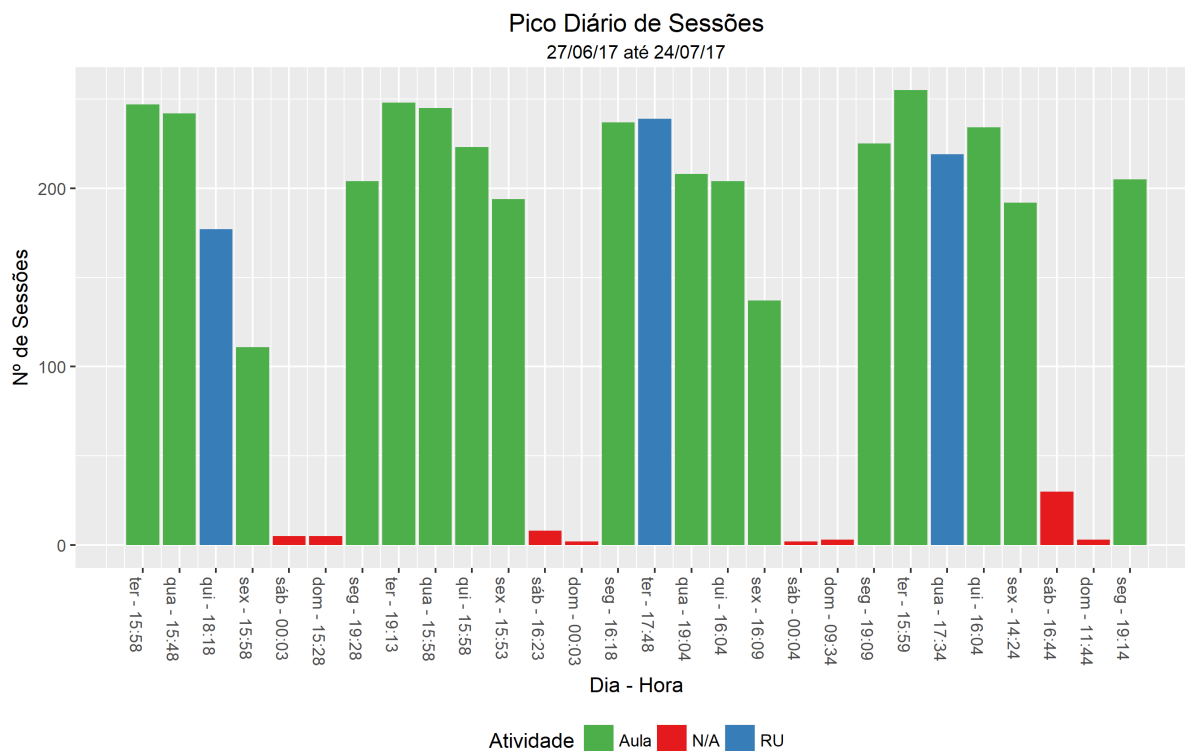


Figura 13 – Pico Diário de Sessões

5.2.2 Análise de dia médio

O comportamento do número de sessões durante um dia pode-se observado na Figura 14. Escolheu-se para este gráfico a Quinta-Feira 20/07/2017 pois trata-se de um dia útil com o número total de sessões próximo a média diária apresentada na Tabela 15.

Pela figura 14, ao longo do dia pode-se observar o crescente número de sessões em um ritmo lento das 09:00 até 12:00, depois com uma inclinação maior até 12:00 até 16:00. Nota-se que das 16:00 até as 17:00, ocorre um declínio do número de sessões. Este número volta a crescer no período da noite, mas encontra máximo aproximadamente as 18:00 durante o período de jantar no restaurante universitário. Deste ponto o número de sessões diminui ao longo da noite.

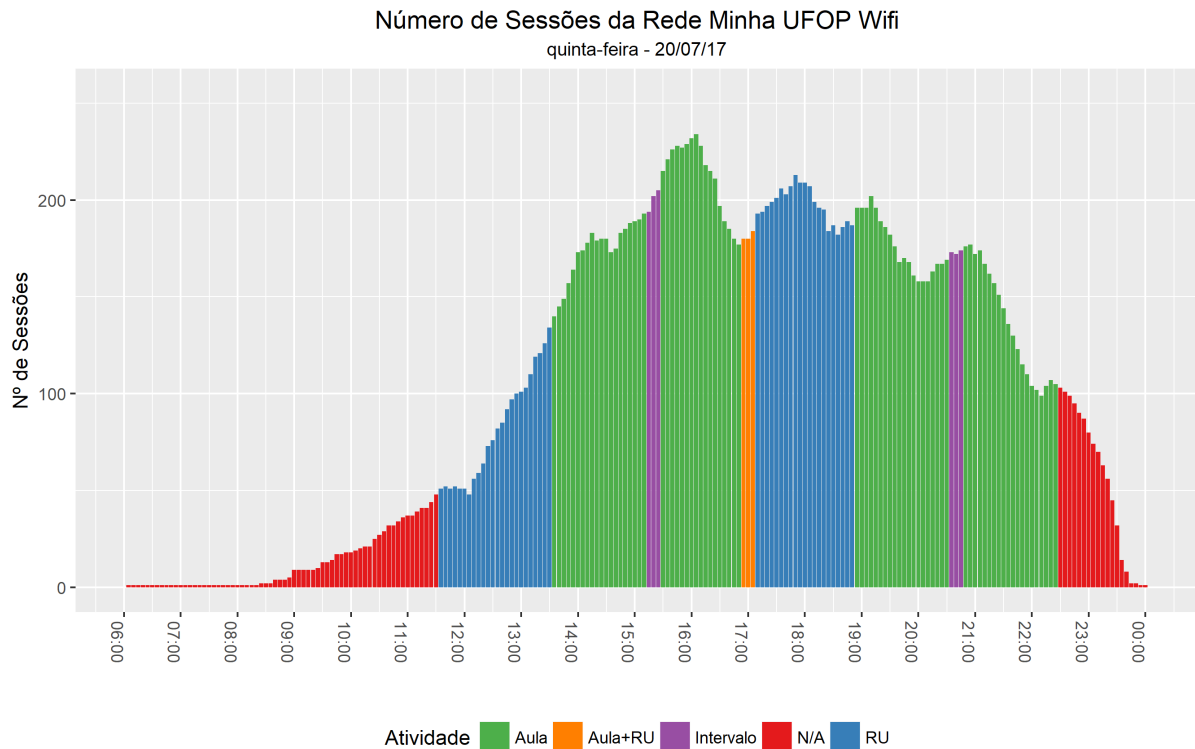


Figura 14 – Número de Sessões - Um dia

5.3 Análise de Tráfego

Nesta subseção será feita a análise do tráfego da Rede Sem Fio Minha UFOP Wifi, caracterizando sua utilização por meio da contabilidade de dados enviados e recebidos. Como explicado na subseção 4.1.2, a ferramenta "MonitorRadius.py" coletou a cada cinco minutos a quantidade contabilizada de *download* e *upload* dos usuários autenticados.

A Tabela 19 mostra a quantidade total diário de tráfego complementado pela quantidade de sessões registradas naquele dia. Mais uma vez é possível observar a diminuição da utilização da rede nos finais de semana. Por esta mesma tabela é possível identificar a diferença de tráfego de download e de upload, sendo o primeiro em média dez vezes maior que o segundo.

