

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA ELÉTRICA
Curso de Sistemas de Informação

ANTONIA SILVA DE SOUSA

OS DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM – ESTADO DA ARTE

Marabá – PA

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA ELÉTRICA
Curso de Sistemas de Informação

ANTONIA SILVA DE SOUSA

OS DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM - ESTADO DA ARTE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Profº MSc Gleison de Oliveira Medeiros.

Marabá – PA

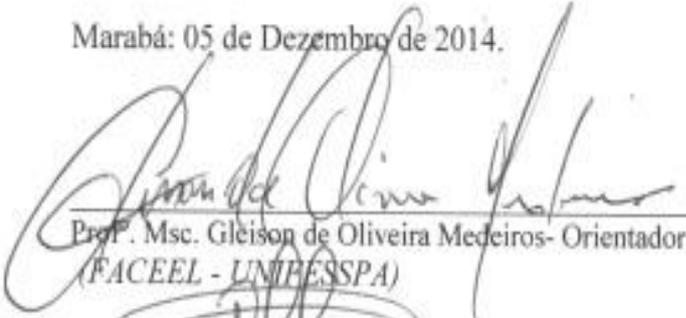
2014

Antonia Silva de Sousa

OS DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM – ESTADO DA ARTE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Marabá: 05 de Dezembro de 2014.



Prof. Msc. Gleison de Oliveira Medeiros- Orientador
(FACEEL - UNIFESSPA)



Prof. Rangel Filho Teixeira - Avaliador
(FACEEL - UNIFESSPA)



Prof. José Santos - Avaliador
(FACEEL - UNIFESSPA)

Marabá, PA.

2014

AGRADECIMENTO

A Deus, por tudo, e pelo direcionamento durante toda a caminhada.

Aos meus pais e meus irmãos, que sempre me apoiaram.

À Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará pela oportunidade.

Ao Professor Gleison de Oliveira Medeiros, por ter aceitado ser meu orientador e por ter contribuído com suas considerações ao longo de todo o trabalho.

Aos Professores, Warley Muricy Valente Junior e Josué Leal Moura Dantas, pela contribuição quando da participação na banca de qualificação, com intervenções e considerações que acrescentaram e muito na qualidade deste trabalho.

A todos os professores da Faculdade de Computação e Engenharia Elétrica da UNIFESSPA, por terem contribuído com minha formação.

Ao companheirismo de todos meus colegas de sala que estiveram comigo ao longo dessa caminhada.

A todos os meus amigos que direto ou indiretamente torceram por mim.

SUMARIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE SIGLAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 METODOLOGIA.....	3
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
2. COMPUTAÇÃO EM NUVEM – CLOUD COMPUTING.....	5
2.1 DEFINIÇÕES.....	5
2.2 PRINCÍPIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM.....	5
2.2.1 <i>Computação Como Utilidade (Utility computing)</i>	6
2.2.2 <i>Computação em Grade (Grid computing)</i>	6
2.2.3 <i>Virtualização</i>	7
2.2.4 <i>Arquitetura Orientada a Serviços</i>	9
2.3 CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS.....	10
2.4 MODELOS DE SERVIÇOS.....	11
2.4.1 <i>Software como Serviço (SaaS em inglês)</i>	12
2.4.2 <i>Plataforma como Serviço (PaaS em inglês)</i>	13
2.4.3 <i>Infraestrutura como Serviço (IaaS em inglês)</i>	14
2.5 OUTROS TIPOS DE SERVIÇOS.....	15
2.6 TIPOS DE NUVENS.....	16
2.7 ARQUITETURA DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM.....	17
2.8 PLATAFORMAS DE COMPUTAÇÃO EM NUVEM.....	19
2.8.1 <i>Amazon</i>	19
2.8.2 <i>Aneka</i>	20
2.8.3 <i>Eucalyptus</i>	22
2.8.4 <i>OpenNebula</i>	23
2.9 COMPUTAÇÃO EM NUVEM MÓVEL.....	24
2.9.1 <i>Arquiteturas de Computação em Nuvem Móvel</i>	26
2.9.2 <i>Aplicações de computação em nuvem móvel</i>	30
2.9.3 <i>Vantagens da Nuvem Móvel</i>	32
3. TRABALHOS NA LITERATURA.....	33
3.1 COMPARATIVO.....	33
4. DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM.....	37
4.1 SEGURANÇA.....	38
4.1.1 <i>Projetos Para Segurança em Nuvem</i>	41
4.2 ACORDOS DE NÍVEL DE SERVIÇO (SLA em Inglês).....	44
4.3 INTEROPERABILIDADE E PORTABILIDADE.....	44
4.3.1 <i>Projetos para Estabelecer Padrões</i>	46

<i>4.4 VENDOR LOCK-IN (DEPENDÊNCIA DE FORNECEDOR)</i>	48
<i>4.5 BALANCEAMENTO DE CARGAS</i>	49
<i>4.6 QUESTÕES LEGAIS E POLÍTICAS</i>	51
<i>4.7 DESAFIOS DA MOBILIDADE EM NUVEM</i>	52
5. DISCUSSÃO	56
REFERENCIAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Virtualização completa.	8
Figura 2 - Paravirtualização.	9
Figura 3 - Modelo visual da definição de computação em Nuvem.	10
Figura 4 - Tipos de serviços de computação em nuvem.....	12
Figura 5 - Tipos de serviços de computação em nuvem.....	13
Figura 6 - Modelo de serviço PaaS.....	14
Figura 7- Modelo de serviço IaaS.	15
Figura 8 - Arquitetura da computação em nuvem.	18
Figura 9 - Arquitetura do Aneka.	21
Figura 10 - Componentes da Arquitetura do Eucalyptus.	23
Figura 11 - Arquitetura geral de computação em nuvem móvel.	27
Figura 12 - Arquitetura de nuvem móvel.	28
Figura 13 - Arquitetura Geral de Mobile Cloud Computing.	29
Figura 14 - Modelo arquitetural da Cloudlet.	30
Figura 15 - Balanceamento de cargas.....	50

LISTA DE SIGLAS

API	Application Programming Interface
AWS	Amazon Web Services
EC2	Elastic Compute Cloud
HCIDS	Hypervisor Cloud Intrusion Detection System
IaaS	Infrastructure as a Service
IDS	Intrusion Detection System
MCC	Cloud Computing Móvel
NIST	National Systems Audit and Control Association
PaaS	Plataform as a Service
QoS	Quality of Service
SaaS	Software as a Service
SDK	Software Development Kit
SLA	Service Level Agreement
SOA	Service Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
TI	Tecnologia da Informação
VM	Virtual Machine

RESUMO

A Computação em nuvem é um paradigma emergente que permite aos usuários com diferentes demandas de computação, adquirir um conjunto de recursos compartilhados e configuráveis de computação, tais como: rede, servidores, armazenamento, aplicações, serviços, dentre outros. Com o oferecimento de infraestrutura, plataforma e software fundamentado no serviço de assinatura no modelo de pague pelo uso, a computação em nuvem emergiu como uma tecnologia de rápido crescimento na indústria da Informação, permitindo a médias e pequenas empresas iniciarem seus negócios com baixo custo operacional. No entanto, a computação em nuvem ainda apresenta desafios que impedem sua adoção em grande escala pelas empresas. Dentre estes estão às questões voltadas a segurança, a falta de interoperabilidade entre os provedores e suas APIs, *vendor lock-in*, o balanceamento de carga dentre outros. O trabalho apresentado faz o levantamento do estado da arte dos principais desafios que envolvem a adoção da computação em nuvem e busca mostrar as soluções propostas para superar estes desafios. Com objetivo de produzir um documento técnico que possa ser utilizado por outros pesquisadores para realização de novas pesquisas e fonte de consulta sobre os principais desafios relacionados à computação em nuvem na atualidade. O procedimento utilizado foi pesquisa bibliográfica, com o levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas nos principais repositórios digitais.

Palavras-chave: Computação em nuvem, Tecnologia da informação, Computação em nuvem móvel.

ABSTRACT

The Cloud Computing is an emerging paradigm that allows users with different computing demands, purchase a set of shared and configurable computing resources such as: network, servers, storage, applications, services, among others. With infrastructure, platform and software based on the subscription service in the model of “pay-per-user”, cloud computing has emerged as a technology of rapid growth in the Information, enabling small and medium companies start their business with low cost operational. However the cloud computing also presents challenges that hinder its widespread adoption by companies. Among these there are some questions that must be resolved in scope of: security, reliability, interoperability between providers and their APIs, legal basis, vendor lock-in, load balancing and others. This academic work presents the lifting of the main challenges involving the adoption of cloud computing and seeks to show the proposed solutions to overcome these challenges, with the objective of produce a white paper that can be used by other researchers to conduct further research and like source of information about the key challenges related to cloud computing today. The used procedure will be the bibliographic research, realized with theoretical references already analyzed and published in major digital repositories.

Keywords: Cloud Computing, Information Technology, Mobile Computing Cloud.

1. INTRODUÇÃO

Computação em Nuvem, tradução do termo em inglês *Cloud Computing*, oferece infraestrutura, plataforma e software como serviço baseado em assinatura em um modelo *pay-as-you-go*¹ (BUYAYA, 2009). Considerada um dos avanços mais importantes para os negócios globais nesta década, chega a ser tão importante quanto os computadores pessoais foram na década de 1970; um salto tecnológico e social que irá mudar a forma como as empresas planejam seus negócios, como as pessoas realizam seus trabalhos e o que os cidadãos esperam de serviços online (MAHONY, 2011). Entre os benefícios oferecidos pela computação em nuvem estão: redução do desperdício de recursos de sistemas de informação, aumento da eficiência e redução de custos (KING e RAJA, 2013).

Diversos estudos estão sendo feitos por vários grupos de pesquisadores do mundo todo, visando entender este novo conceito e suas implicações para as organizações e para a sociedade. Um exemplo é o caso do NIST (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias) dos Estados Unidos da América, que possui iniciativas de pesquisas no âmbito nacional envolvendo computação em nuvem. E a Europa demonstra preocupação com o futuro da área, com o estabelecimento de padrões de interoperabilidade e outras questões como a escalabilidade. (JEFFERY E NEIDCKER-LUTZ, 2010 *apud* RAMALHO, 2012).

Segundo Alecrim (2013), com uso da computação em nuvem, muitos aplicativos assim como arquivos e outros dados relacionados não precisam mais estar instalados ou armazenados no computador do usuário ou em um servidor próximo. Estes passam a ficar disponíveis nas nuvens, isto é, na Internet. Aos fornecedores de serviços na nuvem competem todas as tarefas de: desenvolvimento, armazenamento, manutenção, atualização, backup e escalonamento. O usuário não precisa mais se preocupar com estas questões ou com a redução de custos operacionais, com *hardware* e manutenção.

