

Implantando e Monitorando uma Nuvem Privada

Shirlei Aparecida de Chaves, Rafael Brundo Uriarte, Carlos Becker Westphall

Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
88040 – 900 Florianópolis – SC – Brasil

{shirlei,rafael.uriarte,westphal}@inf.ufsc.br

Abstract. *This paper describes the deployment and configuration of a solution for provisioning Infrastructure as a Service or IaaS, in order to simulate common environments in day-to-day of small businesses and researchers. To this end, we used the popular open source system Eucalyptus. In addition to reporting the experiences of this deployment, we developed a solution for simple monitoring of this cloud using the software Nagios.*

Resumo. *Neste trabalho foi implantada e configurada uma solução para o fornecimento de Infraestrutura como Serviço ou IaaS (Infrascruture as a Service) visando simular ambientes comuns no dia-a-dia de pequenas empresas e pesquisadores. Para este fim, usou-se o popular e open source sistema Eucalyptus. Além de relatar as experiências desta implantação, para complementar o trabalho foi desenvolvida uma solução para o monitoramento simples desta nuvem usando o software Nagios.*

1. Introdução

O termo nuvem ou cloud é uma metáfora em relação à forma como a Internet é usualmente mostrada nos diagramas de rede - como uma nuvem. Nesses diagramas, o ícone da nuvem representa todas as tecnologias que fazem a Internet funcionar, abstraindo a infraestrutura e a complexidade que ela engloba [Velte et al. 2009]. No caso de Computação em Nuvem ou Cloud Computing, refere-se de modo geral a uma combinação de tecnologias e paradigmas (virtualização, computação utilitária, computação em grade, arquitetura orientada a serviços, entre outros) arquitetados e utilizadas de uma forma na qual se abstrai os detalhes do usuário, o qual não precisa ter todo o conhecimento necessário para manter essa infraestrutura. Utilizar serviços dessa nuvem (armazenamento, banco de dados, processamento, entre outros), é fazer computação em nuvem.

O tema computação em nuvem e as tecnologias que ele envolve é um assunto, na área de tecnologia, bastante comentado e estudado no momento, e ainda apresenta muitas questões em aberto, além de uma grande variedade de produtos e serviços oferecidos com essa finalidade. Conforme [Buyya et al. 2008], o primeiro pico de popularidade do termo em ferramentas de busca na web como o Google, foi em final de 2007, voltando a ganhar força no terceiro bimestre de 2008. Toda essa curiosidade em relação ao tema computação em nuvem, além da disponibilidade de diversas ferramentas e serviços que são apresentados sob esse guarda-chuva, alguns pagos como o EC2 da Amazon, levou ao interesse em se conhecer qual a viabilidade de se construir um ambiente de computação em nuvem e monitorá-lo através de ferramentas open source, aproveitando-se o hardware

disponível, mesmo que não seja projetado para tal finalidade, especialmente na categoria Infraestrutura como Serviço ou IaaS (Infrastructure as a Service), a qual é responsável por entregar uma completa infraestrutura computacional. Tipicamente, nesta forma de entrega, são fornecidas máquinas virtuais para o usuário final, que as usa conforme as suas demandas. A infraestrutura está no datacenter do provedor ou espalhada na nuvem e o usuário não tem detalhes sobre a origem de seu fornecimento.

Não se tem no momento um estudo referencial no assunto, porém os autores acreditam que há um grande parque tecnológico instalado em pequenas empresas e laboratórios acadêmicos com grande potencial de aproveitamento, o qual pode ser gerenciado e aproveitado como uma nuvem privada e eventualmente até expandido para se tornar uma nuvem híbrida, por exemplo. Esse parque tecnológico pode ser composto especialmente de computadores com espaço de armazenamento de sobra, processamento e memória subutilizados, recursos de rede, entre outros. Essa subutilização pode ser exemplificada na situação de desktops e notebooks utilizados apenas para editoração simples de textos e outras rotinas administrativas que não requerem grande processamento, por exemplo, e até mesmo em algumas situações na questão de turnos de trabalho em que não há expediente na organização e esse equipamento fica todo ou parcialmente ocioso.

