

Bruno Serejo dos Santos

# **Ambiente de Ensino de Redes de Computadores Baseado em Nuvem**

São Luís - MA

2017

Bruno Serejo dos Santos

# **Ambiente de Ensino de Redes de Computadores Baseado em Nuvem**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciência da Computação da UFMA, como requisito parcial para a obtenção do grau de MESTRE em Ciência da Computação.

Universidade Federal do Maranhão - UFMA  
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Orientador: Mário Antonio Meireles Teixeira

São Luís - MA

2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Santos, Bruno Serejo dos.

Ambiente de Ensino de Redes de Computadores Baseado em Nuvem / Bruno Serejo dos Santos. - 2017.

75 f.

Orientador(a): Mário Antonio Meireles Teixeira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luis - MA, 2017.

1. Computação em nuvem. 2. Educação em computação. 3. Netkit. 4. Redes de computadores. I. Teixeira, Mário Antonio Meireles. II. Título.

Bruno Serejo dos Santos

## **Ambiente de Ensino de Redes de Computadores Baseado em Nuvem**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciência da Computação da UFMA, como requisito parcial para a obtenção do grau de MESTRE em Ciência da Computação.

São Luís - MA, 29 de agosto de 2017:

---

**Prof. Mário Antonio Meireles Teixeira**  
Dr. em Ciência da Computação -  
UFMA  
Orientador

---

**Prof. Kalinka Regina Lucas Jaquie**  
Castelo Branco  
Dr<sup>a</sup>. em Ciência da Computação -  
ICMC/USP

---

**Prof. Rafael Fernandes Lopes**  
Dr. em Engenharia Elétrica - UFMA

São Luís - MA  
2017

*Aos meus pais.*

# Agradecimentos

Os agradecimentos principais são direcionados ao Deus todo poderoso, por sua misericórdia infinita e por todos os livramentos que me concedeu, me protegendo nas muitas viagens que fiz durante os anos desta jornada.

Agradeço a minha família e amigos que se mantiveram presentes nesta caminhada, nutrindo-me de força e motivação. Em especial a minha esposa Carla que sempre me apoiou, se mostrou compreensiva e forte nos momentos de ausência, me dando o suporte e a segurança necessária para arriscar nesta empreitada. E que durante o percurso me presenteou com a Valentina, o maior e melhor incentivo que eu poderia ter.

Aos meus pais por sempre representarem um porto seguro onde posso atracar. Por toda motivação, auxílio e ensino de princípios que me moldaram e me transformaram numa pessoa melhor.

Ao Professor Mário Meireles por toda paciência, orientação e colaboração ao longo de todo o trabalho, compartilhando saberes técnicos e principalmente os verdadeiros valores que constituem um bom profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela oportunidade e condições favoráveis para meu desenvolvimento intelectual e acadêmico.

A FAPEMA pelo apoio financeiro durante o mestrado.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,  
mas transformai-vos pela renovação da mente,  
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:  
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.  
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

# Resumo

Na área de redes de computadores, a montagem de laboratórios físicos para as aulas práticas das disciplinas pode ser proibitivamente cara, além de exigir uma constante atualização do hardware. Softwares como o Netkit permitem a criação de laboratórios virtuais de redes utilizando-se apenas um computador, contudo necessitam de uma etapa de configuração que pode ser complexa e demandam, de qualquer forma, máquinas físicas individualizadas por aluno. Este trabalho apresenta um ambiente em nuvem para ensino de redes de computadores, que permite executar o Netkit em máquinas virtuais pré-configuradas na nuvem Amazon AWS. Além disso, é disponibilizado um portal na Web com diversos roteiros de laboratórios prontos para serem instanciados na nuvem e utilizados de qualquer lugar.

**Palavras-chaves:** Redes de computadores, computação em nuvem, educação em computação, Netkit.

# Abstract

*When teaching computer networks, the assembly of physical laboratories for related courses can be prohibitively expensive, in addition to requiring a constant updating of the hardware. Softwares such as Netkit allow the creation of virtual network laboratories using only one computer, however they need a configuration stage that can be complex and still require individual physical machines per student. This paper proposes a cloud environment for computer networks teaching, which allows Netkit to run on virtual machines preconfigured in the Amazon AWS cloud. In addition, a web portal is available with several scripts ready to be instantiated in the cloud and used from anywhere.*

**Key-words:** *Computer networks, cloud computing, computer science education, Netkit.*

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Interface de uma máquina virtual Netkit. . . . .	21
Figura 2 – Topologia simples de exemplo com 04 Hosts (GURGEL et al., 2014). . . . .	21
Figura 3 – Netkit emulando quatro máquinas virtuais e o <i>switch</i> descrito na topologia da Figura 02. . . . .	22
Figura 4 – Estrutura e arquivo de configuração de um laboratório virtual Netkit. . . . .	22
Figura 5 – Divisão dos modelos de serviços da Computação em Nuvem. . . . .	25
Figura 6 – Tratamento da computação em nuvem: (a) carga do serviço ultrapassa a alocada, comprometendo desempenho e funcionalidade; (b) tratamento elástico da carga de acordo com o comportamento do serviço (RIGHI, 2013). . . . .	30
Figura 7 – Interface do agente inteligente ELAI - Foco no ensino de Redes de Computadores (HERPICH et al., 2014). . . . .	33
Figura 8 – Arquitetura do ambiente virtual implementado (BARBOSA; ANJOS; BOGO, 2009). . . . .	35
Figura 9 – Tela do Portal de Serviços da AWS. . . . .	38
Figura 10 – Regiões e Zonas de Disponibilidade - Fonte: <a href="https://aws.amazon.com/pt/about-aws/global-infrastructure/">https://aws.amazon.com/pt/about-aws/global-infrastructure/</a> . . . . .	40
Figura 11 – Painel administrativo de instâncias EC2. . . . .	41
Figura 12 – Painel administrativo de criação de grupos de segurança. . . . .	42
Figura 13 – Tela de Opções de AMIs. . . . .	43
Figura 14 – Tela de criação de <i>buckets</i> no Amazon S3. . . . .	44
Figura 15 – Tela de configuração do <i>Auto Scaling</i> . . . . .	46
Figura 16 – Arquitetura do NetEnsina <i>Cloud</i> . . . . .	49
Figura 17 – Netkit executando no Sistema Operacional Ubuntu a partir da Nuvem. . . . .	51
Figura 18 – Netkit executando no Sistema Operacional MacOS a partir da Nuvem. . . . .	52
Figura 19 – Netkit executando no Sistema Operacional Windows nas versões 7 e 10 a partir da Nuvem. . . . .	52
Figura 20 – Software Wireshark rodando em uma VM a partir da nuvem da AWS. . . . .	53
Figura 21 – Portal NetEnsina. . . . .	53
Figura 22 – Portal NetEnsina. . . . .	54
Figura 23 – Portal NetEnsina. . . . .	54
Figura 24 – Portal NetEnsina. . . . .	55
Figura 25 – Modelo de roteiro de aulas. . . . .	55
Figura 26 – Exemplo de laboratório NetKit no NetEnsina. . . . .	56
Figura 27 – Calculadora de serviços da AWS. . . . .	57
Figura 28 – Calculadora de serviços da AWS. . . . .	58

Figura 29 – Lab. 01 - Interligando dois computadores. . . . .	67
Figura 30 – Lab. 02 - Rede com 04 computadores interligados por um <i>Switch</i> . . . . .	69
Figura 31 – Lab. 03 - Interligando duas redes diferentes. . . . .	72

# Lista de abreviaturas e siglas

AMI	<i>Amazon Machine Image</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
EBS	<i>Elastic Block Store</i>
EC2	<i>Elastic Compute Cloud</i>
EUCALYPTUS	<i>Elastic Utility Computing Architecture Linkin Your Programs To Useful Systems</i>
ELAI	Agente Inteligente adaptável ao Nível de Expertise
GNS	<i>Graphical Network Simulator</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IaaS	Infraestrutura como um Serviço
ICMC	Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
MV	Mundo Virtual
PaaS	Plataforma como um Serviço
SaaS	Software como um Serviço
S3	<i>Simple Storage Service</i>
SSH	Secure Shell
USP	Universidade de São Paulo
VM	<i>Virtual Machine</i>
VNUML	<i>Virtual Network User Mode Linux</i>

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Ensino de Computação</b>	<b>18</b>
2.1.1	A prática no Ensino da Computação	19
<b>2.2</b>	<b>Netkit e o Ensino de Redes de Computadores</b>	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Computação em Nuvem</b>	<b>23</b>
2.3.1	Conceitos	23
2.3.2	Características da Computação em Nuvem	24
2.3.3	Modelos de Serviço	25
2.3.4	Modelos de Implantação	26
2.3.5	Elasticidade em Computação em Nuvem	27
2.3.5.1	Elasticidade Vertical e Horizontal	27
2.3.5.2	Elasticidade Manual e Automática	28
2.3.5.3	Gerência de Recursos Computacionais	29
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Ferramentas de interação em ambientes educacionais mediados por computador</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Ambiente Virtual Imersivo para ensino em Redes de Computadores</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>A ferramenta Netkit e a virtualização aplicada ao ensino e aprendizagem de redes de computadores</b>	<b>33</b>
<b>3.4</b>	<b>Uso do Netkit no Ensino de Roteamento Estático</b>	<b>34</b>
<b>3.5</b>	<b>Educação pelo uso da Computação em Nuvem</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>O PROVEDOR DE NUVEM AMAZON WEB SERVICES (AWS)</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Regiões, Zonas de Disponibilidade e Pontos de Presença</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>EC2 (<i>Elastic Compute Cloud</i>)</b>	<b>40</b>
4.2.1	Grupos de Segurança ( <i>Security Group</i> )	42
<b>4.3</b>	<b>AMI (<i>Amazon Machine Image</i>)</b>	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>S3 (<i>Simple Storage Service</i>)</b>	<b>44</b>
<b>4.5</b>	<b>EBS (<i>Elastic Block Store</i>)</b>	<b>45</b>
<b>4.6</b>	<b>Elasticidade Automática na AWS</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>O AMBIENTE NETENSINA</b>	<b>47</b>
<b>5.1</b>	<b>Visão Geral</b>	<b>47</b>

5.1.1	Uso do Netkit no NetEnsina . . . . .	47
<b>5.2</b>	<b>NetEnsina <i>Cloud</i></b> . . . . .	<b>48</b>
5.2.1	Arquitetura em Nuvem . . . . .	48
5.2.2	Servidores Netkit na AWS ( <i>Amazon Web Services</i> ) . . . . .	50
5.2.3	Portal <i>Web</i> do NetEnsina . . . . .	51
<b>5.3</b>	<b>Estimativa de Custos</b> . . . . .	<b>56</b>
5.3.1	Computação em Nuvem <i>Open Source</i> . . . . .	57
<b>5.4</b>	<b>Perspectivas de Utilização em Disciplinas</b> . . . . .	<b>59</b>
<b>5.5</b>	<b>Dificuldades encontradas</b> . . . . .	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>64</b>
	<b>ANEXOS</b> . . . . .	<b>66</b>
	<b>ANEXO A – REDES SIMPLES - AULA 01 - CONFIGURANDO DOIS COMPUTADORES EM REDE.</b> . . . . .	<b>67</b>
	<b>ANEXO B – REDES SIMPLES - AULA 02 - CONFIGURANDO UMA REDE COM VÁRIOS COMPUTADORES.</b> . . . .	<b>69</b>
	<b>ANEXO C – REDES SIMPLES - AULA 03 - INTERLIGANDO DUAS REDES DE COMPUTADORES.</b> . . . . .	<b>72</b>

# 1 Introdução

Professores de ensino em redes de computadores do país todo enfrentam uma difícil decisão ao ensinar disciplinas relacionadas. Em instituições onde não há laboratórios especializados, o curso, predominantemente teórico, é complementado com práticas de programação que oferecem informações adicionais, porém incompletas, sobre os desafios envolvidos em telecomunicações e na Internet. Essa dificuldade é amplificada fortemente na educação a distância, onde um monitor ou professor não se faz presente para apoiar a execução das tarefas.

No caso específico do ensino de informática, pelas experiências anteriores relacionadas com componentes técnicos, constatam-se níveis de sucesso inferiores nas avaliações do processo de ensino-aprendizagem. No ensino de Redes Informáticas, crescem-se ainda dois fatores importantes que justificam esta investigação: em primeiro, a presença muito significativa de conceitos abstratos; em segundo, o fato de as escolas não disporem de laboratórios de informática que possibilitem a implementação de conceitos em cenários reais (MARTINS, 2016).

Para (FERREIRA et al., 2013) o desenvolvimento das atividades práticas em disciplinas de redes de computadores é essencial para o desenvolvimento de habilidades técnicas fundamentais aos alunos de computação. Na maioria das vezes, os alunos não contam com um espaço físico completo que dê suporte ao desenvolvimento das práticas exigidas pela disciplina por falta de equipamentos ou horários para a grande demanda de alunos das instituições.

Mesmo as instituições que possuem laboratórios de informática estão passíveis de problemas em decorrência do desgaste dos materiais experimentados, atrelado ao fato da constante necessidade de atualização devido ao avanço rápido da tecnologia que tornam os componentes obsoletos em um curto espaço de tempo. Além disso, num laboratório acadêmico, existe a chance de o aluno acidentalmente realizar uma configuração que irá impedir a utilização imediata posterior do laboratório gerando a necessidade de efetuar a manutenção e possivelmente atrapalhando o andamento das aulas da turma seguinte (GURGEL et al., 2014).

Estes são obstáculos há muito percebidos nos cursos de computação que dificilmente encontram soluções alternativas devido ao modelo de ensino-aprendizagem pouco flexível. Nas disciplinas de rede uma solução que vem sendo adotada por alguns grupos, com relativo sucesso, é a utilização de redes virtualizadas, com ferramentas como Netkit<sup>1</sup> ou VNUML<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <[http://wiki.netkit.org/index.php/Main\\_Page](http://wiki.netkit.org/index.php/Main_Page)>

<sup>2</sup> <[https://www.dit.upm.es/vnumlwiki/index.php/Main\\_Page](https://www.dit.upm.es/vnumlwiki/index.php/Main_Page)>

Tais ferramentas permitem a realização de experimentos práticos de redes sem a utilização de equipamentos de alto custo. Entretanto, alguns desafios ainda permanecem, como a preparação de experimentos adequados para o conteúdo sendo ministrado, a correção de trabalhos e provas práticas desenvolvidas em tais ferramentas, e a utilização destas em plataformas diferentes da indicada.

Neste sentido, este trabalho propõe uma plataforma de ensino e aprendizagem de redes de computadores, destinada a cursos de graduação, tecnológicos ou mesmo de nível técnico em computação, redes de computadores ou telecomunicações. Tal plataforma se apresenta como um conjunto de ferramentas que permite a realização das práticas de rede em ambiente de nuvem de computadores.

Este trabalho tem como foco o uso do Netkit, uma ferramenta livre capaz de simular ambientes de rede completos, com as mais variadas topologias e periféricos como computadores, roteadores, *switches*, além de uma interface para configuração de vários protocolos de comunicação.

A presente proposta não se resume a apresentar o Netkit como uma ferramenta didática para cursos de redes de computadores, mais que isso disponibiliza um ambiente de ensino de redes baseado em nuvem de computadores, aqui batizada de NetEnsina Cloud, a fim de que a mesma possa se tornar amplamente acessível, propiciando a professores e alunos a liberdade de ministrar suas aulas e praticar seus laboratórios de qualquer lugar, sendo necessário apenas um computador com acesso à Internet.

O trabalho foi implementado utilizando o provedor de nuvem AWS (*Amazon Web Services*), onde foi criado um ambiente de ensino de redes de computadores por meio da virtualização de computadores. As máquinas virtuais contém o Netkit instalado e podem ser replicadas de acordo com a necessidade utilizando-se o conceito de elasticidade horizontal que é uma das características mais marcantes da computação distribuída em nuvem.

A motivação que levou ao uso da computação em nuvem neste trabalho diz respeito ao fato do Netkit ser uma ferramenta útil no auxílio do ensino de redes, porém possui a limitação de executar apenas em ambientes Linux, o que por muitas vezes desencoraja pessoas habituadas com outras plataformas. Uma vez disponibilizado na nuvem o software pode ser acessado a partir de qualquer computador conectado a Internet independente do sistema operacional.

Os laboratórios Netkit são compostos por pastas e arquivos de texto que uma vez lidos pelo software emulam máquinas virtuais de acordo com as configurações pré-estabelecidas. Estas VMs são distribuições Debian do sistema operacional Linux em modo texto. Uma vez executada, uma máquina virtual Netkit aceita todos os comandos de uma distribuição Linux comum, podendo assim o usuário praticar os mais diversos estudos por

meio deste SO, incluindo os comandos para configuração das interfaces de rede, *firewalls*, *proxy*, entre outros.

Além de computadores virtuais o Netkit permite emular outros dispositivos de rede como *hubs*, *switches* e/ou roteadores. Com a possibilidade de se executar vários *hosts* e dispositivos virtuais ao mesmo tempo, criando desta maneira um laboratório virtual completo, apto a ser utilizado em sala de aula para prática das disciplinas do curso de redes de computadores.

Além das pastas e arquivos de texto, os laboratórios Netkit necessitam de um roteiro didático a ser seguido para que o mesmo faça sentido para os aprendizes. Uma espécie de passo a passo do que deve ser feito com as máquinas que estão sendo emuladas. Assim o professor pode disponibilizar os arquivos das máquinas virtuais, seguido da sequência didática criando toda uma estratégia de aprendizagem, evoluindo a medida que for avançando nos assuntos da disciplina. Desta maneira tornando mais dinâmica a transição entre a teoria e a prática.

Para tanto, este trabalho disponibiliza ainda um Portal Web que serve como uma ferramenta didática contendo diversos tipos de laboratórios virtuais, que poderão ser utilizados na prática acadêmica do ensino de redes de computadores baseado no Netkit.

Por meio do Portal Web o professor poderá criar categorias de aulas e postar os laboratórios de acordo com o conteúdo e o conhecimento a ser praticado. Auxiliando desta maneira na organização da sequência das aulas práticas laboratoriais. O acesso à plataforma e suas ferramentas pode ser feito de forma *online* por meio de computadores com acesso a Internet, com suporte à execução dos laboratórios em máquinas virtuais disponibilizadas em nuvem.

Espera-se que este trabalho possa contribuir de forma significativa para a disseminação do conhecimento em redes de computadores, com acesso universal, livre e descomplicado a ferramentas até então restritas a um pequeno grupo de professores e alunos.

Este documento está dividido da seguinte forma: a seção 2 traz a fundamentação teórica acerca do tema, trata a respeito do ensino da computação, o uso da ferramenta Netkit nas disciplinas de redes de computadores, traz ainda os conceitos sobre computação em nuvem bem como as principais características que foram utilizadas na implementação. Na seção 3 são apresentados os trabalhos relacionados. A seção 4 fala especificamente do provedor de computação em nuvem AWS (*Amazon Web Services*), apresentando as ferramentas que foram utilizadas durante o desenvolvimento do trabalho. A seção 5 apresenta o NetEnsina, suas funcionalidades e as vantagens do uso da ferramenta Netkit em um ambiente em nuvem. Por fim, a seção 6 traz as principais conclusões desta dissertação, seus desdobramentos e a possibilidade de trabalhos futuros na continuação da pesquisa.

Anexo a este trabalho, também encontram-se como exemplos, modelos de laboratórios Netkit.

## 2 Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão abordados alguns tópicos essenciais concernentes à área do ensino da computação e seus desafios, mais especificamente ao ensino das disciplinas de Redes de Computadores. Ainda neste assunto será explanado a respeito do software de simulação Netkit como alternativa para a execução da prática laboratorial nas aulas de informática. Serão vistos, também, os principais conceitos e características acerca da Computação em Nuvem.

### 2.1 Ensino de Computação

Professores de um modo geral estão quase sempre na busca constante de melhorar suas aulas tornando-as mais interessantes, criativas e produtivas. Estratégias de ensino, planos didáticos, ferramentas e inovações fazem parte do cotidiano desses profissionais que apostam nesses artifícios para atrair cada vez mais a atenção de seus alunos.

Atualmente com o crescimento da tecnologia novos recursos de mídia e interação se fazem presentes e de maneira mais natural nas salas de aulas forçando professores a se manterem sempre atualizados.

Como em muitas áreas do conhecimento e na educação, as transformações tecnológicas modificam posturas e desenvolvem possibilidades de novas descobertas mediadas por tecnologias aprimorando a maneira de agir dos profissionais envolvidos, com isso é necessário que o docente envolvido esteja à frente do seu tempo, atualizando-se continuamente e não utilizando ferramentas digitais somente por questões atuais e sim por utilidade (RICOY; COUTO, 2011).

