

Analizando a Camada de Gerenciamento das Ferramentas CloudStack e OpenStack para Nuvens Privadas

Demétrius Roveda¹, Adriano Vogel¹, Carlos A. F. Maron²,
Dalvan Griebler^{1,2}, Claudio Schepke³

¹Faculdade Três de Maio (SETREM), Laboratório de Pesquisas
Avançadas para Computação em Nuvem (LARCC) – Três de Maio – RS – Brasil

²Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Faculdade de Informática,
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Porto Alegre – RS – Brasil

³Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Laboratório de Estudos Avançados (LEA) – Alegrete – RS – Brasil

{roveda.demetrius, adrianovogel03}@gmail.com, {carlos.maron,
dalvan.griebler}@acad.pucrs.br, claudioschepke@unipampa.edu.br

Resumo. *A camada de gerenciamento é um dos elementos mais importantes para o modelo de serviço IaaS nas ferramentas de administração de nuvem privada. Isso porque oferece aos usuários/clientes os recursos de infraestrutura sob-demanda e controla questões administrativas da nuvem. Nesse artigo, o objetivo é realizar uma análise da interface de gerenciamento das ferramentas CloudStack e OpenStack. Com o estudo realizado, constatou-se que as ferramentas tem gerenciamento distinto. No entanto, OpenStack se mostrou mais robusto e complexo, enquanto CloudStack é mais centralizado e possui uma interface gráfica mais completa e intuitiva.*

1. Introdução

As ferramentas de computação em nuvem de infraestrutura como serviço (IaaS) oferecem abstração de recursos computacionais às camadas superiores: plataforma como serviço (PaaS) e *software* como serviço (SaaS)[Chandrasekaran 2014]. O modelo de serviço IaaS é extremamente importante para a nuvem e vem recebendo atenção de organizações e centros de pesquisa, motivados pelas vantagens oferecidas: redução de custos, baixo investimento inicial, flexibilidade e elasticidade [Buyya et al. 2013]. A camada de gerenciamento no modelo de serviço IaaS é vital para um ambiente de nuvem. Esta é responsável por gerenciar e fornecer recursos computacionais, tanto para as camadas superiores, como para usuários de infraestrutura como serviço em nuvem.

Sabendo-se das vantagens da utilização de ferramentas para gerenciar nuvens, torna-se atrativo para o meio científico e corporativo explorar tais soluções. Porém, não são encontrados trabalhos que analisam a interface de gerenciamento das ferramentas de IaaS. Isso ocorre porque o foco da maioria das pesquisas ainda se encontra em temas correlacionados, tais como arquitetura, desempenho, serviços oferecidos, entre outros. Diante disso, esse artigo explora as funcionalidades do gerenciamento nas soluções de nuvem com viés para o suporte nas interações de usuários e administradores. Sendo assim, as **principais contribuições** são listadas abaixo:

- Uma extensão da metodologia de estudo sobre a camada de gerenciamento proposta por [Dukaric and Juric 2013], detalhando o nível de controle do usuário e do administrador sobre itens da *dashboard* das ferramentas.

- Uma análise detalhada dos elementos de gerenciamento e flexibilidade das ferramentas CloudStack e OpenStack.

O artigo está organizado em 5 seções. Na Seção 2 (Ferramentas de gerenciamento de IaaS) é apresentada uma breve descrição das ferramentas CloudStack e OpenStack utilizadas na pesquisa. A seção 3 (Camada de Gerenciamento) são descritos itens que fazem parte da camada de gerenciamento. A Seção 4 (Trabalhos Relacionados) relaciona o presente estudo com demais trabalhos encontrados na literatura. A Seção 5 (Resultados) traz as comparações das ferramentas e contribuições deste trabalho. Por fim, na Seção 6 (Conclusões) são realizadas as conclusões do artigo e a indicação dos trabalhos futuros.