A principal motivação deste artigo então é, através de um estudo de caso, demonstrar a viabilidade de implantação e configuração de uma nuvem privada, utilizando-se apenas software open source, como o Eucalyptus, um dos populares softwares de infraestrutura para computação em nuvem, a ferramenta de monitoramento Nagios, entre outros. Além dessa viabilidade, outro interesse foi o levantamento dos passos necessários no projeto e implantação de uma nuvem privada, especialmente num ambiente de menor escala.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, apresentam-se os trabalhos relacionados. Na Seção 3, é feita uma descrição do ambiente de testes e das ferramentas utilizadas. Na Seção 4, é apresentado o Estudo de Caso e os testes que foram efetuados. Na Seção 5, são apresentados os resultados obtidos. Na Seção 6, são apresentadas as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Contextualização e Trabalhos Relacionados

Muitos foram os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento que possibilitaram o desenvolvimento do que hoje se convencionou chamar computação em nuvem. Entre eles podemos citar a computação utilitária (do inglês *utility computing*), a computação em grade (*grid computing*), virtualização, computação em cluster e computação distribuída de modo geral. Diversos são os autores que sustentam essa constatação, entre eles podemos citar [Foster et al. 2008], [Vouk 2008], [Lim et al. 2009]. Com essa definição em mente, diversos são os produtos e serviços que são apresentados sob esse termo, o qual engloba diversas categorias, especialmente relacionadas ao modo que os serviços são entregues, como, Software como Serviço ou SaaS (Software as a Service), Plataforma como Serviço ou PaaS (*Platform as a Service*), Infraestrutura como Serviço, entre outras, dependendo do autor.

Além dessa categorização com relação aos serviços oferecidos, também há uma categorização com relação à abrangência e acesso à nuvem. A classificação geralmente citada é a de nuvem pública (*public cloud*), nuvem privada (*private cloud*) e nuvem híbrida (*hybrid cloud*).

De acordo com [Armbrust et al. 2009], o software e hardware de um datacenter é a nuvem e se essa nuvem for disponibilizada para o público em geral no modo pay-as-you-go, ela é chamada nuvem pública. Por outro lado, o datacenter interno à uma organização, não disponível ao público em geral, é a nuvem privada. Segundo [Sotomayor et al. 2009], o objetivo principal de uma nuvem privada não é vender capacidade pela Internet, através de interfaces acessíveis ao público em geral, mas sim dar aos usuários locais uma infraestrutura ágil e flexível para suportar workloads de serviços dentro de seu próprio domínio administrativo.

Uma nuvem privada, no entanto, pode dar suporte à uma nuvem híbrida, através da complementação da capacidade da infraestrutura local com a capacidade computacional de uma nuvem pública [Sotomayor et al. 2009]. A nuvem privada/híbrida também pode permitir acesso remoto através de interfaces remotas, como a de Web Services que a Amazon EC2 utiliza [Sotomayor et al. 2009].

Apesar de ser um conceito relativamente novo, o tema tem sido bastante estudado e pode-se citar vários trabalhos relacionados à migração de serviços ou processos da organização para as nuvens. Esses trabalhos normalmente envolvem passos que devem ser tomados e preocupações que devem ser levadas em consideração na análise dos potenciais provedores, mas geralmente giram em torno da migração para uma nuvem pública. Por exemplo, em [CSAGuide 2009], são organizados em domínios os principais focos com relação à segurança e então trabalhados na forma de um guia, com instruções e passos que podem ser postos em prática. Em [Linthicum 2009], é apresentado um processo com passos chaves a serem seguidos para encontrar a categoria ou categorias de nuvem mais adequada, além de possíveis candidatos a provedores para os quais a empresa poderia migrar seus processos. Até a escrita desse artigo, no entanto, os autores não localizaram material técnico ou científico a respeito da criação e implantação de uma nuvem privada em pequenas empresas e ambientes domésticos. Segundo [Khalid 2010] existem vários problemas na migração total do ambiente local para uma nuvem pública, sendo segurança e privacidade os principais exemplos. O mesmo autor também sugere que o ideal é começar com uma nuvem privada e depois integrar esta nuvem em uma nuvem pública, abordagem que os autores do presente artigo acreditam ser importante especialmente quando se trata de pequenas empresas.

3. Descrição do Ambiente e Ferramentas Utilizadas

A implantação do ambiente de testes foi feita utilizando-se as ferramentas de hardware e software na Tabela 1.

Conforme citado anteriormente, o principal interesse desse trabalho é verificar a viabilidade de se construir um ambiente de computação em nuvem utilizando-se software open source e especialmente hardware que chamaremos de legado, não tendo sido projetado para computação em nuvem, mas com recursos suficientes para suportar a instanciação e execução de máquinas virtuais. Esse foi o principal princípio norteador na escolha dos software utilizados.

Software para Computação em Nuvem

O Eucalyptus foi escolhido por ser uma plataforma para computação em nuvem open source, bastante documentada e oferecer suporte para diversas distribuições linux.