Consequência inevitável do processo, o uso cada vez maior das tecnologias de informação por professores e alunos desencadeou uma busca crescente por conhecimentos específicos de computação. Criando novos nichos de pesquisa, práticas docentes, cursos e disciplinas nos mais variados centros de ensino e universidades. Não por coincidência, novas graduações e especializações tem surgido com ementas específicas no que diz respeito ao ensino da computação, tais como cursos de Licenciatura em Computação, Educação Digital, Práticas em Educação a Distância, entre outros.

Não somente nos níveis da educação superior que há muito já trabalhava com ensino de informática como a exemplo dos cursos de Ciência da Computação, Sistemas de Informação, Engenharia da Computação entre outros, o ensino da computação tem sido alvo de pesquisa quanto a sua viabilidade e os seus benefícios também no ensino fundamental e médio.

(FRANÇA; SILVA; AMARAL, 2013) Defendem que ensino e aprendizado da Ciência da Computação, na Educação Básica, ainda se revelam por meio de ações embrionárias. No entanto, começar a desenvolvê-las e divulgá-las e, principalmente, discuti-las pode ser o caminho para consolidação de práticas educacionais mais condizentes com a nova realidade que a revolução tecnológica e científica tem propiciado.

Ainda neste contexto, segundo (BEZERRA; SILVEIRA, 2011) as Licenciaturas em Computação têm em sua gênese a intenção de formar profissionais qualificados para atuar no ensino de Computação e Informática no nível médio, além de serem aptos a atuarem no segmento de mercado que envolve a Informática na Educação de maneira plena.

### 2.1.1 A prática no Ensino da Computação

No ensino acadêmico muitas vezes se faz indispensável o uso de atividades práticas para consolidação do conhecimento. Nos cursos de informática tal situação ocorre com frequência, dada a necessidade de quase sempre se implementar na prática os conteúdos ministrados em teoria. Nesse contexto vislumbra-se o ensino de Rede de Computadores como um dos mais afetados por esta realidade.

As disciplinas da área de Redes de Computadores abordam vários conceitos: comunicação, topologias físicas e lógicas, compartilhamento de recursos e dados, tráfego e segurança da informação, são alguns exemplos entre vários outros que se pode citar. Conceitos estes que são difíceis de serem compreendidos pelos alunos caso o funcionamento não seja visto na prática. Por sua vez, para que esta prática ocorra de maneira satisfatória necessita-se de todo um ambiente laboratorial preparado para tal atividade.

Esta é uma realidade que contempla também outras disciplinas da área de Computação e Informática, mas no caso de Redes de Computadores tais aparatos terminam saindo mais custosos. Isso se dá devido ao fato de que a prática dessa disciplina exige muitos recursos computacionais que não se resumem exclusivamente ao uso de computadores. Para que se tenha uma relação adequada entre teoria e prática, é necessário criar ambientes de rede que tenham vários componentes de hardware: computadores; concentradores, como *hubs* e *switches*; cabos ou *access points* para a interligação de computadores, dentre outros (BARBOSA; ANJOS; BOGO, 2009). Tal infraestrutura demanda recursos financeiros elevados que nem sempre estão disponíveis nas instituições de ensino, principalmente na rede pública, o que acaba comprometendo a qualidade das aulas e conseqüentemente a formação acadêmica dos alunos.

Ainda no que diz respeito aos equipamentos laboratoriais vale ressaltar que os recursos computacionais sofrem atualizações constantemente, o que pode fazer com que em pouco tempo se tenha a necessidade de trocá-los, sob pena de se trabalhar com equipamentos obsoletos.

Na tentativa de contornar este impasse muitos professores fazem uso de softwares específicos de virtualização para criar ambientes computacionais simulados e a partir dos mesmos levar a prática até os seus alunos. Na disciplina de redes de computadores existem vários programas, pagos e gratuitos, com tais características, capazes de criar ambientes virtuais de aprendizagem muito próximas do mundo real. Cabe exemplo as ferramentas Cisco Packet Tracer<sup>1</sup>, GNS3 (“Graphical Network Simulator”)<sup>2</sup> e o Netkit<sup>3</sup>, este último alvo de investigação neste trabalho.

## 2.2 Netkit e o Ensino de Redes de Computadores

Nesta busca pelo conhecimento os simuladores têm representado um grande aliado, evoluindo e atraindo estudantes das mais variadas áreas do conhecimento. Busca-se, normalmente, nestas simulações, prover informações com características da vida real, permitindo a participação em cenários e situações próximos às vivenciadas no dia a dia (FLORES; BEZ; BRUNO, 2014).

O software Netkit é um emulador de redes que permite a criação de experimentos de redes de computadores virtuais, incluindo os dispositivos de hardwares necessários para seu suporte, bem como a criação dos enlaces virtuais que os interligam. O Netkit começou a ser desenvolvido, como um software livre, no ano de 1999, na Roma Tre Università da Itália, recebendo posteriormente o apoio da comunidade científica (RIMONDINI, 2007).

A escolha de um software livre para o problema a ser solucionado é relevante, pois, ao evitar custos de licenciamento, permite-se que instituições com baixa disponibilidade de recursos financeiros e que os próprios estudantes utilizem-no sem preocupação com as despesas oriundas de um produto comercializado (GURGEL; BARBOSA; BRANCO, 2012).

Uma máquina virtual iniciada pelo Netkit é como um computador completo executando uma distribuição Debian GNU/Linux em modo mono usuário. Para transformar essa máquina virtual em um dispositivo específico basta executar o software adequado. A Figura 1 apresenta um exemplo de máquina virtual Netkit.

As máquinas virtuais emuladas pelo Netkit estão preparadas para receber todos os comandos aceitos por uma distribuição Debian GNU/Linux normal. Ou seja, comandos de rede como ping e ifconfig entre tantos outros podem ser executados. Além disso, o software permite que o usuário possa instanciar mais de uma máquina virtual. De modo que o aluno pode usar estes comandos para criar suas configurações de redes entre várias máquinas virtuais como se estivesse criando uma topologia real.

<sup>1</sup> <[http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course\\_catalog/PacketTracer.html](http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/PacketTracer.html)>

<sup>2</sup> <<https://gns3.com/community>>

<sup>3</sup> <[http://wiki.netkit.org/index.php/Main\\_Page](http://wiki.netkit.org/index.php/Main_Page)>

```
HOST1
— Starting Netkit phase 2 init script —
>>> Running HOST1 specific startup script...
Reconfiguring network interfaces...done.
>>> End of HOST1 specific startup script.

*****
Lab directory (host): /home/bruno/nk1abs/lab02
Version: 1.0
Author: Paulo Henrique Moreira Gurgel
Email: paulogur@grad.icmc.usp.br
Web: http://www.grad.icmc.usp.br/~paulogur/netkit.php
Description:
Laboratorio II - Nossa rede ganhou um switch
*****

— Netkit phase 2 initialization terminated —

HOST1 login: root (automatic login)
HOST1:~#
```

Figura 1 – Interface de uma máquina virtual Netkit.

As Figuras 2 e 3 a seguir mostram respectivamente uma rede de topologia simples, e o Netkit emulando as quatro máquinas virtuais (HOST1, HOST2, HOST3, HOST4) e um Switch (SW1) representado na figura da topologia.

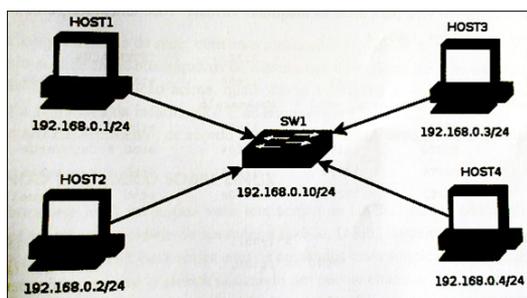


Figura 2 – Topologia simples de exemplo com 04 Hosts (GURGEL et al., 2014).

Como demonstrado nas figuras acima, o Netkit permite emular uma ou várias máquinas virtuais, que podem ser de computadores a dispositivos de redes como *hubs*, *switches* e roteadores. Este conjunto de dispositivos formam os chamados laboratórios virtuais, onde o usuário pode fazer os seus testes de rede.

Um laboratório virtual Netkit é formado por um conjunto de pastas e arquivos que deverão ser pré-configurados de acordo com as necessidades do usuário. Estes arquivos contêm os comandos com todas as configurações iniciais que cada máquina virtual deve conter. Por exemplo, um computador virtual já pode ser inicializado com os endereços de IP e Máscara de Rede definidos. No caso de um dispositivo virtual emulando um roteador, este já poderia ter definidas em sua tabela de endereços todas as possíveis rotas de endereçamento de pacotes dentro da rede virtual. Na Figura 4 é possível observar a estrutura de um laboratório e um dos arquivos de configuração da topologia apresentada.

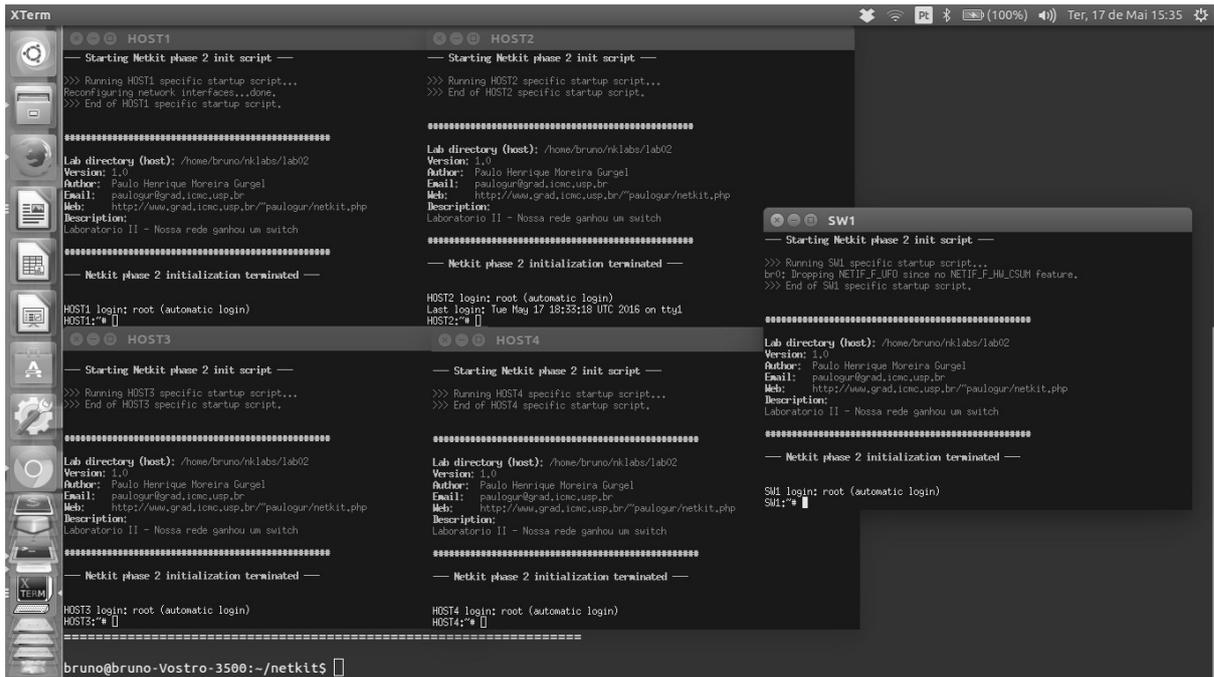


Figura 3 – Netkit emulando quatro máquinas virtuais e o *switch* descrito na topologia da Figura 02.

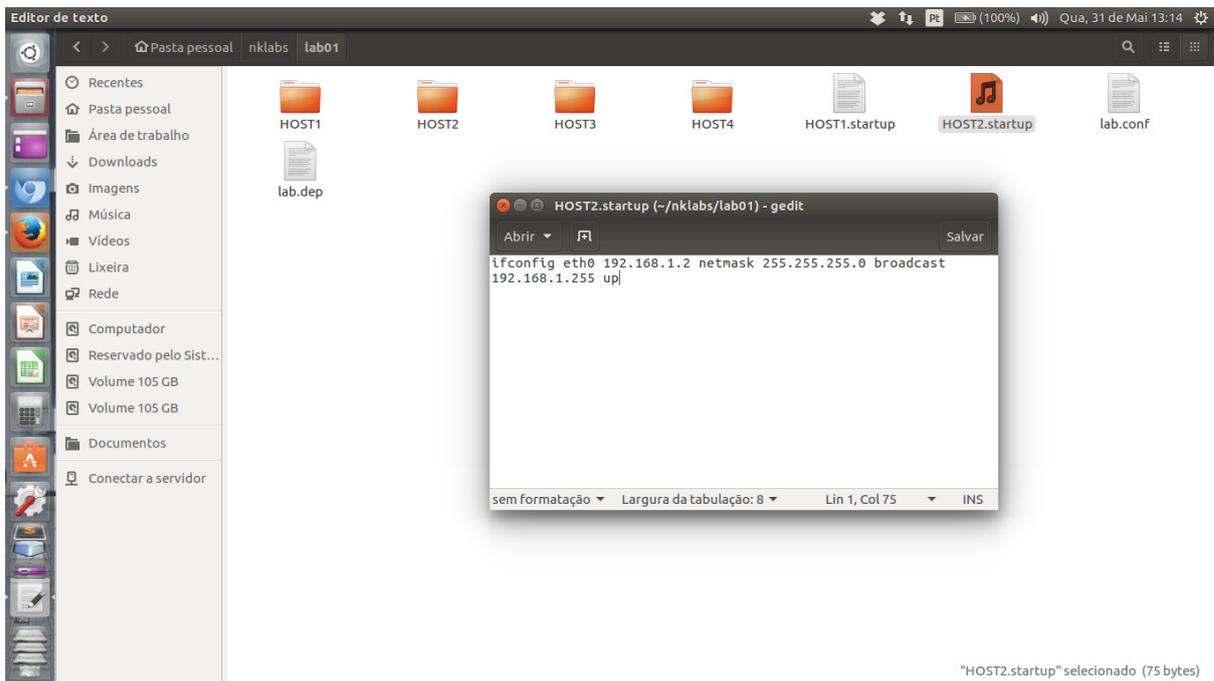


Figura 4 – Estrutura e arquivo de configuração de um laboratório virtual Netkit.

## 2.3 Computação em Nuvem

### 2.3.1 Conceitos

O paradigma de Computação em Nuvem é um conceito novo e portanto alvo de muita investigação por meio da comunidade científica e também das empresas do ramo computacional. Atualmente empresas como Amazon, Google, IBM, Microsoft, Salesforce.com, oferecem a seus clientes um leque de opções que variam de um simples espaço para armazenamento de dados a serviços de geolocalização.

O aumento da disponibilidade da Internet tem contribuído, conseqüentemente, para o crescimento do consumo de recursos computacionais por parte dos usuários. Essa é uma realidade que pode ser facilmente percebida por meio da observação da quantidade de serviços presentes nos mais diversos dispositivos fixos e móveis de uso comum das pessoas. Como exemplo, o aumento de transações financeiras *online*, a troca de mensagens eletrônicas instantâneas, *streams* de vídeo e áudio nos mais variados canais disponíveis na Internet, entre outros. Neste contexto, o conceito de Computação em Nuvem não pode ficar de fora, uma vez que, na maioria das vezes representa o grande repositório atual que fornece todos estes serviços.

A filosofia da Computação em Nuvem visa garantir a possibilidade de usufruir do armazenamento seguro de recursos e prover acesso a estes - sejam eles músicas, textos, vídeos, fotos, dentre outros - por meio de qualquer dispositivo conectado à Internet, sem limite específico.

A Nuvem por padrão deve conceber a ideia de recursos computacionais "infinitos". Ou seja, não importa o poder computacional que se requer ou tamanho da informação que se queira armazenar o mesmo deverá ter espaço disponível. Este conceito é possível graças ao grande número de computadores conectados entre si por meio da Internet espalhados ao redor do mundo.

A Computação em Nuvem é uma evolução dos serviços e produtos de tecnologia da informação sob demanda, também chamada de *Utility Computing* (BRANTNER et al., 2008). O objetivo da *Utility Computing* é fornecer componentes básicos como armazenamento, processamento e largura de banda de uma rede como uma "mercadoria" através de provedores especializados com um baixo custo por unidade utilizada (COUTINHO et al., 2013).

Muitos são os serviços oferecidos que já implementam esta filosofia de armazenamento infinito. Para exemplificar tem-se o **DropBox**, **Google Drive**, **OneDrive**, **iCloud**, **Amazon Cloud Drive**, entre outros. Contudo o conceito de Computação em Nuvem vai muito além de guardar e acessar arquivos.

A Computação em Nuvem propõe a integração de diversos modelos tecnológicos

para o provimento de infraestrutura de hardware, plataformas de desenvolvimento e aplicações na forma de serviços sob demanda com pagamento baseado em uso (SÁ; SOARES; GOMES, 2011). Neste novo paradigma de utilização de recursos computacionais, clientes abrem mão da administração de uma infraestrutura própria e dispõem de serviços oferecidos por terceiros, delegando responsabilidades e assumindo custos estritamente proporcionais à quantidade de recursos que utilizam (COUTINHO et al., 2013).

A definição de Computação em Nuvem é muito discutida e o entendimento varia, de modo não haver precisamente um conceito único que a defina. Para (LECHETA, 2014) Computação em Nuvem significa contratar e expandir serviços de TI sobre demanda e pagar somente pelo que utilizar.

Segundo a definição de (MELL; GRANCE et al., 2011), Computação em Nuvem é um modelo que permite um acesso a um *pool* compartilhado de recursos computacionais configuráveis (redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente fornecidos e disponibilizados com um mínimo de esforço de gestão ou interação com o fornecedor do serviço.

(BÖHM et al., 2010) entendem que, Computação em Nuvem é uma implantação de um modelo TI, baseado em virtualização, onde os recursos, em termos de infraestrutura, aplicativos e dados são implantados através da Internet como um serviço distribuído por um ou vários prestadores de serviços. Estes serviços são escaláveis sob demanda e podem ter seus preços fixados em uma base de *pay-per-use*.

Neste trabalho, Computação em Nuvem representa o uso compartilhado, descentralizado e transparente de recursos através da Internet, com escalabilidade e agregação dos mais variados serviços, a um preço calculado de acordo com a demanda, tendo como importante vantagem a não preocupação do gerenciamento de tecnologia de informação local, instalação, configuração e atualização de sistemas, e manutenção da infraestrutura computacional física. Tudo isso atrelado a comodidade de acessar todo o sistema, softwares e serviços da nuvem a partir de qualquer dispositivo computacional conectado a Internet, independente de plataforma.

### 2.3.2 Características da Computação em Nuvem

Computação em Nuvem é um modelo para permitir um acesso via rede conveniente sob demanda a um *pool* compartilhado de recursos de computação configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente fornecidos e liberados com esforço de gerenciamento mínimo ou prestador de serviços interatividade. Este modelo de nuvem promove disponibilidade e é composto por cinco características essenciais (MELL; GRANCE et al., 2011):

- Serviço por demanda: O cliente pode consumir os recursos da nuvem a sua disposição

de acordo com sua necessidade e de forma automática.

- **Amplio acesso a rede:** O Cliente pode acessar os recursos da nuvem por meios de dispositivos padrão como *smartphones*, laptops e PDAs de forma transparente independente de plataforma.
- **Pool de Recursos:** O provedor deverá ser capaz de fornecer os mais variados recursos como armazenamento, processamento, memória, largura de banda de rede e máquinas virtuais. Os recursos computacionais do provedor são agrupados. Isto permite servir múltiplos consumidores em um modelo multi-inquilino (multi-tenant). Ou seja, os recursos físicos e virtuais são distribuídos e ou redistribuídos dinamicamente de acordo com a demanda do consumidor.
- **Elasticidade rápida:** Os recursos podem ser fornecidos rapidamente e de forma automática de acordo com a necessidade do consumidor. Esse crescimento rápido deve ser transparente ao consumidor de modo que o mesmo pense que a capacidade da nuvem seja infinita.
- **Serviço medido:** Os sistemas em nuvem devem ter a capacidade de controlar e otimizar automaticamente o uso dos recursos disponíveis na rede. Sejam eles armazenamento, processamento, largura de banda, entre outros. De forma que o usuário possa acompanhar os seus gastos e em alguns casos ser alertado quando uma determinada cota for atingida.

### 2.3.3 Modelos de Serviço

Os modelos de serviço por sua vez, descrevem basicamente o tipo de negócio que a nuvem pode prover. Normalmente, faz-se a distinção entre os conceitos de Infraestrutura como Serviço (IaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Software como Serviço (SaaS) (MELL; GRANCE et al., 2011). Na Figura 5 é ilustrado o funcionamento dos conceitos sob o ponto de vista de cada usuário que consome os serviços.