Data	Dia	Upload	Download	Sessões
27/06/2017	ter	3,57 GB	33,30 GB	886
28/06/2017	qua	8,47 GB	43,32 GB	800
29/06/2017	qui	4,24 GB	35,32 GB	690
30/06/2017	sex	3,86 GB	36,33 GB	393
01/07/2017	sáb	171,49 MB	1,54 GB	16
02/07/2017	dom	207,05 MB	2,35 GB	19
03/07/2017	seg	6,08 GB	31,69 GB	696
04/07/2017	ter	8,10 GB	32,64 GB	867
05/07/2017	qua	3,47 GB	33,04 GB	858
06/07/2017	qui	3,20 GB	43,32 GB	774
07/07/2017	sex	4,13 GB	46,74 GB	742
08/07/2017	sáb	736,60 MB	2,52 GB	15
09-07-2017	dom	20,91 MB	232,78 MB	9
10-07-2017	seg	4,37 GB	30,13 GB	754
11/07/2017	ter	4,30 GB	38,00 GB	856
12/07/2017	qua	3,39 GB	39,60 GB	888
13/07/2017	qui	3,34 GB	34,33 GB	565
14/07/2017	sex	1,49 GB	22,75 GB	410
15/07/2017	sáb	27,40 MB	1,10 GB	8
16/07/2017	dom	443,34 MB	3,20 GB	13
17/07/2017	seg	2,89 GB	38,30 GB	744
18/07/2017	ter	4,32 GB	34,07 GB	816
19/07/2017	qua	5,33 GB	46,14 GB	800
20/07/2017	qui	3,34 GB	32,16 GB	725
21/07/2017	sex	3,15 GB	28,47 GB	685
22/07/2017	sáb	526,73 MB	6,21 GB	47
23/07/2017	dom	14,35 MB	215,22 MB	5
24/07/2017	seg	4,36 GB	37,58 GB	720

Tabela 19 – Tráfego e número de sessões por dia

5.3.1 Tráfego de Download

Esta subseção apresenta as informações obtidas a respeito do tráfego de dados recebidos registrados pela ferramenta Monitor.PY. Com estes registros foi possível gerar as Figuras 15 e 16 que apresentam todo o tráfego de download separado em gráficos semanais. A partir dessas figuras pode-se notar que a maior intensidade de utilização da rede aconteceu durante os dias úteis entre 08:00 e 23:00.

A tabela 20 mostra os maiores valores de download registrados diariamente, somando o tráfego de todos os usuários em intervalos de tempo de 5 minutos. Por esta tabela também pode-se observar que o maior registro de dados recebidos em um intervalo foi de 932.1MB. Dos 20 registros de picos de download registrados em dias uteis 10 (50%) ocorreram durante o horário de aulas, 5 (25%) ocorreram durante o funcionamento do restaurante

universitário, 3 (15%) durante ausência de atividades acadêmicas e 2 (10%) durante intervalos entre aulas.