Tabela 1. Hardware e Software Utilizados no Estudo de Caso

Hardware	Software	Papel no Ambiente
Notebook Acer Aspire 5920, Processador: Intel® Core™ 2 Duo T5750, Cache do Processador: 2MB L2 Cache, Memória RAM: 4GB DDR2 667MHz, Disco Rígido (HD): 250GB SATA 5400rpm (o sistema operacional utilizado foi instalado em uma partição de 90 GB)	OpenSUSE 11.1 64 bits, Eucalyptus release 1.6.1, Xen versão 3.3.1, Nagios versão 3.0.6	Controlador de cluster, Controlador de nuvem, Controlador de armazenamento, Nodo
CPU HP Pavilion 6205BR, Processador: Pentium 4 3.6GHz, Memória RAM: 1 GB DDR2 333 MHz, Disco Rígido (HD): 250GB (o sistema operacional foi instalado em uma partição de 80 GB)	OpenSUSE 11.1 32 bits, Eucalyptus release 1.6.1, Xen versão 3.3.1	Nodo
Roteador Wireless Intelbras WRG 240 E 54Mbps		Servidor DHCP

Além disso, por oferecer uma interface compatível com a EC2 da Amazon, amplamente utilizada e considerada por alguns um padrão de facto quando se trata de serviços para a nuvem. Por fim o seu design hierarquizado visa e facilita (mas não limita) o seu uso em laboratórios e em pequenas e médias empresas [Nurmi et al. 2009].

Hipervisor

A escolha do hipervisor de modo geral está atrelada ao software para computação em nuvem escolhido. No caso do Eucalyptus, na versão open source, há suporte para dois hipervisores também open source: o Xen e o KVM. O hipervisor ou monitor de máquina virtual é quem permite que seja executado o sistema operacional hóspede, construindo as interfaces virtuais para as interfaces reais do sistema hospedeiro. Há diversas maneiras de se implementar o mecanismo de virtualização e cada hipervisor pode estar apto a trabalhar com uma dessas técnicas e eventualmente mais de uma. Para o caso dos dois hipervisores citados, Xen é o que se adequa ao estudo de caso, pelo fato de implementar o mecanismo de paravirtualização, técnica na qual uma camada de hardware virtual muito similar ao hardware real é adicionada ao hipervisor [Santos and Charão 2008], não precisando de suporte nativo à virtualização pelo hardware. Para acomodar o uso dessa técnica, o kernel do sistema operacional precisa ser adaptado. No caso do hipervisor KVM (*Kernel-based Virtual Machine*), o hardware utilizado deve possuir suporte à virtualização pelo processador, característica encontrada apenas em computadores de grande porte, como mainframes, até o lançamento das extensões IVT (*Intel Virtualization Technology*) pela Intel e da AMD-V (*AMD Virtualization*), pela AMD [Santos and Charão 2008]. O próprio KVM é recente, tendo sido lançado oficialmente em 2007. Essa virtualização por suporte

nativo no hardware é chamada de Máquina Virtual de Hardware ou *Hardware Virtual Machine* (HVM). No caso do KVM, não há a necessidade de se alterar o kernel do sistema operacional, pois ele está disponível como um módulo no kernel padrão na maioria das distribuições linux.

No hardware utilizado para testes, ambos os processadores eram Intel, mas nenhum deles com suporte à virtualização, portanto o hipervisor escolhido foi o Xen. É importante salientar, no entanto, que há diversos estudos comparando performance de diversos hipervisores e cada um tem suas vantagens em um ou outro aspecto estudado ou testado. A escolha entre um e outro, em geral, está relacionada à flexibilidade de uso, performance e considerações estratégicas/estudo e planejamento do ambiente onde vai ser utilizado [Cerbelaud et al. 2009].

Sistema Operacional das Máquinas Físicas

O sistema operacional OpenSUSE foi escolhido por ter suporte ao Eucalyptus e também suporte nativo ao Xen, sendo que esse último tem sua instalação e configuração bastante facilitadas pela ferramenta de instalação e configuração fornecida pelo openSUSE, o YaST.

Monitoramento

O Nagios é uma ferramenta popular e open source para o monitoramento de redes que vem sendo desenvolvida a mais de 10 anos. Por isso conta com ampla documentação e suporte da comunidade de código aberto. Além da sua flexibilidade de uso (que permite a criação de módulos específicos através de plugins, por exemplo) e por ser open source, considerou-se na sua escolha o fato deste software estar sendo usado pela plataforma Eucalyptus. Até o momento do presente trabalho, o Eucalyptus fornece um script, mesmo que limitado inicialmente, para geração das configurações básicas para o Nagios monitorar os principais componentes do Eucalyptus (ver Seção 3.1).