2. Ferramentas para Gerenciamento de IaaS

As ferramentas do tipo IaaS são a base para o gerenciamento da infraestrutura (rede, armazenamento, CPU e memória), oferecendo meios para otimizar de forma inteligente a provisão de recursos ao administrador da nuvem (alocação sob demanda). Sendo assim, as camadas superiores (PaaS e SaaS) são extremamente dependentes das ferramentas que atuam no modelo IaaS. Elas transcendem a virtualização, pois diversos fatores (segurança lógica, isolamento de recursos, suporte à usuários etc.) fazem parte de uma ferramenta de gerenciamento de IaaS, enquanto a virtualização é voltada para o *hardware*. Desta forma, a computação em nuvem é utilizada para disponibilizar algumas vantagens: elasticidade, flexibilidade, melhor utilização do *hardware*.

Ferramentas de código aberto são gratuitas. Por outro lado, em demandas específicas, o gerenciamento delas não possuem um alto nível de controle ou recursos avançados (suporte completo para venda de serviços - *pay per use*). Nesses casos, é necessário recorrer a ferramentas de terceiros, específicas, e que oferecem um gerenciamento completo da nuvem [Shroff 2010]. Entre diversas ferramentas de código aberto existentes para o gerenciamento IaaS foram escolhidas CloudStack, pela simplicidade e eficiência e OpenStack pela aceitação corporativa:

- **CloudStack:** é uma ferramenta de gerenciamento de IaaS de código aberto que pode ser utilizada em nuvens privadas, públicas e híbridas [CloudStack 2015]. CloudStack possui uma gama considerável de usuários. A comunidade de usuários é ativa e possui diversos recursos em desenvolvimento. Para instalá-la e configurá-la é simples (se comparada a do OpenStack). Oferece APIs que possibilitam ao administrador e usuários de IaaS gerenciar a infraestrutura computacional. A interface gráfica é organizada e de fácil utilização. Como opção, pode-se utilizar a CLI *cloudmonkey*, uma interface de linha de comando que possibilita à execução das mesmas funções e tarefas da interface gráfica.
- **OpenStack:** é uma ferramenta de gerenciamento de IaaS de código aberto, bastante difundida e utilizada por grandes empresas que investem no desenvolvimento de novos recursos [OpenStack 2015]. Essas empresas são chamados de “stacks”. Por ser uma ferramenta altamente fragmentada, pode alcançar altos níveis de flexibilidade e pode alcançar altos níveis de customização [OpenStack 2015]. Por outro lado, é uma ferramenta que geralmente possui uma implantação mais demorada, devido a sua arquitetura e toda comunicação dos serviços é feita através das APIs [Maron et al. 2014].

3. Camada de Gerenciamento

A proposta do estudo de [Dukaric and Juric 2013] é uma taxonomia dividida em camadas para uma ferramenta de IaaS. A taxonomia relaciona todos os recursos que uma ferra-

menta deve conter para ser considerada robusta. O controle computacional dos recursos (CPU, memória, armazenamento e rede) são feitos através de componentes das ferramentas e devem possuir uma interação que alcance as necessidades do controle dos recursos. Portanto, de acordo com a taxonomia, os principais itens que devem estar presentes em um ferramenta de gerenciamento são:

- *Interface de linha de comando (CLI)*: é uma interface que possibilita ao administrador de IaaS monitorar e gerenciar os componentes e recursos computacionais da nuvem, tais como: máquinas, usuários, grupos, redes e volumes [Petersen 2006].
- *Application Programming Interface (API)*: através dela é possível integrar diversos sistemas e serviços. Atuando como um *middleware*, todas essas interações são transparente ao usuário, e possibilita que aplicações trabalhem de forma unificada, integrando os componentes e ambientes distintos.
- *Dashboard*: É uma interface gráfica que centraliza as interações do administrador e usuário de IaaS com os componentes, APIs e serviços da nuvem. Ela controla e abstrai comandos e parâmetros necessários para gerenciar a infraestrutura através de menus gráficos.
- *Orquestrador*: a principal função é automatizar tarefas e procedimentos na utilização do ambiente com VMs (criar, atualizar, monitorar e excluir).
- *Gerenciamento dos Recursos*: Responsável pelo correto funcionamento da infraestrutura computacional, pois o administrador de IaaS deve disponibilizar recursos aos usuários ou aplicações, que podem ser totalmente adversas e com necessidades diferentes.
- *Monitoramento*: Permite que o administrador e usuários de IaaS consigam visualizar, de uma forma geral, a utilização dos recursos computacionais, sendo relevante para o controle da nuvem.
- *Gerenciamento de Incidentes*: Incidentes são falhas inesperadas na infraestrutura, e conseqüentemente nos serviços que ela provê. Esse gerenciamento é a base para que provedores de serviços consigam atender ao SLA estipulado no contrato com o consumidor de nuvem de modelo IaaS.
- *Gerenciamento de Aluguel*: Oferece aos clientes uma flexibilidade adicional em recursos e serviços de nuvem. Isso torna-se interessante para usuários que precisam de um determinado serviço por um intervalo descontínuo de tempo, tornando possível apenas o aluguel para um período específico e o pagamento apenas pelo período contratado.
- *Gerenciamento de Energia*: É a forma com que a ferramenta trata o gerenciamento dos recursos para alcançar uma maior eficiência energética. Um exemplo disso é agrupando as VMs em apenas um nodo, enquanto os outros ficam em *stand by*.
- *Relatação*: É inevitável ocorrer problemas na infraestrutura computacional. Dessa forma, é importante que o administrador de IaaS saiba o que aconteceu, para investigar determinada falha no sistema.
- *Acordo de Nível de Serviço (SLA)*: São contratos de negócio, especificando quais recursos o fornecedor irá prover ao consumidor. Ainda há informações referentes ao desempenho do serviço. Caso o desempenho não seja cumprido pelo fornecedor, o consumidor deve ser ressarcido (multa), que é estipulado no contrato.
- *Gerenciamento de Elasticidade*: Trata-se do gerenciamento da quantidade de recursos que determinado usuário está utilizando. Quando a carga é maior, mais recursos computacionais são disponibilizados dinamicamente. Quando o usuário

não necessita mais dos recursos, estes serão imediatamente distribuídos entre os outros usuários da nuvem.

- **Gerenciamento de Federação:** A federação de nuvem refere-se a união entre diversos ambientes de nuvem como se fossem uma. Esse paradigma é muito utilizado por clientes com grandes demandas computacionais que precisam gerenciar diversos provedores de nuvem.

A camada de gerenciamento é um dos principais fatores a serem consideradas em uma ferramenta de IaaS, pois ela é responsável por gerenciar os recursos computacionais (eg., SLAs, monitoramento, agendamento) e oferecer serviços aos usuários. A próxima seção apresentará os trabalhos relacionados.

4. Trabalhos Relacionados

A seguir são apresentados alguns trabalhos relacionados sobre a análise de ferramentas de gerenciamento de nuvens IaaS. O estudo de [Cocozza et al. 2015] avaliou o gerenciamento que as ferramentas de nuvem exercem na infraestrutura, objetivando a construção de uma nuvem acadêmica. As ferramentas comparadas foram OpenStack, Eucalyptus, CloudStack e *Virtual Computing Lab* (VCL). Com a comparação, os autores optaram por instalar o VCL para oferecer recursos virtuais para os acadêmicos através de laboratórios virtuais, já o OpenStack para a instalação de uma nuvem administrativa.

No meio científico, o estudo de [Dukaric and Juric 2013] propôs uma taxonomia unificada para ferramentas de nuvem IaaS. Tal pesquisa elenca sete camadas conceituais e fundamentais que deveriam estar dentro destas ferramentas. Além disso, algumas soluções de nuvem pública e ferramentas gratuitas de IaaS de nuvem privada foram evidenciadas na taxonomia. Já o estudo de [Thome et al. 2013] realizou uma revisão da literatura sobre as ferramentas de código aberto, apontando as principais tecnologias e serviços. Finalmente, similar ao presente estudo, o trabalho de [Roveda et al. 2015] baseou-se na taxonomia de [Dukaric and Juric 2013] para analisar a camada de gerenciamento das ferramentas OpenStack e OpenNebula, discutindo novos aspectos que estenderam a taxonomia proposta.