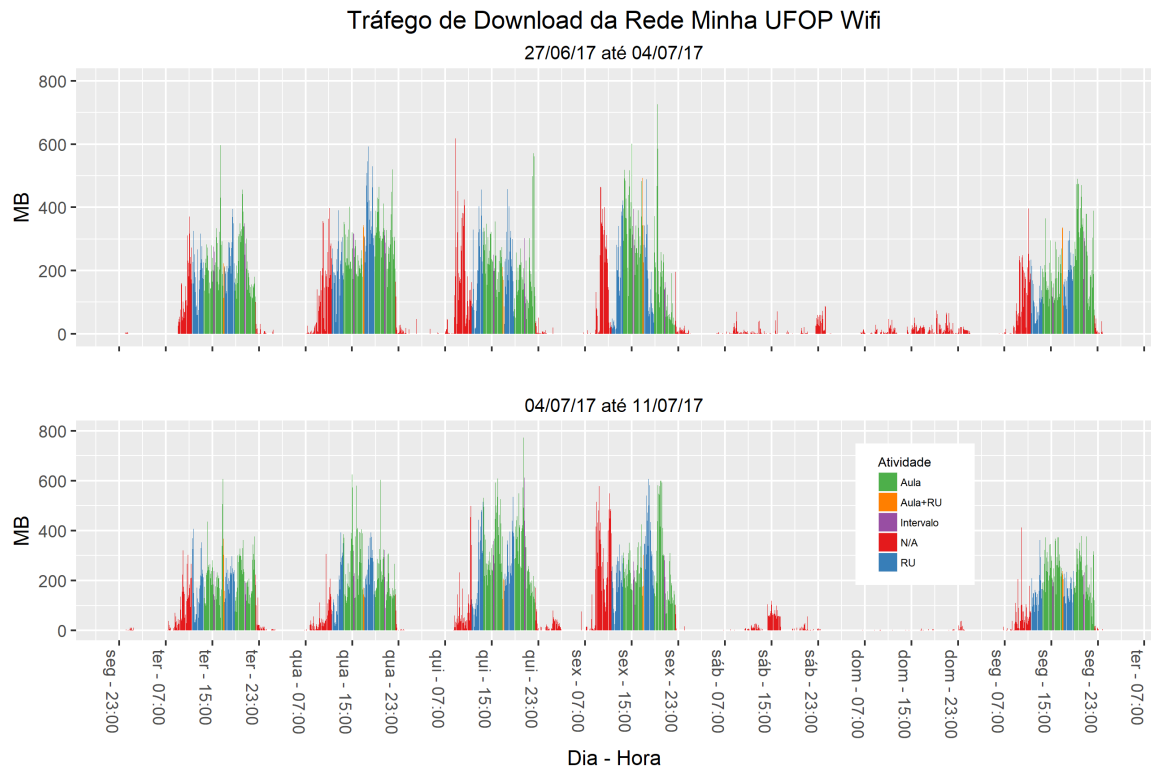


Figura 15 – Tráfego de Download - 27/06/2017 a 11/07/2017

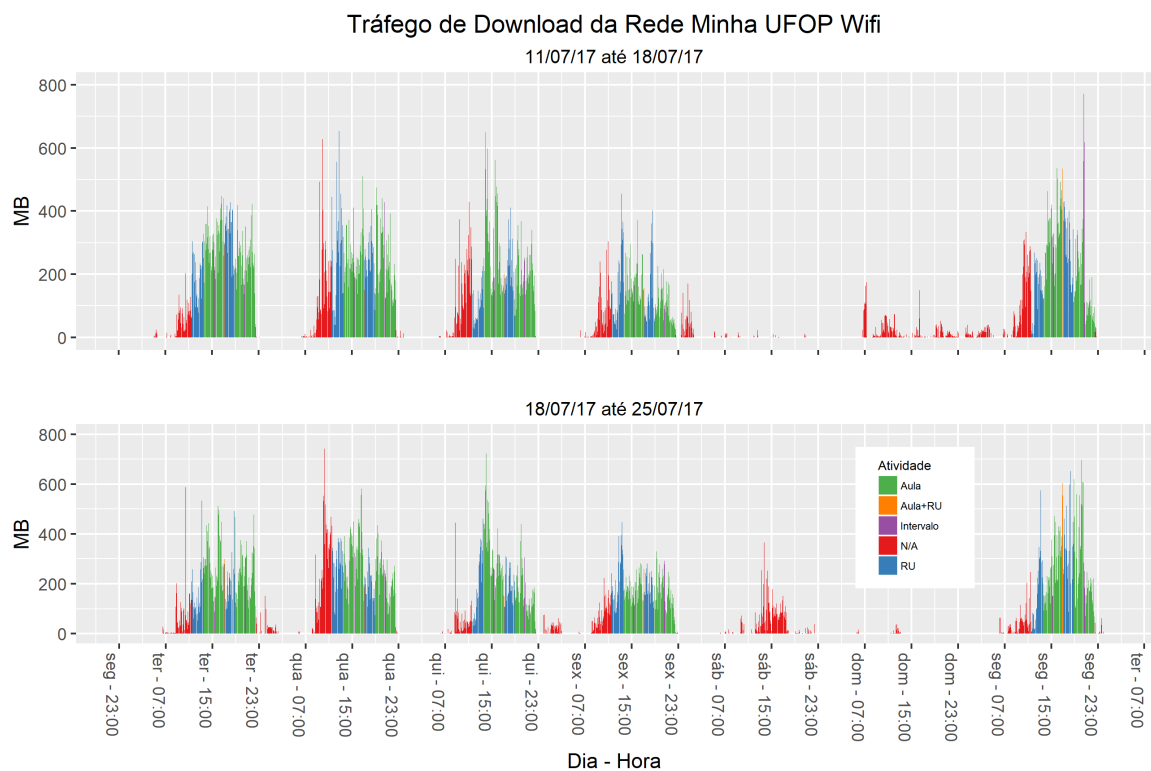


Figura 16 – Tráfego de Download - 12/07/2017 a 25/07/2017

Data - Hora	Dia	Download	Atividade
27-06-2017 16:23:47	Terça-Feira	596.22 MB	Aula
28-06-2017 17:48:48	Quarta-Feira	592.9 MB	RU
29-06-2017 08:48:48	Quinta-Feira	618.29 MB	N/A
30-06-2017 19:23:49	Sexta-Feira	725.74 MB	Aula
01-07-2017 23:43:50	Sábado	71.86 MB	N/A
02-07-2017 00:13:49	Domingo	87.99 MB	N/A
03-07-2017 19:33:50	Segunda-Feira	490.47 MB	Aula
04-07-2017 16:48:51	Terça-Feira	607.11 MB	Aula
05-07-2017 14:58:51	Quarta-Feira	624.69 MB	Aula
06-07-2017 20:23:52	Quinta-Feira	772.73 MB	Aula
07-07-2017 19:38:52	Sexta-Feira	827.32 MB	Aula
08-07-2017 14:58:53	Sábado	119.37 MB	N/A
09-07-2017 23:33:54	Domingo	38.46 MB	N/A
10-07-2017 09:53:54	Segunda-Feira	412.63 MB	N/A
11-07-2017 16:38:54	Terça-Feira	446.74 MB	Aula
12-07-2017 12:48:55	Quarta-Feira	653.81 MB	RU
13-07-2017 13:54:55	Quinta-Feira	649.64 MB	Aula
14-07-2017 13:14:55	Sexta-Feira	454.58 MB	RU
15-07-2017 00:39:55	Sábado	170.1 MB	N/A
16-07-2017 07:14:55	Domingo	174.16 MB	N/A
17-07-2017 20:34:55	Segunda-Feira	771.19 MB	Intervalo
18-07-2017 10:19:55	Terça-Feira	587.4 MB	N/A
19-07-2017 15:19:56	Quarta-Feira	932.1 MB	Intervalo
20-07-2017 13:59:56	Quinta-Feira	722.2 MB	Aula
21-07-2017 13:19:56	Sexta-Feira	446.24 MB	RU
22-07-2017 13:44:56	Sábado	364.96 MB	N/A
23-07-2017 12:29:56	Domingo	38.74 MB	N/A
24-07-2017 18:14:57	Segunda-Feira	804.86 MB	RU

Tabela 20 – Pico Diário de Download

5.3.1.1 Análise de Download em Dia Médio

Seguindo a metodologia apresentada na Subseção 5.2.2, a Figura 17 mostra o tráfego de download o número de sessões da quinta-feira 20/07/2017. O primeiro registro de dados de recebidos da rede ocorre por volta das 06:00. Aproximadamente às 09:00 ocorre um pico de utilização que alcança 450MB de dados baixados em um intervalo de 5 minutos. Ao longo do dia o número de sessões aumenta e proporcionalmente a quantidade de dados tráfegados aumenta. As 14:00, após o início das aulas, ocorre o pico de consumo de dados do dia. Neste instante foram consumidos 722.2MB. É possível ver correlação entre o número de sessões e o tráfego de bytes recebidos até as 22:20 onde o número de sessões permanece alto enquanto a utilização os registros de transferência de dados é baixa.

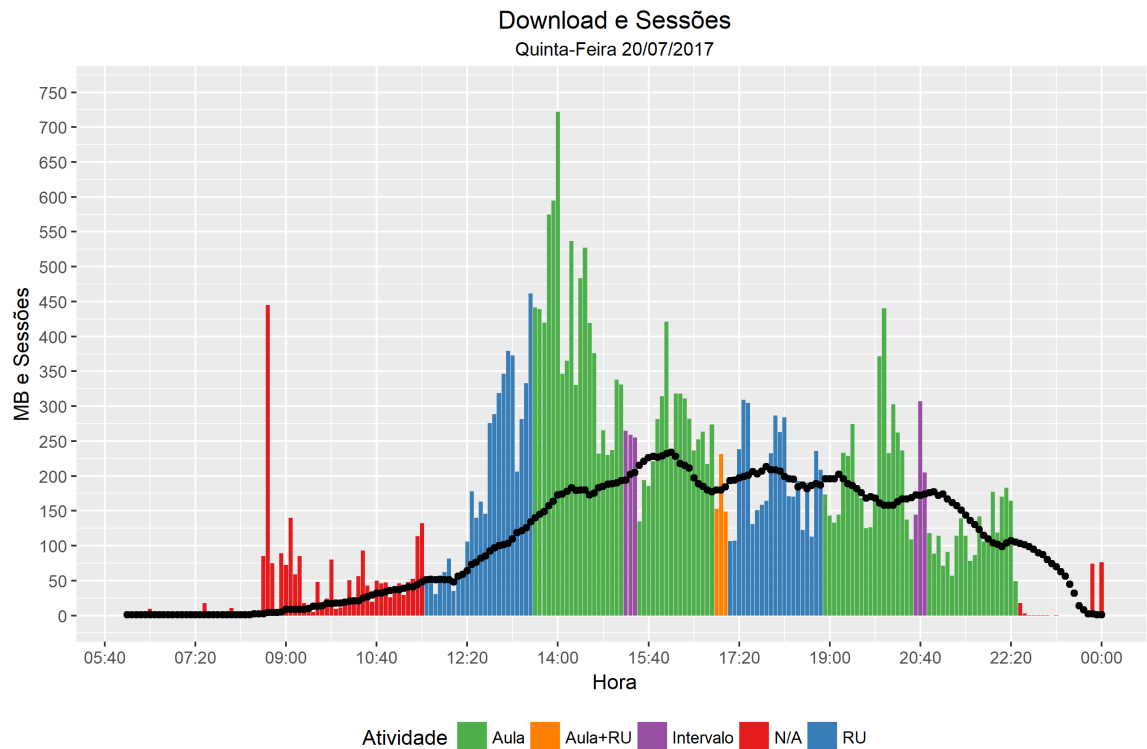


Figura 17 – Download e Sessões

5.3.2 Tráfego de Upload

Esta subseção apresenta as informações obtidas a respeito do tráfego de dados enviados registrados por esta monografia. As Figuras 18 e 19 apresentam em quatro gráficos semanais o tráfego de upload. A partir dessas figuras pode-se confirmar que a utilização da rede aconteceu principalmente durante os dias úteis entre 08:00 e 23:00, correspondendo ao horário de funcionamento do campus. Ao comparar estas com as Figuras 15 e 16 que apresentam a utilização da rede por meio de download pode-se perceber a natureza assimétrica das redes wireless que privilegiam o recebimento de dados pelos os usuários (LEITH; CLIFFORD, 2005).