3.1. Eucalyptus

O Eucalyptus é composto por quatro componentes de alto nível, cada um com sua própria interface de web service. São eles [Nurmi et al. 2009]:

- Controlador de nodo (*node controller – nc*): controla a execução, inspeção e término das instâncias de VMs, no host onde está sendo executado.
- Controlador de cluster (*cluster controller – cc*): faz o agendamento e coleta informações da execução das VMs num controlador de nodo específico e gerencia instâncias de rede virtual.
- Controlador de armazenamento (*storage controller – walrus*): serviço de armazenamento baseado em put/get que implementa a interface S3 (*Simple Storage Service*) da Amazon, provendo um mecanismo para acesso e armazenamento de imagens de VMs e dados de usuários.
- Controlador de nuvem (*cloud controller*): ponto de entrada na nuvem para usuários e administradores. Ele indaga os gerenciadores de nodos sobre informações acerca de recursos, faz decisões de agendamento de alto nível e as implementa através de requisições aos cluster controllers.

Para a configuração de rede, há quatro modos disponíveis, conforme listado abaixo [Eucalyptus 2009]:

a) *System*: modo mais simples, com menos recursos de rede. Nesse caso, não é o Eucalyptus que fica responsável pela atribuição de IPs aos nodos, mas um servidor DHCP externo ao Eucalyptus. O Eucalyptus designa um MAC aleatório para a VM antes do boot e associa a interface ethernet da máquina virtual à interface física através da ponte (bridge) Xen que foi configurada para o nodo local. O endereço IP então é atribuído à essa máquina virtual pelo servidor DHCP da mesma forma que é atribuído a qualquer outra máquina física dessa rede.

b) *Static*: nesse modo, o administrador configura uma lista de pares MAC/IP, que é utilizada pelo Eucalyptus para atribuir às VMs. A parte de associar a interface de rede da máquina virtual à interface física é similar ao modo anterior. A vantagem desse modo seria um maior controle sobre os IPs que se quer associar às VMs.

c) *Managed*: esse é o modo mais completo, oferecendo a possibilidade de se isolar as máquinas virtuais em uma rede de máquinas virtuais, de se criar grupos seguros (security groups), com regras de ingresso, assim como definir uma lista de IPs públicos, que os usuários podem utilizar para atribuir às suas VMs durante o boot ou em tempo de execução.

d) *Managed-NOVLAN*: mesmas características do modo gerenciado, mas sem a possibilidade de se isolar a rede de VMs.

A instalação do cloud controller, do clust controller e do node controller são triviais, a configuração do hipervisor e especialmente da rede é que podem requerer maior atenção, conforme o modo de rede utilizado e o ambiente em que se está configurando.

Características particulares de configuração do Eucalyptus são feitas no arquivo eucalyptus.conf. Por exemplo, pode-se definir o número de CPUs ou núcleos (*core*) a serem utilizados no nodo. Na configuração padrão, se utiliza o máximo de CPUs ou núcleos que encontrar para instanciar as máquinas (no caso do ambiente de testes, como os dois nodos utilizados eram Core 2 duo, seria por padrão possível instanciar duas máquinas virtuais em cada um). Para testes, essa variável foi configurada para MAX CORES = 4. Ao contrário do que acontece com CPUs ou núcleos, não é possível compartilhar memória entre instâncias, isto é, não é possível utilizar mais memória do que a memória física disponível, mesmo alterando a configuração da variável MAX MEM, na versão utilizada do Eucalyptus (versão 1.6.1).

4. Estudo de Caso

Para a realização dos experimentos, foi projetado um estudo de caso levando-se em consideração uma nuvem privada, conforme conceito de nuvem privada já discutido na Seção 2. Essa categoria se mostra atrativa por aproveitar recursos da organização e manter o perímetro de segurança, uma vez que a segurança em computação em nuvem é um tema com muitos questionamentos em aberto e provavelmente, se não o primeiro, um dos grandes motivos para que as empresas invistam em sua própria estrutura de computação em nuvem. O gerenciamento dessa nuvem passa também a ser interno à organização, que, no mínimo, poderá obter uma melhor compreensão sobre o que se trata e atingir um maior nível de maturidade no tema se resolver futuramente migrar para uma nuvem pública ou eventualmente, transformar a sua nuvem privada em uma nuvem híbrida.