Computação em nuvem tem sido usada como solução para a crescente demanda dos usuários dos serviços de tecnologia da informação: serviços cada vez mais confiáveis e de melhor desempenho, disponíveis sempre que necessários e acessíveis de diferentes lugares via

¹ Modelo de serviço que o usuário paga pelo uso ou pré-pago.

Internet e de diferentes dispositivos tais como: computadores, *smartphones*, *tablets* dentre outros (GONZALEZ *et. al.*, 2013).

1.1 JUSTIFICATIVA

Computação em Nuvem nos últimos anos tem sido tema recorrente de pesquisas entre estudiosos nacionais e internacionais, universidades e organizações governamentais de diferentes ângulos. No entanto, ela ainda apresenta problemas de privacidade, segurança e interoperabilidade, dentre outros que acabam sendo barreiras que impedem sua adoção pelas empresas (GIBSON *et. al.*, 2012). A motivação para o desenvolvimento desta monografia, se deu com objetivo de produzir um documento que reúna os principais desafios encontrados pelas empresas e/ou instituições que pretendem adotar a computação em nuvem, sem deixar de relatar as soluções já implementadas para estes desafios e o que existe de novo em relação a pesquisas e tecnologias no que diz respeito à computação em nuvem.

A justificativa para a realização deste trabalho se dá tanto no âmbito acadêmico quanto gerencial, no âmbito acadêmico visa oferecer um estudo técnico para outros pesquisadores desenvolverem novas pesquisas. No âmbito gerencial visa oferecer um documento técnico que servirá como meio de consulta, no qual as empresas poderão encontrar respostas para as principais questões no que tange aos principais benefícios, assim como os principais desafios que envolvem a computação em nuvem.

1.2 OBJETIVOS

Com base na motivação e justificativa para a realização desta monografia, tem-se como objetivo geral realizar um estudo bibliográfico do estado da arte dos desafios inerentes à computação em nuvem.

1.2.1 Objetivos específicos

- Identificar as principais barreiras que inibem a adoção de computação em nuvem na atualidade;
- Identificar os principais desafios relacionados ao armazenamento, gerenciamento e infraestrutura da computação em nuvem.

- Relacionar o que existe de atual na computação em nuvem.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi pesquisa exploratória e bibliográfica, pois estes métodos proporcionam meio para definição e resolução de problemas já conhecidos, assim como explorar novas áreas de conhecimento do tema estudado que ainda não foram exploradas. Além do mais, possibilita fazer uma análise do assunto com novo tipo de enfoque e chegar a novas conclusões. Além de permitir ampla cobertura do assunto, devido ao número de fontes consultadas.

Segundo Marconi e Lakatos (2006), pesquisa exploratória são investigações empíricas cujo objetivo é a formulação de questões ou de problemas, com tripla finalidade: (i) desenvolver hipótese, (ii) aumentar a familiaridade do pesquisador com o ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou (iii) modificar e clarificar conceitos.

A pesquisa bibliográfica consiste no levantamento de referências teóricas já publicadas constituídas principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, monografias, dissertações e teses, com objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa (PRODANOV e FREITAS, 2013).

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além deste capítulo introdutório, que discorre sobre a introdução do tema abordado, as justificativas, objetivos e metodologia adotada, o presente trabalho apresenta mais quatro capítulos.

O segundo capítulo apresenta a Revisão da Literatura, no qual é abordado o conceito de Computação em nuvem, as tecnologias relacionadas com seu surgimento, suas características essenciais, os modelos de serviços oferecidos, os tipos de nuvens e sua arquitetura. Também são apresentadas as plataformas: OpenNebula, Aneka, Amazon e Eucalypto. Ao final do capítulo é feita uma abordagem sobre Computação em Nuvem Móvel, sua arquitetura e áreas onde é aplicada.

O terceiro capítulo apresenta os trabalhos relacionados, o qual discorre sobre trabalhos encontrados na literatura; buscando sempre estabelecer um comparativo entre os trabalhos apresentados com o presente trabalho.

O quarto capítulo expõe os principais Desafios da Computação em Nuvem, tais como: segurança, interoperabilidade, portabilidade, acordos de nível de serviço, *vendor lock-in*, balanceamento de carga, questões legais e políticas e os principais desafios encontrados na computação em nuvem móvel.

Por último, no capítulo cinco é apresentada a discussão sobre os principais pontos abordados no trabalho.

2.COMPUTAÇÃO EM NUVEM – CLOUD COMPUTING

Neste capítulo é apresentada a revisão da literatura que será utilizada como embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho, no qual serão abordados temas como: computação em nuvem e as tecnologias que contribuíram com o seu surgimento e também será abordada a computação em nuvem móvel, que surgiu a partir dos dispositivos móveis, redes sem fio e da computação em nuvem.

2.1 DEFINIÇÕES

Computação em nuvem, por ser um conceito considerado novo possui muitas definições e ainda não apresenta uma definição consolidada. A definição mais citada é a proposta pelo NIST (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia) do EUA.

Computação em nuvem é um modelo para permitir o acesso conveniente, sob-demanda, a um conjunto de recursos computacionais configuráveis (por exemplo: redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e liberados com um esforço mínimo de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços.

Buyya (2008, p. 3) na sua obra apresenta a seguinte definição para computação em nuvem:

A nuvem é um tipo de sistema paralelo e distribuído que consiste de uma coleção de computadores interconectados e virtualizados que são dinamicamente provisionados e apresentados como um ou mais recursos de computação unificada com base em acordos de nível de serviço estabelecidos através de negociação entre o prestador de serviços e os consumidores.

Taurion (2009, p. 2) define na sua obra a computação em nuvem como:

Um termo para descreve um ambiente de computação baseado em uma imensa rede de servidores, sejam estes virtuais ou físicos. Uma definição simples pode então ser ‘um conjunto de recursos como capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicações e serviços disponibilizados na internet’. O resultado é que nuvem pode ser como o estágio mais evoluído do conceito de virtualização, virtualização do próprio *Data Center*.

2.2 PRINCÍPIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Nas próximas subseções são apresentadas as tecnologias que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento da computação em nuvem.

2.2.1 Computação Como Utilidade (*Utility computing*)

O primeiro conceito diretamente ligado à computação em nuvem é o de computação como uma utilidade. Este afirma que a computação passará por transformações, passando de produto para se tornar um serviço. Por conseguinte, as necessidades em computação pelo usuário não serão mais compradas em sua totalidade, mas pagas de acordo com a necessidade de uso pelo usuário, da mesma forma que são hoje a água, energia, telefone (BUYAA *et. al.*, 2009).

Segundo Chees e Franklin (2013) “no início de 1960, cientistas da computação como John McCarthy previram que os serviços de computação chegariam a ser tratados como utilidade pública”. Uma década depois, as redes e a Internet continuaram a tornar o processamento cada vez mais abstrato. A Internet possibilitou a criação da rede mundial de computadores, que viabilizou que os computadores se comunicassem em qualquer lugar do mundo.

Com o desenvolvimento do conceito de *Software* como um Serviço (*Software as a Service – SaaS*) no início do ano 2000, fez com que a abstração e o movimento para tornar a computação como utilidade pública obtivesse um grande avanço. À medida que a ligação entre aplicações (ou componentes de aplicação) e partes específicas de *hardware* continuava a se enfraquecer, os profissionais da área de tecnologia de informação procuravam novas maneiras para descrever sistemas que resultavam em um disparate da junção de componentes incompatíveis, sem levar em conta a localização de peças isoladas (CHEES E FRANKLIN, 2013).

2.2.2 Computação em Grade (*Grid computing*)

Segundo Nikolaos (2011), computação em grade é a agregação de computadores em rede, conectados para formar um sistema distribuído em larga escala usado para resolver problemas complexos. Distribuindo a carga de trabalho através de um grande número de computadores. A computação em grade oferece poder computacional de armazenamento e recursos de banda, que de outra forma seria muito oneroso para ser alcançado usando supercomputadores tradicionais. O alto desempenho de grades computacionais envolvem coleções heterogêneas de computadores que podem residir em diferentes domínios

administrativos, executar *software* diferente, estarem sujeitos a diferentes políticas de controle de acesso e serem conectadas por redes com características de desempenho muito diferentes.

De acordo com Buyya (2009), em uma visão superficial, nuvens parecem uma combinação de *clusters*² e *Grids*³. No entanto, são diferentes. As nuvens são os centros de dados da próxima geração com nós virtualizados através de tecnologias de *hypervisores*, como máquinas virtuais (VMs) de forma dinâmica, provisionados sob demanda como uma coleção de recursos personalizados para atender a um contrato de nível de serviço específico, estabelecido através de uma negociação e acessível como um serviço através da Internet.

2.2.3 Virtualização

Virtualização é outro conceito já existente na informática que é muito relevante à computação em nuvem, porque possibilita o acesso de serviços na nuvem. Virtualização é a abstração de recursos computacionais até o nível onde uma máquina física pode funcionar com uma quantidade infinita de máquinas virtuais e lógicas (BUYAA *et. al.*, 2009).

A virtualização possibilita uma das principais características da computação em nuvem: a escalabilidade. Com a virtualização é possível emular mais de uma estação de trabalho ou servidores dentro de uma única máquina física.

De acordo com Chees e Franklin (2013, pg. 58).

A virtualização pode proporcionar economia de custos em todas as frentes através de upgrades para servidores mais eficientes (alguns novos servidores tem fontes de alimentação com 95% de eficiência, comparados com unidades de 80% de eficiência a algumas gerações atrás), e em muitos casos é possível combinar facilmente servidor de arquivo, servidor de e-mail e web em uma única máquina virtualizada. O melhor de tudo isso é a habilidade de tirar uma “foto instantânea” das máquinas virtuais em qualquer estado desejado e mandar a imagem para qualquer tipo de armazenamento externo.

A virtualização constitui um passo fundamental para a computação em nuvem, na medida em que produz economia de custos em todos os sentidos.