Em contraste com a Tabela 20, a Tabela 21 mostra os maiores valores de upload registrados diariamente. Dos 20 registros de picos de download registrados em dias uteis 11 (55%) ocorreram durante o horário de aulas, 7 (35%) ocorreram durante o funcionamento do restaurante universitário, 2 (10%) durante ausência de atividades acadêmicas e 1 (5%) durante intervalos entre aulas.

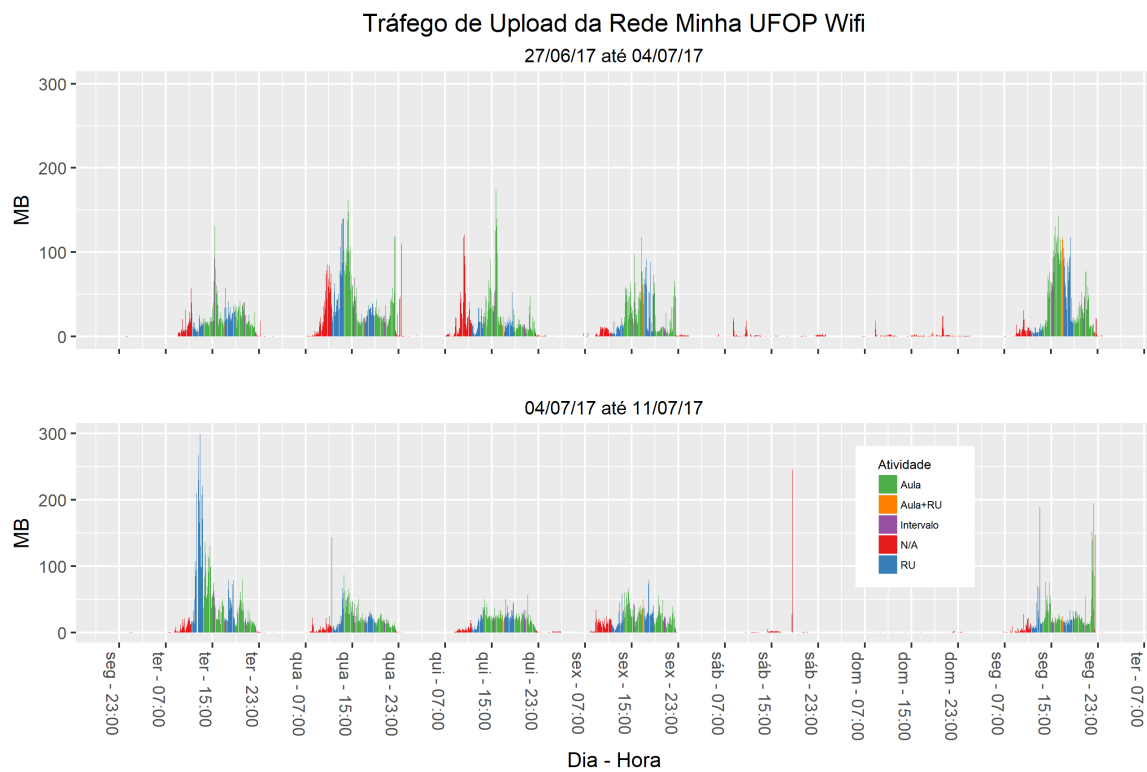


Figura 18 – Tráfego de Upload - 27/06/2017 a 11/07/2017

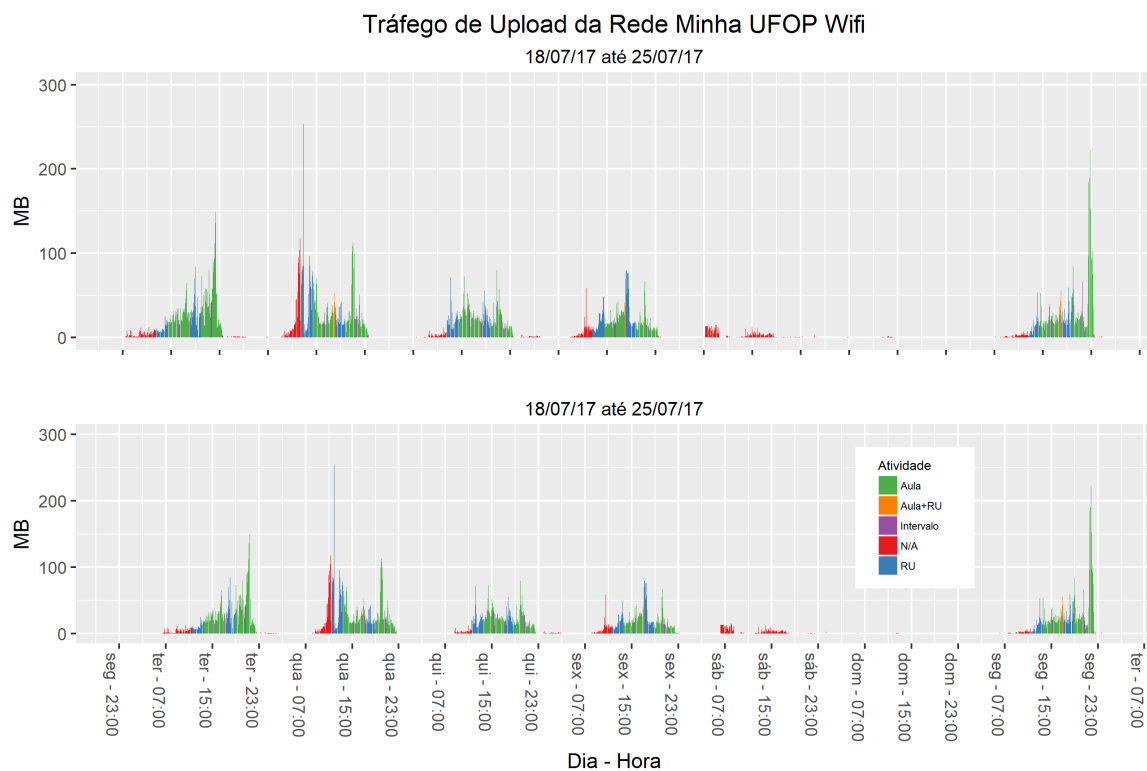


Figura 19 – Tráfego de Upload - 12/07/2017 a 25/07/2017

Data - Hora	Dia	Upload	Atividade
27-06-2017 15:28:47	Terça-Feira	131.42 MB	Aula
28-06-2017 23:18:48	Quarta-Feira	679.46 MB	N/A
29-06-2017 15:43:48	Quinta-Feira	174.23 MB	Aula
30-06-2017 16:43:49	Sexta-Feira	117.84 MB	Aula
01-07-2017 08:28:49	Sábado	21.95 MB	N/A
02-07-2017 20:28:50	Domingo	24.54 MB	N/A
03-07-2017 16:13:50	Segunda-Feira	142.77 MB	Aula
04-07-2017 12:28:51	Terça-Feira	347.75 MB	RU
05-07-2017 11:33:51	Quarta-Feira	143.33 MB	RU
06-07-2017 21:08:52	Quinta-Feira	57.13 MB	Aula
07-07-2017 17:58:52	Sexta-Feira	79.63 MB	RU
08-07-2017 18:38:53	Sábado	380.98 MB	N/A
09-07-2017 22:23:54	Domingo	1.91 MB	N/A
10-07-2017 12:58:54	Segunda-Feira	351.04 MB	RU
11-07-2017 14:33:54	Terça-Feira	174.99 MB	Aula
12-07-2017 17:04:54	Quarta-Feira	122.31 MB	Aula+RU
13-07-2017 09:54:54	Quinta-Feira	227.03 MB	N/A
14-07-2017 15:19:55	Sexta-Feira	37.84 MB	Intervalo
15-07-2017 00:39:55	Sábado	2.27 MB	N/A
16-07-2017 07:04:55	Domingo	16.23 MB	N/A
17-07-2017 19:49:55	Segunda-Feira	60.16 MB	Aula
18-07-2017 21:24:56	Terça-Feira	149.22 MB	Aula
19-07-2017 11:54:56	Quarta-Feira	253.72 MB	RU
20-07-2017 19:49:56	Quinta-Feira	79.84 MB	Aula
21-07-2017 17:14:56	Sexta-Feira	79.6 MB	RU
22-07-2017 07:59:56	Sábado	14.73 MB	N/A
23-07-2017 00:19:56	Domingo	2.95 MB	N/A
24-07-2017 21:39:57	Segunda-Feira	302.34 MB	Aula

Tabela 21 – Pico Diário de Upload

5.3.2.1 Análise de Upload em Dia Médio

Seguindo a metodologia apresentada na Subseção 5.2.2, a Figura 20 mostra o tráfego de upload e o número de sessões da quinta-feira 20/07/2017. Diferentemente da Figura 17 apresentada na subseção 5.3.1.1, o tráfego de dados enviados pelos usuários não aparenta ser proporcional ao número de sessões. O pico de upload do dia representado foi de 79.84MB e ocorreu às 19:50, durante um período de aula. Assim como na Figura 17 pode-se perceber uma incongruência entre o alto número de sessões e baixa utilização de rede registrada a partir das 22:20.