O ambiente utilizado nos testes foi construído utilizando-se os recursos de hard-

ware e software descritos na Seção 3. A configuração de rede utilizada para o Eucalyptus foi no modo system, no qual, conforme descrito na Seção 3.1, os IPs são atribuídos pelo servidor DHCP existente na rede da mesma forma que são atribuídos às máquinas físicas, não havendo um controle através de uma lista específica de IPs como no modo static. As imagens de máquinas virtuais utilizadas foram as imagens pré-configuradas disponibilizadas no site do Eucalyptus. No momento do download, estavam disponíveis as seguintes imagens, tanto para o KVM quanto para o Xen:

- Ubuntu 9.04 (32 bits e 64 bits)
- Debian 5.0 (32 bits e 64 bits)
- CentOS 5.3 (32 bits e 64 bits)
- Fedora 10 (32 bits e 64 bits)

As imagens citadas não fornecem suporte ao Nagios (plugins ou arquivos prévios de configuração). Elas foram então adaptadas, de modo a oferecerem esse suporte. O plugin NRPE (*Nagios Remote Plugin Executor*) foi instalado e configurado para o monitoramento dos seguintes serviços:

- Numero de usuários logados no sistema;
- Processamento das CPUs;
- Memória utilizada/disponível nos discos locais;
- Número total de processos ativos na máquina.

4.1. Monitoramento

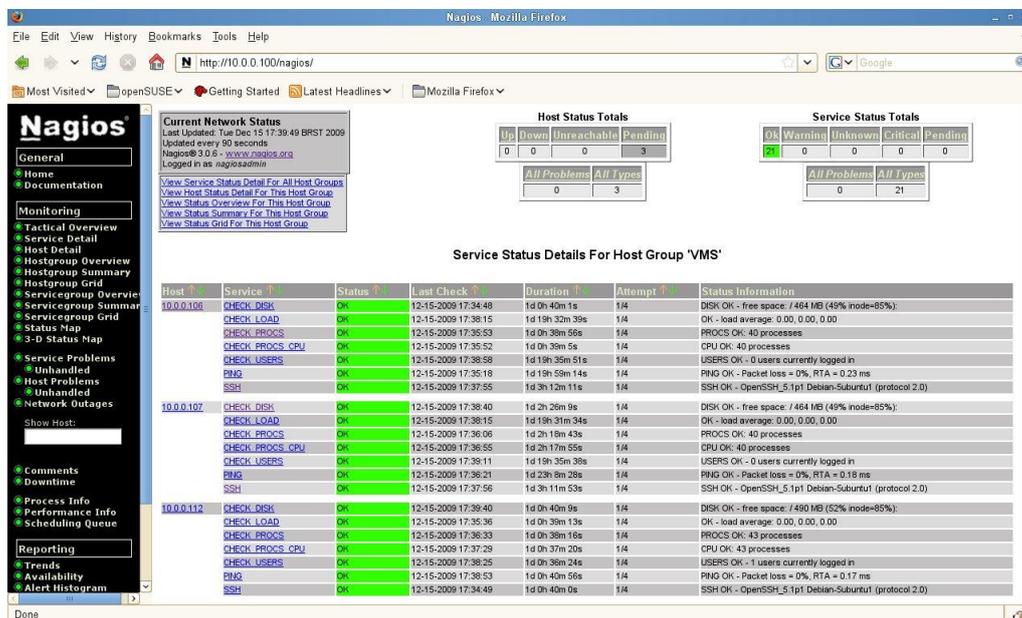


Figura 1. Tela de detalhamento dos serviços monitorados pelo Nagios para as VMs

Como em todo caso de um sistema distribuído, chega-se à questão de que se o monitoramento será centralizado ou distribuído, especialmente devido a questões de escalabilidade. Nesse trabalho optou-se pela abordagem centralizada por reduzir a complexidade da estrutura e, como se queria demonstrar a viabilidade de configuração de uma nuvem privada em ambientes de menor escala, não se considerou a escalabilidade um

fator essencial no sistema de monitoramento. O Nagios foi instalado na mesma máquina em que foi instalado o *cloud controller*. A partir da versão 1.6.1, o Eucalyptus provê um script inicial para monitoramento passivo básico (*load* e *ping*) dos nodos e máquina(s) onde estão instalados o *cloud controller*, *storage controller*, *cluster controller*, *node controllers* e nenhuma funcionalidade para monitoramento das máquinas virtuais. Um script na cron, executado em um intervalo de tempo configurável, efetua a coleta de informações dos nodos.