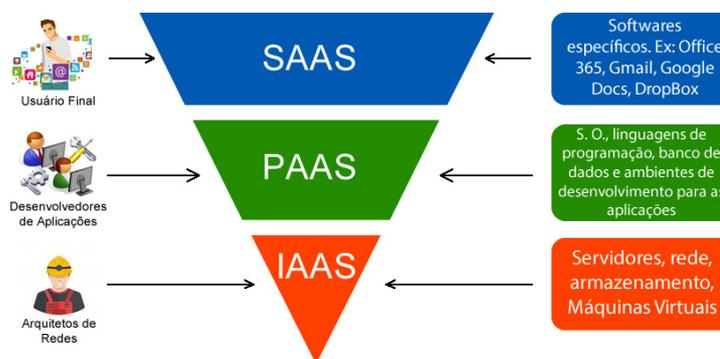


Figura 5 – Divisão dos modelos de serviços da Computação em Nuvem.

- Infraestrutura como Serviço (IaaS): Neste nível o consumidor não controla ou gerencia a infraestrutura física da nuvem, mas tem acesso a um conjunto de máquinas virtuais, servidores, além de controle limitado sobre componentes da rede, como por exemplo, filtros de pacotes e *firewalls*. Com estes recursos o consumidor pode implantar e executar uma grande variedade de programas – sistemas operacionais e seus aplicativos. Ou seja, a nuvem fornece suporte para que o cliente possa criar implementações específicas de acordo com seu negócio.
- Plataforma como Serviço (PaaS): Neste nível o consumidor controla somente a sua própria aplicação e o sistema que está hospedando as configurações do ambiente. Ao contrário da abordagem IaaS, o consumidor não possui controle sobre os componentes da rede. O consumidor até pode implantar suas próprias aplicações, mas neste caso deverá utilizar necessariamente, uma linguagem de programação e ferramentas suportadas pelo provedor.
- Software como um Serviço (SaaS): Neste nível o consumidor usufrui do produto final da nuvem, que são os aplicativos que o mesmo utiliza. Este é o nível mais alto de abstração do serviço, onde o cliente não gerencia nem controla qualquer infraestrutura da rede, nem tampouco desenvolve suas aplicações, apenas utiliza as aplicações executadas na nuvem.

A camada IaaS abrange toda a pilha de recursos da infraestrutura - desde as instalações físicas até as plataformas de hardware disponíveis. Essa camada incorpora a funcionalidade de abstração de recursos, possibilitando a conectividade entre a infraestrutura física e lógica. A camada PaaS - posicionada acima do IaaS - adiciona um nível de integração com *frameworks* de desenvolvimento de aplicações e funcionalidades de *middleware*. Essa camada provê funções como banco de dados e recursos para a troca de enfileiramento de mensagens, permitindo aos desenvolvedores a construção de aplicações sobre o PaaS. As linguagens de programação e as ferramentas utilizadas precisam ser suportadas pelas camadas subjacentes. A camada SaaS - posicionada acima do IaaS e PaaS - provê um ambiente de operação autocontido, utilizado para disponibilizar diferentes serviços para seus consumidores, por exemplo, conteúdos, aplicações, funcionalidades de gerenciamento etc. (JÚNIOR et al., 2010).

### 2.3.4 Modelos de Implantação

Os quatro principais modelos de implantação que podem ser aplicados a computação em nuvem são (MELL; GRANCE et al., 2011):

- Nuvem privada: a infraestrutura é operada exclusivamente para atender as necessidades de uma organização, sendo que essa pode ser gerenciada pela organização ou

por um terceiro, e sua implementação pode ser local ou remota.

- Nuvem baseada em comunidade: compartilhada por várias organizações que possuem interesses comuns – requisitos de segurança, políticas etc. Esta pode ser gerenciada pelas organizações participantes da comunidade ou por um terceiro, em implementação local ou remota.
- Nuvem pública: a infraestrutura é disponibilizada para o público em geral, podendo pertencer a alguma organização que vende serviços de computação.
- Nuvem híbrida: é uma composição entre dois ou mais modelos de nuvens, por exemplo, privado e público. Estes permanecem como entidades únicas, porém, são ligados por uma tecnologia específica - padronizada e aberta ou proprietária. Uma composição de nuvem híbrida pode viabilizar o balanceamento de carga, ou seja, quando a parte privada não consegue mais atender a demanda a parte pública pode fazer esta tarefa - se os dados não forem sensíveis.

### 2.3.5 Elasticidade em Computação em Nuvem

A elasticidade se destaca como uma das mais marcantes características da Computação em Nuvem. Esta se consolida como diferencial desse tipo de sistema distribuído em relação a outros implementados, como por exemplo o modelo cliente-servidor, computação em grades e *peer-to-peer*.

Os modelos de sistemas distribuídos citados acima apresentam algumas peculiaridades em comum que podem ser vistas como desvantagens técnicas que são atenuadas pela Computação em Nuvem. A exemplo tem-se o alto preço dos servidores que com o passar do tempo podem se tornar defasados; número fixo de servidores, o que torna a capacidade do serviço ou aplicação disponibilizada limitada; a falha em um servidor pode tornar todo o sistema inoperante; e um alto grau de especialização para manutenção de toda rede. O conceito de Computação em Nuvem que visa garantir a capacidade de elasticidade de recursos sob demanda de acordo com a necessidade ou comportamento do serviço traz benefícios que mitigam tais desvantagens.

Na Computação em Nuvem todo o tráfego fica descentralizado e transparente ao usuário, de modo que o mesmo não se dá conta de quanto recurso computacional está utilizando para executar determinada tarefa. É neste ponto onde a elasticidade se mostra uma das ferramentas mais úteis e utilizadas neste tipo de sistema distribuído.

#### 2.3.5.1 Elasticidade Vertical e Horizontal

Existem dois tipos de elasticidade em nuvem: vertical e horizontal. A primeira consiste em aumentar a capacidade de processamento e/ou armazenamento de uma máquina

ou outros hardwares na rede para atender determinada carga de trabalho. Processadores multicores possuem uma função importante neste tipo de abordagem, onde uma instância pode ativar cada núcleo de acordo com a demanda, aumentando o poder de processamento sem a necessidade de ligar uma nova máquina física, poupando assim recursos físicos e consumo de energia. Na segunda abordagem, novas máquinas físicas e/ou virtuais do mesmo tipo já existentes podem ser adicionadas à rede para suprir uma demanda específica como picos de acesso, processamento ou aplicações de alto desempenho durante um determinado período sejam horas, dias ou semanas. Em ambos os casos, paga-se somente por aquilo que se utilizar.

A modalidade da ação da elasticidade decide que tratamento será dado aos novos recursos. Vários autores concordam quanto à divisão de elasticidade horizontal e vertical para essa classificação. Na horizontal é possível aumentar ou diminuir o número de instâncias (VMs), assim como é possível sua migração para novos nós de processamento. Já na vertical, há o redimensionamento de atributos de CPU, disco, rede ou memória, além da alternativa de alocar ou desalocar nós de computação (RIGHI, 2013).

O tipo de elasticidade a ser utilizado seja ela vertical ou horizontal, vai depender da aplicação e necessidade do usuário da nuvem. Independentemente vale ressaltar que a alocação dos recursos é dinâmica, de modo que uma vez supridas as demandas tais recursos serão liberados e o usuário deixará de pagar por isso.

O administrador do sistema poderá criar métricas que servirão de referência para alocação ou liberação de recursos computacionais. (RIGHI, 2013) Um objetivo ou uma métrica define uma variável de estudo, ou coleção delas, que servirá para lançar as ações de elasticidade. A abordagem mais comum é analisar a carga da CPU de cada um dos nós ou a carga de uso de cada uma das instâncias. Com base em dados coletados, faz-se uma média aritmética para determinar a métrica da elasticidade. Na sequência, é possível estabelecer *thresholds* máximo e mínimo, nos quais a elasticidade vertical e/ou horizontal é dada se a média obtida está fora dos limites.

Na prática por exemplo, o administrador do sistema pode estabelecer que ele deverá ser alertado sempre que uma instância ou servidor atingir 70% do seu poder de processamento, para que assim o mesmo possa executar alguma ação de elasticidade, sejam ela vertical ou horizontal.

### 2.3.5.2 Elasticidade Manual e Automática

Na seção 2.3.5.1 foi citado o modo manual de elasticidade, onde o administrador do sistema observa o comportamento das máquinas físicas e/ou virtuais e então aplica a ação pertinente. Os provedores de nuvem disponibilizam ferramentas para auxílio desse monitoramento.

Além de instrumentos de monitoramento os provedores de nuvem mais marcantes oferecem ferramentas de elasticidade automática, onde uma vez configurados de acordo com as métricas pré-estabelecidas os mesmos se encarregam de analisar a saúde das máquinas que estão sendo utilizadas e automaticamente criam ou destroem novas instâncias para atender a demanda de trabalho. Como exemplo deste tipo de ferramenta pode-se citar o Auto Scaling da Amazon<sup>4</sup>, AzureWatch da Microsoft<sup>5</sup> e o Phantom<sup>6</sup> da Nimbus.

Estas ferramentas automatizam a tarefa de adicionar ou remover instâncias. As mesmas trabalham associadas a outra ferramenta chamada balanceador de carga que se encarrega de distribuir a carga de trabalho entre as máquinas a medida que as métricas de uso sejam atingidas.

Esta possibilidade traz inúmeros benefícios quando visto pelo ponto de vista da economia de recursos físicos e conseqüentemente a economia de recursos financeiros. O usuário da nuvem não precisa gastar com a compra de hardware computacionais, bem como com a criação de *datacenters* e linhas de transmissão de dados. Todo este aparato pode ser contratado de um provedor de nuvem e acessado por meio da Internet. Tendo a flexibilidade de aumentar ou diminuir o poder de processamento ou armazenamento de acordo com demanda atual de trabalho.

### 2.3.5.3 Gerência de Recursos Computacionais

A gerência de recursos computacionais é uma tarefa delicada. Mensurar o tamanho da carga de trabalho nos momentos de pico, para assim preparar a rede ou servidores com a capacidade necessária para atender as exigências se consolida em uma atividade complexa mesmo para profissionais experientes.

Para evitar sobrecarga, na maioria das vezes, todo o sistema é preparado com capacidade suficiente para atender os momentos de pico, ficando subutilizado todo o restante do tempo em que a demanda de trabalho é menor. Este é mais um exemplo de problema que pode ser contornado pelo uso da Computação em Nuvem por meio da aplicação da elasticidade. Na Figura 6 é ilustrada essa situação.

Como exemplo imagine um *site* que transmite ao vivo os jogos de futebol do campeonato brasileiro. Sabe-se que neste campeonato não ocorrem jogos todos dias da semana e nos dias que acontecem, os mesmos possuem horários definidos. Além disso, a audiência dos jogos varia de acordo com a situação do campeonato. É normal imaginar que haverá mais telespectadores nos jogos finais do que naqueles do início do torneio. Outro ponto que pode ser contemplado é a variação da quantidade de telespectadores jogo a jogo, o que depende da rivalidade entre as equipes ou a importância do clássico. Diante deste

<sup>4</sup> <<https://aws.amazon.com/autoscaling/>>

<sup>5</sup> <<http://www.cloudmonix.com/aw/>>

<sup>6</sup> <<http://www.nimbusproject.org/doc/phantom/latest/>>

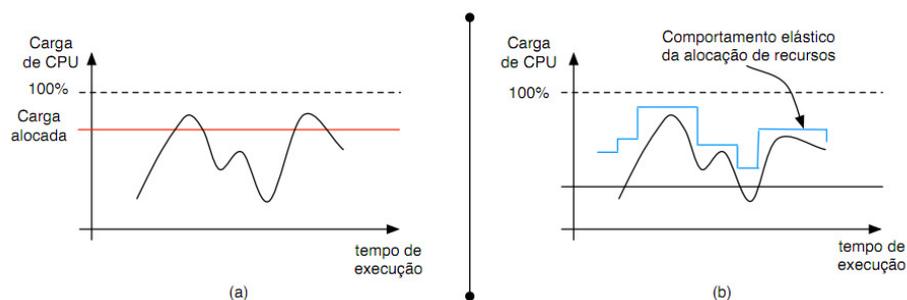


Figura 6 – Tratamento da computação em nuvem: (a) carga do serviço ultrapassa a alocada, comprometendo desempenho e funcionalidade; (b) tratamento elástico da carga de acordo com o comportamento do serviço (RIGHI, 2013).

cenário como mensurar a quantidade de processamento e/ou armazenamento necessário a ser contratada no provedor de hospedagem do *site*?

O exemplo anteriormente citado mostra alguns questionamentos que dificultam a tomada de decisão no momento da implantação dos mais variados tipos de aplicações. Em um serviço com uma alocação de carga estática, por mais que o cálculo seja bem feito e a demanda contratada seja suficiente para atender a exigência, ainda assim poderão surgir problemas. Neste caso específico os recursos ficariam subutilizados nos dias de jogos com poucos telespectadores e mais ainda quando não houvesse partidas. Porém o valor a ser pago para o provedor seria o mesmo, independente da quantidade de recurso utilizado.

No pior dos casos, a carga de trabalho poderá ultrapassar a capacidade contratada comprometendo o desempenho e a funcionalidade do sistema. É neste ponto onde a flexibilidade da elasticidade da nuvem se mostra útil para atender demandas com muitas variações. Pagando somente por aquilo que utilizar, poupando recursos físicos e financeiros e garantindo a entrega e disponibilidade do serviço.

A elasticidade é uma característica da Computação em Nuvem essencial no contexto deste trabalho, dado que uma disciplina de redes pode ter muitos alunos e a demanda por recursos, portanto, é variável em diferentes momentos do semestre, do mês e até da semana. Somente a Computação em Nuvem para fornecer, neste caso, a flexibilidade necessária, evitando-se assim desperdício de recursos computacionais e conseqüentemente econômicos. Na próximo capítulo serão apresentados trabalhos relacionados que fundamentam o interesse e o significado dos temas abordados nesta pesquisa.

## 3 Trabalhos Relacionados

Não é exclusividade deste trabalho tratar do uso da tecnologia como ferramenta didática para transmissão de conhecimento. Esta é uma matéria muito estudada e difundida no meio acadêmico, discutida frequentemente em simpósios e congressos de educação.

Segundo (SANTOS, 2012) na atual expansão do mundo das comunicações em rede, é perceptível o eixo estruturador da tecnologia e, assim, professores têm um papel fundamental de refletir e entender que a tecnologia pode exercer no campo pedagógico um fator de potencialização da aprendizagem nas diferentes áreas de conhecimento. Muitos artigos relacionados já foram discutidos e publicados anteriormente, incluindo trabalhos que não se prendem especificamente ao campo da informática. Publicações de outros ramos da ciência nos mostram que a tecnologia pode ser utilizada em outras disciplinas, trazendo um leque de variadas experiências.

Neste capítulo serão apresentados trabalhos relacionados ao emprego da tecnologia no desenvolvimento e uso de novas ferramentas educacionais. E ainda, como tais ferramentas colaboram na prática docente, seja no intuito de atrair atenção dos alunos ou mesmo auxiliar na fixação do conteúdo por parte dos mesmos. E mais especificamente, o uso da ferramenta Netkit para o ensino nos cursos de Rede de Computadores, bem como a utilização da Computação em Nuvem como um meio de disseminação de conhecimento.

Esses trabalhos mostram como é relevante o uso de ferramentas educacionais, incluindo ferramentas *online* como forma de democratizar e facilitar o acesso ao conhecimento. Especificamente para as aulas de redes de computadores, demonstram que o uso de simuladores de redes, além de proporcionar a possibilidade de aulas práticas, reduzem significativamente o custo das aulas e tornam o processo de ensino/aprendizagem mais produtivo.

### 3.1 Ferramentas de interação em ambientes educacionais mediados por computador

Neste trabalho (PRIMO, 2001) apresenta uma discussão sobre interação mediada por computador. Para tal discussão, sugere-se dois tipos de interação: mútua e reativa. A partir dessa tipologia, analisa-se o potencial interativo de diferentes ferramentas utilizadas pela Informática Educativa, como e-mail, lista de discussão, chat, ICQ, fórum, *site*, entre outras. Discute-se também a importância na valorização do trabalho cooperativo e da discussão na Educação a Distância.

O autor faz um estudo detalhado sobre a forma como tais tecnologias são utilizadas na educação, seja ela tradicional ou a distância, de modo a analisar como estes meios são disponibilizados para os alunos. Defendendo um uso mais racional desses recursos, que por muitas vezes são utilizados como um diferencial, porém trazendo pouco ou nenhum benefício real.

Travestidos pelo slogan da interatividade, treinamentos por atividades dirigidas deslumbram alunos e professores que se satisfazem em apontar e clicar páginas rigidamente determinadas. Enquanto isso o debate de ideias parece ter menos importância que assistir uma animação (que é sempre a mesma). A construção, a invenção e a criação não encontram muito espaço em *sites* onde *links* e botões já tem determinado por antecedência os caminhos que são possíveis (PRIMO, 2001).

Por fim conclui que não se quer de forma nenhuma sugerir que se ignore o potencial de disponibilização de informações que as interfaces de interação reativa podem oferecer. Uma pesquisa na *Web* que se resume a ler textos digitais que são disparados a partir dos *links* encontrados pode ser de grande valia para um estudante ou pesquisador. Mas o que se pretende valorizar é a ação cooperada e dialógica. Logo, a combinação de *sites* ricos em informações e ferramentas para o debate entre os participantes pode motivar ambientes férteis para a construção do conhecimento através da interação (PRIMO, 2001).

Percebe-se que este trabalho é do início deste século e, desde então, com o advento e proliferação de redes sociais, a cooperação e interação entre os participantes no processo de aprendizagem tem se tornado mais fácil e frequente.

## 3.2 Ambiente Virtual Imersivo para ensino em Redes de Computadores

Ainda no tocante ao ensino de Rede de Computadores (HERPICH et al., 2014) apresenta um ambiente imersivo e interativo onde os alunos possam aprender os conteúdos da disciplina de maneira mais prática e natural. Neste ambiente o aluno aprende por meio das experiências proporcionadas pelas situações construídas dentro da ferramenta.

O estudo apresenta um projeto de pesquisa em desenvolvimento, que envolve a implantação do agente inteligente ELAI (Agente Inteligente adaptável ao Nível de Expertise dos Estudantes), que é sensível ao contexto do nível de expertise do educando, visando o ensino de Redes de Computadores. A Figura 7 apresenta a interface do agente inteligente ELAI.

Com o crescente uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no âmbito educacional, diversas necessidades foram surgindo e alterando os cenários atuais, fazendo-se necessária a reflexão sobre novos paradigmas da computação na educação. Neste



Figura 7 – Interface do agente inteligente ELAI - Foco no ensino de Redes de Computadores (HERPICH et al., 2014).

contexto, muitas pesquisas vêm sendo realizadas em torno de ambientes virtuais imersivos, que são capazes de proporcionar ao estudante interação com objetos de aprendizagem e a capacidade de estar imerso no ambiente (HERPICH et al., 2014).

A pesquisa conclui que diante do provimento de diferentes recursos aos estudantes, foi possível observar como resultado preliminar a potencialidade existente no emprego de agentes inteligentes na educação juntamente aos ambientes virtuais imersivos. Agregado a isso, está o fato destes serem cientes dos contextos de seus usuários, tornando possível a adaptação de conteúdos, materiais e atividades no MV (Mundo Virtual) às preferências dos estudantes (HERPICH et al., 2014).

### 3.3 A ferramenta Netkit e a virtualização aplicada ao ensino e aprendizagem de redes de computadores

Mais especificamente no campo desta pesquisa, (GURGEL; BARBOSA; BRANCO, 2012) discorrem sobre o uso do Netkit como uma ferramenta essencial para o ensino de redes de computadores dada a possibilidade de experimentação sem restrições que pode ser resolvida pela virtualização de laboratórios.

Nesse trabalho os autores defendem a necessidade de uma prática laboratorial nas disciplinas de Redes de Computadores para que a aprendizagem seja consolidada. Neste contexto, discorrem acerca das dificuldades que tal prática pode acarretar quanto do desenrolar do curso, uma vez que nem sempre as instituições de ensino possuem laboratórios preparados e atualizados para este fim.

Para a realização de atividades práticas de redes, em um laboratório físico convencional, é necessário um conjunto de computadores adequados ao tamanho da turma. Além disso, estes deverão estar conectados a um conjunto de roteadores de boa qualidade, para

que possam ser estudados, por exemplo, os protocolos de roteamento dinâmicos. Além dos roteadores, *switches*, *bridges* e *hubs* devem estar presentes. As senhas de administração destes dispositivos gerenciáveis, bem como dos computadores, devem ser disponibilizadas aos alunos para que estes possam alterar livremente a configuração e fazer os experimentos solicitados (GURGEL; BARBOSA; BRANCO, 2012).