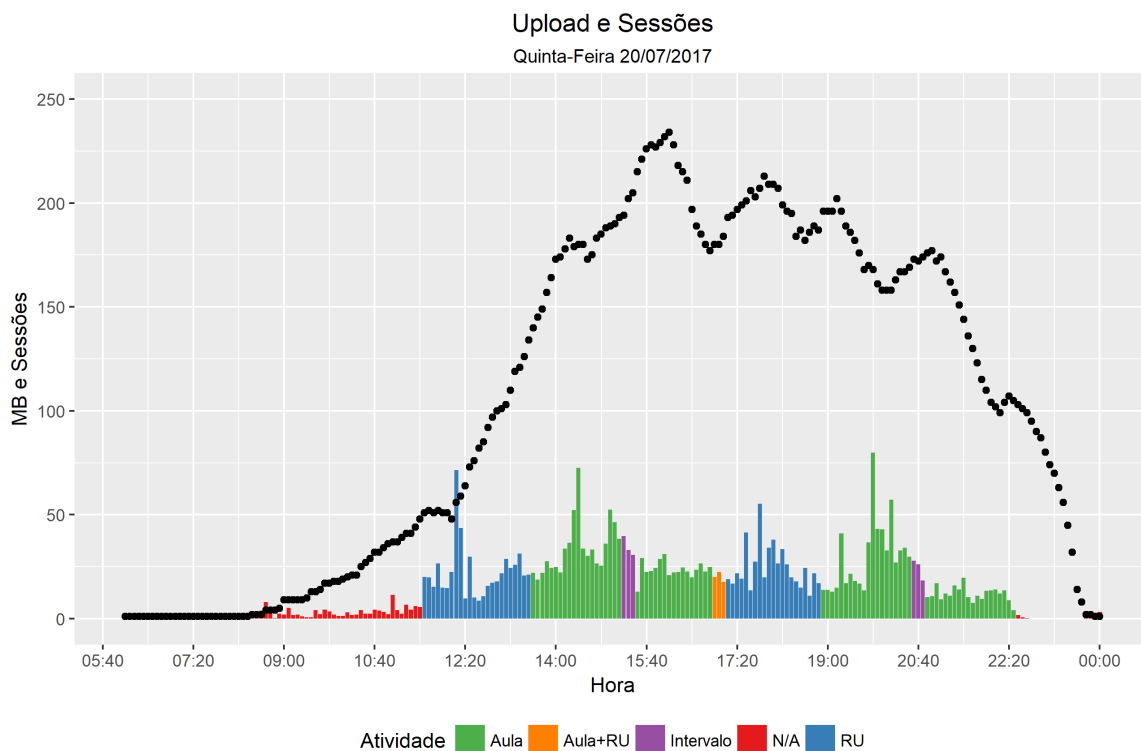


Figura 20 – Upload e Sessões

5.4 Impacto na rede externa

A Universidade Federal de Ouro Preto, assim como outras instituições públicas de ensino superior e pesquisa, tem o serviço de Internet oferecido pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa conhecida como (RPN, 2017). Esta rede é formada por Pontos de Presença, também conhecidos como PoP (do inglês *Point of Presence*), espalhados pelo território nacional. A UFOP é integrada ao ponto de presença de Minas Gerais PoP-MG (POP-MG, 2017), administrado pelo Departamento de Ciência da Computação (DCC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O PoP-MG disponibiliza em seu site um serviço para monitoramento do tráfego da rede das instituições afiliadas, que mostra em gráficos temporais (diário, semanal, mensal e anual) gerados em relação a data de acesso.

Na ausência de serviço de geração de gráfico de tráfego para o período deste estudo, esta sub-seção utiliza os dados disponibilizados no dia 22/08/2017.

A Figura 21 mostra o gráfico de tráfego de rede Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas registrado pelo PoP-MG entre os dias 18/07/2017 e 12/08/2017. Para análise do impacto do tráfego da rede sem fio Minha UFOP Wifi na rede externa escolheu-se o maior pico de download (Tabela 20) registrado pelo "MonitorRadius.py" entre 18/07/2017 a 24/07/2017. Seguindo este critério, o pico escolhido foi de 932.1 MB de dados recebidos por todos os usuários durante um intervalo de 300 segundos, que ocorreu entre 19:44:56 e 19:49:56 do dia 19/07/2017. Esta leitura indica que em média houve um tráfego de 24,856 Mbps durante o intervalo. De acordo com a Figura 21 o pico de download do dia 19/07/2017 é de aproximadamente 36 Mbps e o enlace de rede e o PoP-MG é de 100 Mbps. Considerando estes valores, pode-se identificar que o impacto da rede sem fio Minha UFOP Wifi na rede externa neste momento de pico foi, em média, de 69% do pico de utilização total da Internet no mesmo horário e de 24,85% do *link* disponível.