Esse script inicial fornecido pelo Eucalyptus foi utilizado como recurso base no sentido de se adicionar capacidades de monitoramento das máquinas virtuais, para expandi-lo e utilizá-lo como um framework para monitoramento. Os algoritmos foram formulados para serem genéricos sempre que possível e utilizam comandos de interação com o Eucalyptus fornecidos pela ferramenta *euca2ools*, conforme pode ser visualizado no trecho de código da Listagem 1, o qual obtém a lista de IPs das instâncias de máquinas virtuais sendo executadas. O *euca2ools* é uma ferramenta de linha de comando para interação com web services que exportam uma API (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicativos) baseada em REST/QUERY, compatível com os serviços EC2 e S3 da Amazon (ou seja, essa mesma ferramenta pode ser utilizada para os serviços citados da Amazon, desde que se tenha uma conta com esses serviços).

```

1  get_vms() {
2      LIST='euca-describe-instances | awk '/([1-9]|[1-9]\d|1\d{2}|2[0-4]\d|25[0-5])$/ {print $4}'`
3      #removing new line character and putting into an array
4      for s in $(echo "$LIST" | tr '\n' ' ');
5      do
6          VMS_LIST=( "$VMS_LIST[@]" "$s" )
7      done
8  }

```

Listagem 1: Função codificada para obter a lista de IPs atribuídos às VMs.

```

linux-sqrq:/home/shirlei # euca-describe-instances
RESERVATION   r-495F089A      admin          default
INSTANCE      i-39BB0673     emi-58131665  10.0.0.112    running      fookey        0
m1.small      2009-12-14T18:43:52Z  cluster_test  eki-942D1709  eri-8E9716F6
RESERVATION   r-461D074F     admin          default
INSTANCE      i-453D0799     emi-57FB1670  10.0.0.107    running      fookey        0
m1.small      2009-12-13T20:28:12.825Z  cluster_test  eki-942D1709  eri-8E9716F6
RESERVATION   r-394806C9     admin          default
INSTANCE      i-3ADA06FD     emi-57FB1670  10.0.0.106    running      fookey        0
m1.small      2009-12-13T20:17:27.369Z  cluster_test  eki-942D1709  eri-8E9716F6

```

Listagem 2: Resultados obtidos com o comando *euca-describe-instances*

```

linux-sqrq:/home/shirlei # xm list
Name      ID      Mem    VCPUs  State  Time(s)
Domain-0  0      3497   2      r----- 136818.1
i-39BB0673  6      128    1      -b----- 41.1
i-3ADA06FD  1      128    1      -b----- 68
i-453D0799  2      128    1      -b----- 72

```

Listagem 3: Resultados obtidos com o comando *xm list*

No código mostrado na Listagem 2, usou-se diretamente o comando *euca-describe-instances* pela facilidade de se obter diretamente os IPs que foram associados às instâncias de máquinas virtuais, endereços esses essenciais no monitoramento a ser efetuado. Se fosse usado o comando *xm list* (comando do Xen para listar as instâncias em execução) ou, mais genericamente ainda, *virsh list* (comando que utiliza a biblioteca *libvirt* e pode ser usado para qualquer hipervisor suportado por essa biblioteca), os IPs teriam que ser obtidos de outra forma. Nas Listagens 2, 3 e 4 são mostrados os resultados obtidos com os três comandos citados. Percebe-se na Listagem 2 que o resultado obtido

```
linux-sqrq:/home/shirlei # virsh list
Id-----Name-----State--
0          Domain-0          running
1          i-3ADA06FD          idle
2          i-453D0799          idle
6          i-39BB0673          idle
```

Listagem 4: Resultados obtidos com o comando virsh list

com o comando `euca-describe-instances` nos fornece diretamente o IP atribuído a cada instância.

Outra diferença em relação ao monitoramento básico fornecido pelo Eucalyptus para os seus componentes, foi em relação à abordagem ativa/passiva no monitoramento. O tipo de monitoramento utilizado foi o ativo, ou seja, o Nagios é quem inicia a checagem das métricas, com o auxílio do plugin para monitoramento remoto NRPE, adicionado às imagens utilizadas. Conforme listado na seção anterior, considerou-se as seguintes métricas ou serviços, já pré-configuradas na imagem a ser carregada nas VMs:

Monitoramento através do NRPE:

- *Load* (carga)
- Disco
- Usuários logados
- Utilização de cpu por processos
- Total de processos em execução

As métricas acima foram escolhidas por serem as métricas mais comuns e genéricas, já que no momento atual da pesquisa não se está testando nenhum serviço ou carga de trabalho que pudesse afetar ou ser afetada por essas métricas. O foco principal é avaliar a monitorabilidade do ambiente configurado.