Como solução para este problema, o texto apresenta o software Netkit como uma opção viável e barata, uma vez que o mesmo é capaz de simular laboratórios de rede com os mais variados tipos de dispositivos e protocolos de comunicação. Na pesquisa os autores realizaram atividades práticas nas disciplinas de Redes de Computadores e Administração e Gerenciamento de Redes do ICMC/USP, onde foram desenvolvidas 11 atividades de laboratório virtuais.

Por fim é possível concluir e observar os benefícios da virtualização de redes no ensino, e em particular o uso da ferramenta Netkit, na ampliação da profundidade do conteúdo ministrado e na efetividade do aprendizado prático facilitado por aquela ferramenta (GURGEL; BARBOSA; BRANCO, 2012).

### 3.4 Uso do Netkit no Ensino de Roteamento Estático

As disciplinas da área de Redes de Computadores abordam vários conceitos de comunicação que são difíceis de serem compreendidos pelos alunos caso o funcionamento não seja visto na prática. O problema é, para que se tenha uma relação adequada entre teoria e prática, é necessário criar ambientes de rede que tenham vários componentes de hardware: computadores; concentradores, como *hubs* e *switches*; cabos ou *access point* para interligação; entre outros. Dessa forma, oferecer uma estrutura física adequada para esse estudo prático pode acarretar em um custo financeiro muito alto para as instituições de ensino (BARBOSA; ANJOS; BOGO, 2009).

(BARBOSA; ANJOS; BOGO, 2009) demonstram como utilizar o NetKit para o ensino de roteamento estático em redes de computadores. Os autores classificam os emuladores como uma solução satisfatória para o ensino das práticas existentes e necessárias que existem nos cursos de redes de computadores, uma vez que os mesmos possibilitam criar ambientes virtuais de rede que funcionam de forma semelhante a ambientes reais, sem incidir em um alto custo.

Na experiência os autores utilizam um ambiente virtual formado por dois roteadores e três *hosts* para o estudo do roteamento estático. A Figura 8 apresenta a arquitetura do ambiente utilizado na prática.

Após os testes utilizando o Netkit, os autores chegaram à conclusão que a sua utilização mostrou-se satisfatória, já que em um único laboratório, vários alunos puderam

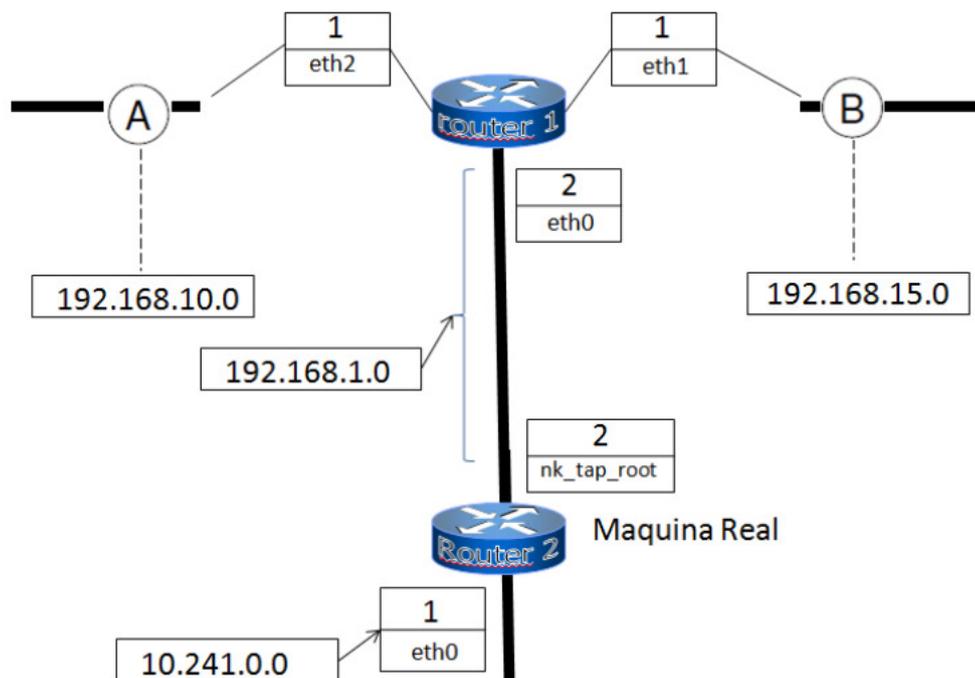


Figura 8 – Arquitetura do ambiente virtual implementado (BARBOSA; ANJOS; BOGO, 2009).

trabalhar individualmente sobre um ambiente de rede completo, executando em um único computador. Com isso, o conceito de roteamento estático foi assimilado com mais facilidade (BARBOSA; ANJOS; BOGO, 2009).

### 3.5 Educação pelo uso da Computação em Nuvem

No tocante ao ensino baseado em nuvem, (MANSUR et al., 2010) destacam na área de Educação Superior, o paradigma da Educação em Nuvem, que pode ser entendido como a aplicação, na área de Educação, dos conceitos de Computação em Nuvem. Assim, o conceito de Educação em Nuvem mostra-se um paradigma realmente novo, pois, neste caso, os saberes não estão mais encarcerados em ambientes físicos, mas disseminados pelo planeta através das redes de computação, como uma nuvem de saberes, de maneira quase onipresente.

No texto os autores também citam o entendimento de (KATZ, 2008) que apresenta algumas características advindas da Computação em Nuvem, que a diferenciam da Educação Flexível ou mesmo do Ensino a Distância com o uso da Internet, são elas: baixo custo de recursos financeiros e computacionais, aumento da eficiência do processamento de dados pelo conceito de nuvem, acessibilidade aos dados educacionais por pessoas desprovidas de recursos financeiros para adquirir um computador do tipo PC (uma vez que qualquer dispositivo como um celular, um console de videogame, ou qualquer dispositivo com acesso

à internet, pode conectar o indivíduo à nuvem).

Após os estudos (MANSUR et al., 2010), acreditam que esta área da educação, mais especificamente de uma Educação Tecnológica com base na Educação em Nuvem, seja o caminho para atender as demandas de uma sociedade tecnologizada.

Estes e outros trabalhos demonstram como o uso da tecnologia pode trazer benefícios a prática docente. Nesse contexto, a computação em nuvem pode ser vista também como um novo paradigma no processo ensino-aprendizagem, pois a mesma permite uma disseminação globalizada de conhecimento. No tocante a isto, este trabalho demonstra como utilizar tal tecnologia nos cursos e disciplinas de rede de computadores, a fim de tornar os mesmos mais dinâmicos, práticos e interativos.

Estas experiências embasaram este estudo e serviram como norte para confecção deste trabalho. No próximo capítulo será apresentado o provedor de nuvem da Amazon, destacando-se as suas particularidades, características e as ferramentas utilizadas ao longo de toda a pesquisa.

## 4 O Provedor de Nuvem *Amazon Web Services* (AWS)

A Computação em Nuvem está sendo cada vez mais adotada por grandes empresas. Gigantes da área da computação como Google, Microsoft, Apple, Amazon, entre outros, estão continuamente ampliando e disponibilizando suas aplicações e serviços web por meio de suas nuvens na Internet.

Muitos são os recursos que os usuários da Internet utilizam sem ao menos se darem conta de que estão na prática usufruindo dos benefícios da Computação em Nuvem. Como exemplo destaca-se o Gmail, Hotmail, Youtube, DropBox, Netflix, Spotify. Dentro deste cenário, a *Amazon Web Services* (AWS) é referência quando o assunto é Computação em Nuvem.

A Amazon.com<sup>1</sup> é uma empresa multinacional que atua no ramo de comércio eletrônico e atualmente é uma das maiores do mercado de varejo online no mundo. Para atender a grande demanda de compras, a Amazon possui gigantescos *datacenters* espalhados ao redor do planeta, capazes de fazer funcionar o seu grande sistema de *e-commerce*, o qual é reconhecido pela confiabilidade, disponibilidade e segurança.

A Amazon.com decidiu compartilhar com o mundo inteiro a sua infraestrutura de servidores, e qualquer empresa ou desenvolvedor, como eu e você pode facilmente hospedar um site ou serviço nos servidores da Amazon. Com esta ideia, nasceu em 2006 uma empresa dentro da Amazon.com chamada *Amazon Web Services* (AWS)<sup>2</sup>, que oferece uma plataforma de serviços completa para desenvolver aplicações em nuvem (LECHETA, 2014).

Conforme foi descrito no capítulo anterior a Computação em Nuvem tem como uma de suas características disponibilizar serviços que podem ser rapidamente fornecidos e liberados com esforço de gerenciamento mínimo. Para tal a AWS oferece um painel completo, onde o usuário da nuvem poderá facilmente encontrar e acessar todos os serviços que a empresa fornece. Observe na Figura 9 a tela com alguns dos serviços que a Amazon oferece ao usuário da nuvem.

A AWS fornece um extenso leque de possibilidades que varia de um simples aluguel de máquina virtual a plataformas de serviços completos como banco de dados, ambientes de desenvolvimento e máquinas virtuais de alto poder de processamento. Além destes, o ambiente da AWS fornece inúmeras ferramentas avançadas, incluindo os serviços de

---

<sup>1</sup> <<https://www.amazon.com/>>

<sup>2</sup> <<https://aws.amazon.com/pt/>>

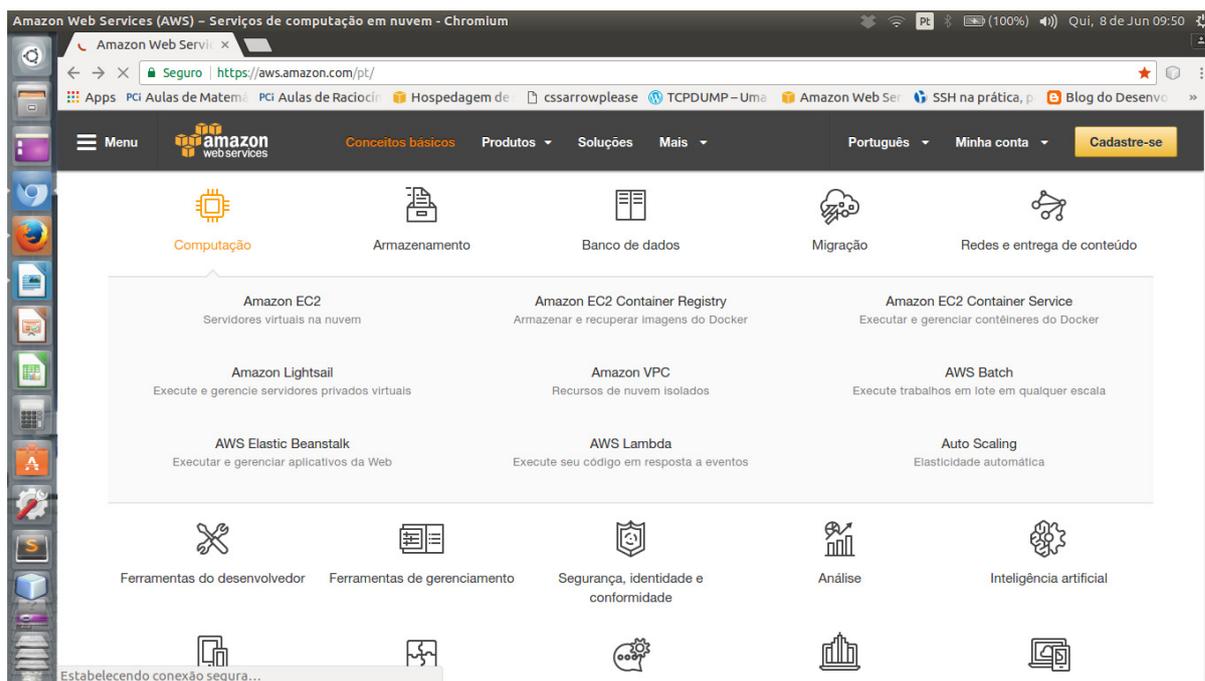


Figura 9 – Tela do Portal de Serviços da AWS.

escalonamento automático, balanceadores de carga e armazenamento redundante de dados.

Quanto a interfaces, a mais conhecida é aquela oferecida pela Amazon, denominada de *Amazon Web Services* (AWS). Utilizando-se de chamadas à *Web Services*, um usuário pode criar, lançar e destruir instâncias de servidores de acordo com a sua necessidade, pagando por hora sobre a quantidade de instâncias. Apesar de não ser um padrão, AWS é a interface mais usada para explorar os recursos de nuvem da Amazon. Nesse sentido, os demais *middlewares*, em sua maioria, oferecem a sua própria API e compatibilidade com AWS (RIGHI, 2013).

Vale ressaltar que existem vários outros provedores de nuvem no mercado, empresas que oferecem o mesmo tipo de serviço. Neste trabalho foi escolhida a AWS para hospedagem da aplicação por conter todos os requisitos necessários para a experiência. Além de fornecer uma generosa fatia de serviços gratuitos por 12 meses, onde assim pode-se fazer todos os testes sem nenhum custo.

## 4.1 Regiões, Zonas de Disponibilidade e Pontos de Presença

A Amazon possui uma enorme infraestrutura de servidores espalhados ao redor do planeta. O usuário muitas vezes utiliza recursos computacionais da nuvem da AWS sem saber onde exatamente tais recursos estão alocados ou onde determinada requisição está sendo processada. Dependendo da necessidade da aplicação, novos servidores, incluindo de outros continentes, podem entrar em ação para atender uma demanda específica. Isso

devido o conceito de computação infinita e descentralizada que a Computação em Nuvem tem como premissa.

Para critério de localização física<sup>3</sup> de recursos computacionais a infraestrutura global de Computação em Nuvem da AWS implementa três conceitos. São eles: Regiões, Zona de Disponibilidade e Pontos de Presença.

- **Região:** Uma região representa um local físico do mundo, ou seja, um ponto com uma localização geográfica definida (País, Estado, Cidade).
- **Zona de Disponibilidade:** É um *datacenter* isolado que fica dentro de uma região, onde esta pode conter mais de uma Zona de Disponibilidade, porém separados geograficamente. Cada zona atua de maneira independente, entretanto conectadas com todas as outras zonas da mesma região.
- **Pontos de Presença:** São servidores especializados para prover conteúdos com alta velocidade e baixa latência. Estes servidores estão distribuídos dentro de uma região e entregam conteúdos estáticos como arquivos de texto, PDF, imagens, vídeos, páginas HTML, entre outros.

Antes de criar um servidor ou armazenar um arquivo utilizando a AWS é necessário escolher a região e a zona de disponibilidade onde este recurso deve ser criado. A Figura 10 ilustra a distribuição das regiões e zonas ao redor do mundo. Para (LECHETA, 2014) este conceito de regiões e zonas de disponibilidade permite alcançar dois grandes objetivos:

1. Esta infraestrutura permite escalar a aplicação em abrangência mundial, pois a mesma aplicação pode ser instalada em várias regiões. Por exemplo, você pode fazer com que os usuários da Austrália e das suas proximidades usem os servidores instalados na região de Sidney. Para os usuários da América do Sul, a região de São Paulo seria utilizada. Essa infraestrutura permite disponibilizar um acesso rápido para todos os usuários, mesmo em abrangência mundial.
2. Garantir disponibilidade e o bom funcionamento do *site* em casos de desastre. Por exemplo, se sua aplicação está executando na região de São Paulo, você pode ter servidores executando nas duas zonas de disponibilidade, e caso uma falhar, a outra zona de disponibilidade continua atendendo às requisições normalmente. Na verdade é raro a zona de disponibilidade falhar, mas de qualquer forma fala-se de uma arquitetura de sistemas de missão crítica que simplesmente não pode parar.

---

<sup>3</sup> <<https://aws.amazon.com/pt/about-aws/global-infrastructure/>>



Figura 10 – Regiões e Zonas de Disponibilidade - Fonte: <https://aws.amazon.com/pt/about-aws/global-infrastructure/>

Não é intuito deste trabalho elucidar todos os serviços disponibilizados pela *Amazon Web Services*. Serão detalhados apenas aqueles mais conhecidos e os que foram experimentados durante a pesquisa científica e ao longo do desenvolvimento dos projetos. No tocante a isto, destacam-se os recursos EC2 (*Elastic Compute Cloud*), Grupos de Segurança (*Security Group*), AMI (*Amazon Machine Image*) e S3 (*Simple Storage Service*) e EBS (*Elastic Block Store*)

## 4.2 EC2 (*Elastic Compute Cloud*)

EC2 é um serviço que disponibiliza capacidade computacional segura e redimensionável na nuvem e atua na camada de IaaS (Infraestrutura como serviço) da AWS. Na

prática consiste na criação de máquinas virtuais (VM) dentro do provedor da Amazon, aqui denominadas de instâncias. Estas VMs por sua vez, podem ser configuradas de acordo com a necessidade ou o preço o qual o usuário está disposto a pagar.

No processo de configuração o usuário poderá escolher dentro de um amplo leque de possibilidades<sup>4</sup> o hardware a ser utilizado pela máquina virtual. Neste ponto poderão ser definidos o tipo e o número de processadores, quantidade de núcleos por processador, quantidade de memória, capacidade de armazenamento, desempenho de rede, entre outros.

O usuário pode alterar as configurações assim que julgar necessário, aumentando ou diminuindo a capacidade de suas instâncias. Este redimensionamento é possível graças a implementação do conceito de elasticidade vertical, característica essencial da Computação em Nuvem. Observe a interface do painel administrativo na Figura 11.

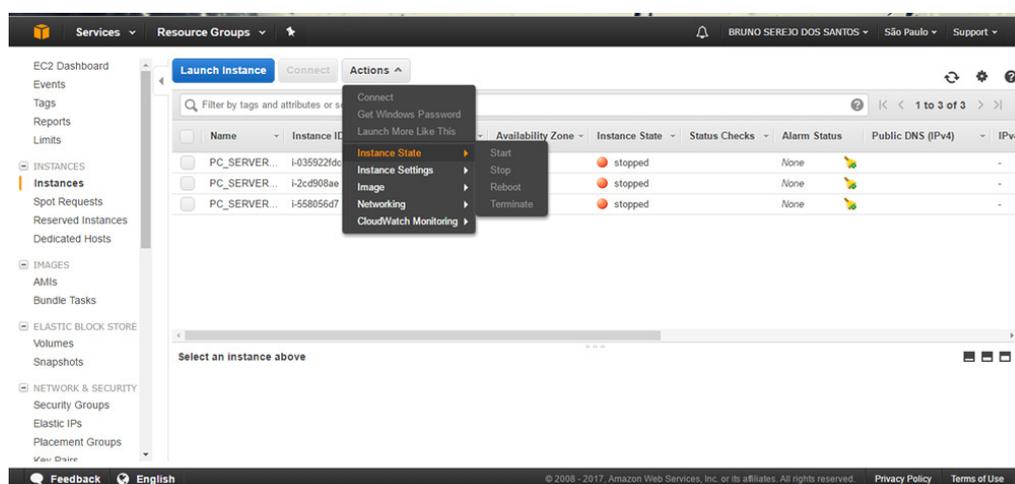


Figura 11 – Painel administrativo de instâncias EC2.

Além de configurações de hardware, a AWS oferece a possibilidade de escolha de máquinas virtuais com os sistemas operacionais Windows e Linux, com arquiteturas de 32 ou 64 bits. Na camada de infraestrutura como serviço as instâncias possuem apenas o Sistema Operacional básico, este então poderá ser configurado segundo as necessidades do usuário, desde recursos do sistema à instalação de softwares específicos.

A conexão com as instâncias é feita através da Internet por meio do protocolo SSH (*Secure Shell*). No momento da conexão, é solicitado uma chave de autenticação gerada e fornecida pela Amazon durante o processo de criação da VM. Uma vez logado na máquina virtual o usuário poderá então fazer uso da mesma como se fosse por exemplo, uma máquina virtual Linux remota real, como qualquer outra. A questão da virtualização fica totalmente transparente para o usuário da nuvem.

Logo após a escolha do hardware e do Sistema Operacional a ser utilizado pela VM, faz-se necessário a criação de um grupo de segurança, onde serão definidas todas

<sup>4</sup> <<https://aws.amazon.com/pt/ec2/instance-types/>>

as regras de acesso àquela instância. Este passo nada mais é do que a configuração do *Firewall* interno da Amazon, onde se define quais portas e serviços podem ser acessados por meio daquela máquina virtual.