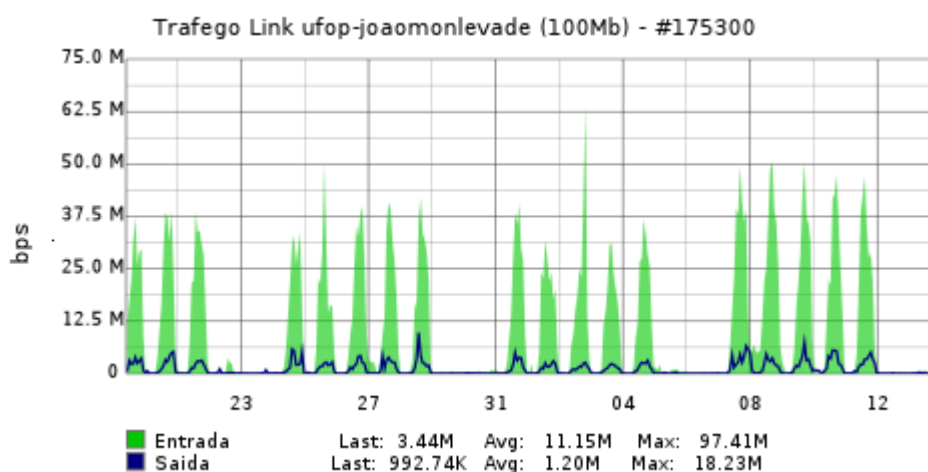


Figura 21 – Tráfego de rede entre ICEA e PoP-MG de 18/07/2017 a 12/07/2017 (POP-MG, 2017)

5.5 Blocos e Pontos de Acesso

A título de complementação do trabalho realizado, esta seção apresenta o número de dispositivos de usuários da rede sem fio Minha Ufop Wifi separados por pontos de acesso ao longo de um dia. Os dados coletados que serão exibidos nesta seção foram registrados entre 16/11/2015 e 20/11/2015 utilizando informações disponibilizadas em um banco de dados integrado ao Sistema de Controle Inteligente para Redes sem Fio (introduzido na sub-seção 3.2.2.1. Este banco de dados mantém um registro do endereço MAC de cada dispositivo associado aos pontos de acesso pertencentes a rede sem fio institucional. Durante o período de monitoramento através da ferramenta "MonitorRadius.py", estes

registros estiveram indisponíveis, o que impossibilitou uma análise do perfil de utilização de cada ponto de acesso através da comparação das diferentes fontes de dados. Sugere-se que este estudo seja realizado em trabalhos futuros.

A Tabela 22 lista todos os pontos de acesso da rede sem fio Minha UFOP Wifi do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. A Figura 22 mostra os dispositivos conectados aos pontos de acesso ao longo do dia 18/11/2015 separados por Blocos. É importante frizar que um mesmo dispositivo é listado conectado em vários diferentes pontos de acesso, e que um dispositivo pode se conectar a um ponto de acesso e não estar autenticado na rede Minha UFOP wifi. Nota-se um padrão de utilização parecido com o apresentado na Figura 14, ainda que em 18/11/2015 os horários das atividades acadêmicas eram diferentes, com as aulas começando às 14:40 e terminando às 22:40. A Tabela 23 mostra a proporção do número de dispositivos contabilizados ao longo deste dia em relação a cada Bloco do ICEA. Segundo esta tabela, 28,85% das conexões à rede móvel ocorreram por pontos de acesso localizados no Bloco C e por último apenas 1,41% das conexões ocorreram por pontos de acesso localizados no bloco H.

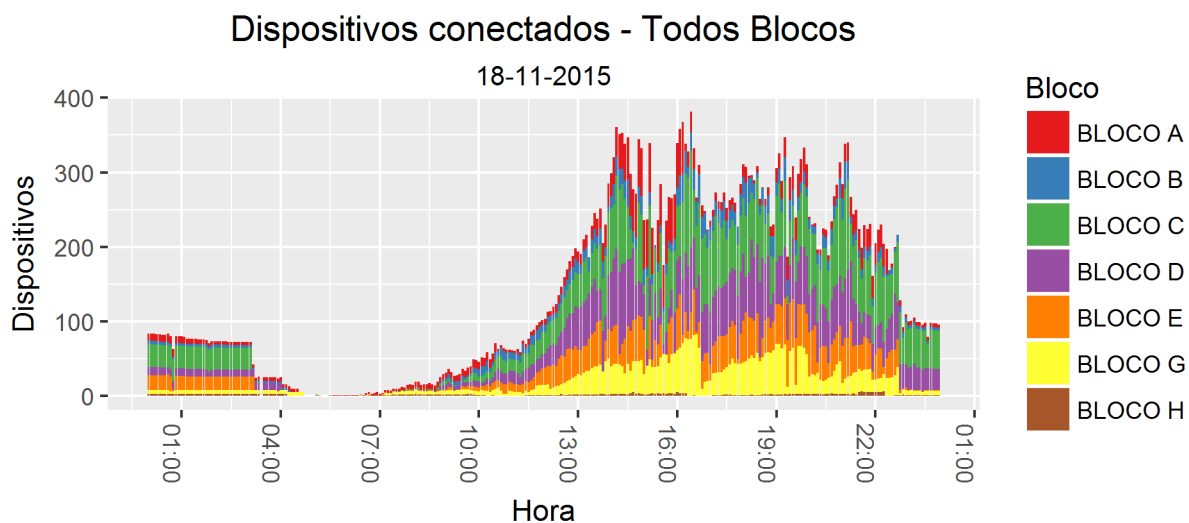


Figura 22 – Número de dispositivos - Todos Blocos

Bloco	Local	Tipo
BLOCO A	NTI	PICO
BLOCO A	A303	PICO
BLOCO A	A301	PICO
BLOCO A	2ANDAR	PICO
BLOCO B	B100 - SEGUNDA PILASTRA	UNIFY
BLOCO B	B200 - TERCEIRA PILASTRA	UNIFY
BLOCO B	B300 - SEGUNDA PILASTRA	UNIFY
BLOCO C	C302	PICO
BLOCO C	C202	PICO
BLOCO C	C101	PICO
BLOCO D	D102	UNIFY
BLOCO D	D303	PICO
BLOCO D	2ANDAR	PICO
BLOCO D	CANTINA	NANO
BLOCO E	E303	PICO
BLOCO E	E203	PICO
BLOCO E	E303	PICO
BLOCO G	BIBLIOTECA	UNIFY
BLOCO G	G305	UNIFY
BLOCO G	G209	UNIFY
BLOCO G	G316	UNIFY
BLOCO G	G405	UNIFY
BLOCO G	G100 - SEGUNDA PILASTRA	UNIFY
BLOCO G	G211	UNIFY
BLOCO H	AP1	UNIFY
BLOCO H	AP2	UNIFY
BLOCO H	H204	UNIFY
BLOCO H	H303	UNIFY
BLOCO H	H100	UNIFY
BLOCO H	H301	UNIFY

Tabela 22 – Pontos de Acesso no ICEA

Descricao	Dispositivos	Proporção
BLOCO A	3956	9,92%
BLOCO B	2974	7,46%
BLOCO C	11502	28,85%
BLOCO E	6309	15,83%
BLOCO D	9055	22,71%
BLOCO G	5509	13,82%
BLOCO H	562	1,41%
TOTAL	39867	100%

Tabela 23 – Proporção de utilização dos pontos de acesso no ICEA

Conclusão

Esta monografia apresentou o projeto da Rede Sem Fio Minha UFOP Wifi, cujo o objetivo é fornecer à comunidade acadêmica da Universidade Federal de Ouro Preto acesso a Internet móvel em toda área dos campi de Ouro Preto, Mariana e João Monlevade. Para isso foram explicados o seu processo de planejamento e expansão, sua arquitetura e os componentes utilizados.