Através de uma análise de estudos relacionados, percebe-se aspectos importantes a serem explorados. No estudo de [Thome et al. 2013], não foi considerado APIs, CLIs, interações de usuários bem como de administradores na nuvem. Os estudos de [Dukaric and Juric 2013] e [Cocozza et al. 2015] não avaliaram os recursos contidos nas ferramentas de IaaS com um viés para interações dos usuários e administradores de nuvem. Diferente também, os trabalhos de [Dukaric and Juric 2013] e [Roveda et al. 2015] não consideraram CloudStack em seus experimentos.

5. Resultados

Esta seção apresenta a discussão dos resultados nas comparações entre as ferramentas CloudStack e OpenStack, onde levou-se em conta a flexibilidade, robustez e suporte de cada uma, baseando-se na taxonomia proposta no estudo de [Dukaric and Juric 2013]. Para sumarizar o conhecimento, foram tabuladas as características de cada ferramenta e classificadas com detalhes voltados ao suporte e relevância do gerenciamento de acordo com a documentação oficial de cada uma das ferramentas.

Para a realização das comparações, as ferramentas foram implantadas e analisadas nos itens em que as tabelas se referem, analisando a camada de gerenciamento do ponto

de vista do usuário e administrador de IaaS. Os usuários de IaaS são geralmente administradores de redes e sistemas, pois eles que definem qual é a infraestrutura necessária para rodar suas aplicações. Já os administradores de IaaS, preparam a estrutura, monitoram os recursos computacionais e gerenciam as cotas dos usuários de IaaS. A comparação da interface do usuário entre as ferramentas é representada na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação dos elementos da Dashboard.

<i>Dashboard Web(UI)</i>	<i>CloudStack</i>	<i>OpenStack</i>
Acesso Seguro	Encriptação Apache SSL	Secure HTTPS proxy certificate authority (CA)
Autenticação	Usuário/Senha	Usuário/Senha
Autorização	Permissões por Grupos de Segurança	Permissões por Grupos de Segurança
Painel de Notificações	Possui	/
Escolha do hospedeiro para instanciar a VM	/	/
Suporte a <i>Snapshots</i>	Suporta	Suporta
Suporte a migração de VMs	Suporta	Nativo Horizon (utilizando armazenamento compartilhado)

Como evidenciado na Tabela 1, as ferramentas apresentam contrastes no suporte à interações na interface gráfica. Ambas oferecem acesso via web através do servidor que controla a nuvem. Os dois tipos tradicionais de usuários são os administradores e os clientes da nuvem. Na Tabela, semelhanças das ferramentas ficam evidentes nos tópicos de acesso seguro, autenticação, autorização, escolha de *hosts* e *snapshots*. Por outro lado, CloudStack possui um centralizador de notificações na interface gráfica e é mais flexível na migração de VMs. A comparação das ações possíveis como administrador e usuário de IaaS é representada na Tabela 2.

Tabela 2. Controle da interface gráfica. Ações possíveis como administrador e usuário na interface são: Criar (C), Acessar (A), Editar (E), Deletar (D).