### 4.2.1 Grupos de Segurança (*Security Group*)

Para o acesso cada instância EC2 criada exige uma chave de autenticação gerada e fornecida pela Amazon. Além disso a AWS implementou um sistema de proteção baseado em Grupos de Segurança, que na prática se consolidam em uma interface gráfica a partir da qual o administrador da nuvem pode configurar as regras do *firewall* da rede.

Por padrão, em uma instância EC2 somente a conexão por SSH é permitida, contudo novas regras podem ser inseridas no *firewall* a fim de liberar ou bloquear outras portas de acordo com a necessidade. Observe na Figura 12 a tela de configuração de grupos de segurança da AWS.

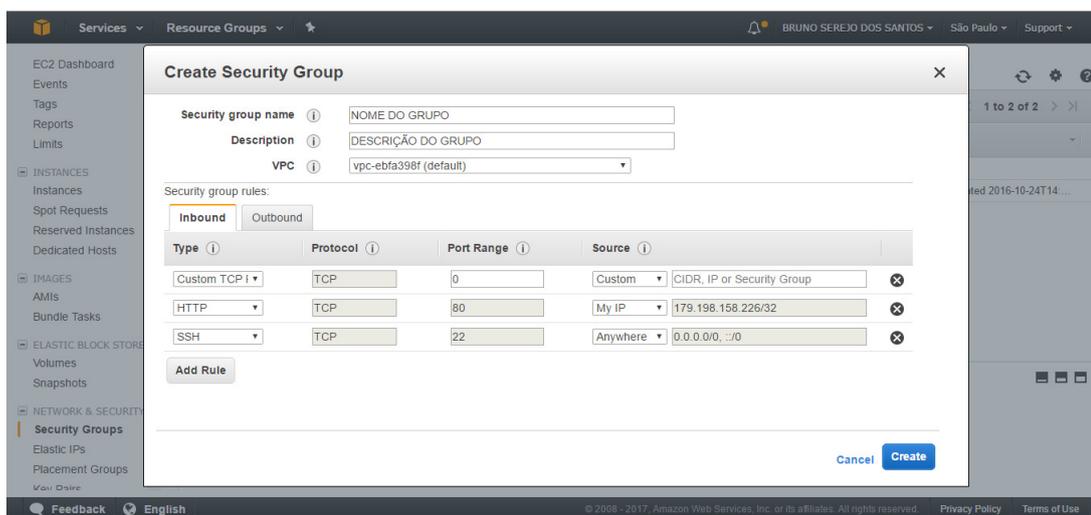


Figura 12 – Painel administrativo de criação de grupos de segurança.

Nas configurações do *firewall* o administrador pode criar vários grupos de segurança, cada um com um nível de privilégio diferente. Cada instância deverá estar enquadrada dentro de um grupo, onde dessa forma estarão definidos todos os acessos que essa máquina permite. Por exemplo, numa instância que esteja funcionando como um servidor de Banco de Dados MySQL poderia ter liberada apenas a porta padrão do banco, no caso a porta 3306. Ou somente a porta 80 para atender requisições HTTP, ou a porta 22 para acesso SSH.

Além da configuração de portas, os grupos de segurança permitem o filtro de acesso por endereço de IP. Por padrão é permitido o acesso de qualquer endereço IP (*Anywhere*), mas o administrador da nuvem pode digitar uma lista de endereços permitidos. Além disso, a interface fornece uma opção de geração automática de endereço. Neste ponto, a

plataforma de nuvem gera um endereço fixo vinculo à máquina que fez o procedimento, desta forma somente aquela máquina específica poderá ter acesso à instância. Tal opção pode ser visualizada na Figura 12.

### 4.3 AMI (*Amazon Machine Image*)

Após configurada, a Amazon permite criar imagens virtuais das instâncias EC2, chamadas de AMI (*Amazon Machine Image*), de modo que estas imagens podem ser utilizadas para criação de novas instâncias iguais. Isto facilita e agiliza o processo de elasticidade horizontal, uma vez que todo o processo de preparação das máquinas virtuais só precisa ser realizado uma única vez.

Ou seja, na prática o usuário da AWS escolhe qual Sistema Operacional utilizar, instala todos os softwares que necessita para suas tarefas e ao final cria uma imagem desta instância. Caso necessite por exemplo, de mais dez máquinas com os mesmos requisitos, basta solicitar junto a AWS novas instâncias espelhadas nesta imagem. Todos estes processos de configuração de instâncias, sejam estes de hardware e/ou software, podem ser feitas através do Portal de Serviços da Amazon, mostrado na Figura 9.

Ao criar uma instância o usuário poderá utilizar também imagens criadas e personalizadas pela comunidade de profissionais que trabalham com a AWS. Existem imagens gratuitas e pagas com as mais variadas configurações, incluindo softwares e soluções para diversas necessidades. Conforme levantamento desta pesquisa, encontram-se disponíveis no Portal da AWS 48.596 tipos diferentes de AMIs. Observe na Figura 13 algumas opções de AMIs.

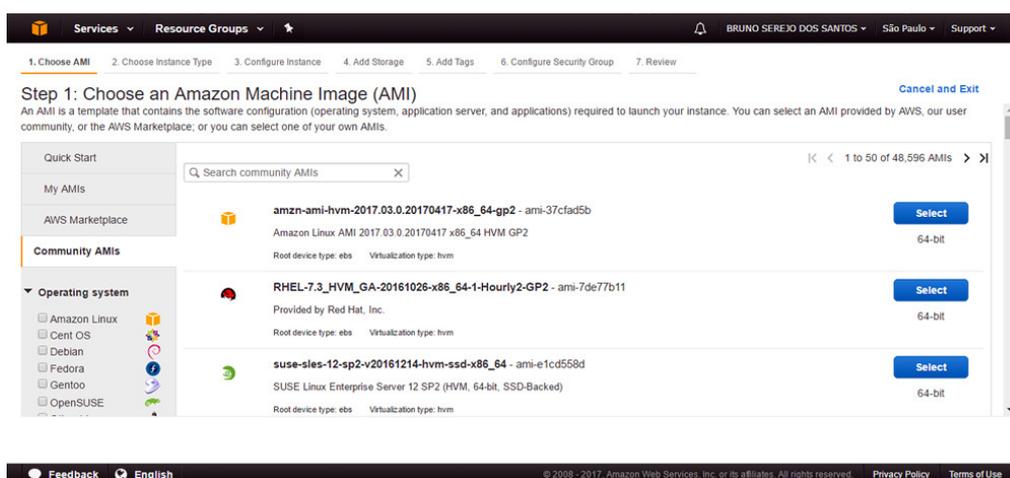


Figura 13 – Tela de Opções de AMIs.

Existem imagens específicas para quem necessita trabalhar com banco de dados, servidores Web, sistemas de *cluster*, alto desempenho, entre outros. Onde o usuário ao fazer uso deste tipo de imagem abstrai preocupações técnicas, fazendo uso de um ambiente

pronto e preparado para uma ação específica. Neste último caso, diz-se que está trabalhando na camada de PaaS (Plataforma como Serviço).

## 4.4 S3 (*Simple Storage Service*)

O S3 é um serviço de armazenamento de dados na nuvem e um dos recursos mais utilizados da AWS, característico por ser uma solução simples, eficiente, com alto desempenho, alta escalabilidade, alta redundância e segurança. Por meio do Portal da AWS o usuário pode criar *buckets* e colocar os objetos que deseja, na nuvem.

Na prática os *buckets* são as pastas e os objetos são os conteúdos que o usuário deseja armazenar. O Portal da AWS fornece um painel administrativo onde o usuário pode criar as pastas e fazer o *upload* dos arquivos de maneira facilitada. Observe na Figura 14 a tela de criação de *buckets* no Amazon S3.

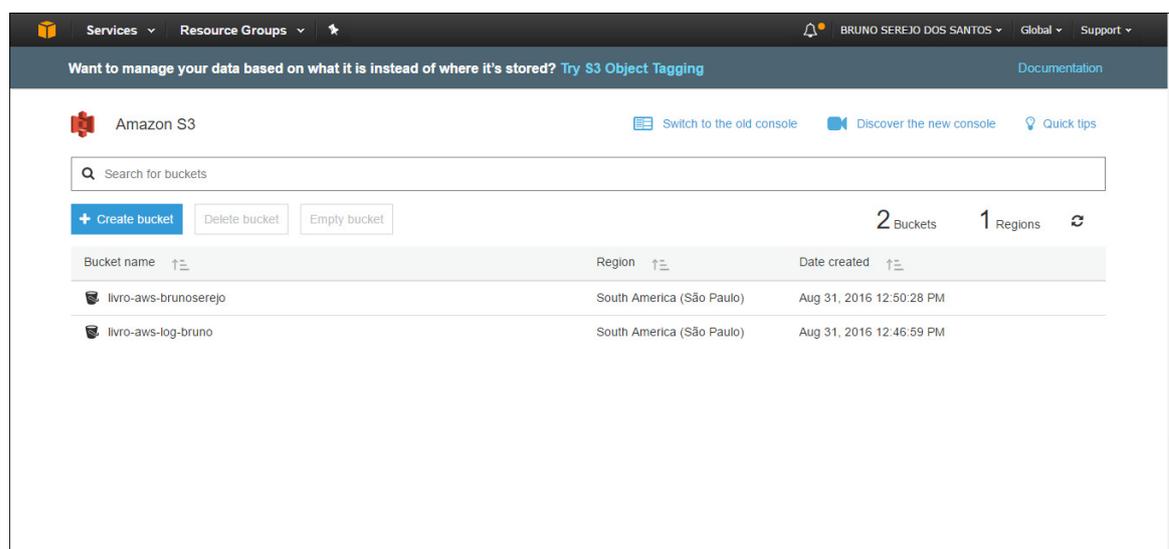


Figura 14 – Tela de criação de *buckets* no Amazon S3.

Além do painel administrativo a AWS fornece uma API (*Application Programming Interface*) por meio da qual o usuário ou empresas poderão criar suas próprias interfaces de acesso ao Amazon S3.

O S3 é um serviço de armazenamento amplamente utilizado no mundo inteiro, e inclusive soluções bem conhecidas como o DropBox<sup>5</sup> armazenam todos os dados de forma criptografada no S3. O DropBox criou uma interface web amigável para encapsular o acesso, além de integrar-ser aos gerenciadores de arquivos dos mais variados sistemas operacionais, permitindo tratar o repositório de arquivos na nuvem como uma mera pasta disponível no computador ou dispositivo móvel do usuário. Isso só foi possível graças a API que permite adicionar e remover arquivos programaticamente (LECHETA, 2014).

<sup>5</sup> <[https://www.dropbox.com/pt\\_BR/?landing=cntl](https://www.dropbox.com/pt_BR/?landing=cntl)>

No S3 cada pasta e arquivo recebe uma URL por meio da qual pode ser acessado por uma simples requisição do tipo GET direto no *browser*, sejam eles arquivos de texto, PDFs, fotos, vídeos, etc. Contudo, cada objeto armazenado possui níveis de acesso que podem ser públicos ou privados. O primeiro será de livre acesso a todos que utilizarem a URL, o segundo será visível apenas para o administrador logado na conta da AWS à qual o arquivo está vinculado. O *status* de visibilidade dos objetos pode ser alterado por meio do painel administrativo do Amazon S3 ou pela interface Web do Dropbox.

Além dos tipos de arquivos citados anteriormente o S3 permite o acesso a páginas HTML, arquivos JavaScript e folhas de estilo CSS. Desta maneira o usuário poderá postar um *site* estático completo e disponibilizá-lo na Web sem a necessidade da contratação de um serviço de hospedagem.

Os dados adicionados ao S3 são replicados em várias instâncias dentro da região por meio de um controle de redundância. De acordo com a Amazon um objeto armazenado em um *bucket* S3 possui durabilidade de 99,999999999%.

## 4.5 EBS (*Elastic Block Store*)

No processo de criação de uma máquina virtual EC2 deve-se escolher um tamanho de volume de armazenamento que esta instância irá utilizar, este tamanho é fixo e uma vez definido não pode ser alterado. Pode-se considerar que esta seria a escolha do disco rígido da máquina e este será a sua unidade de armazenamento padrão.

No volume padrão serão instalados todos os softwares da VM, incluindo o sistema operacional. Pode-se também utilizar o mesmo para fazer *backup* de dados, criando pastas e gravando arquivos normalmente, porém nesta abordagem o volume depende da instância, uma vez que a mesma seja destruída todos os dados que foram salvos serão perdidos.

Para um armazenamento persistente de dados da instância a Amazon disponibiliza o EBS (*Elastic Block Store*). Como o próprio nome sugere o EBS é um volume de armazenamento de dados que utiliza o conceito da elasticidade e assim pode aumentar sua capacidade de acordo com a necessidade. Aqui o EBS funciona como uma espécie de HD secundário, de uma maneira mais simplificada pode-se dizer que o volume funciona como um HD externo.

Uma das vantagens desses volumes é que eles podem ser criados e associados a uma instância EC2, como um HD extra, e eles podem persistir de forma independente das instâncias. Isso significa que é possível excluir uma instância sem perder os seus dados, se necessário (LECHETA, 2014).

## 4.6 Elasticidade Automática na AWS

Como citado anteriormente, além de aumentar a capacidade de suas instâncias, o usuário pode solicitar um aumento do número da quantidade de instâncias. Fazendo assim, uso de outra característica marcante da Computação em Nuvem, a elasticidade horizontal. Tão logo não seja necessário um número maior de máquinas, este usuário pode solicitar o desligamento ou até mesmo a destruição desta máquina virtual. De modo que o contratante só paga por aquilo que estiver utilizando.

O termo elasticidade se constitui em uma das maiores e mais utilizadas características da Computação em Nuvem. Sua implementação visa prover o conceito de computação infinita que a tecnologia oferece. Na Amazon o processo de gerenciamento de instâncias é feito por meio de um painel administrativo, onde o usuário poderá criar ou alterar as instâncias remotamente de maneira amigável.

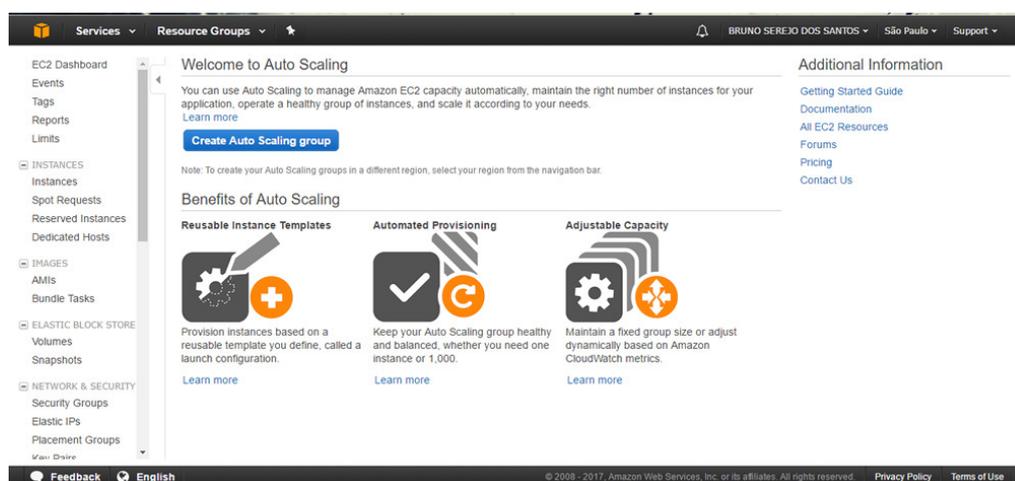


Figura 15 – Tela de configuração do *Auto Scaling*.

Por meio do painel administrativo do Portal de Serviços da Amazon, o usuário poderá manualmente criar, pausar ou destruir instâncias de acordo com a necessidade. Além disso a AWS fornece uma ferramenta chamada *Auto Scaling*, onde por meio dela o administrador do sistema poderá estabelecer as métricas. A partir de então a ferramenta passará a monitorar o comportamento das instâncias e aplicações e tomará as decisões sobre qual ação de elasticidade deverá ser adotada frente cada circunstância. Automatizando o processo e garantindo a entrega do serviço.

Esta seção apresentou as principais características e ferramentas da Amazon Web Service (AWS) discorrendo sobre os recursos que tornaram a Amazon referência no mercado de nuvem de computadores. No próximo capítulo será apresentado o ambiente de ensino NetEnsina e os detalhes de sua implantação naquele provedor.

## 5 O Ambiente NetEnsina

Nesta seção será apresentado o ambiente de ensino de redes de computadores NetEnsina. Este ambiente se baseia no uso do software Netkit para a emulação de laboratórios virtuais para a prática nas aulas das disciplinas de redes. Será apresentado também o NetEnsina Cloud, que é uma evolução do projeto original, disponibilizado no provedor de nuvem *Amazon Web Services*, ampliando desta maneira o acesso a ferramenta de ensino.

### 5.1 Visão Geral

A necessidade de atividades práticas para consolidação do conhecimento é uma constante em quase todos os ramos do estudo da informática, porém nos cursos de Redes de Computadores tais atividades se tornam mais complexas devido ao fato de que nesses treinamentos exige-se uma infraestrutura computacional que vai além de simples computadores. Recursos como *switches*, roteadores, cabos, repetidores são itens indispensáveis para qualquer curso de rede, o que acaba onerando muito estas qualificações.

O NetEnsina é uma ferramenta de suporte para o ensino de Redes de Computadores. Tal ferramenta propõe o uso do software Netkit nas práticas dos cursos de rede e também o uso de um Portal *Web* que servirá de apoio para o professor na elaboração de uma sequência didática apropriada a ser adotada durante as práticas em laboratório.

Além do Portal *Web*, o NetEnsina visa prover um ambiente digital em nuvem de computadores com máquinas virtuais prontas e configuradas com os recursos necessários para utilização do software Netkit. As máquinas poderão ser acessadas de qualquer lugar por meio da Internet, dando assim a possibilidade do aluno praticar os laboratórios virtuais sem a necessidade de instalar todos os programas em sua máquina física.

#### 5.1.1 Uso do Netkit no NetEnsina

Como previamente mencionado neste trabalho o Netkit é um software que permite simular topologias completas de redes de computadores, permitindo virtualizar os mais diversos tipos de itens de rede por meio de laboratórios virtuais. Estes laboratórios são executados através da leitura de arquivos de texto pré-configurados, a partir dos quais o Netkit cria todos os componentes virtuais requeridos.

No ensino de redes de computadores com uso do Netkit, além dos laboratórios virtuais o professor necessita de um roteiro didático o qual os alunos devem seguir. Um arquivo de texto com o passo a passo de todas as atividades a serem desenvolvidas ao

longo da aula. Como, por exemplo, um arquivo contendo a sequência de comandos que o aluno deverá executar na máquina virtual para configurar o endereço IP e máscara de rede.

O usuário do Netkit tem a liberdade para configurar os arquivos de texto da maneira que necessitar, todos de acordo com os laboratórios a serem utilizados. Após isto, no caso de aulas práticas, o professor deverá criar o passo a passo segundo aquilo que ele queira que seus alunos experimentem nas máquinas virtuais previamente configuradas.

Em resumo, para execução de uma aula prática com o Netkit, o professor deverá disponibilizar para seus alunos os arquivos de configuração das máquinas virtuais, ou seja, o laboratório em si, e além disso, um arquivo de texto com o roteiro a ser seguido para o desenvolvimento da atividade laboratorial.

O Netkit é uma ferramenta útil no ensino de redes de computadores, porém a instalação e configuração do mesmo se mostra uma tarefa trabalhosa e demorada para usuários sem muita habilidade com computadores, principalmente para aqueles que não possuem familiaridade com o Sistema Operacional Linux, haja vista que o Netkit só pode ser executado nesta plataforma. Certas dificuldades e a necessidade do uso de um sistema operacional específico acaba por muitas vezes desencorajando novos usuários a utilizarem o software.

O NetEnsina consiste em um ambiente de ensino de redes de computadores onde o professor poderá logar e disponibilizar todo o material para seus alunos. Bem como laboratórios, tutoriais, roteiros didáticos, e principalmente máquinas virtuais com a instalação e configuração do Netkit prontas para o uso. Assim todo esse processo torna-se transparente ao usuário, neste caso especificamente para os alunos, podendo o professor desta maneira oferecer à classe um ambiente laboratorial completo para prática das disciplinas de redes.

## 5.2 NetEnsina *Cloud*

### 5.2.1 Arquitetura em Nuvem

Institutos, escolas, universidades e demais instituições de ensino padecem de um problema em comum quando se diz respeito a variação do número de alunos a cada curso ou período letivo. Essa inconstância na quantidade de pessoas causa um impacto inevitável nas aulas práticas. Nas disciplinas de rede de computadores não é diferente.

A prática laboratorial é uma componente indispensável nos cursos de computação. Isto por sua vez, exige um aparato tecnológico mínimo necessário para que aconteça o curso, o que termina acarretando em custos, ainda mais nas disciplinas de rede que necessitam de vários recursos computacionais.