Além disso foi desenvolvida a ferramenta "MonitorRadius.py" que monitorou o uso da rede sem fio no Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas localizado em João Monlevade, a partir dos "Dados de Autenticação" registrados pelo serviço de contabilidade *Radius Accounting*. Esta ferramenta coletou estes dados entre 27/06/2017 e 25/07/2017 totalizando 28 dias corridos, registrando a utilização da rede em intervalos de cinco minutos.

A partir destes dados foi possível identificar características de usuários e dispositivos como a informação de que 46.55% e 46.95% dos usuários se logaram com um e com dois dispositivos respectivamente. Também foi possível destacar um grupo de usuários que utiliza a rede com maior intensidade que os demais utilizadores, além de uma possível conta comprometida.

Atráves dos registros da quantidade de sessões e tráfego de dados foi possível gerar algumas métricas para utilização da rede. Com essas métricas pode-se confirmar a utilização da rede ocorre principalmente em dias úteis entre as 07:00 e as 23:00 diminuindo nitidamente entre 23:01 e 06:59 e nos finais de semana, correspondendo com o horário de funcionamento do campus. Pode-se identificar que o período de 15:00 às 17:00 apresenta a maior atividade dos usuários, quando o pico de 255 sessões simultâneas, o pico de 932.1MB de download foram registrados. Quanto ao impacto na rede externa, ao comparar os dados obtidos pela ferramenta "MonitorRadius.py" com os fornecidos pelo PoP-MG sugere-se que a rede sem fio pode ser responsável por grande parte da utilização da Internet disponibilizada para todo o Campus, no entanto para se confirmar este comportamento é necessário a observação por um período maior.

Este trabalho ainda deixa de legado para trabalhos futuros um repositório público hospedado no serviço GitHub ([GITHUB](https://github.com/pedrohrsilva/minhaufopwifi),). O repositório localizado no endereço <https://github.com/pedrohrsilva/minhaufopwifi> mantém além da ferramenta de monitoramento "MonitorRadius.py", os dados coletados devidamente anonimizados e os algoritmos para processamento e visualização de dados apresentados nesta monografia.

Trabalhos futuros

Este trabalho coletou muita informação acerca do comportamento dos usuários da rede Minha Ufop Wifi do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, no entanto somente foram observados dados de autenticação. Sugere-se como trabalho futuro o estudo do comportamento da movimentação dos usuários pela observação de informações obtidas através do componente controlador de Pontos de Acesso apresentado na subseção [3.2.2.1](#). Além disso sugere-se um período maior de observação para que seja possível criar parametros de comparação entre meses, semestres e diferentes períodos. Também cabe-se como trabalho futuro a comparação da utilização da rede pelas métricas apresentadas neste trabalho entre os diferentes institutos da Universidade Federal de Ouro Preto.

Referências

- 3RD, D. E.; JONES, P. *US secure hash algorithm 1 (SHA1)*. [S.l.], 2001. Citado na página 47.
- AHMAD, A. Overview and guide to the ieee 802 lmsc. *Wireless and Mobile Data Networks*, Wiley Online Library, p. 333–341, 2004. Citado na página 31.
- CHILLISPOT.ORG. *Chillispot Captive Portal*. 2017. Disponível em: <<http://www.chillispot.org/>>. Citado na página 38.
- CLARK, M. P. *Data networks, IP and the Internet: protocols, design and operation*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.
- CORGOSINHO, R. O.; FERNANDES, A. R. Experiência de Implantação de Rede Sem Fio na Universidade Federal de Ouro Preto: Um caso de sucesso utilizando software livre. *VIII Workshop de TIC das IFES*, 2013. Citado 4 vezes nas páginas 23, 35, 36 e 37.
- CRUZ, N.; MIRANDA, H.; RIBEIRO, P. The evolution of user mobility on the eduroam network. In: IEEE. *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2014 *IEEE International Conference on*. [S.l.], 2014. p. 249–253. Citado na página 30.
- EDUROAM.ORG. *Eduroam continues to grow in 2016*. 2017. Disponível em: <<https://www.eduroam.org/2017/03/07/2016-a-record-breaking-year-for-eduroam/>>. Citado na página 29.
- EEHERALD. *Data Communication Standards and Protocols*. 2017. <http://www.eeherald.com/section/design-guide/ieee802_3.html>. Citado na página 31.
- FLORIO, L.; WIERENGA, K. Eduroam, providing mobility for roaming users. In: *Proceedings of the EUNIS 2005 Conference, Manchester*. [S.l.: s.n.], 2005. Citado na página 29.
- FREERADIUS. *FreeRADIUS - RFC Attributes by name*. 2017. <<http://freeradius.org/rfc/attributes.html>>. (Acessado on 07/08/2017). Citado na página 46.
- GAST, M. *802.11 wireless networks: the definitive guide*. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2005. Citado na página 23.
- GITHUB. *GitHub*. Disponível em: <<https://github.com/>>. Citado na página 73.
- HIERTZ, G. The ieee 802.11 universe. *IEEE Communications Magazine*, IEEE, v. 48, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.
- IEEE. Rfc 4511 - lightweight directory access protocol (ldap): The protocol. 2006. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc4511>>. Citado na página 38.
- LAGE, V. C. Análise e caracterização do tráfego da rede na ufop. *Universidade Federal de Ouro Preto*, UFOP, 2015. Citado na página 30.