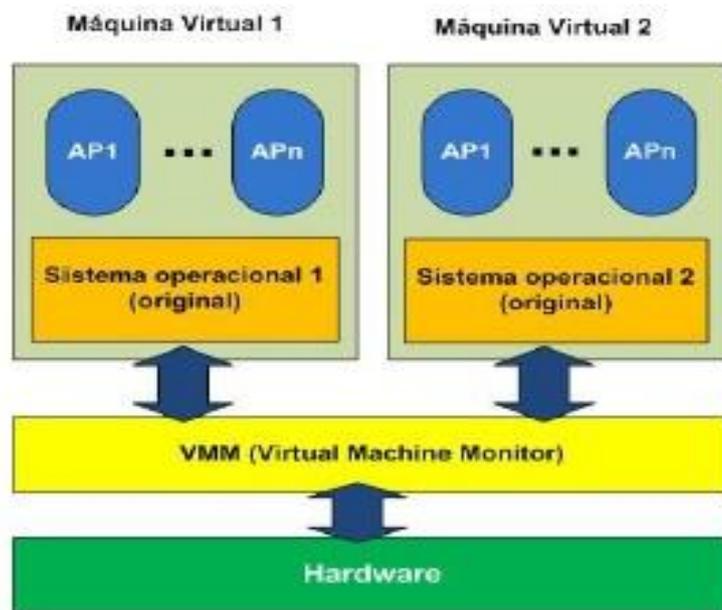
² Sistema que compreende dois ou mais computadores (denominado nodos) que trabalham de maneira conjunta no intuito de executar aplicações ou processar tarefas de tal forma a aparentar para os usuários que utilizam apenas um único sistema (ALECRIM, 2013).

³ É a agregação de computadores em rede, conectados para formar um sistema distribuído em larga escala usado para resolver problemas complexos (NIKOLAOS, 2011).

Com a virtualização é possível executar qualquer sistema operacional e/ou aplicativos em ambientes virtuais. Existem dois modelos diferentes de virtualização: virtualização completa e a paravirtualização. As duas soluções são implementadas com base em um monitor de máquina virtual ou *hypervisor* (exemplos de *hypervisores*: xen, VMWare etc).

A virtualização completa é baseada na simulação de todo um computador virtual com recursos virtuais tais como: CPU, RAM, drives, placas de rede, BIOS e etc. Com o acesso dos recursos mais importantes como a memória RAM, a velocidade de processamento dos sistemas hóspedes chega quase a igualar a velocidade como se não houvesse virtualização. Outros componentes como adaptadores de rede são emulados. O desempenho é reduzido, mas com a virtualização completa é possível executar sistemas operacionais convidados completos, sem alterações ver Figura 1.

Figura 1 - Virtualização completa.

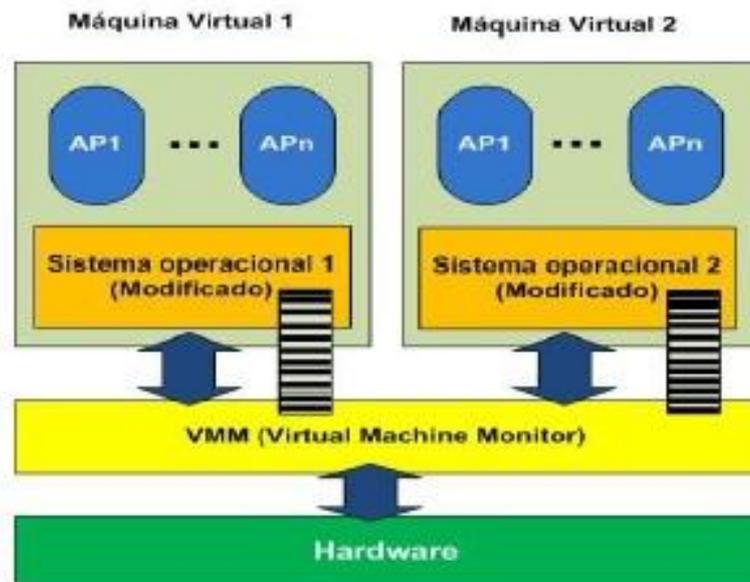


Fonte: Araújo (2013).

A paravirtualização por sua vez, não oferece uma camada de *hardware* emulada para os sistemas operacionais convidados, mas somente uma interface de aplicativo. Na paravirtualização os sistemas operacionais convidados são modificados (BAUN *et. al.*, 2011). Segundo Araújo (2013), o sistema operacional é modificado para chamar o *hypervisor* sempre que executar uma instrução que possa alterar o estado do sistema. E com isso, as instruções

executadas nas máquinas virtuais vão diretamente para o hardware original, sem a necessidade de realização de teste pelo *hypervisor*, gerando um ganho significativo no desempenho de processamento, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Paravirtualização.



Fonte: Araújo (2013).

2.2.4 Arquitetura Orientada a Serviços

Arquitetura orientada a serviços (SOA em inglês) faz parte dos pré-requisitos que são fundamentais para a computação em nuvem. SOA são arquiteturas cujos componentes são implementados como serviços independentes, que podem ser flexivelmente amarrados e orquestrados, eles podem comunicar-se através de mensagens em uma configuração de baixo acoplamento. Com a computação em nuvem infraestruturas virtualizadas de TI, plataformas e aplicativos inteiros são implementados como serviço e disponibilizados para os usuários da nuvem em uma arquitetura orientada a serviço (BAUN *et. al.*, 2011).

Nos serviços SOA as interfaces são especificados em XML (*Extensible Markup Language*) e os serviços são expressos em WSDL (*Web Services Description Language*) as aplicações podem acessar os serviços em um UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*), o qual especifica um método para publicar e descobrir diretórios de serviços em uma arquitetura orientada a serviços (RODRIGUES, 2011).

2.3 CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS

A computação em nuvem apresenta características que a diferencia de outras tecnologias. De acordo com o NIST (2012) a computação em nuvem é composta por cinco características essenciais, três tipos de serviços e quatro formas de implementação, conforme exibido na Figura 3.

Figura 3 - Modelo visual da definição de computação em Nuvem.



Fonte: NIST (2011).

a) Autoatendimento

A capacidade de provisionar unilateralmente recursos de computação como: rede, ciclos de CPU, armazenamento, entre outros recursos, de forma automática e sem a necessidade de interação humana com o provedor de serviços.

b) Amplo acesso à rede

Os recursos são disponíveis através da rede e acessados por meio de mecanismos padrões que promovam o uso de plataformas heterogêneas finas ou grossas do cliente (por exemplo: telefones celulares, *tablets*, *notebooks* e estações de trabalho).

c) Elasticidade rápida

Os recursos podem ser rapidamente e elasticamente provisionados, em alguns casos automaticamente permitindo escalar rapidamente para fora e/ou para dentro. Compatível com a demanda de forma transparente, de tal forma que para o consumidor as capacidades

disponíveis para o provisionamento parecem ser ilimitadas e podem ser contratadas em qualquer quantidade e em qualquer momento.

d) *Pool* de recursos

Os provedores de serviços estão agrupados para servir múltiplos clientes usando um modelo *multi-tenant* (múltiplos inquilinos), com recursos físicos e virtuais diferentes, dinamicamente alocados e realocados de acordo com a demanda do consumidor. Existe um senso de independência de localização em que o cliente geralmente não tem controle ou conhecimento sobre a localização exata dos recursos disponibilizados, mas pode ser capaz de especificar local em um nível maior de abstração (país, estado, *Data center*). Por exemplo: armazenamento, processamento, memória, largura de banda e máquinas virtuais.

e) Serviços medidos

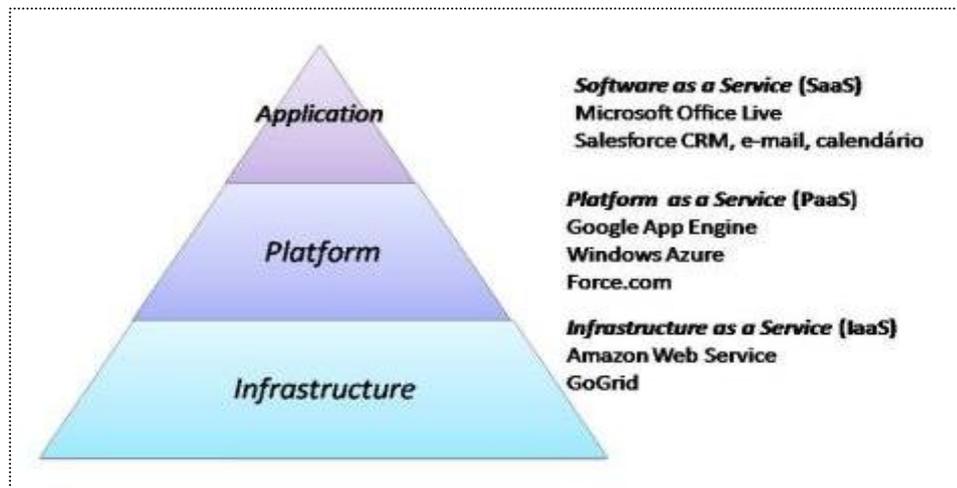
Os sistemas em nuvem controlam e otimizam o uso dos recursos, aproveitando a capacidade de medição a nível de abstração apropriado com o tipo de serviço (exemplo: armazenamento, processamento, largura de banda e contas de usuários ativos). O número de recurso pode ser monitorado, controlado e relatado proporcionando transparência tanto para o provedor quanto para o consumidor do serviço utilizado.

2.4 MODELOS DE SERVIÇOS

Computação em nuvem oferece vários tipos de serviços a partir de *hardware* ao nível de aplicação. Estes serviços são compartilhados onipresentes e acessíveis através de um navegador *web*. Existem diferentes categorias de serviços em nuvem como: infraestrutura, plataforma, aplicações, dentre outros; estes são tomados como um ecossistema formado por produtores e consumidores que são entregues em tempo real através da Internet. Além disso, esses serviços integram serviços básicos em um composto como orquestrações de serviços e entrega para os usuários finais (RIMAL e CHOI 2012).

Os principais serviços são: Software como serviço (SaaS em Inglês), Infraestrutura como Serviço (IaaS em Inglês) e Plataforma como serviço (PaaS em Inglês), como exemplificado na Figura 4.

Figura 4 - Tipos de serviços de computação em nuvem.



Fonte: (Adaptado. Gonçalves, 2012).

2.4.1 Software como Serviço (SaaS em inglês)

Nesse modelo a capacidade fornecida ao consumidor é a utilização de aplicativos do provedor rodando em uma infraestrutura de nuvem. As aplicações são acessíveis a partir de diferentes dispositivos clientes, como um navegador *web*, ou uma interface de programa. O consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura de nuvem subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento, ou mesmo capacidade individuais dos dispositivos, pode haver uma pequena exceção de configuração do aplicativo, específica para o usuário (NIST, 2012).

Com SaaS o *software* é entregue como serviço de uma forma diferente do modelo tradicional, neste a empresa adquire uma licença de uso e instala o *software* nos próprios servidores. Com o modelo SaaS estas regras mudam, pois com o SaaS não são mais necessários os contratos de manutenção, visto que estas atividades ficam a cargo do provedor e não mais da empresa. O usuário passa somente a usar o *software* sem se preocupar com as atividades de instalação, manutenção e *upgrades* de aplicações. (TAURION, 2009).