Monitoramento através da checagem direta pelo Nagios:

- SSH

Após o instanciamento da VM pelo Eucalyptus, o acesso à mesma é feito via ssh com o uso de chave gerada para o usuário que solicitou o instanciamento. Se por algum motivo a conexão ssh não for possível, o acesso à máquina para a instalação de novos programas ou outra atividade administrativa não pode ser feito e, conforme o caso, a VM pode se tornar inútil. Portanto, o monitoramento desse serviço pode ser essencial para uma política de término de VMs, por exemplo.

- Ping

O teste de ping tem como objetivo testar a alcançabilidade das VMs, uma vez que elas fazem uso de serviços que utilizam do protocolo IP, como o SSH. Eventualmente, essa métrica pode não ser útil se houver uma política para que as VMs não respondam à essas requisições para evitar tráfego na rede. Porém, não é o caso do ambiente configurado para o estudo de caso.

Feitas as alterações necessárias nas imagens para VMs utilizadas e o script para coleta dos IPs das VMs e geração do arquivo de configuração para o Nagios, o processo de monitoração em si é trivial, isto é, basta adicionar o arquivo `vms.cfg`, com as definições dos serviços a serem monitorados gerado com o script cujo trecho de código é mostrado acima, no diretório apropriado e reiniciar o serviço de monitoramento do Nagios. Na Figura 1 é mostrada a tela com as informações de monitoramento gerada pelo Nagios, para o *hostgroup* VMS (*hostgroup* gerado para conter as máquinas virtuais).

5. Resultados Obtidos

Como resultados cita-se a extensão do monitoramento básico pelo Nagios oferecido pelo Eucalyptus, na forma de adição de funcionalidade que agrega também as máquinas virtuais ao monitoramento. Para facilitar a visualização do que é máquina física e do que é máquina virtual, na interface de gerenciamento do Nagios, as VMs foram agrupadas em um *hostgroup* próprio, conforme pôde ser visto na Figura 1.

Também pode ser citado com um resultado derivativo o fato de se mostrar a facilidade de adaptação das imagens para máquinas virtuais pré-construídas disponibilizadas pelo Eucalyptus ou outra entidade, o que retira do administrador a necessidade de se gerar essas imagens do zero, mas também lhe permite adaptá-las para as necessidades específicas de seu domínio administrativo.

Com a experiência relatada se pôde visualizar e ponderar os passos que são necessários na construção desse ambiente. De modo geral, são os passos necessários na montagem de diversos ambientes computacionais, porém o propósito de cada um, além do propósito geral de planejamento, tem algumas particularidades, conforme relata-se a seguir.

1. *Levantamento e análise do hardware disponível;*
O hardware disponível influencia em escolhas como, por exemplo, qual hipervisor utilizar.
2. *Investigação dos softwares para computação em nuvem existentes e adequados ao hardware disponível;*
Muitos produtos são vendidos sob o termo computação em nuvem, assim como muitos produtos *open source* estão disponíveis para testes, portanto é necessária uma investigação para diferenciar os produtos e verificar qual ou quais seriam mais adequados para o interesse da organização, além de serem adequados ao hardware disponível.
3. *Configuração de um ambiente inicial para testes, o qual poderia servir de protótipo para usos diversos e para que a organização se familiarizasse com o uso.*
Essa fase é a de aplicação prática do levantamento feito nos passos anteriores e é também a fase que vai requerer maior disponibilidade técnica de pessoal.

Além dos aspectos técnicos, pode-se citar também que, de certa forma, contribuiu-se para a desmistificação do tema computação em nuvem para ambientes de menor escala, como uma pequena empresa ou laboratório acadêmico. Muito se fala e se pesquisa sobre o assunto, mas para ambientes de pequeno porte existe pouca abordagem. Com esse artigo mostra-se a viabilidade da aplicação do conceito e suas vantagens.

6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Ao se analisar cuidadosamente e se configurar um ambiente de testes que se enquadre na definição de nuvem privada, com as ferramentas para computação em nuvem disponíveis, é possível se ter um ambiente de computação em nuvem sem maiores investimentos a não ser eventualmente o de pessoal (configuração do ambiente e suporte). A atratividade criada em torno da nuvem privada, além dos benefícios em relação à segurança, se dá também em relação a um quesito bastante em voga na atualidade: o consumo consciente.

Ao se utilizar melhor os recursos computacionais já existentes no data center da empresa, pode-se reduzir o consumo de energia, postergar a aquisição de novos equipamentos e em última instância, reduzir o volume de lixo eletrônico, que causa contaminação e outros problemas ambientais e sociais em diversos lugares do mundo.¹

Plataformas de software para computação em nuvem como o Eucalyptus, por exemplo, não exigem hardware dedicado e auxiliam no gerenciamento e integração de diversos recursos computacionais, desde um desktop a um moderno servidor. Essa característica fica bastante evidente no ambiente de testes utilizados, o qual foi um ambiente que se pode chamar de 'caseiro', utilizando-se desktop e notebook de usos domésticos.