A variação no número de alunos torna difícil a mensuração dessa quantidade de recursos a ser utilizada no período letivo, podendo desta maneira ocorrer excessos ou mitigação na aquisição dos mesmos, refletindo negativamente tanto na parte econômica quanto na parte acadêmica.

Nos cursos de rede de computadores o uso de simuladores mostra-se como uma ferramenta viável pois permite a prática laboratorial sem a necessidade da compra de componentes computacionais, diminuindo conseqüentemente o custo. O NetEnsina trabalha sob esta proposta de fornecer um ambiente virtual que pode ser utilizado para esta prática laboratorial. Porém o NetEnsina *Cloud* visa levar este conceito um pouco mais além por meio da utilização da Computação em Nuvem.

Como citado na seção 2.3 a computação em nuvem tem como uma de suas características a elasticidade, que permite trabalhar com variações constantes de demandas a um custo também variável de acordo com a necessidade e com aquilo que for utilizado. O NetEnsina *Cloud* foi desenvolvido todo no ambiente de nuvem da AWS (*Amazon Web Services*) para fazer uso dos benefícios da elasticidade horizontal que esse provedor oferece.

A arquitetura do NetEnsina *Cloud* está dividida em dois módulos: o *back end*, formado pelos Servidores Netkit, que servirão de base para criação de novas instâncias compartilhando as mesmas características e configurações; e o *front end*, formado pelos Servidores *Web* responsáveis pelo portal web. Observe a Figura 16 com o modelo da arquitetura do NetEnsina *Cloud*.

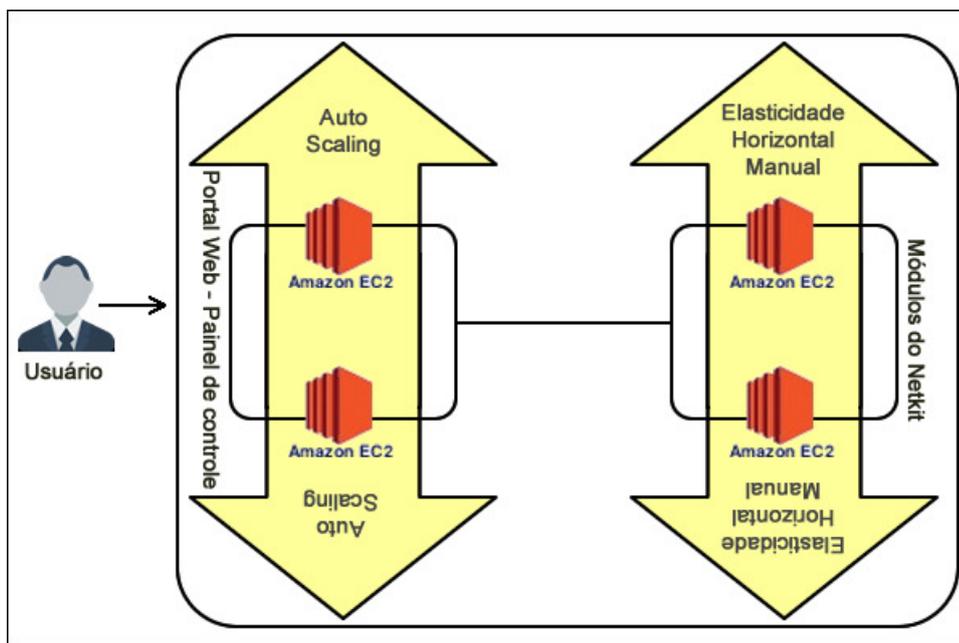


Figura 16 – Arquitetura do NetEnsina *Cloud*.

### 5.2.2 Servidores Netkit na AWS (*Amazon Web Services*)

Quando se fala em servidores normalmente se pensa em computadores com hardware super potente e softwares configurados para atender grandes demandas. Este conceito não se aplica nesta ideia. O Netkit é um software leve, com interface executada em modo texto, o que não exige muitos recursos computacionais para um desempenho satisfatório.

Como explicado na seção 2.2 cada máquina virtual emulada pelo Netkit executa uma distribuição Debian com apenas 32 MB de memória. Desta maneira um simples computador com pouca memória física poderá executar várias máquinas Netkit ao mesmo tempo, podendo desta forma abrir laboratórios completos com outros componentes de rede.

Diante disto, neste trabalho, o termo Servidor Netkit representa apenas uma máquina virtual, mais precisamente uma instância EC2 (*Elastic Compute Cloud*) com o Netkit instalado e configurado, pronto para o uso. Esta instância por sua vez, servirá como uma AMI (*Amazon Machine Image*), um *template* para a criação de novas outras instâncias de acordo com a quantidade de VMs que forem necessárias para uma demanda específica de laboratório. Esta é uma das vantagens do uso da Computação em Nuvem neste trabalho.

Em um curso de redes normal, o professor ou responsável técnico deverá ter acesso previamente ao laboratório físico, para fazer um levantamento da situação de uso de cada máquina e executar possíveis manutenções caso necessário, como formatação ou instalação de softwares específicos. Tal processo deverá ser executando individualmente em cada computador, consumindo bastante tempo. Além disto, caso ocorra algum problema durante o curso ou mau uso do equipamento, dependendo do que seja tal procedimento deverá ser refeito.

Com o uso do Netkit baseado em nuvem este problema foi mitigado, uma vez que basta configurar uma única máquina, leia-se, a instância EC2 denominada Servidor Netkit, e a partir da mesma criar novas instâncias iguais por meio da AMI. Estas poderão ser acessadas de qualquer local por meio da Internet, como citado na seção 4.2.

Na prática, isso traz um grande conforto na configuração de novas turmas virtuais. Imagine que um professor comece uma disciplina para uma turma de 25 alunos e que todos precisem utilizar o Netkit para praticar os conteúdos. Basta que o professor acesse a interface da AWS e crie 25 máquinas virtuais que já estarão pré-configuradas com o Netkit e tudo o mais que for necessário para o laboratório virtual. Estas máquinas poderão ser acessadas pelos alunos a partir de um computador, em qualquer lugar, individualmente, seguindo os roteiros que o professor elaborou para a prática laboratorial, necessitando apenas de acesso a Internet. Isso tudo de maneira transparente sem que os alunos ao menos se deem conta de onde estão as máquinas virtuais, nem tampouco quais os processos de

instalação e configuração foram necessários para o uso do Netkit.

Ao final da disciplina, o professor pode simplesmente apagar essas máquinas virtuais, consequentemente deixando de pagar pelo seu uso, usufruindo assim da característica de *pay-per-use* da computação em nuvem. Ou seja, desta maneira o professor ou o responsável pela administração da nuvem poderá criar ou destruir instâncias EC2 manualmente, utilizando os benefícios da elasticidade horizontal.

O uso do Netkit na nuvem resolve um outro problema no que diz respeito a portabilidade. Como citado anteriormente, o Netkit funciona apenas em ambientes Linux, o que muitas vezes termina desencorajando usuários de outras plataformas. Um vez na nuvem o software pode ser acessado de qualquer computador independentemente do sistema operacional, basta que o mesmo esteja conectado a Internet.

Nas Figuras 17 e 18 pode-se observar o mesmo laboratório Netkit rodando em plataformas diferentes (Linux e MacOS, respectivamente), tendo sido feitos também testes com sucesso em diferentes versões do Windows, como pode ser visto na Figura 19 (Windows 7 e 10).

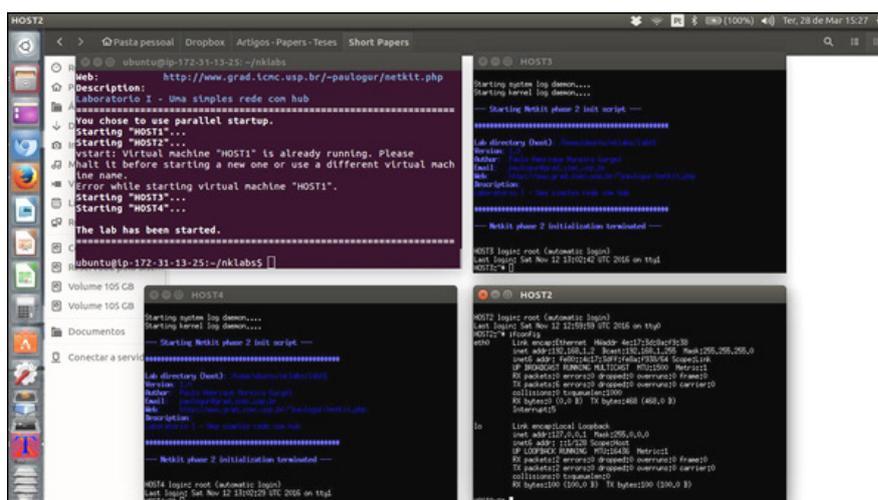


Figura 17 – Netkit executando no Sistema Operacional Ubuntu a partir da Nuvem.

Além do Netkit o usuário, professor ou aluno, pode instalar e configurar outros softwares a serem utilizados durante os cursos, criando assim um arcabouço de possibilidades para a prática laboratorial. A Figura 20 mostra o software Wireshark<sup>1</sup> executando em uma máquina virtual a partir da nuvem da AWS.

### 5.2.3 Portal Web do NetEnsina

Como citado no início desta seção, a aula prática laboratorial com o Netkit exige que sejam disponibilizadas todas as pastas e arquivos de texto que serão lidos pelo software

<sup>1</sup> <<https://www.wireshark.org/>>

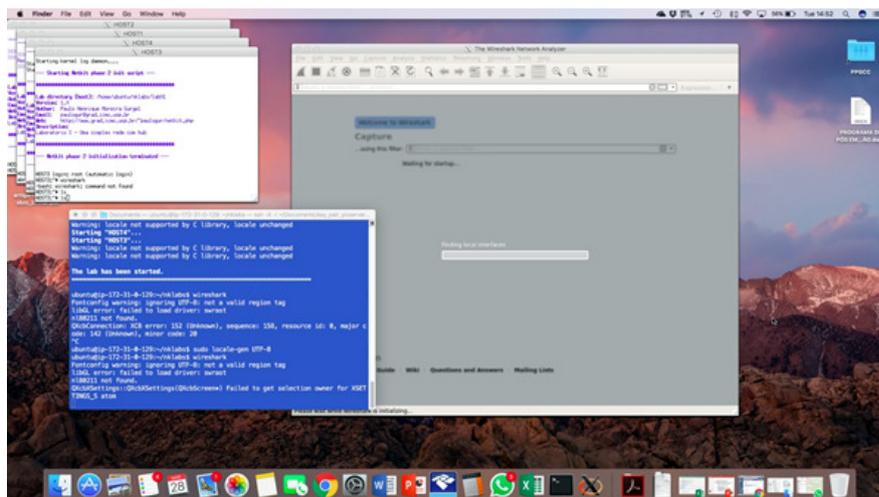


Figura 18 – Netkit executando no Sistema Operacional MacOS a partir da Nuvem.

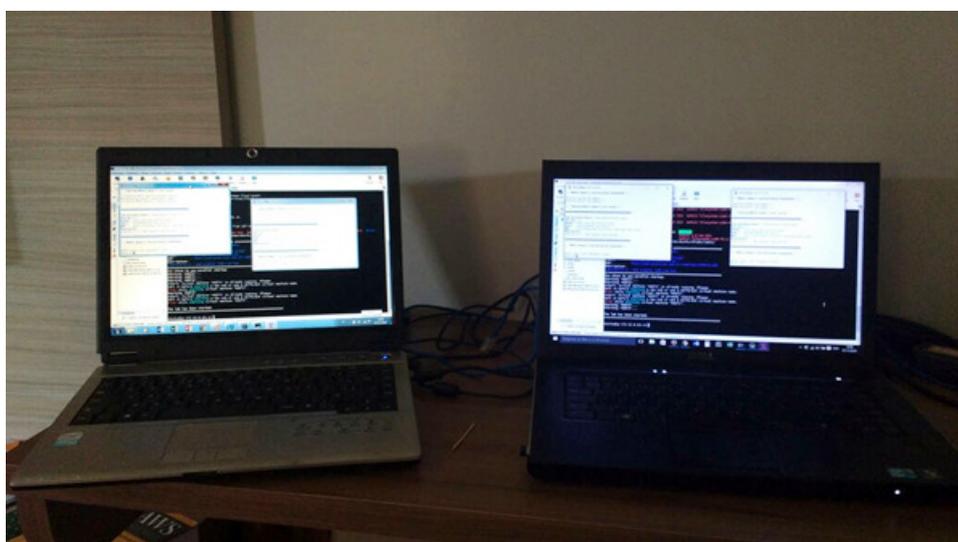


Figura 19 – Netkit executando no Sistema Operacional Windows nas versões 7 e 10 a partir da Nuvem.

para a partir dos mesmos gerar as máquinas virtuais de acordo com as especificações ali descritas. Além disto, faz-se necessário um arquivo contendo o passo a passo a ser desenvolvido pelos alunos em uso das máquinas virtuais. Como exemplo, um roteiro didático mostrando os comandos de como configurar rotas de encaminhamentos de pacotes em um roteador.

O usuário é livre para desenvolver seus próprios laboratórios e roteiros didáticos de acordo com as experiências que queira simular no Netkit. Caso não queira desenvolver seus laboratórios, o usuário poderá buscar na Internet vários laboratórios prontos para download gratuitamente e assim fazer uso dos mesmos.

O Portal Web do NetEnsina é um ambiente que auxilia o professor na organização de seus laboratórios virtuais Netkit. A ferramenta permite que o professor implemente

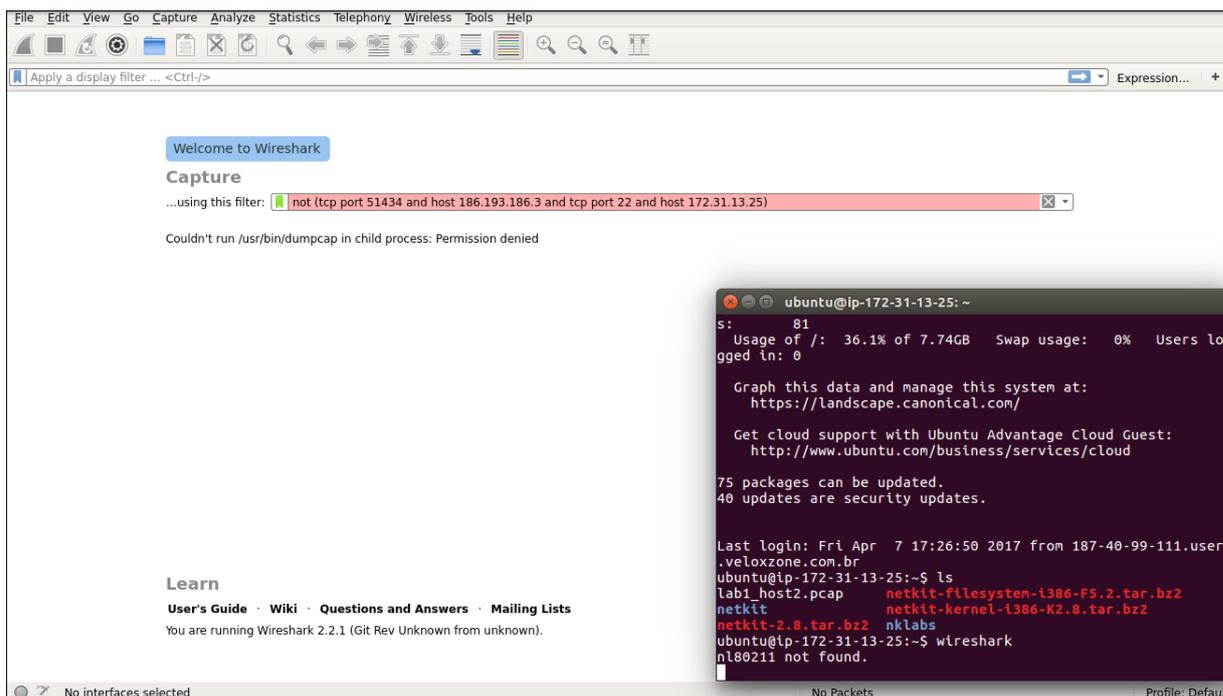


Figura 20 – Software Wireshark rodando em uma VM a partir da nuvem da AWS.

roteiros de aulas com uma sequência didática definida de acordo com os conhecimentos a serem repassados para os alunos. Observe nas Figuras 21, 22, 23 e 24 algumas telas do Portal NetEnsina.



Figura 21 – Portal NetEnsina.

Para exemplificar, imagine um cenário em que o professor queira praticar com os seus alunos a montagem e configuração de uma rede de computadores utilizando o Netkit. Com a ferramenta NetEnsina, este professor poderá criar seus laboratórios

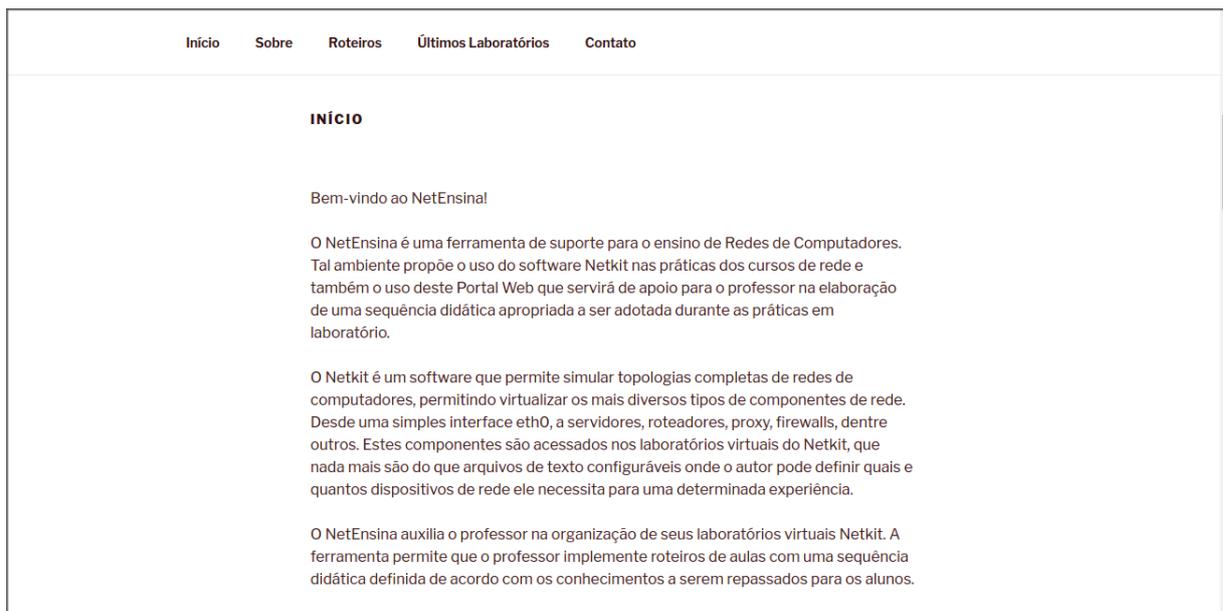


Figura 22 – Portal NetEnsina.



Figura 23 – Portal NetEnsina.

virtuais e disponibilizá-los para seus alunos na sequência que julgar mais adequada para a consolidação do conhecimento. Em um curso básico, por exemplo, o professor poderia começar com um laboratório simples com apenas duas máquinas; na sequência, laboratórios com switches, depois ir inserindo roteadores e assim por diante. Observe nas Figuras 25 e 26 um modelo de roteiro de aulas e um laboratório Netkit disponibilizado no NetEnsina.