Entre as ofertas de SaaS são ofertados vários serviços de aplicações, cuja funcionalidade é baseada principalmente em aplicações simples, assim como, em aplicações complexas. O Google *Maps* é uma das aplicações que os usuários finais podem acessar. Dentre as aplicações mais complexas temos sistemas de Gerenciamento do Relacionamento com o Cliente CRM (*Customer Relationship Management*) (BAUN *et. al.*, 2011).

Figura 5 - Tipos de serviços de computação em nuvem.



Fonte: Velte *et. al.*, (2012).

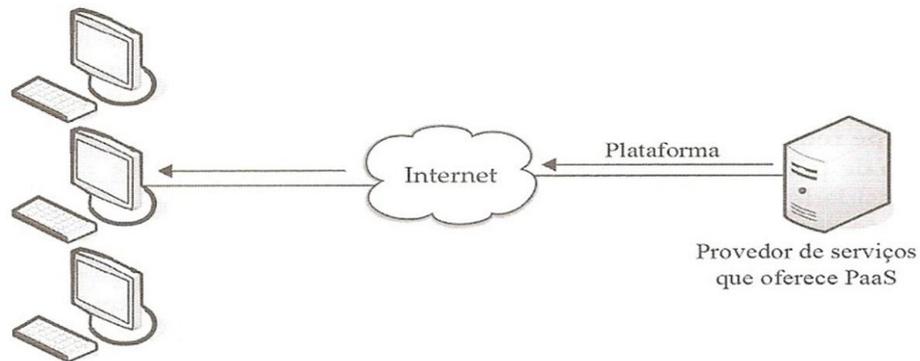
Outros exemplos de SaaS é o serviço de e-mail baseado na *web* oferecido por empresas como a Microsoft (Hotmail), o Google (Gmail) e o Yahoo! (Yahoo mail). Cada serviço de correio eletrônico satisfaz os critérios básicos. Os fornecedores citados hospedam todos os programas e dados de forma centralizada. Fornecendo aos usuários finais acesso aos dados e *software* que são acessados através do *World Wide Web* (VELTE *et al.*, 2012).

2.4.2 Plataforma como Serviço (PaaS em inglês)

Fornece ao consumidor a capacidade para implementar sobre a infraestrutura de nuvem aplicações criadas ou adquiridas usando linguagens de programação, bibliotecas, serviços e ferramentas suportadas pelo provedor. O consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura de nuvem subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais ou armazenamento, mas detém controle sobre os aplicativos implementados e possivelmente sobre as definições de configuração para o ambiente de hospedagem dos aplicativos (NIST, 2012). Um exemplo seria o *Google Apps Engine*.

A PaaS fornece todos os recursos necessários para construir aplicativos e serviços diretamente da Internet, sem precisar baixar ou instalar software. Incluindo *design* de aplicativos, desenvolvimento, testes, implantação e hospedagem. Outros serviços incluem a colaboração em equipe, integração de serviços *web*, integração de banco de dados dentre outros (VELTE *et. al.*, 2012).

Figura 6 - Modelo de serviço PaaS.



Fonte: Velte *et. al.*, (2012).

Na figura 6: PaaS permite ao cliente acessar uma plataforma computacional sobre uma solução de *cloud computing* (VELTE *et. al.*, 2012).

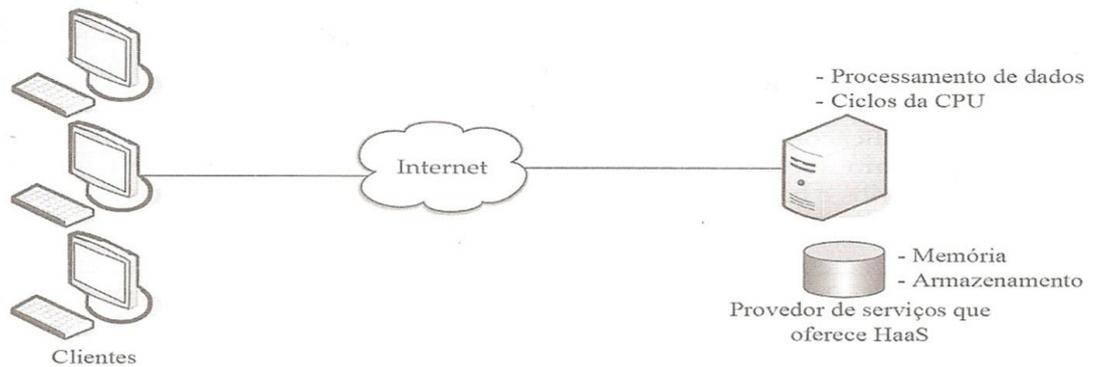
2.4.3 Infraestrutura como Serviço (IaaS em inglês)

Em Infraestrutura como serviço, conhecida também de *Hardware* como serviço (HaaS), o consumidor recebe a capacidade de provisionar processamento, armazenamento, redes, dentre outros recursos de computação, na qual ele será capaz de implementar e executar software arbitrário, que podem incluir sistemas operacionais e aplicativos. Assim como nos dois tipos anteriores o consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura de nuvem subjacente, mas detém o controle sobre sistemas operacionais, armazenamento, aplicativos implementados e possivelmente controle limitado de componentes específicos de rede (NIST, 2012).

Em IaaS a infraestrutura pode ser dinamicamente ajustada para cima ou para baixo, baseada nas necessidades de recurso do aplicativo. E múltiplos locatários podem utilizar o equipamento ao mesmo tempo (VELTE *et. al.*, 2012).

É importante destacar que neste modelo a tarefa de manutenção da aplicação até o sistema operacional é responsabilidade do contratante. A diferença é não ter que manter um *data Center* como no modelo tradicional. O contratante não precisa se preocupar com atualização de *hardware*, infraestrutura de rede física, cabeamento e segurança física do *data Center*.

Figura 7- Modelo de serviço IaaS.



Fonte: Velte, *et. al.*, (2012).

Na figura 7, é mostrado a IaaS a qual permite ao cliente acessar uma plataforma computacional sobre uma solução de *Cloud computing*.

2.5 OUTROS TIPOS DE SERVIÇOS

Além dos principais tipos de serviços oferecidos pela computação em nuvem, existem outros modelos que estão sendo implementados; tais como: Teste de *software* como serviço (TaaS), Dados como serviço (DaaS), Vídeo como serviço (VaaS), Segurança como serviço (SecaaS), Multimídia como serviço (MaaS) etc.

- **Teste como Serviço (TaaS da sigla em inglês)**

De acordo com Gao *et. al.*, (2013), TaaS em uma infraestrutura de nuvem é considerado como um novo modelo de negócio de serviço, em que um prestador de TaaS empenha as atividades do projeto de teste de software e tarefas para um *software* em teste baseado na web, em uma infraestrutura de nuvem e os entrega como um serviço para os clientes.

TaaS vem recebendo muita atenção tanto na comunidade acadêmica como na indústria, pois apresenta vantagens no diz respeito ao ambiente escalável de testes, redução de custos, modelos de serviços baseados em serviços públicos e serviços de teste sob demanda.

- **Dados como serviço (DaaS da sigla em inglês)**

Dados como serviços é um modelo alternativo diferente dos modelos tradicionais: IaaS, PaaS, e SaaS, no qual os dados são disponibilizados para o usuário como um serviço

através da rede. O principal elemento do modelo DaaS são os dados, é fundamental ser capaz de gerenciar e processar a maior quantidade de dados heterogêneos, a fim de permitir o acesso amplo e a tempo as informações (TERZO *et. al.*, 2013).

O serviço de DaaS proporciona capacidade de armazenamento praticamente ilimitada e transferência de dados de alta velocidade. É o serviço de nuvem que não faz outra coisa além de salvar os dados e fornecê-los ao cliente quando solicitados.

2.6 TIPOS DE NUVENS

Existem quatro tipos de modelos de computação em nuvem listados pelo NIST (2012): nuvem privada, nuvem pública, nuvem híbrida e nuvem comunitária. A Tabela 1 mostra os tipos de nuvens e suas definições.

Tabela 1: Tipos de Nuvens

Tipo de Nuvem	Definição
Nuvem privada	É uma forma de distribuição de nuvem que é operada somente por uma organização, que pode ser gerenciada pela própria organização ou terceirizada. Ela pode ser localizada dentro da organização ou fora dela.
Nuvem comunitária	É dividida entre varias organizações e auxilia uma comunidade especifica que possui as mesmas preocupações no diz respeito a: missão, políticas de segurança, uso e considerações de conformidades. Assim como a privada ela tem a opção de ser localizada nos domínios das organizações ou fora delas.
Nuvem pública	É disponível para o público geral, as aplicações armazenamento e outros recursos são disponibilizados para o público pelo fornecedor. Sejam serviços gratuitos ou pagos, eles são idênticos para todos os usuários, sendo que cada um tem uma instância desse serviço provido através da internet.

Nuvem Híbrida	É composta de uma ou mais nuvens (privada, comunitária ou pública) que operam de forma única, mas são padronizadas e unidas por tecnologia que permitam a portabilidade de dados e aplicação.
--------------------------	---

Fonte: Elaborada pela autora.

2.7 ARQUITETURA DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

A arquitetura da computação em nuvem é baseada em camadas da infraestrutura de TI, os serviços e aplicativos compõem a pilha da computação em nuvem. Neste cenário imaginário é possível identificar quatro camadas diferentes que deslocam progressivamente do ponto de vista do sistema para o usuário final (VECCHIOLA, *et. al.*, 2009). De acordo com Sousa (2010), camada é uma divisão lógica de componentes de *hardware* e *software*. Dependendo do tipo de recurso ele pode ser agrupado e organizado com outros para realizar uma determinada tarefa do sistema, assim como um todo. As camadas podem ter seu gerenciamento ou monitoramento de forma independente das outras camadas, melhorando a flexibilidade, reuso e escalabilidade no que se refere à substituição ou adição de recursos computacionais sem interferir em outras camadas. A Figura 8 mostra essas camadas.

Figura 8 - Arquitetura da computação em nuvem.



Fonte: (Adaptado. Calheiros *et. al.*, (2009).

Na camada de aplicações ficam as aplicações que estão disponíveis para os usuários finais. Os usuários finais são entidades ativas que utilizam as aplicações SaaS através da Internet. Estas aplicações podem ser oferecidas pelos provedores de nuvens e acessadas por usuários finais; o acesso pode ser pelo modelo de assinatura ou baseado no modelo pague pelo uso. Na camada de aplicação os usuários podem implantar seus próprios aplicativos (CALHEIROS *et. al.*, 2011).