- LEITH, D. J.; CLIFFORD, P. Tcp fairness in 802.11 e wlans. In: IEEE. *Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005 International Conference on*. [S.l.], 2005. v. 1, p. 649–654. Citado na página 65.
- LEUNG, K. K.; KIM, B.-J. Frequency assignment for ieee 802.11 wireless networks. In: IEEE. *Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th*. [S.l.], 2003. v. 3, p. 1422–1426. Citado na página 39.
- LIMA, M. P.; CARRANO, E. G.; TAKAHASHI, R. H. Multiobjective planning of wireless local area networks (wlan) using genetic algorithms. In: IEEE. *Evolutionary Computation (CEC), 2012 IEEE Congress on*. [S.l.], 2012. p. 1–8. Citado na página 39.
- LIMA, M. P. et al. Using evolutionary algorithms for channel assignment in 802.11 networks. In: IEEE. *Computational Intelligence for Communication Systems and Networks (CICOMs), 2014 IEEE Symposium on*. [S.l.], 2014. p. 1–8. Citado na página 40.
- MAGALHÃES, L. C. S. et al. Scifi—a software-based controller for efficient wireless networks. In: *6th UbuntuNet Alliance annual conference*. [S.l.: s.n.], 2013. Citado 3 vezes nas páginas 39, 40 e 41.
- MULHANGA, M. M.; LIMA, S. R.; CARVALHO, P. Characterising university wlans within eduroam context. In: *Smart spaces and next generation wired/wireless networking*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 382–394. Citado na página 29.
- NASCIMENTO, L. R. D. et al. Sistema de controle inteligente para redes 802.11 infra-estruturada de baixo custo. *VI Workshop de TIC das IFES*, 2011. Citado na página 39.
- NTI-UFOP. *Eduroam, rede de acesso a internet sem fio*. 2016. Disponível em: <<http://nti.ufop.br/news/eduroam-rede-de-acesso-internet-sem-fio>>. Citado na página 29.
- OPENWRT.ORG. *What is OpenWRT?* 2017. Disponível em: <<https://openwrt.org/>>. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 41.
- POP-MG. *POP - MG - Ponto de Presença da RNP em Minas Gerais*. 2017. <<http://www.pop-mg.rnp.br/servicos/estatisticas/cliente.php?cli=45225>>. Citado 3 vezes nas páginas 15, 68 e 69.
- PYTHON. *Welcome to Python.org*. 2017. <<https://www.python.org/>>. (Acessado on 07/08/2017). Citado na página 48.
- R. R. *What is R?* 2017. <<https://www.r-project.org/about.html>>. (Acessado on 07/08/2017). Citado na página 50.
- RIGNEY, C. Radius accounting. 2000. Citado na página 45.
- RIIHIJARVI, J.; PETROVA, M.; MAHONEN, P. Frequency allocation for wlans using graph colouring techniques. In: IEEE. *Wireless On-demand Network Systems and Services, 2005. WONS 2005. Second Annual Conference on*. [S.l.], 2005. p. 216–222. Citado na página 39.
- RPN. *Quem somos / RNP*. 2017. <<https://www.rnp.br/institucional/quem-somos>>. Citado na página 68.

- RSTUDIO. *RStudio – Open source and enterprise-ready professional software for R*. 2017. <<https://www.rstudio.com/>>. (Acessado on 07/08/2017). Citado na página 50.
- SARL, N. R. *The FreeRadius Techical Guide*. 2014. Disponível em: <<http://networkradius.com/doc/FreeRADIUS%20Technical%20Guide.pdf>>. Citado na página 39.
- SCHWAB, D.; BUNT, R. Characterising the use of a campus wireless network. In: IEEE. *INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*. [S.l.], 2004. v. 2, p. 862–870. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 45.
- TF-MOBILITY. *TF-Mobility and Network Middleware*. 2002. Disponível em: <<https://www.terena.org/activities/tf-mobility/>>. Citado na página 29.
- VARSHNEY, U. The status and future of 802.11-based wlans. *Computer*, IEEE, v. 36, n. 6, p. 102–105, 2003. Citado na página 31.
- VILLEGAS, E. G.; FERRÉ, R. V.; ASPAS, J. P. New algorithm for distributed frequency assignments in iee 802.11 wireless networks. In: VDE. *Wireless Conference 2005-Next Generation Wireless and Mobile Communications and Services (European Wireless), 11th European*. [S.l.], 2005. p. 1–7. Citado na página 39.
- WALT, D. Van der. *FreeRADIUS Beginner's Guide*. [S.l.]: Packt Publishing Ltd, 2011. Citado na página 39.
- WANGHAM, M. S. et al. Gerenciamento de identidades federadas. *Minicurso-SBSeg 2010-Fortaleza-CE*, 2010. Citado na página 38.
- ZARPELÃO, B. B. et al. *Detecção de anomalias em redes de computadores*. Tese (Doutorado) — PhD thesis, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Eletrica e de Computação (FEEC), 2010. Citado na página 30.
- ZIMMERMANN, H. Osi reference model—the iso model of architecture for open systems interconnection. *IEEE Transactions on communications*, IEEE, v. 28, n. 4, p. 425–432, 1980. Citado na página 31.

Anexos

ANEXO A – MonitorRadius.py

```

import time
import psycopg2
from datetime import datetime
from datetime import timedelta

class Session(object):
    sessions = []
    def __init__(self, row):
        super(Session, self).__init__()
        self.isNew = row[0] not in Session.sessions
        if self.isNew:
            Session.sessions.append(row[0])
        self.row = row

    def insert_session(self):
        fields = "(radacctid,username,nasportid,acctstarttime,
        acctstoptime,acctsessiontime,acctinputoctets,
        acctoutputoctets,callingstationid,
        acctterminatecause,framedipaddress,timeop)"
        if self.isNew:
            query = "insert into sessions "+fields+" values
        (" + ",".join(["'"+str(x)+"'" for x in self.row])+");"
        else:
            update = ",".join(["'"+str(x)+"'" for x in [ self.row[4],
            self.row[5], self.row[6], self.row[7],
            self.row[9], self.row[11] ]])
            query = "update sessions set (acctstoptime,
            acctsessiontime,acctinputoctets,acctoutputoctets,
            acctterminatecause,timeop)"
            query = query + " = (" + update + ") where
            radacctid = " + str(self.row[0])
        return query.replace("'None'", "NULL")

```

```

def insert_traffic(self):
    values = ",".join(["'"+str(x)+"'"]
                        for x in [ self.row[0], self.row[5]
                                , self.row[6], self.row[7], self.row[11] ])
    query = "insert_into_traffic_(radacctid,acctssessiontime
    ,acctinputoctets,acctoutputoctets,timeop)values"
    query = query + "("+values+");"
    return query.replace("'None'", "NULL")

@classmethod
def get_sessions_count(cls):
    return len(cls.sessions)

start = datetime.now()
while True:
    try:
        connRadius = psycopg2.connect("dbname='radius' user=USER host=RADIUSHOST")
    except:
        print "Nao foi possivel se conectar ao banco de dados RADIUS"
        exit()
    try:
        connLocal = psycopg2.connect("dbname='sessions' user=LOCALUSER
        host='localhost' password=LOCALPASS")
    except:
        print "Nao foi possivel se conectar ao banco de dados Local"
        exit()
    curRadius = connRadius.cursor()
    curRadius.execute("""select radacctid, username, nasportid, acctstarttime,
                        acctstoptime, acctssessiontime, acctinputoctets,
                        acctoutputoctets, callingstationid, acctterminatecause,
                        framedipaddress, now() from radacct where acctstoptime
                        is null OR acctstoptime >= now()::timestamp -
                        interval '5 minutes'""")
    rows = curRadius.fetchall()
    countSessions = Session.get_sessions_count()
    for row in rows:
        session = Session(row)
        curLocal = connLocal.cursor()
        curLocal.execute(session.insert_session())

```

```

        curLocal.execute(session.insert_traffic())
countSessions = Session.get_sessions_count() - countSessions
if len(rows) > 0:
    print(str(rows[0][11])+" "+str(len(rows))+" current_and
    +str(countSessions)+" new_sessions")
    curLocal.execute( """insert into new_sessions
                        (timeop, started, current) values (%s,%s,%s) """ ,
                        (rows[0][11],countSessions,len(rows)))
else:
    print("0 current_and 0 new_sessions")
connLocal.commit()
connLocal.close()
connRadius.close()
start = start + timedelta(minutes=5)
delay = (start - datetime.now()).total_seconds()
time.sleep(delay)

```