Como próximos passos de pesquisa, se pretende analisar os possíveis impactos dessas modificações na infraestrutura, tanto no quesito desempenho, como também no quesito gerenciamento de atualizações. Essa análise possibilitará se trabalhar melhor o conceito de monitoramento passivo/ativo, no sentido de identificar qual seria a melhor solução para cenários similares, além de se definir melhor questões como intervalo de monitoramento, adição dinâmica de novos recursos (VMs instanciadas) ao Nagios ou outra ferramenta que venha a ser utilizada. O ambiente de testes será expandido para se tornar um *testbed* para avaliações e testes diversos, como desempenho de aplicações, impacto de compartilhamento de recursos, entre outros. Para uma melhor configuração desse ambiente de testes, se aprofundará o estudo das necessidades de pequenas/médias empresas, além de se buscar o desenvolvimento um framework para o monitoramento e gerenciamento de computação em nuvens voltada para as mesmas.

Pretende-se ainda aplicar mecanismos e políticas de segurança neste contexto, dando continuidade ao trabalho relacionado a Acordo de Nível de Serviço relacionado à Segurança em computação em nuvem, conforme em [Chaves et al. 2010].

Referências

- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D. A., Rabkin, A., Stoica, I., and Zaharia, M. (2009). Above the clouds: A berkeley view of cloud computing. Technical Report UCB/EECS-2009-28, EECS Department, University of California, Berkeley.
- Buyya, R., Yeo, C. S., and Venugopal, S. (2008). Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities. In *HPCC '08: Proceedings of the 2008 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, pages 5–13, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.
- Cerbelaud, D., Garg, S., and Huylebroeck, J. (2009). Opening the clouds: qualitative overview of the state-of-the-art open source vm-based cloud management platforms. In *Middleware '09: Proceedings of the 10th ACM/IFIP/USENIX International Conference on Middleware*, pages 1–8, New York, NY, USA. Springer-Verlag New York, Inc.

¹Ver o caso de Guiyu, na China, considerada a capital mundial do e-wast (literalmente, lixo eletrônico)

- Chaves, S. A., Westphall, C. B., and Lamin, F. R. (2010). Sla perspective in security management for cloud computing. In *The Sixth International Conference on Networking and Services - ICNS 2010*, Cancun, Mexico.
- CSAGuide (2009). Security guidance for critical areas of focus in cloud computing. Technical report, Cloud Security Alliance, <http://www.cloudsecurityalliance.org/guidance/csaguide.v2.1.pdf>.
- Eucalyptus (2009). Eucalyptus documentation. <http://open.eucalyptus.com>.
- Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., and Lu, S. (2008). Cloud computing and grid computing 360-degree compared. In *Grid Computing Environments Workshop, 2008. GCE '08*, pages 1–10.
- Khalid, A. (2010). Cloud computing: Applying issues in small business. *Signal Acquisition and Processing, International Conference on*, 0:278–281.
- Lim, H. C., Babu, S., Chase, J. S., and Parekh, S. S. (2009). Automated control in cloud computing: challenges and opportunities. In *ACDC '09: Proceedings of the 1st workshop on Automated control for datacenters and clouds*, pages 13–18, New York, NY, USA. ACM.
- Linthicum, D. (2009). Selecting the right cloud. Technical report, InfoWorld, <http://www.infoworld.com/cloud-deepdive>.
- Nurmi, D., Wolski, R., Grzegorzczak, C., Obertelli, G., Soman, S., Youseff, L., and Zagorodnov, D. (2009). The Eucalyptus open-source cloud-computing system. In *2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGRID)*, volume 0, pages 124–131, Washington, DC, USA. IEEE.
- Santos, R. C. M. d. and Charão, A. S. (2008). Análise comparativa de desempenho do hipervisor xen: Paravirtualização versus virtualização total. *WSCAD 2008: IX Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho*.
- Sotomayor, B., Montero, R. S., Llorente, I. M., and Foster, I. (2009). Virtual infrastructure management in private and hybrid clouds. *IEEE Internet Computing*, 13(5):14–22.
- Velte, T., Velte, A., and Elsenpeter, R. (2009). *Cloud Computing, A Practical Approach*, chapter 1, page 3. McGraw-Hill Osborne Media, first edition.
- Vouk, M. A. (2008). Cloud computing: Issues, research and implementations. In *Information Technology Interfaces, 2008. ITI 2008. 30th International Conference on*, pages 31–40.