A camada mais baixa é a de infraestrutura física, onde ficam localizados os dados, *cluster*, *desktops* e outros recursos de *hardware*. Estes recursos permitem a flexibilidade e facilidade de agregação de novos recursos na medida em que forem necessários. A camada de *middleware* é responsável pelo gerenciamento da infraestrutura física e tem como objetivo fornecer um núcleo lógico de nuvem (SOUSA *et. al.*, 2010). Para fornecer serviços avançados de isolamento de aplicativo e qualidade do serviço, o *middleware* conta com a tecnologia de virtualização. A virtualização de *hardware* garante o isolamento das aplicações e o particionamento dos recursos físicos. A virtualização de nível de programação fornece o gerenciamento da execução dos aplicativos desenvolvidos com tecnologia específica ou linguagem de programação (Java, .NET e Python).

2.8 PLATAFORMAS DE COMPUTAÇÃO EM NUVEM

No mercado da computação em nuvem existe uma diversidade de plataformas que fornecem aos usuários ambientes completos de desenvolvimento, tempo de execução e de gestão em forma de serviço. Portanto, os usuários não precisam comprar *hardware* ou *software* para a construção de ambientes de desenvolvimento, tempo de execução e de gestão local, apenas assinar o serviço de plataforma para implementar o desenvolvimento e implantação de aplicativos no ambiente da plataforma fornecido pelo fornecedor de serviços de nuvem (XIAOPING e JUNHU, 2012) . Abaixo são abordadas as plataformas Amazon, Aneka, eucalyptus, openNebula.

2.8.1 Amazon

A Amazon, pioneira no mercado da computação em nuvem, começou a disponibilizar seus serviços em 2006 com o lançamento da plataforma *Amazon Web Services* (AWS) que provê serviços baseados na nuvem, em 2008 lançou o *Amazon Elastic Cloud* (EC2). A AWS oferece um conjunto amplo de serviços globais de computação, armazenamento, banco de dados, análise, aplicativos e implementações que auxiliam as organizações a se moverem mais rapidamente para a nuvem, redução de custos de TI e escalonamento de aplicativos. Estes serviços contam com a confiança das maiores empresas e melhores *startups*⁴ para habilitarem uma diversa gama de cargas de trabalho que incluem: aplicativos *web* e móveis, processamento e armazenamento de dados (AMAZON, 2014).

A plataforma Amazon é um ambiente de computação em nuvem disponível através de serviços *web*, suas principais características são: escalabilidade, disponibilidade, elasticidade e desempenho para aplicações executadas neste ambiente. O EC2 disponibiliza uma infraestrutura completa de computação em diversos níveis de processamento, desde simples tarefas até as de alto desempenho, realizando o gerenciamento dos recursos de forma eficaz. No que diz respeito à economia, o EC2 reduz os custos através da computação sob demanda, otimizando os recursos computacionais, além de fornecer aos desenvolvedores ferramentas

⁴ Empresa de base tecnológica, com um modelo de negócios repetível e escalável, que possui elementos de inovação e trabalha em condições de extrema incerteza.

para construir aplicações escaláveis (SOUSA *et. al.*, 2010). A Amazon também oferece serviços de armazenamento com o Amazon *Simple Storage Service* (S3), com o S3 os usuários podem hospedar grande quantidade de dados, e estes estarão acessíveis a partir de qualquer lugar (VECCHIOLA, 2009). Outros sistemas que fazem parte do AWS são os de programação, o *Simple Queue Service* (SQS) e o de monitorização o *Cloudfront*.

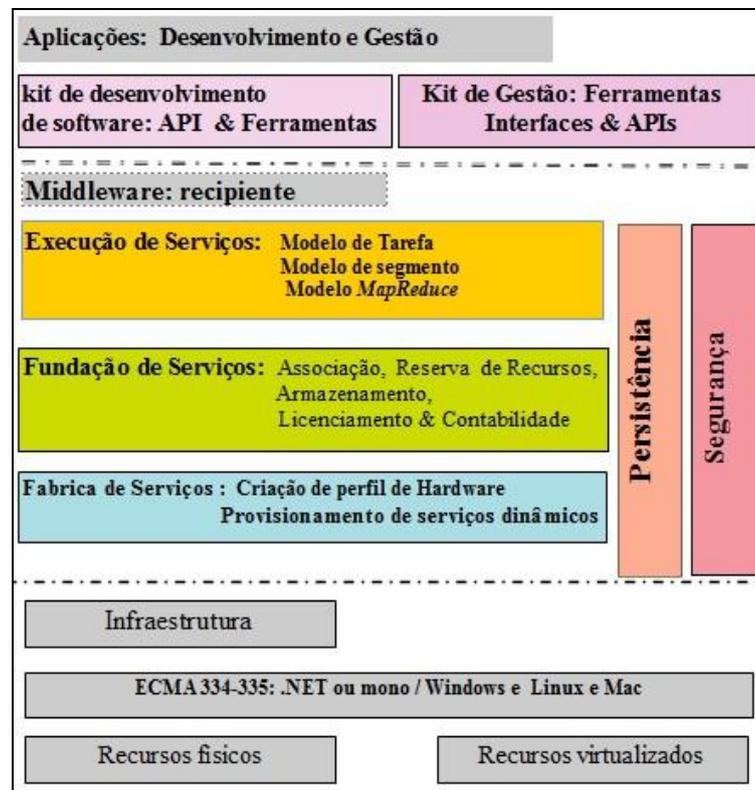
2.8.2 Aneka

O Aneka é um plataforma para desenvolvimento de aplicações distribuídas e gerenciamento de aplicações na nuvem baseada em .NET. Consiste em um *middleware* de nuvem escalável, implantado no topo dos recursos computacionais heterogêneos. É uma coleção extensível de serviços, realiza a coordenação e execução de aplicações e monitoramento de *status* da nuvem. Proporciona a integração com as tecnologias de nuvem existentes. Uma das vantagens do Aneka é sua API extensível para o desenvolvimento de aplicações distribuídas e possibilitar a integração de novos recursos para nuvem com suporte para diferentes tipos de nuvens: pública, privada e híbrida (VECCHIOLA *et. al.*, 2009).

De acordo com Calheiros *et. al.*, (2012), a plataforma Aneka tem como característica a capacidade de oferecer diferentes abstrações para programação de aplicações distribuídas. Estas abstrações são traduzidas em aplicações e executadas na nuvem por meio de modelos de programação. Modelos que compreendem as abstrações do usuário final utilizadas para definir a lógica de aplicações e suporte de tempo de execução em termos de serviços e componentes clientes necessários para executar os aplicativos resultantes.

Aneka fornece aos desenvolvedores um conjunto de ferramentas e interfaces que juntas definem o *Software Development Kit* (SDK), que permite aos desenvolvedores desenvolver aplicações em qualquer linguagem suportada pelo .NET e também oferece um kit de gestão. O SDK representa a coleção de abstrações do usuário final e APIs para definição de aplicações, aproveitando os modelos de programação existente ou para a implementação de novos modelos e serviços. O Kit de gestão apresenta uma coleção de ferramentas para gerenciamento, monitoramento e administração do Aneka *Clouds* (CALHEIROS *et. al.*, 2012). A Figura 9 mostra uma visão geral da arquitetura Aneka.

Figura 9 - Arquitetura do Aneka.



Fonte: (Adaptado, Calheiros *et. al.* 2012).

No topo da Figura 9, estão as aplicações que são postas em ambientes de execução. Neste nível estão os artefatos de desenvolvimento de aplicações, como os SDK, APIs, ferramentas e o kit de gestão que promove o monitoramento e ajuste das aplicações e do ambiente. Os recursos no Aneka são instanciados em um recipiente que representa o ambiente no qual são executadas as aplicações. O recipiente é composto pelos componentes: execução de serviços, criação de serviços, fábrica de serviços e os serviços transversais. A execução dos serviços são os responsáveis pelos escalonamentos e as técnicas de processamento. Na criação de serviços são feitas as reservas e alocações de recursos. A fábrica de serviços fornece acesso aos sistemas de provisionamento para recursos de infraestrutura. Os serviços que são dispostos na transversal é o que trata da camada de persistência e de segurança da infraestrutura (SOUSA *et. al.*, 2010).

Na infraestrutura encontram-se os recursos físicos de *hardware* e os recursos virtualizados. Para tornar uma infraestrutura o mais portátil e interoperável este nível é implementado como uma linguagem comum de especificações que suporta o .NET ou mono.

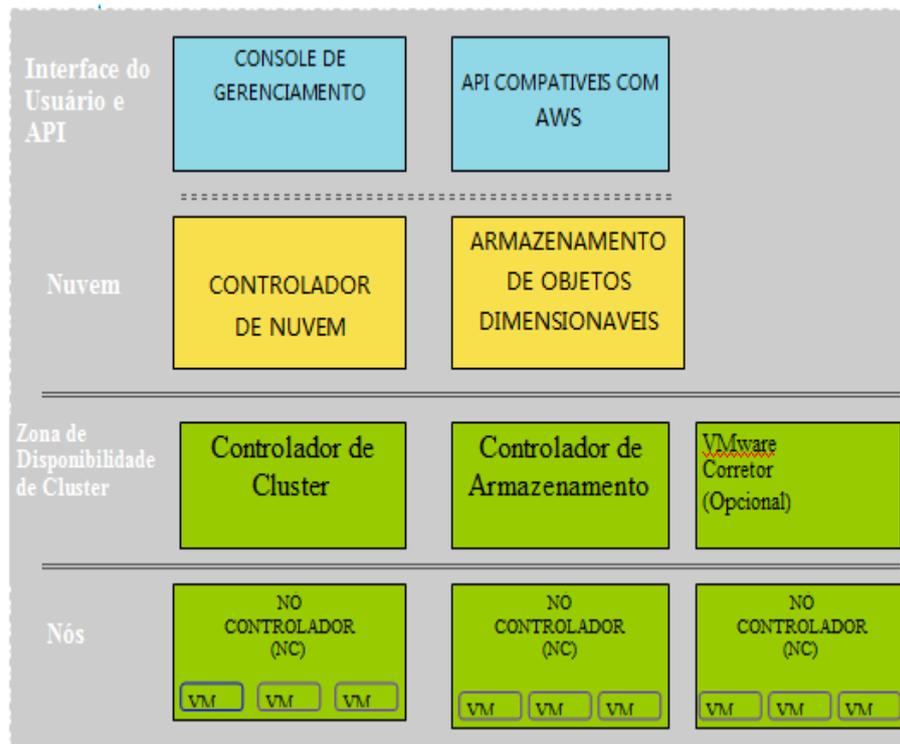
2.8.3 Eucalyptus

Eucalyptus sigla para *Elastic Utility Computing Architecture Linking Your Programs To Useful Systems* ou Arquitetura de computação Utilitária e Elástica para Vincular seus Programas a Sistemas Úteis, desenvolvida no departamento de computação da Universidade de Santa Bárbara, na Califórnia, Estados Unidos. O Eucalyptus é um software de código aberto para criação de nuvens privadas e híbridas compatíveis com os serviços comerciais da Amazon EC2 e S3. A compatibilidade de API permite executar um aplicativo no site da Amazon e em Eucalyptus sem modificação. Geralmente a plataforma de computação em nuvem Eucalyptus utiliza virtualização do sistema subjacente do computador para permitir a alocação flexível de recursos dissociados de um *hardware* específico (SOUZA *et. al.*, 2013).