O Portal NetEnsina foi desenvolvido utilizando uma AMI disponível na plataforma da AWS. Esta AMI fornece uma instância EC2 pronta para ser utilizada como um Servidor Web, a mesma já traz instalados e configurados o Servidor Web Apache, módulos PHP,

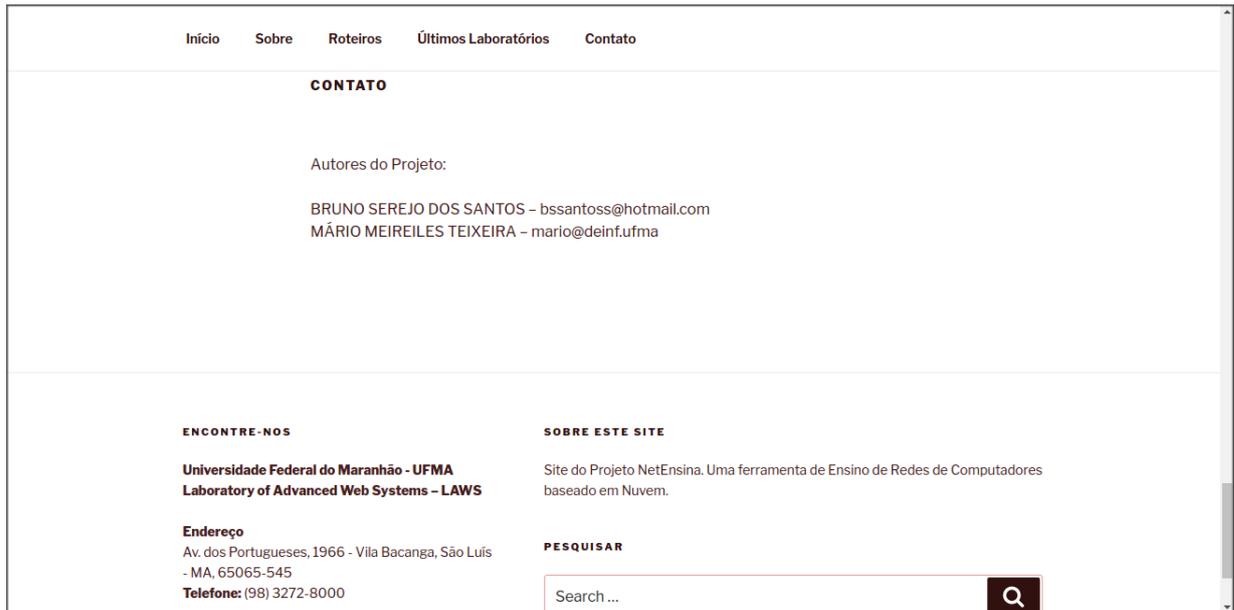


Figura 24 – Portal NetEnsina.



Figura 25 – Modelo de roteiro de aulas.

MySQL e WordPress. O serviço em nuvem facilita a implantação de sites dinâmicos pois ao escolher uma imagem com estes requisitos, os mesmos se tornam disponíveis imediatamente sem a necessidade da configuração de todos estes itens manualmente. Com todos estes processos de forma transparente basta ao desenvolvedor se concentrar na criação do Portal Web.



```
Inicio Sobre Roteiros Últimos Laboratórios Contato

1 - Acesse sua pasta de laboratórios a partir do terminal.
cd /home/seu_nome/lab

2 - Depois descompacte o arquivo:
tar -xzf labTeste2.tar.gz

3 - Ainda no seu terminal digite o comando a seguir para iniciar as
máquinas virtuais do laboratório:
lstart -d /home/seu_nome/lab/labTeste2

As cinco máquinas virtuais serão iniciadas com os nomes, HOST1,
HOST2, HOST3, HOST4 e SW1 (Esta representando o nosso switch).

Nosso SW1 já está com a sua interface de rede configurada com o
seguintes endereços: IP - 192.168.1.10, MÁSCARA -
255.255.255.0 e BROADCAST - 192.168.1.255.
Devemos agora configurar as interfaces das outras máquinas virtuais.

4 - Organize as duas janelas na tela de forma que possa melhor
visualizá-las.

5 - Na máquina HOST1 execute o seguinte comando:
ifconfig eth0 192.168.1.1 netmask 255.255.255.0 broadcast
```

Figura 26 – Exemplo de laboratório NetKit no NetEnsina.

### 5.3 Estimativa de Custos

A Amazon cobra seus serviços por hora de utilização e pelo tipo de recurso contratado. Em serviços de armazenamento por exemplo o custo é cobrado por cada gigabyte utilizado. Em sua fatia de serviços gratuitos a AWS fornece 750 horas mensais durante 12 meses para uso de instâncias EC2 do tipo t2.micro.

Até a escrita deste documento (junho/julho de 2017) instâncias do tipo t2.micro oferecem uma vCPU Intel Xeon de 1,2 GHz, 1 Gigabyte de memória RAM e 8 Gigabytes de armazenamento. Capacidade suficiente para executar o Netkit de maneira satisfatória, uma vez que o mesmo necessita de poucos recursos computacionais para funcionar satisfatoriamente. Desta maneira a fatia de serviços gratuitos serviu plenamente para as experiências neste período.

O custo mensal de uma instância do tipo t2.micro após o período de gratuidade fica em torno de US\$ 9,05 até o momento deste levantamento. Isto caso a VM fique ligada por 24 horas, todos os dias da semana, para máquinas contratadas no Brasil, na zona de disponibilidade São Paulo. Estando a VM desligada não serão cobrados valores pela ociosidade do recurso.

Para o Servidor Web foi contratada uma instância EC2 do tipo t2.medium que já oferece duas vCPU Intel Xeon de 1,2 GHz e 4 GB de memória, esta não contemplada pela fatia de serviços gratuitos da AWS, seu custo mensal fica em torno de US\$ 36,00 para uma utilização de 24 horas, todos os dias da semana, para máquinas contratadas no Brasil, na zona de disponibilidade São Paulo.

Para facilitar para o usuário na hora da contratação do recurso a AWS fornece

uma Calculadora Online<sup>2</sup> onde se pode fazer a estimativa dos custos antes da contratação do serviço. Observe a tela da Calculadora da AWS na Figura 27. Você escolhe o serviço, o tempo de contratação e observa os valores a serem pagos.

The screenshot shows the Amazon Simple Monthly Calculator interface. The main heading is 'Estimate of your Monthly Bill (\$ 45.26)'. Below this, there is a section for 'Compute: Amazon EC2 Instances' with a table of instances. The table has columns for Description, Instances, Usage, Type, Billing Option, and Monthly Cost. Two instances are listed: 'Netkit\_SERVER' (Linux on t2.micro) and 'WordPress\_SERVER' (Linux on t2.medium). The total estimated monthly bill is \$45.26.

Description	Instances	Usage	Type	Billing Option	Monthly Cost
Netkit_SERVER	1	732 Hours/Month	Linux on t2.micro	1 Yr No Upfront Rese	\$ 9.05
WordPress_SERVER	1	732 Hours/Month	Linux on t2.medium	1 Yr No Upfront Rese	\$ 36.21

Figura 27 – Calculadora de serviços da AWS.

Estes valores são relativos dependendo da região onde se contrata os serviços e do tempo de contrato. Observe na Figura 28, o valor das mesmas instâncias na região da Virginia nos Estados Unidos. Quanto mais distante as instâncias, maior a possibilidade de latência na utilização dos serviços, desse modo, o valor não deverá ser a única a coisa ser levada em conta. Uma análise deve ser feita caso a caso.

A AWS (*Amazon Web Service*) foi escolhida para esta pesquisa por ser considerada referência no ramo da computação em nuvem e por ter todos os requisitos necessários para execução dos testes que nortearam todo o trabalho. Mas vale ressaltar que existem muitos outros provedores de nuvem disponíveis no mercado, todos com características, serviços e custos próprios. Ficando a critério do usuário, que neste caso também é um consumidor, escolher o que mais se adéqua as suas necessidades. Neste momento, a UFMA ainda não dispõe de infraestrutura própria de Computação em Nuvem.

### 5.3.1 Computação em Nuvem *Open Source*

A escolha de um provedor é uma tarefa que exige atenção, a dificuldade não está somente em implantar uma nuvem, mas também em escolher a ferramenta mais apropriada para o projeto de redes. Além dos provedores de nuvem pagos citados ao longo do texto como AWS, Azure, Google, entre outros, existe também soluções gratuitas, de código

<sup>2</sup> <<https://calculator.s3.amazonaws.com/index.html>>

The screenshot shows the Amazon Simple Monthly Calculator interface. At the top, it says "amazon web services SIMPLE MONTHLY CALCULATOR". Below that, there's a navigation bar with "Need Help? Watch the Videos or" and a link to "Get Started with AWS: Learn more about our Free Tier or Sign Up for an AWS Account >". A yellow banner indicates "FREE USAGE TIER: New Customers get free usage tier for first 12 months". The main content area is titled "Services Estimate of your Monthly Bill (\$ 43.07)". It shows a "Choose region" dropdown set to "US-East / US Standard (Virginia)". Below this, there's a description of Amazon EC2. The "Compute: Amazon EC2 Instances:" section contains a table with two rows:

Description	Instances	Usage	Type	Billing Option	Monthly Cost
Netkit_SERVER	1	732 Hours/Month	Linux on t2.micro	1 Yr No Upfront Resc	\$ 6.13
WordPress_SERVER	1	732 Hours/Month	Linux on t2.medium	1 Yr No Upfront Resc	\$ 24.53

Below the table, there are sections for "Compute: Amazon EC2 Dedicated Hosts:" and "Storage: Amazon EBS Volumes:", each with an "Add New Row" button.

Figura 28 – Calculadora de serviços da AWS.

aberto onde as organizações têm a possibilidade de implantar nuvens privadas com suas próprias políticas.

Neste contexto destacam-se o Projeto Eucalyptus<sup>3</sup> (*Elastic Utility Computing Architecture Linking Your Programs To Useful Systems*), por ser um conjunto de serviços web, modelos de serviço de IaaS (Infraestrutura como serviço) e compatíveis com a AWS.

O Eucalyptus é uma infraestrutura de software de código aberto que utiliza diversos recursos computacionais disponível aos pesquisadores, como *clusters* e *workstation farms*. A fim de promover a exploração da comunidade científica de sistemas de computação em nuvem, o Eucalyptus foi desenvolvido totalmente modularizado, permitindo aos pesquisadores realizarem experimentos de segurança, escalabilidade, confiabilidade e implementação de interfaces (NURMI et al., ).

Como o Eucalyptus implementa o modelo de serviço de IaaS, então, indubitavelmente, ele compartilha algumas características relacionadas à infraestrutura, como uma interface única para administração, uma *Application Programming Interface* (API) para interação com outros *hosts*, *switches*, roteadores e o suporte para adicionar novos equipamentos de forma simples e transparente (TOMAS, 2011).

As infraestruturas de nuvem com código aberto visam fornecer alternativas para que deseja implementar ou migrar modelos de serviços de redes de computadores para o conceito de computação em nuvem a um custo mais acessível. Existem várias soluções e cabe ao usuário estudar e escolher a que melhor atende suas expectativas.

<sup>3</sup> <<https://github.com/eucalyptus/eucalyptus/wiki>>

Existem estudos neste sentido que procuram auxiliar o usuário na escolha do melhor serviço de nuvem. Em seu trabalho (THOMÉ; HENTGES; GRIEBLER, 2013) buscou estudar as seguintes ferramentas: *Eucalyptus*, *OpenNebula*, *OpenQRM*, *OpenStack*, *CloudStack Ubuntu Enterprise Cloud*, *Abiquo*, *Convirt*, *Apache Virtual Lab* e *Nimbus*, para a partir de então fazer uma análise comparativa entre elas, a fim de descobrir qual a ferramenta mais completa dentro dos quesitos analisados.

Não é objetivo deste trabalho fazer comparativo entre provedores de nuvem, nem promover o uso de algum em específico. O que é defendido aqui é o uso da computação em nuvem como solução de infraestrutura para vários problemas computacionais, principalmente no tocante a sistemas distribuídos e compartilhamento de recursos.

## 5.4 Perspectivas de Utilização em Disciplinas

O NetEnsina pode ser utilizado nos cursos de computação nas disciplinas de Redes de Computadores, funcionando com uma ferramenta didática de auxílio ao professor atuando diretamente nas aulas de prática laboratorial.

Por meio do NetEnsina professor poderá criar módulos de ensino, definindo uma sequência de aulas práticas a serem executadas com seus alunos, montando uma estratégia didática que servirá de suporte para consolidação dos conteúdos outrora explanados somente na teoria.

A implementação do NetEnsina na nuvem, bem como a disponibilização do Netkit também nesta plataforma tornam as aulas bem mais dinâmicas e produtivas, pois desta maneira os alunos não necessitam de vários computadores para testar os conhecimentos ensinados nas disciplinas de redes, uma vez que por meio do NetEnsina cada computador individualmente se torna um laboratório em potencial, com a simulação de várias máquinas virtuais e dispositivos de conexão.

Outra vantagem que pode ser percebida, é que uma vez que a ferramenta e seus laboratórios estejam disponibilizados na nuvem, os alunos não precisam se sentir presos aos laboratórios físicos de suas instituições de ensino ou mesmo aos horários específicos das aulas. Através do NetEnsina o discente pode praticar seu conhecimento a qualquer momento e em qualquer lugar, bastando apenas que esteja em uso de um computador com acesso a Internet.

Nos Anexos desta dissertação, disponibilizamos três exemplos simples para facilitar o entendimento dos que não estejam familiarizados com laboratórios Netkit. São arquivos de texto que poderiam ser utilizados em aulas práticas iniciais de uma disciplina de redes: o primeiro contempla a configuração de dois computadores, com seus IPs e Máscaras de Rede, a fim de que possam se comunicar entre si; o segundo simula uma rede com quatro

computadores interligados entre si por meio de um *switch*; por fim, o terceiro demonstra como interligar duas redes diferentes por meio da configuração manual de rotas estáticas para o encaminhamento de pacotes em dois roteadores.

## 5.5 Dificuldades encontradas

Ao longo da pesquisa surgiram entraves e dificuldades que foram contornados e/ou mitigados, entre os quais destacam-se:

- **A escolha do provedor de nuvem a ser utilizado nos testes:** Esta é uma dificuldade comum a todos que pretendem implantar ou migrar um sistema para a nuvem. Existe uma gama de provedores com os mais variados tipos de serviços, cabe ao administrador do sistema escolher aquele que mais se adéqua às suas necessidades. Neste trabalho foi escolhida a AWS por conter todos os requisitos necessários para os testes, além de uma fatia de serviços gratuitos que atendia a demanda.
- **Configuração das VMs para execução do Netkit na nuvem:** A *Amazon* oferece um leque com várias configurações de máquinas virtuais, os valores destas variam dependendo do seu poder de processamento. O desafio neste ponto se concentrava em descobrir qual máquina se adequaria à necessidade da ferramenta, de modo a não pagar por recursos ociosos, nem tampouco contratar uma demanda insuficiente. Após vários testes optou-se por utilizar VMs do tipo t2.micro, uma vez que o Netkit emula terminais virtuais em modo texto, o que não exige da máquina uma alta capacidade de processamento.
- **Utilização de elasticidade durante a implantação da ferramenta:** A conexão com as VMs por meio protocolo SSH pode ser feito de várias máquinas clientes ao mesmo tempo, desde que a máquina servidora possua capacidade computacional para atender a demanda.

Este ponto levantou questionamentos sobre qual tipo de elasticidade utilizar nos servidores Netkit, onde a princípio seria possível contratar uma máquina mais modesta e ao passo que a necessidade fosse surgindo, aumentar-se-ia seu poder de processamento por meio da elasticidade vertical. Durante os testes constatou-se que esse tipo de abordagem não seria possível para o projeto proposto, uma vez que no momento em que o Netkit abre um laboratório virtual o mesmo cria um processo único no sistema operacional, de modo que não se pode abrir o mesmo laboratório simultaneamente em outras máquinas cliente.

Desta maneira, optou-se por contratar máquinas virtuais de pequeno porte, o suficiente para rodar o Netkit com desempenho satisfatório, e a partir destas criaram-se

imagens que servem como *template* para a criação de novas VMs de iguais características.

## 6 Conclusão

O ensino acadêmico é uma atividade dinâmica que se transforma e se adapta ao longo do tempo, assimilando e incluindo em sua estrutura novos meios, recursos e ferramentas pedagógicas com o propósito de tornar a prática de ensinar mais interessante, atrativa e eficaz. No decorrer de sua evolução o ensino de modo geral agregou ao seu leque de possibilidades inúmeras tecnologias que auxiliam professores e alunos no compartilhamento de informações e conhecimento. São recursos hoje corriqueiros como *tablets*, computadores, *datashows*, entre outros.

Além dos recursos citados acima, pode-se incluir como ferramentas didáticas contemporâneas os ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), que simulam em suas interfaces salas de aulas e laboratórios com o máximo de similaridade àqueles encontrados nos ambientes de ensino reais. Estes ambientes virtuais trazem consigo os benefícios de serem portáteis, pois para ser utilizados necessitam em sua maioria do simples acesso à Internet, aliado à grande economia financeira, uma vez que os mesmos não dependem de uma estrutura física para funcionar.

Ao longo deste texto foi apresentado um ambiente virtual de ensino para os cursos e disciplinas de Redes de Computadores, focado especificamente no uso do software Netkit, e disponibilizado em nuvem.

O elevado custo necessário para montar e manter laboratórios físicos de Redes de Computadores inviabiliza muitas vezes sua concepção e conseqüentemente o ensino desta matéria nas unidades de ensino, principalmente na rede pública. Essa realidade serviu para motivar este trabalho, uma vez que por meio do Netkit podemos emular dispositivos e topologias de rede com uma riqueza de detalhes e configurações bem próximas daquilo que é implementado em uma rede de computadores real. De modo que os alunos podem praticar a teoria vista em sala de aula sem acarretar gastos além do simples uso de um computador.

Esta dissertação descreve também o uso da nuvem para instalação e acesso ao Netkit, pois dessa maneira podemos elevar o número de usuários que poderão acessar o software, uma vez que o mesmo é livre, porém, só funciona em plataformas Linux. Ao disponibilizarmos o Netkit em nuvem, tornamos o mesmo portátil tendo em vista que a partir de então poderá ser acessado por qualquer dispositivo que esteja conectado à Internet, independentemente do sistema operacional que esteja utilizando.

Foi apresentada a implantação uma arquitetura na nuvem AWS, da Amazon, onde estão hospedadas máquinas virtuais com NetKit que podem ser instanciadas à vontade por alunos e professores. Dessa forma, é possível realizar a prática das aulas de redes de

computadores sem a necessidade de laboratórios físicos, a partir de qualquer computador com acesso à Internet, sem ser preciso nenhuma configuração adicional.

Outro fator que motiva o uso da nuvem é a capacidade de escalabilidade da mesma e seu custo que é cobrado por demanda. Assim, não precisamos nos preocupar com a estrutura física onde o sistema estará configurado pois caso seja necessário o mesmo poderá ser replicado para atender uma demanda muito maior de usuários, de forma prática por meio do recurso de elasticidade horizontal disponível no serviço contratado da nuvem. Com a comodidade de que este recurso não será cobrado quando o mesmo não estiver sendo utilizado.

Além disso, foi disponibilizado um portal web com roteiros didáticos prontos para serem utilizados por professores. Por meio do portal o professor poderá criar seus próprios roteiros e disponibilizar seus laboratórios Netkit para os alunos, deste modo o portal auxilia na organização da execução da prática laboratorial.

Como trabalhos futuros, pretende-se realizar a validação do ambiente NetEnsina *Cloud* em sala de aula, a fim de verificar a facilidade de interação de professores e alunos com a ferramenta, constatando-se os benefícios de seu uso e sua eficácia no processo de ensino-aprendizagem. Outro desdobramento importante diz respeito à possibilidade de migração do NetEnsina, da nuvem AWS, para uma infraestrutura *open source*, reduzindo-se, conseqüentemente, o custo de sua implantação.

## Referências

- BARBOSA, N. M. S.; ANJOS, M.; BOGO, M. Uso do netkit no ensino de roteamento estático. *Proceedings of XI Tocantins Informatics Students Encounter*, p. 215–222, 2009. Citado 4 vezes nas páginas 9, 19, 34 e 35.
- BEZERRA, L. N. M.; SILVEIRA, I. F. Licenciatura em computação no estado de são paulo: uma análise contextualizada e um estudo de caso. In: *XIX Workshop sobre o Ensino de Computação. Anais do CSBC*. [S.l.: s.n.], 2011. Citado na página 19.
- BÖHM, M. et al. Towards a generic value network for cloud computing. In: SPRINGER. *International Workshop on Grid Economics and Business Models*. [S.l.], 2010. p. 129–140. Citado na página 24.
- BRANTNER, M. et al. Building a database on s3. In: ACM. *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data*. [S.l.], 2008. p. 251–264. Citado na página 23.
- COUTINHO, E. et al. Elasticidade em computação na nuvem: Uma abordagem sistemática. *XXXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC 2013)-Minicursos*, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- FERREIRA, K. et al. *Inserindo um Laboratório Virtual para o Ensino de Redes de Computadores*. [S.l.]: sn, 2013. 55–58 p. Citado na página 14.
- FLORES, C. D.; BEZ, M. R.; BRUNO, R. M. O uso de simuladores no ensino da medicina. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 22, n. 02, p. 98, 2014. Citado na página 20.
- FRANÇA, R. S. de; SILVA, W. C. da; AMARAL, H. J. C. do. Despertando o interesse pela ciência da computação: Práticas na educação básica. In: *Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 8, p. 282–286. Citado na página 19.
- GURGEL, P.; BARBOSA, E.; BRANCO, K. A ferramenta netkit e a virtualização aplicada ao ensino e aprendizagem de redes de computadores. In: *Workshop de Ensino em Informática-WEI, Anais do 32º Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Curitiba*. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 3 vezes nas páginas 20, 33 e 34.
- GURGEL, P. H. M. et al. *Redes de Computadores: da Teoria à Prática Com Netkit*. [S.l.]: Ed. Campus/Elsevier, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 9, 14 e 21.
- HERPICH, F. et al. Ambiente virtual imersivo para ensino em redes de computadores: uma proposta usando agentes inteligentes. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 25, n. 1, p. 65. Citado 3 vezes nas páginas 9, 32 e 33.
- JÚNIOR, A. M. et al. Aspectos de segurança e privacidade em ambientes de computação em nuvem. *Mini-curso-SBSeg 2010-Fortaleza-CE*, 2010. Citado na página 26.