<i>Controle de Acesso</i>	<i>CloudStack</i>		<i>OpenStack</i>	
	<i>Administrador</i>	<i>Usuário</i>	<i>Administrador</i>	<i>Usuário</i>
Usuários	C A E D	C A E D	C A E D	- A - -
Grupos	C A E D	- A - -	C A E D	- A - -
ACLs	- A - -	- A - -	- A - -	- A - -
Nodos	C A E D	- A - -	C A E D	- A - -
<i>Clusters/</i> Agregador de Nodos	C A E D	- A - -	C A E D	- A - -
Discos/Volumes	C A E D	C A E D	C A E D	C A E D
Redes Virtuais	C A E D	- A - -	C A E D	C A E D
Zonas de disponibilidade/Grupos de afinidade	C A E D	C A E D	C A E D	- A - -
Imagens	C A E D	C A E D	C A E D	- A - -
<i>templates/Flavors</i>	C A E D	C A E D	C A E D	- A - -
Serviços de Infraestrutura	C A E D	- A - -	C A E D	- A - -
Cotas	C E	- -	C E	- -
Monitorar recursos (por nodo e VMS)	A	-	-	-

A ferramenta CloudStack possui uma interface do usuário (UI) organizada e intuitiva, possibilitando um gerenciamento efetivo dos recursos computacionais. A sua arquitetura é diferente da ferramenta OpenStack, sendo mais centralizada e oferece suporte à tarefas avançadas de IaaS pela UI (recuperar VMs, configurações específicas de rede, etc). Um recurso interessante do CloudStack é que o gerenciamento dos recursos da ferramenta é bem granular. Isso torna possível controlar a velocidade do barramento da memória (MHz) e do processador (GHz), onde na ferramenta OpenStack só é possível gerenciar os recursos por quantidade (método convencional em ferramentas de IaaS).

A Tabela 3 apresenta as APIs, CLIs e descrição delas. Nota-se que a ferramenta OpenStack possui diversas APIs, devido a sua arquitetura ter sido projetada assim, o que beneficia a robustez, flexibilidade e suporte de aplicações [Roveda et al. 2015]. Porém, necessita de um esforço maior no controle e comunicação (RabbitMQ) entre os componentes e sistemas.

Tabela 3. APIs e CLIs do OpenStack.

<i>API</i>	<i>Função</i>	<i>CLIs</i>
<i>Block Storage</i>	Gerencia volumes e <i>Snapshots</i> de armazenamento em bloco	Cinder
<i>Compute</i>	Controlar os recursos computacionais(CPU, memória) nas instancias da nuvem	Nova
<i>Database Service</i>	Gerencia instancias e serviços de banco de dados	Trove
<i>EC2 compatibility</i>	Oferece suporte para cargas de trabalho serem executadas na nuvem da Amazon	Euca2ools
<i>Identity</i>	Controla a autenticação e autorização	Keystone
<i>Image Service</i>	Controla as permissões dos usuários nas interações com imagens	Glance
<i>Networking</i>	Gerencia as redes do ambiente virtual de nuvem	Neutron
<i>Object Storage</i>	Gerencia o sistema de armazenamento de objetos	Swift
<i>Telemetry</i>	Gerencia o controle da utilização dos recursos	Ceilometer
<i>Orchestration</i>	Idealiza a orquestração na nuvem	Heat
<i>Data Processing</i>	Produz operações de dados (mineração, tratamento, análise, estatísticas)	/

Conclui-se assim que o OpenStack é bem flexível. No entanto, ele possui uma complexa implantação do sistema. Já o CloudStack é totalmente centralizado e o recurso *CloudMonkey* pode ser utilizado como uma CLI ou um *Shell* interativo com ele. Ainda, o *CloudMonkey* foi desenvolvido e é mantido por outra comunidade. CloudStack também possui APIs que são usadas para controlar a infraestrutura virtual. A API CloudStack Root Admin controla as funções do administrador web. O CloudStack *Domain Admin* API é usada para controlar o domínio de nuvem e CloudStack *User* API é integrada para suportar as interações com os usuários.

A Tabela 4 apresenta a resiliência para implantações nas ferramentas. Na comparação entre as ferramentas, é evidenciando que elas suportam resiliência para implantações, inclusive em alguns dos tópicos comparados elas possuem o mesmo suporte. A ferramenta OpenStack é mais flexível nos formatos de discos, suportando todos os tipos que o CloudStack suporta incluindo os formatos RAW e VDI. O suporte de redes das duas ferramentas são amplos e o suporte a sistemas operacionais é parecido, mas o OpenStack oferece suporte distribuições Fedora e Suse, o que não é visto no CloudStack.