Eucalyptus capacita às organizações a usarem a infraestrutura de TI existentes para criar uma nuvem privada de autoatendimento. Infraestrutura como um serviço (IaaS) está habilitada com a nuvem privada, abstraindo a computação heterogênea disponível, rede e os recursos de armazenamento. Eucalyptus cria um *pool* de recursos elástico dinamicamente que pode escalar para cima ou para baixo de acordo com a demanda da carga de trabalho do aplicativo. Através de uma parceria com o *Amazon Web Services* (AWS), o *Eucalyptus* mantém a compatibilidade de API mais forte, capacitando os usuários para deslocar cargas de trabalho entre os ambientes AWS e *Eucalyptus* (EUCALYPTUS, 2014).

Eucalyptus apresenta uma arquitetura escalável por causa da sua natureza distribuída. O nível de nuvem é composto apenas por dois componentes e ao mesmo tempo é utilizado por vários usuários. No nível de nó pode ter vários componentes, mas cada um suporta apenas alguns utilizadores, pois as transações são maiores, ver a Figura 10 (EUCALYPTUS, 2014).

Figura 10 - Componentes da Arquitetura do Eucalyptus.



Fonte: (Adaptado, Eucalyptus 2014).

A plataforma é composta por seis componentes diferentes que podem ser distribuídos em várias arquiteturas de computação em nuvem. Estes componentes estão agrupados em três níveis diferentes; no nível de nuvem está o controlador de nuvem, um programa Java que oferece interface ao Protocolo Simples de Acesso a Objetos (SOAP em inglês) e consultas compatíveis com o EC2, e com *interface Web*. O armazenamento de objetos dimensionáveis é um serviço equivalente ao S3 da Amazon Web Service. O nível de *cluster* é composto pelo controlador de *cluster* e o controlador de armazenamento estão no nível intermediário, fazendo uma ponte de comunicação entre Nó Controlador e o Controlador de *cluster*.

2.8.4 OpenNebula

A plataforma OpenNebula é um padrão da indústria de código aberto para virtualização de *Data center* com oferta de soluções simples, flexíveis e ricas em recursos para construir e gerenciar nuvens empresariais e *Data centers* virtualizados (OPENNEBULA, 2014).

De acordo com Junjie *et. al.*, (2010), OpenNebula pode ser usada para sincronizar o armazenamento, rede, técnicas virtuais e permitir aos usuários implantar serviços dinamicamente na infraestrutura distribuída de acordo com as estratégias de alocação dos centros de dados e recursos de nuvem remotas. Através das interfaces internas e do ambiente do centro de dados, a OpenNebula facilita a implantação de qualquer tipo de nuvem pelos usuários. Ela é usada principalmente para gerenciar *Data center* de nuvens privadas, infraestrutura de *cluster* e também apoiar nuvem híbrida para se conectar a infraestrutura local e pública. Isto é muito útil para construir ambiente de computação em nuvem escalável. Além disso a OpenNebula também suporta a plataforma de nuvem pública, fornecendo interfaces e funções para máquinas virtuais, armazenamento, gerenciamento de rede, entre outros. Através das interfaces de controle, os usuários podem acessar os serviços oferecidos pela plataforma OpenNebula.

A plataforma OpenNebula apresenta diversas vantagens no que diz respeito ao gerenciamento de infraestrutura, ela pode ajustar dinamicamente e escalar a infraestrutura de nuvem, aumentando o número de servidores e *cluster* por partição, para atender as diferentes necessidades. Também pode centralizar e administrar todas as infraestruturas virtualmente e fisicamente distribuídas, além de possibilitar a criação de outras com recursos heterogêneos do *Data Center* e garantir a utilização dos recursos de forma mais eficiente, reduzindo o número de recursos físicos através da integração de servidores. Em relação ao usuário, a OpenNebula é escalável e pode responder rapidamente a necessidade do mesmo. No que diz respeito à integração de sistema, os usuários podem utilizar qualquer tipo de nuvem e integrar o centro de dados virtuais (Junjie *et. al.*, 2010).

2.9 COMPUTAÇÃO EM NUVEM MÓVEL

Computação em nuvem móvel, tradução do termo em inglês, *Mobile Cloud Computing*, é uma combinação de tecnologias de diversas áreas, como computação móvel, computação em nuvem e infraestrutura de comunicação sem fio, dentre outras. Surgiu com o objetivo de diminuir as limitações dos dispositivos móveis em termos de desempenho e consumo de energia.

Nos últimos anos o avanço de *hardware* dos dispositivos móveis tais como *smartphones*, PDAs, *tablets* e outros, resultou na popularização dos mesmos. Estes dispositivos passaram a suportar uma ampla gama de aplicações tais como jogos,

processamento de imagens, processamento de vídeos, comércio eletrônico e acesso a redes sociais (por exemplo: *Facebook*, *Twitter* e outras). Contudo estes aplicativos apresentam certo grau de complexidade que exige uma demanda elevada de recursos computacionais e energia. Os avanços em *hardware* dos dispositivos e a vida útil da bateria não têm sido suficientes para responder as exigências computacionais destes aplicativos. Khan *et. al.*, (2014) argumentam que para fazer a energia dos *smartphones* eficientes e computacionalmente capazes, grandes mudanças de *hardware* e *software* são necessárias. Para isso os desenvolvedores e fabricantes de *hardware* precisam trabalhar em conjunto e que devido às restrições, somente mudanças de *hardware* pode não ser suficiente para permitir que *smartphones* alcance o verdadeiro poder computacional.

Neste cenário de popularidade dos dispositivos móveis inteligentes com necessidade de cada vez mais recursos computacionais que a *Mobile Cloud Computing* (MCC) surgiu com objetivo de aumentar a capacidade de processamento / armazenamento e reduzir o consumo de energia durante a execução de trabalhos de computação intensiva (Khan *et. al.*, 2013). Para alcançar estes objetivos os usuários móveis descarregam parte do processamento e o armazenamento na nuvem através da técnica conhecida na literatura como *offloading*. Esta técnica consiste na migração do processamento e/ou armazenamento de dados dos dispositivos móveis para a infraestrutura da nuvem que possui maior capacidade computacional e de armazenamento (COSTA *et. al.*, 2014). Segundo Verbelen *et. al.* (2012, *apud* Costa, 2014), o *offloading* pode ser executado em máquinas virtuais de nuvem pública ou em máquinas que estão na mesma rede local dos dispositivos móveis, técnica conhecida de *cloudlet*.

Bahtovski e Gusev (2014) definem *Cloudlet* como um conjunto de computadores ricos em recursos confiáveis que estão conectados com a Internet e disponíveis para o uso por dispositivos móveis que estejam próximos. São pequenas nuvens que não necessitam de uma infraestrutura fixa próxima do ponto de acesso sem fio, pelo contrário, podem ser formadas de maneira dinâmica pelos dispositivos da mesma rede LAN sem fio com os recursos disponíveis.

Na literatura de MCC ainda não existe uma conceituação oficial de *Mobile Cloud Computing*. Diversos autores apresentam definições diferentes, mas que apresentam em comum o uso da computação em nuvem e os dispositivos móveis e as redes sem fio.

Sanaei *et. al.*, (2014, pg. 2) apresenta a seguinte definição.

Uma rica tecnologia de computação móvel que utiliza recursos elásticos unificados de nuvens variadas e tecnologias de rede para com funcionalidade irrestrita, armazenamento e mobilidade para atender a uma grande variedade de dispositivos móveis em qualquer lugar, a qualquer hora através do canal de Ethernet ou Internet independente de ambientes heterogêneos e plataformas com base no princípio de *pay-as you-use*.

Outra definição para computação em nuvem móvel é proposta por Khan *et. al.*, (2014).

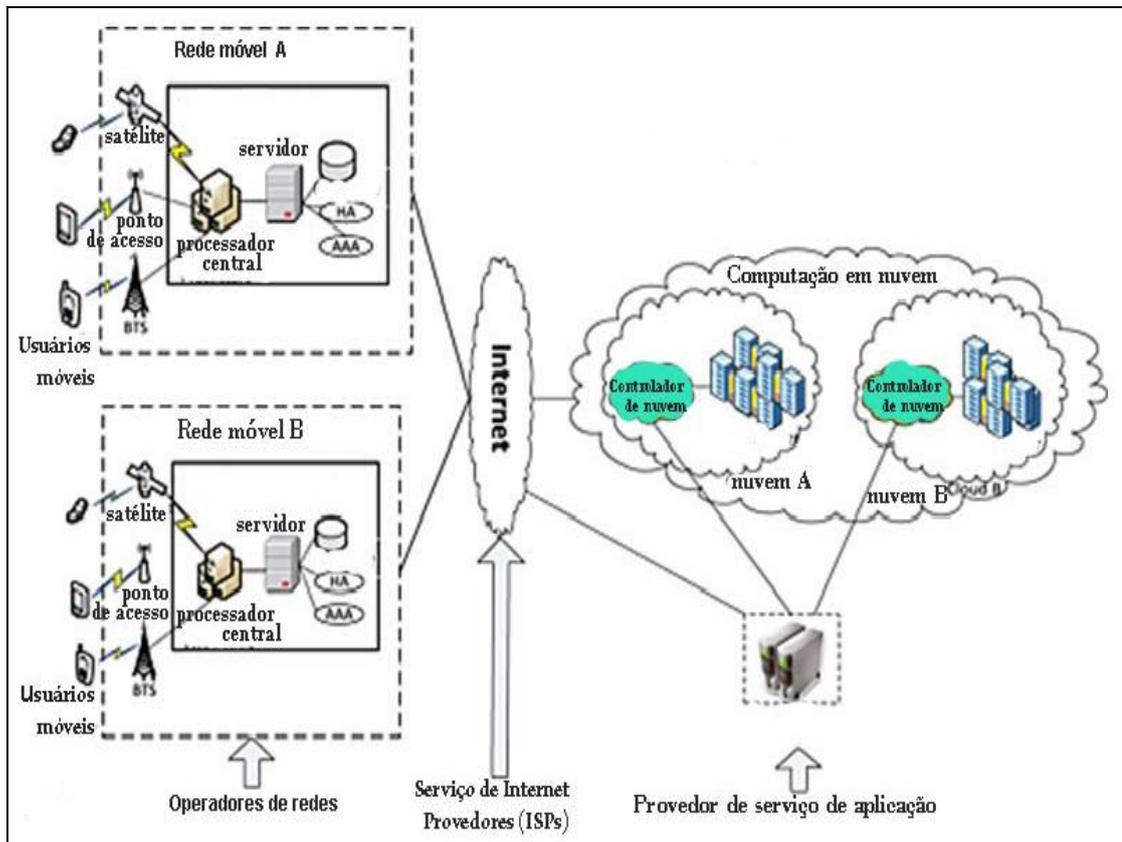
Computação em nuvem móvel pode ser definida como uma integração de tecnologia de computação em nuvem com dispositivos móveis para tornar os dispositivos móveis completos de recursos em termos de poder computacional, memória, armazenamento, energia e consciência de contexto.