- KATZ, R. N. The gathering cloud: Is this the end of the middle. *The tower and the cloud: Higher education in the age of cloud computing*, Educause, p. 2–42, 2008. Citado na página 35.
- LECHETA, R. R. *AWS para Desenvolvedores: Aprenda a instalar aplicações na nuvem da Amazon AWS*. [S.l.]: Novatec Editora, 2014. Citado 5 vezes nas páginas 24, 37, 39, 44 e 45.
- MANSUR, A. F. U. et al. Novos rumos para a informática na educação pelo uso da computação em nuvem (cloud education): Um estudo de caso do google apps. In: *Foz do Iguaçu: Anais do XVI Congresso Internacional ABED de Educação a Distância*. [S.l.: s.n.], 2010. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- MARTINS, A. M. d. C. *O uso de simuladores no ensino de redes: um estudo de caso no ensino profissional*. Tese (Doutorado), 2016. Citado na página 14.
- MELL, P.; GRANCE, T. et al. The nist definition of cloud computing. Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, 2011. Citado 3 vezes nas páginas 24, 25 e 26.
- NURMI, D. et al. Eucalyptus: A technical report on an elastic utility computing architecture linking your programs to useful systems ucsb computer science technical report number 2008-10. Citado na página 58.
- PRIMO, A. Ferramentas de interação em ambientes educacionais mediados por computador. *Educação*, v. 24, n. 44, p. 127–149, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- RICOY, M. C.; COUTO, M. J. V. As tic no ensino secundário na matemática em português: a perspectiva dos professores. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, Comité Latinoamericano de Matemática Educativa, v. 14, n. 1, p. 95–119, 2011. Citado na página 18.
- RIGHI, R. da R. Elasticidade em cloud computing: conceito, estado da arte e novos desafios. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 5, n. 2, p. 2–17, 2013. Citado 4 vezes nas páginas 9, 28, 30 e 38.
- RIMONDINI, M. Emulation of computer networks with netkit. 2007. Citado na página 20.
- SÁ, T. T.; SOARES, J. M.; GOMES, D. G. Cloudreports: Uma ferramenta gráfica para a simulação de ambientes computacionais em nuvem baseada no framework cloudsim. In: *IX Workshop em Clouds e Aplicações-WCGA*. [S.l.: s.n.], 2011. Citado na página 24.
- SANTOS, S. M. M. Tecnologias da informação e comunicação–tic: perspectivas de uso na prática docente. *Estudos IAT*, v. 2, n. 1, 2012. Citado na página 31.
- THOMÉ, B.; HENTGES, E.; GRIEBLER, D. Computação em nuvem: análise comparativa de ferramentas open source para iaas. *11th Escola Regional de Redes de Computadores (ERRC)*, p. 4, 2013. Citado na página 59.
- TOMAS, G. *Eucalyptus: Uma plataforma de cloud computing para qualquer tipo de usuário*. Tese (Doutorado) — Master’s thesis, Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, 2011. Citado na página 58.

# Anexos

# ANEXO A – Redes Simples - Aula 01 - Configurando dois computadores em Rede.

**Objetivo:** Configurar duas interfaces de rede para conectar dois computadores.

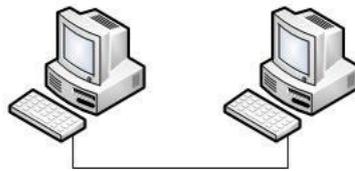


Figura 29 – Lab. 01 - Interligando dois computadores.

Para executar os laboratórios Netkit você deverá baixar arquivos de configuração específicos de cada experimento. Nós disponibilizaremos aqui no site todos os arquivos necessários para a realização dos laboratórios aqui propostos.

Para uma melhor organização sugerimos que crie uma pasta e salve todos os laboratórios dentro dela. Pessoalmente utilizamos o termo **lab** para nossa pasta.

Esta é uma aula simples para familiarização com o ambiente Netkit. Para execução da mesma baixe o laboratório da aula na sua pasta de laboratórios.

1 – Acesse sua pasta de laboratórios a partir do terminal:  
`cd /home/seunome/lab`

2 – Depois descompacte o arquivo:  
`tar -xf labTeste1.tar.gz`

3 – Ainda no seu terminal digite o comando a seguir para iniciar as máquinas virtuais do laboratório:  
`lstart -d /home/seunome/lab/labTeste1`

*Duas máquinas virtuais serão iniciadas com os nomes, **CLIENTE** e **SERVIDOR**. Estas máquinas não estão com suas interfaces (placas) de rede configuradas.*

4 – Organize as duas janelas na tela de forma que possa melhor visualizá-las.

5 – Na máquina virtual **CLIENTE** digite o comando `ifconfig` e observe que não há nenhuma interface configurada. Caso queira, execute o mesmo comando na máquina **SERVIDOR**.

6 – Agora iremos configurar as interfaces de rede das máquinas virtuais para que as mesmas possam se comunicar entre si. Na máquina **CLIENTE** execute o seguinte comando:

```
ifconfig eth0 10.0.0.10 netmask 255.0.0.0 up
```

*Este comando ativa a interface (placa) de rede e atribui a esta máquina o IP 10.0.0.1 e máscara de rede 255.0.0.0. Execute o comando ifconfig na máquina **CLIENTE** novamente e veja agora a resposta com a interface agora configurada.*

7 – Na máquina **SERVIDOR** repita o mesmo procedimento mudando apenas o endereço ip:

```
ifconfig eth0 10.0.0.20 netmask 255.0.0.0 up
```

8 – Agora as interfaces de rede das duas máquinas virtuais estão devidamente configuradas e as mesmas deverão se comunicar. Para testar execute na máquina **CLIENTE** o comando:

```
ping 10.0.0.20
```

*Veja o resultado. Observe que o comando PING retorna com sucesso a tentativa de comunicação.*

9 – Para finalizar o laboratório, no console da sua máquina REAL execute o seguinte comando:

```
lhalt -d /home/seunome/lab/labTeste1
```

Aguarde até que todas as máquinas virtuais sejam encerradas.

10 – Após o encerramento das máquinas virtuais execute o seguinte comando para apagar todos os registros e os enormes arquivos .disk do seu disco rígido.

```
lclean -d /home/seunome/lab/labTeste1
```

## ANEXO B – Redes Simples - Aula 02 - Configurando uma Rede com vários computadores.

**Objetivo:** Configurar uma rede com 04 computadores interligados por um *Switch*.

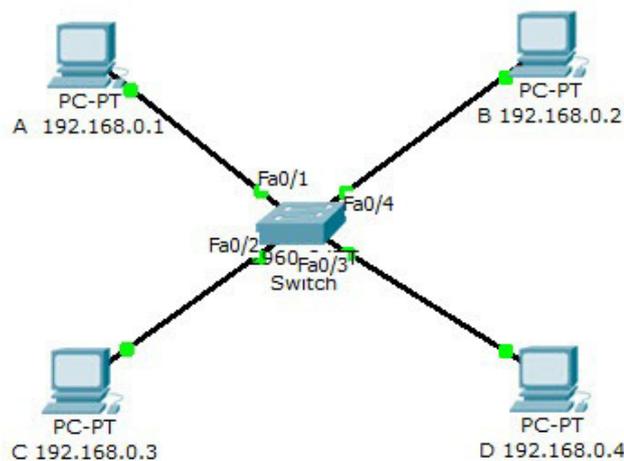


Figura 30 – Lab. 02 - Rede com 04 computadores interligados por um *Switch*.

Para executar os laboratórios Netkit você deverá baixar arquivos de configuração específicos de cada experimento. Nós disponibilizaremos aqui no site todos os arquivos necessários para a realização dos laboratórios aqui propostos.

Para uma melhor organização sugerimos que crie uma pasta e salve todos os laboratórios dentro dela. Pessoalmente utilizamos o termos **lab** para nossa pasta.

Nesta aula aprenderemos a trabalhar em um ambiente com várias máquinas. Neste laboratório teremos um ambiente de rede simulado com 04 computadores e um *Switch*.

**Obs.:** Como não temos um equipamento virtual equivalente, iremos utilizar uma outra máquina Linux com o pacote *brigde-utils* como um *soft-switch*. O resultado será o mesmo que um *switch* virtual.

Para execução da aula baixe o laboratório na sua pasta de laboratórios.

1 – Acesse sua pasta de laboratórios a partir do terminal.  
`cd /home/seunome/lab`

2 – Depois descompacte o arquivo:

```
tar -xf labTeste2.tar.gz
```

3 – Ainda no seu terminal digite o comando a seguir para iniciar as máquinas virtuais do laboratório:

```
lstart -d /home/seunome/lab/labTeste2
```

*As cinco máquinas virtuais serão iniciadas com os nomes, **HOST1**, **HOST2**, **HOST3**, **HOST4** e **SW1** (Esta última representando o nosso switch).*

*Nosso **SW1** já está com a sua interface de rede configurada com os seguintes endereços: **IP: 192.168.1.10**, **MÁSCARA: 255.255.255.0** e **BROADCAST: 192.168.1.255**.*

*Devemos agora configurar as interfaces das outras máquinas virtuais.*

4 – Organize as janelas na tela de forma que possa melhor visualizá-las.

5 – Na máquina **HOST1** execute o seguinte comando:

```
ifconfig eth0 192.168.1.1 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255 up
```

*Repita o comando para os demais **hosts**, alterando apenas o final do endereço **IP** com o número específico de cada **host** (2, 3 e 4).*

*Você deve ter percebido uma diferença no comando **IFCONFIG** deste laboratório em relação ao da primeira aula. Isso se deu por conta do parâmetro **BROADCAST** acrescentado ao final do comando **IFCONFIG**.*

*Este parâmetro é importante caso algum host queira enviar uma mensagem para todos os outros hosts da rede simultaneamente, para isto ele usará este endereço de **BROADCAST**, e o switch repetirá a mensagem para todos os outros hosts ligados à rede.*

6 – Depois de todas as interfaces configuradas podemos executar o comando **ping** para testar a conectividade da rede. Partindo do **HOST1** execute o seguinte comando para tentar se comunicar com o **HOST2**:

```
ping 192.168.1.2
```

*Veja o resultado. Observe que o comando **PING** retorna com sucesso a tentativa de comunicação.*

7 – Repita o comando **ping** com outros HOSTs, alterando o endereço **IP** e teste se todas as máquinas conseguem se comunicar.

8 – Observe que o **ping** também pode ser utilizado para se comunicar diretamente com o **Switch**.

```
ping 192.168.1.10
```

*Veja o resultado. Observe que o comando **PING** retorna com sucesso a tentativa*

*de comunicação.*

9 – Para finalizar o laboratório, no console da sua máquina **REAL** execute o seguinte comando:

**lhalt -d /home/seunome/lab/labTeste2**

*Aguarde até que todas as máquinas virtuais sejam encerradas.*

10 – Após o encerramento das máquinas virtuais execute o seguinte comando para apagar todos os registros e os enormes arquivos `.disk` do seu disco rígido.

**lclean -d /home/seunome/lab/labTeste2**

## ANEXO C – Redes Simples - Aula 03 - Interligando duas redes de computadores.

**Objetivo:** Configurar roteadores para interligar duas redes de computadores.

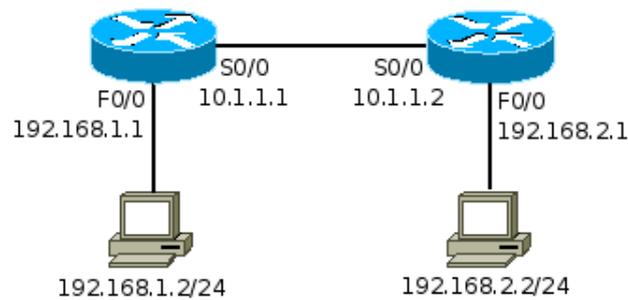


Figura 31 – Lab. 03 - Interligando duas redes diferentes.

Para executar os laboratórios Netkit você deverá baixar arquivos de configuração específicos de cada experimento. Nós disponibilizaremos aqui no site todos os arquivos necessários para a realização dos laboratórios aqui propostos.

Para uma melhor organização sugerimos que crie uma pasta e salve todos os laboratórios dentro dela. Pessoalmente utilizamos o termos lab para nossa pasta.

Nesta aula aprenderemos a configurar um ambiente de rede simulado com 04 computadores e dois roteadores.

Roteador é um dispositivo que encaminha pacotes de dados entre redes de computadores, criando um conjunto de redes de sobreposição. Um roteador é conectado a duas ou mais linhas de dados de redes diferentes. Quando um pacote de dados chega, em uma das linhas, o roteador lê a informação de endereço no pacote para determinar o seu destino final. [<https://pt.wikipedia.org/wiki/Roteador>]

***Obs.: Neste laboratório utilizaremos duas máquinas virtuais que farão os papéis dos roteadores. O resultado será o mesmo que um roteador virtual.***

Para execução da aula baixe o laboratório na sua pasta de laboratórios.

1 – Acesse sua pasta de laboratórios a partir do terminal.

```
cd /home/seunome/lab
```

2 – Depois descompacte o arquivo:

```
tar -xf labTeste3.tar.gz
```

3 – Ainda no seu terminal digite o comando a seguir para iniciar as máquinas virtuais do laboratório:

```
lstart -d /home/seunome/lab/labTeste3
```

*Neste laboratório serão levantadas 6 (seis) máquinas virtuais - **M1**, **M2**, **M3** e **M4** representam os computadores e **ROT1** e **ROT2** representam os roteadores. Como pode ser visto no desenho da nossa topologia acima, as máquinas **M1** e **M2** estão ligadas na mesma rede do roteador **ROT1**, e as máquinas **M3** e **M4** estão ligadas ao roteador **ROT2**.*

4 – Organize as duas janelas na tela de forma que possa melhor visualizá-las. Neste laboratório para agilizar já deixamos as máquinas com os endereços de IP configurados.

5 – Na máquina **M1** e **M2** execute o comando **ifconfig** para visualizar o endereço **IP** das máquinas.

*Observe que as mesmas estão com a mesma faixa de IP e Máscara de rede e podem se comunicar.*

6 – Execute o comando **ping** partindo de **M1** para **M2** e veja se há comunicação entre as máquinas.

```
ping 1.1.1.3
```

7 - Partindo de **M1** e **M2** repita o comando **ping** com outros *hosts* **M3** e **M4**, alterando o endereço **IP** e teste se todas as máquinas conseguem se comunicar.

*Observe que agora o comando Ping não retorna com sucesso, pois as máquinas **M3** e **M4** estão em uma rede diferente de **M1** e **M2**. Assim, **M1** e **M2** não conhece o caminho por onde chegar até **M3** e **M4**.*

8 – O roteador é o aparelho de rede capaz de interligar redes diferentes. Iremos agora começar a configuração de nossos dois roteadores **ROT1** e **ROT2**.

*Nossos roteadores possuem 2 (duas) interfaces de rede: **eth0** e **eth1**. Nas interfaces **eth0** configuraremos uma rede cabeada onde os roteadores se comunicarão entre si. Nas interfaces **eth1**, configuraremos a rede Wi-Fi com a qual os roteadores se comunicarão com as máquinas virtuais.*

Use o comando **ifconfig** nos **ROT1** e **ROT2** apenas para verificar que as interfaces não estão configuradas.

9 – Primeiramente vamos configurar as interfaces cabeadas. Em **ROT1** execute o seguinte comando:

```
ifconfig eth0 192.168.0.1/24 up
```

10 – Em **ROT2** execute o seguinte comando:

```
ifconfig eth0 192.168.0.2/24 up
```

*Você deve ter percebido que neste laboratório não utilizamos o comando `netmask` para inserir a máscara de rede. Isso foi de propósito, neste caso usamos apenas a notação standard para o intervalo de endereços **CIDR /24**, o resultado será o mesmo. Utilizamos desta forma apenas para mostrar como o Netkit aceita as duas notações padrão para endereçamento de rede.*

11 – Após os comandos, digite **ifconfig** novamente e veja como ficou a interface eth0, observe que além do endereço **IP** a máscara de rede **255.255.255.0** também foi configurada baseada na notação **/24**.

12 - A partir de ROT1 execute o comando **ping** no **ROT2**:  
**ping 192.168.0.2**

O resultado deve ser positivo indicando que os roteadores já conversam entre si.

13 – Agora deveremos configurar as interfaces eth1 (Wi-Fi) dos roteadores. Lembre-se que cada roteador terá duas máquinas conectadas. **ROT1** com as máquinas **M1** e **M2**. **ROT2** com as máquinas **M3** e **M4**. Para que o roteador consiga trocar mensagem com as máquinas, a interface de conexão deve ser configurada na mesma faixa de **IP** e **Máscara de Rede**.

Para configurar o **ROT1** faça o seguinte comando:  
**ifconfig eth1 1.1.1.1/22 up**

14 – Após configurar a interface eth1 do **ROT1**, execute o comando **ping** partindo de **ROT1** até a máquina virtual **M1** e **M2**.  
**ping 1.1.1.2**

O executando deverá ser positivo.

15 – Repita os passos **13** e **14** no **ROT2**, diferenciando apenas o endereço de **IP** do roteador.  
**ping 2.2.2.2/22**

16 – Observe que os roteadores estão configurados entre si, e com suas respectivas máquinas da rede. Porém ainda não é possível fazer com que as máquinas **M1** e **M2** troquem mensagem com as máquinas **M3** e **M4**. Isso ocorre porque ainda não inserimos as rotas pelas quais estas mensagens deverão percorrer.

17 – No **ROT1** insira o seguinte comando:  
**route add -net 2.2.2.0/24 gw 192.168.0.2**

*Neste comando estamos dizendo ao roteador 1, que caso ele queira transferir um pacote para os hosts rede 2.2.2.0, ele deverá passar primeiro pelo endereço 192.168.0.2. Ou seja, estamos ensinando a rota fixa para o roteador. Por isso o termo roteamento estático.*

18 – Repita os passos 17, atentando apenas para a mudança dos endereços.

```
route add -net 1.1.1.0/24 gw 192.168.0.1
```

19 – **RECAPITULANDO**: Até agora configuramos as duas interfaces de rede de nossos roteadores e por último inserimos as rotas/caminhos que cada um deve percorrer caso precise transportar pacotes de uma rede para outra. Porém se tentarmos fazer com que as máquinas **M1** e **M2** se comuniquem com as máquinas **M3** e **M4**, veremos que o resultado será negativo. Qual o problema então?

*Nossos roteadores estão devidamente configurados, o problema se dá pelo fato de que nossos computadores virtuais não conseguem se comunicar com redes externas, pois ainda faltam uma configuração nos mesmo. A configuração do endereço IP do **GATEWAY**.*

***Gateway** é o dispositivo de rede que permite a conexão com redes externas, no nosso caso, serão os nossos **ROT1** e **ROT2**.*

20 – Sabendo disso, vamos configurar nossas máquinas virtuais com estes endereços. Insiram o seguinte comando em M1 e M2:

```
route add default gw 1.1.1.1
```

*Observe que colocamos no comando exatamente o mesmo endereço da interface eth1 de **ROT1**.*

21 – Faça o mesmo com **M3** e **M4**. Atentando apenas para mudança do endereço IP da eth1 de **ROT2**:

```
route add default gw 2.2.2.2
```

22 – Pronto! A partir desse ponto nossas máquinas sabem a quem procurar caso necessitem transferir pacotes para uma rede externa.

23 – Tentem executar o comando **ping** a partir das máquinas **M1** e **M2**, até as máquinas **M3** e **M4**. Todas as máquinas deverão ser capazes de trocar mensagens entre si.

24 – Para finalizar o laboratório, no console da sua máquina REAL execute o seguinte comando:

```
lhalt -d /home/seunome/lab/labTeste3
```

Aguarde até que todas as máquinas virtuais sejam encerradas.

10 – Após o encerramento das máquinas virtuais execute o seguinte comando para apagar todos os registros e os enormes arquivos .disk do seu disco rígido.

```
lclean -d /home/seunome/lab/labTeste3
```