Tabela 4. Comparação do suporte e resiliência para implantações.

<i>Suporte</i>	<i>CloudStack</i>	<i>OpenStack</i>
Virtualização	Hyper-V, Xen, KVM, VMware, VirtualBox	Hyper-V, VMware, Xen, KVM, VirtualBox
Tecnologias de armazenamento	NFS, SMB, SolidFire, NetApp, Ceph, LVM	LVM, Ceph, Gluster, NFS, ZFS, Sheepdog
Formatos de discos	LVM, VMDK, VHD, Qcow2	LVM, Qcow2, RAW, VHD, VMDK, VDI
Rede	Bridge, VLAN, DHCP, DNS, NVP, BigSwitch, OVS	Neutron, and B.Switch, Brocade, OVS, NSX, PLUMgrid
Sistema operacional	Debian, Ubuntu, RHEL, CentOS	Debian, Ubuntu, RHEL, CentOS, Fedora, Suse

Em geral, ambas as ferramentas oferecem o serviço de orquestrador para um gerenciamento melhorado dos recursos. O OpenStack utiliza o Heat¹, enquanto o CloudStack oferece o Cookbook². O mesmo ocorre com o gerenciamento de recursos, onde

¹<https://wiki.openstack.org/wiki/Heat>

²<https://github.com/OpenStackCookbook/OpenStackCookbook>

diferentes escalonadores e APIs são usados para de forma eficiente distribuir e balancear a utilização com as demandas.

Em alguns itens da camada de gerenciamento, as soluções *open source* de IaaS são muito pobres ou nem suportam determinados recursos. Exemplos são o gerenciamento de incidentes, de aluguel, SLAs, Federação e relataç o. Além desses itens compartilham o limitado suporte, tratam-se de características necessárias para implanta o de uma nuvem pública, enquanto que em uma nuvem privada esse itens não desempenhariam fun es imprescindíveis. Em uma nuvem pública, a complexidade aumenta e as ferramentas OpenStack e CloudStack podem oferecer serviços adicionais de gerenciamento através da integra o de outras aplica es com o *core* das ferramentas.

O gerenciamento de elasticidade ocorre de forma automática nas ferramentas. Na documenta o oficial nada   apresentado, pois depende da infraestrutura do ambiente de nuvem. O mesmo acontece com a reporta o, federa o e gerenciamento de aluguel. O gerenciamento de energia   pobre e merece uma maior aten o devido a sua grande importância. Outro fator relevante   o gerenciamento de recursos, onde o escalonador de VMs irá sempre instanciá-las no servidor que possuir a menor carga. Já o monitoramento na ferramenta CloudStack   mais intuitivo. O OpenStack   mais completo e robusto, pois monitora a infraestrutura como um todo (ISOs, redes virtuais, volumes, etc).

6. Conclusões

A pesquisa realizada teve como objetivo apresentar uma análise do suporte e resiliência em duas ferramentas provedoras de nuvem IaaS (CloudStack e OpenStack), levando em conta a resiliência de integra o com aplica es e relevância no gerenciamento. Sendo uma extensão da taxonomia de [Dukaric and Juric 2013], como evidenciado nas tabelas 2, 3 e 5 que analisam as intera es com usuários, APIs, CLIs e tecnologias suportadas.

A interface gráfica   o *middleware* entre o usuário de IaaS e os recursos que a ferramenta possui. Usando CloudStack pode-se visualizar a utiliza o dos recursos do sistema de uma forma simples (primeira tela após o login do usuário). O usuário do CloudStack também consegue editar *templates* (modelo de configura o da VM), consegue visualizar as redes virtuais que tem permissão de acesso e selecionar qual será utilizada. No OpenStack, os usuários pertencem   projetos, e esse grupo de usuários possui acesso total aos volumes e redes virtuais, no CloudStack os usuários também possuem acesso aos volumes, *snapshots*, imagens e zonas de disponibilidade. Com isso, o CloudStack pode ser mais vantajoso na utiliza o de nuvens privadas ou híbridas. Já o OpenStack, devido a sua estrutura de organiza o pode ser mais vantajoso em nuvens públicas.