2.9.1 Arquiteturas de Computação em Nuvem Móvel

Na literatura são encontradas varias arquiteturas de MCC, abaixo são mostradas algumas destas arquiteturas, nas quais os dispositivos móveis estão conectados às redes móveis através de estação base (por exemplo, *Base Transceiver Station* – BTS, pontos de acesso ou satélites).

Dinh *et. al.*, (2013) propuseram a arquitetura geral de MCC, mostrada na Figura 11:

Figura 11 - Arquitetura geral de computação em nuvem móvel.



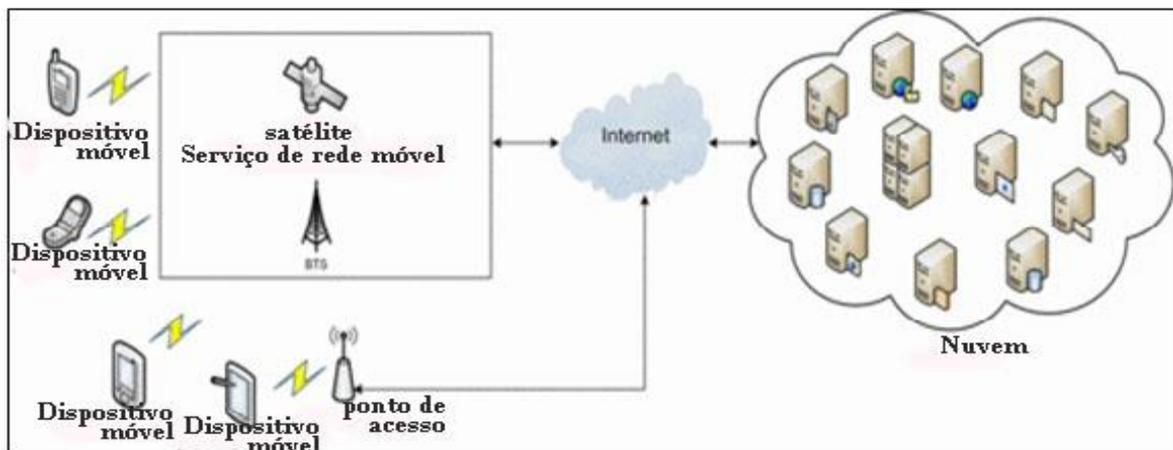
Fonte: Dinh *et. al.*, (2013).

Nesta arquitetura os dispositivos móveis estão conectados às redes móveis de estação base que estabelecem e controlam as conexões e interfaces funcionais entre as redes e os dispositivos móveis. As solicitações e informações dos usuários móveis (por exemplo, identificação e localização) são transmitidas para os processadores centrais que estão ligados aos servidores que prestam serviços de rede móvel. Neste ponto, os operadores de rede móvel podem prover serviços para usuários móveis tais como: autenticação, autorização e contabilidade, com base nos dados dos assinantes armazenados no banco de dados. A partir deste ponto, os pedidos dos assinantes são entregues a uma nuvem através da Internet. Na nuvem, os controladores de nuvem são responsáveis pelo processamento das solicitações para fornecer aos usuários móveis os serviços solicitados que podem ser: servidores, web, aplicativos, banco de dados etc.

Khan *et. al.*, (2014) propôs a arquitetura mostrada na Figura 12, onde a rede móvel é representada pelas operadoras de telecomunicações. Os dispositivos móveis tais como: *smartphones*, *tablets* e PDAs são conectados em uma rede móvel através de Estação Base

(BS) ou por meio de um *link* de satélite ou BTS. Porém, se os dispositivos móveis não são equipados com modulo de comunicação via satélite, os dispositivos de comunicação por satélites externos são utilizados. As redes de telecomunicações ficam mais conectadas com a Internet, conseqüentemente fornecem mais conectividade para os usuários. Logo, se os usuários têm conectividade com a rede móvel, eles podem acessar serviços de Internet.

Figura 12 - Arquitetura de nuvem móvel.

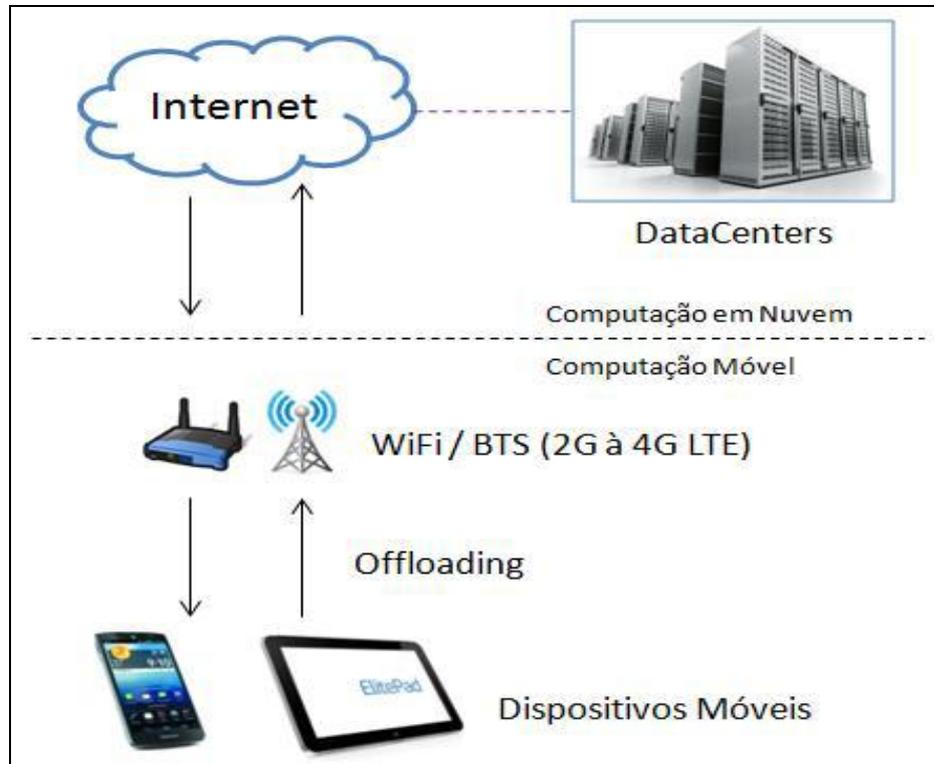


Fonte: (Adaptado, Khan *et. al.*, 2014).

A Figura 12 mostra a interação dos dispositivos moveis com a nuvem, onde os usuários conectam-se com o ponto de acesso através de rede *Wi-Fi* que está ligada ao fornecedor de serviços de Internet que fornece conectividade com a Internet para os usuários. Os usuários de nuvens móveis podem acessar serviços em nuvem sem utilizar os serviços de telecomunicações, permitindo o tráfego de dados. As conexões baseadas em *Wi-Fi* oferecem baixa latência e consomem uma quantidade menor de energia em comparação com conexões 3G. Conseqüentemente os usuários de nuvem móvel, sempre que disponível, preferem usar as conexões de Internet *Wi-Fi*.

Costa (2014) aborda na sua pesquisa, que a arquitetura de MCC converge sempre para dois componentes principais: computação em nuvem e computação móvel. E que embora cada autor apresente arquiteturas com perspectivas diferentes elas sempre apresentaram estes dois componentes ver Figura 13.

Figura 13 - Arquitetura Geral de Mobile Cloud Computing.



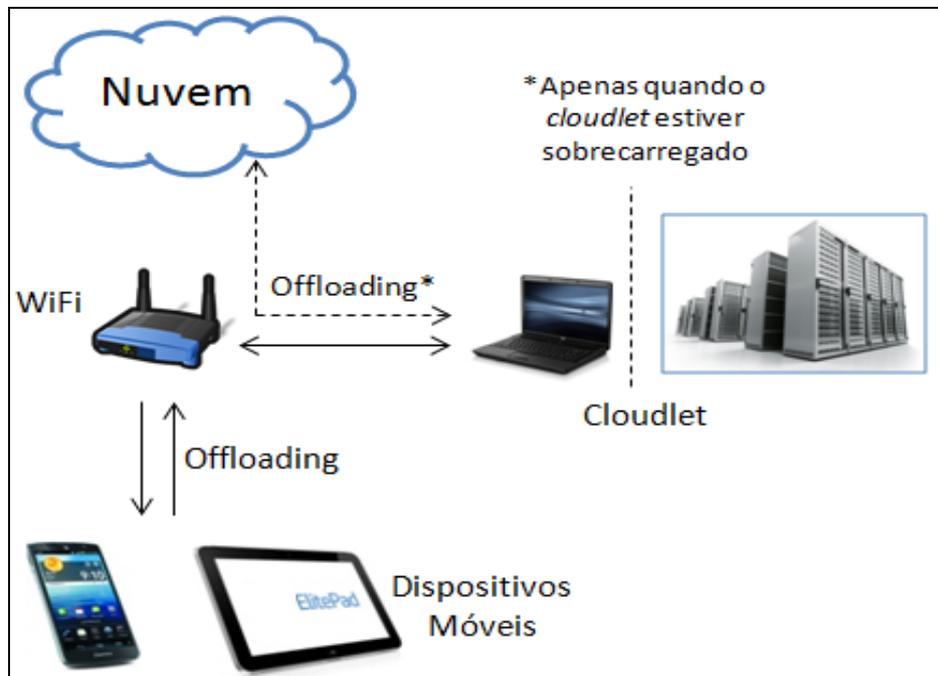
Fonte: Costa (2014).

A Figura 13 mostra a interação dos componentes que fazem parte da arquitetura geral de MCC. Nesta os dispositivos interagem com os serviços de *offloading*, que estão disponíveis em uma nuvem pública e são conectados através de conexão *Wi-Fi (Access Point)*, ou via estação de rádio base (BTS) que utiliza algumas tecnologias de Internet móvel, tais como 2G até 4G LTE (COSTA, 2014).