A ferramenta OpenStack   robusta e fragmentada, onde diversos “stacks” (investidores externos, empresas), desenvolvem novos projetos para ser utilizados com ele. Em implanta es t picas, já   oferecido recursos avançados. Destaca-se, o componente de rede Neutron que oferece suporte completo em serviços de rede (roteadores virtuais, VLANs, segmenta es, etc), as CLIs do OpenStack que possuem recursos mais avançados. Essa gama diversificada de recursos oferecidos, fazem com que os administradores de IaaS necessitem de um conhecimento avançado dos componentes da própria ferramenta de infraestrutura para sua implanta o e gerenciamento.

Como trabalhos futuros, o objetivo   investigar com mais detalhes a camada de gerenciamento de nuvens IaaS, adentrando em quesitos como: integra o de ferramentas através de APIs com outras tecnologias e o gerenciamento de energia pelas ferramentas.

Além disso, outro potencial estudo é a criação de uma taxonomia unificada para APIs das ferramentas de IaaS.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi realizada com o apoio do projeto HiPerfCloud³. Os autores agradecem ao apoio financeiro da Abase Sistemas⁴ e Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM)⁵.

Referências

- [Buyya et al. 2013] Buyya, R., Vecchiola, C., and Selvi, S. (2013). *Mastering Cloud Computing: Foundations and Applications Programming*. Mastering Cloud Computing: Foundations and Applications Programming. Elsevier Science.
- [Chandrasekaran 2014] Chandrasekaran, K. (2014). *Essentials of Cloud Computing*. Taylor & Francis.
- [CloudStack 2015] CloudStack (2015). CloudStack (Official Page) <<https://cloudstack.apache.org/>>. Last access in July, 2015.
- [Cocoza et al. 2015] Cocoza, F., López, G., Marin, G., Villalón, R., and Arroyo, F. (2015). Cloud Management Platform Selection: A Case Study in a University Setting. *CLOUD COMPUTING 2015*, page 92.
- [Dukaric and Juric 2013] Dukaric, R. and Juric, M. B. (2013). Towards a unified taxonomy and architecture of cloud frameworks. *Future Generation Computer Systems*, 29(5):1196–1210.
- [Maron et al. 2014] Maron, C. A. F., Griebler, D., Vogel, A., and Schepke, C. (2014). Avaliação e Comparação do Desempenho das Ferramentas OpenStack e OpenNebula. In *12th Escola Regional de Redes de Computadores (ERRC)*, pages 1–5, Canoas. Sociedade Brasileira de Computação.
- [OpenStack 2015] OpenStack (2015). OpenStack roadmap <<http://openstack.org/>>. Last access May, 2015.
- [Petersen 2006] Petersen, R. (2006). *Introductory Command Line Unix for Users*. Surfing Turtle Press.
- [Roveda et al. 2015] Roveda, D., Vogel, A., and Griebler, D. (2015). Understanding, Discussing and Analyzing the OpenNebula and OpenStack’s IaaS Management Layers. *Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação*, 3(1):15.
- [Shroff 2010] Shroff, G. (2010). *Enterprise Cloud Computing: Technology, Architecture, Applications*. Cambridge University Press.
- [Thome et al. 2013] Thome, B., Hentges, E., and Griebler, D. (2013). Computação em Nuvem: Análise Comparativa de Ferramentas Open Source para IaaS. In *11th Escola Regional de Redes de Computadores (ERRC)*, page 4, Porto Alegre, RS, Brazil. Sociedade Brasileira de Computação.

³<http://hiperfcloud.setrem.com.br>

⁴<http://www.abase.com.br>

⁵<http://www.setrem.com.br>