Costa (2014) faz uma abordagem do modelo arquitetural da *cloudlet*, ele discute sobre os objetivos de *cloudlet* que é trazer os serviços de *offloading* para serem executados em máquinas locais, ao invés de utilizar nuvem pública para este fim. As máquinas locais podem ser desde *notebooks* até servidores que estejam na mesma rede local. E as máquinas que compõem um *cloudlet* devem ser proporcionais a sua utilidade. Por exemplo, se for para uso pessoal, máquina do porte de *notebook* ou computador de mesa, talvez seja o suficiente para servir de *cloudlet*. No entanto, em ambientes maiores como em *shopping centers* ou aeroportos, é necessário que a *cloudlet* seja composta por uma infraestrutura computacional

com capacidade para suportar as demandas dos usuários. A Figura 14 apresenta o modelo arquitetural da *cloudlet*.

Figura 14 - Modelo arquitetural da Cloudlet.



Fonte: Fernando *et. al.*, (2013 *apud* Costa 2014).

Neste modelo os dispositivos móveis fazem uso de rede *Wi-Fi*, uma vez que estas, geralmente apresentam velocidades maiores e menores latência por serem menos congestionadas do que as redes de Internet móvel. Consequentemente, a *cloudlet* consegue entregar um serviço de melhor qualidade do que o proposto pela arquitetura geral de MCC, que faz uso da infraestrutura de Internet para interagir com os serviços de *offloading*. Este modelo arquitetural tem a capacidade de estender os recursos computacionais de um *cloudlet* para a nuvem pública em casos de sobrecarga.

2.9.2 Aplicações de computação em nuvem móvel

A popularidade da computação móvel proporcionou o desenvolvimento de muitas aplicações para celulares, *smartphones* e *tablets*. No entanto, estes dispositivos não dispõem de recursos computacionais para todas estas aplicações que acabam exigindo mais poder de processamento, armazenamento e bateria dos referidos dispositivos. As aplicações de computação móvel na nuvem é uma alternativa encontrada para tentar melhorar o uso da

computação móvel. Sendo aplicada em varias áreas, em algumas elas são mais bem aproveitadas trazendo algumas vantagens, são elas:

- a) **M-learning:** A educação móvel pode ser usada para melhorar e aumentar a colaboração, disponibilidade e escalabilidade dos alunos. Nos sistemas de educação móvel geralmente incluem diversos tipos de recursos multimídia como: áudio, imagem, vídeo, etc. (KARADIMCE e DAVCEV, 2012). Com a *M-learning* os alunos e professores podem utilizar o enorme banco de dados que a computação móvel pode oferecer, portanto, não há necessidade dos dados pesquisados estarem no dispositivo e na nuvem sendo acessados somente quando solicitados pelo usuário.
- b) **M-Commerce:** é um modelo de aplicação para o comércio através de dispositivos móveis. Ele fornece os recursos do comércio eletrônico por meio de dispositivos moveis usando tecnologia sem fio. *M-commerce* é dividida em três categorias: finanças, compras e publicidade. Com o comércio móvel, bancos e outras instituições financeiras permitem que seus usuários acessem suas contas e obtenham informações de saldo, transações como compras, pagamento de contas etc. (PRIYANKA, 2013).
- c) **Aplicações médicas:** as aplicações móveis em nuvem na saúde podem proporcionar muitas vantagens com a transmissão de dados, acesso rápido e simples de dados, resultando no melhor atendimento aos pacientes. Permitindo que os pacientes sejam monitorados em qualquer momento em qualquer lugar que tenha acesso a rede sem fio. Dispositivos móveis podem detectar pulsação e pressão arterial e enviar para o servidor de dados, que por sua vez envia alerta para sistemas de emergência. Com uso deste recurso pacientes e/ou instituições de saúde pode ter acesso a dados médicos atuais e passados dos pacientes com muito mais facilidade e rapidez.
- d) **M-gaming:** O desenvolvimento de jogos eletrônicos tem aumentado nos últimos anos, principalmente os jogos para as plataformas dos dispositivos móveis. O problema é que estas aplicações exigem alto poder de processamento e recursos gráficos dos dispositivos móveis. Alternativamente a computação em nuvem móvel está sendo usada para superar estes desafios.

*Cloud Gaming*⁵ explora a tecnologia de computação em nuvem no que diz respeito ao armazenamento, execução e distribuição de jogos eletrônicos. Permite que o jogo seja processado na nuvem e que apenas um fluxo contínuo de sinais de vídeo e som (*streaming*) seja enviado para o dispositivo do usuário via internet, eliminando a necessidade de dispositivos com recursos computacionais avançados.

2.9.3 Vantagens da Nuvem Móvel

Computação em nuvem móvel fornece aos usuários uma maneira conveniente e rápida de acessar os recursos computacionais através da rede, estes por sua vez costumam serem insuficientes na computação móvel. A computação em nuvem móvel integra a computação em nuvem para o ambiente móvel para superar tais obstáculos relacionados ao desempenho como: duração da bateria, armazenamento e largura de banda (DINH *et. al.*, 2013).

Dinh *et. al.*, (2013), apresentam em um de seus artigos as vantagens descritas abaixo.

- a) **Aumentar a vida útil da bateria:** um dos principais problemas dos dispositivos móveis é a pouca capacidade da bateria. A técnica utilizada para reduzir o consumo de energia é *offloading*, que consiste em migrar grandes cálculos de processamento complexos dos dispositivos móveis com recursos limitados para a nuvem.
- b) **Capacidade de armazenamento de dados:** é característico dos dispositivos móveis possuírem pouco espaço de armazenamento. MCC possibilita aos usuários móveis armazenar e/ou acessar grandes volumes de dados na nuvem através da rede sem fio.
- c) **Confiabilidade:** Com o armazenamento de dados (fotos, vídeos, músicas, arquivos) na nuvem reduz o risco da perda de dados caso o dispositivo seja roubado ou perdido, pois estes são armazenados na nuvem e são feitos *backup* em vários servidores.
- d) **Escalabilidade:** A implantação de aplicações móveis podem ser realizadas e dimensionadas para atender as imprevisíveis demandas dos usuários através do provisionamento de recursos flexíveis.

⁵ Jogos em nuvem

TRABALHOS NA LITERATURA

Nos últimos anos a Computação em Nuvem tornou-se comum no meio acadêmico e empresarial, tornando-se tema recorrente de diversas pesquisas. Recentemente uma de suas variações - Computação em Nuvem Móvel - tem se destacado como uma tendência de pesquisas. Assim sendo, tanto computação em nuvem quanto computação em nuvem móvel tem despertado interesse nos mais diversos âmbitos de pesquisas, desde o acadêmico ao meio empresarial. Neste contexto, abaixo são descritos alguns trabalhos relacionados à Computação em nuvem e seus principais desafios.

3.1 COMPARATIVO

Uma taxonomia orientada a serviços de computação em nuvem, com foco na engenharia de serviços deste paradigma é apresentada por (Rimal e Choi, 2012). Eles realizaram uma abordagem estrutural dividindo os serviços em camadas, tais como a segurança como um serviço, tolerância a falhas como serviço e arquitetura como um serviço dentre outros. O principal objetivo do trabalho do Chimal e Choi foi identificar um amplo espectro taxonômico, visando uma melhor compreensão funcional da nuvem bem como arquitetural. Os autores realizaram um estudo comparativo entre os sistemas em nuvem baseado na taxonomia proposta. E por fim é descrito alguns desafios e oportunidades da computação em nuvem, tais como escalabilidade, disponibilidade, confiabilidade, segurança dentre outros. Assim como neste trabalho, o artigo dos autores identifica algumas organizações e grupos que estão trabalhando para estabelecer normas e padrões para nuvem.

Sleit *et. al.*, (2013) discutiram alguns desafios da computação em nuvem fazendo um comparativo entre as plataformas Amazon EC2 e Windows Azure. Os principais desafios abordados foram: a disponibilidade ou continuidade do serviço, dimensionamento de recursos, dados de exclusão, dados em *lock-in* e segurança de dados. No que se refere à disponibilidade a Amazon EC2 fornece recursos como zonas de disponibilidade, que consiste em disponibilizar mais de uma zona separadas geograficamente para garantir a disponibilidade dos serviços para os clientes. Com o Windows Azure os usuários podem executar seus aplicativos altamente disponíveis sem focar em infraestrutura específica. As bibliotecas estão disponíveis para varias linguagens de programação. No entanto, dentre os desafios citados, o de dados em *lock-in* pode ser considerados um dos mais relevantes, tendo em vista que a mudança de um provedor de nuvem para outro, ou até mesmo para o ambiente

in-house (em casa) não é tão fácil para os clientes. Ao final os autores recomendam que os clientes realizem um estudo profundo da computação em nuvem antes de migrar, sempre analisando o Acordo de Nível de Serviço, que abrange varias questões relativas aos serviços oferecidos.

Ogura (2011) no seu trabalho intitulado, Caracterização de Aplicação em Ambientes de Computação em Nuvem, apresenta uma lista com dez desafios da computação em nuvem dentre os quais: disponibilidade de serviços, dados em *lock-in*, gargalhos na transferência de arquivos dentre outros. O autor apenas cita os desafios de forma superficial sem se aprofundar muito em cada um deles, conseqüentemente não apresenta as possíveis soluções para superá-los. Diferentemente, nosso trabalho não se restringe apenas a citar os principais desafios, mas também em identificar as soluções já implementadas e os principais estudos que estão sendo feitos para propor soluções.

Subashini e Kavitha (2011) realizaram uma pesquisa sobre as questões de segurança em modelos de entrega de serviços de computação em nuvem, na qual eles identificaram alguns dos desafios relacionados com segurança de armazenamento de dados, segurança de transmissão de dados, segurança dos aplicativos e de segurança relacionados com os recursos de terceiros. No estudo dos autores foi abordada a questão de segurança nos três modelos de entrega de serviços; PaaS, SaaS e IaaS, em cada modelo possui um nível de segurança. O modelo IaaS fornece recursos de infraestrutura, além de ser a base dos outros dois modelos. O modelo PaaS e SaaS oferecem plataformas de aplicações e software como serviços respectivamente.

Em IaaS o desenvolvedor tem certo controle sobre a segurança, desde que não tenha nenhum falha de segurança no gerenciador de virtualização. De acordo com os autores, as máquinas virtuais são capazes de responder algumas questões de segurança que venham a surgir, mas ainda existem muitos problemas de segurança. No modelo de PaaS o usuário constrói suas aplicações em cima da plataforma, mas a questão da segurança abaixo do nível de aplicações é responsabilidade do provedor. Enquanto que em SaaS a responsabilidade pela segurança é do fornecedor que deve fazer todo o trabalho de manter vários usuários com acesso apenas dos seus dados e aplicações.

Como soluções para a questão da segurança Subashini e Kavitha mencionaram vários trabalhos de pesquisas em andamento na área de segurança na nuvem. E também vários

grupos e organizações interessadas em desenvolver soluções e normas de segurança para a nuvem. O artigo dos autores apresenta uma similaridade a este trabalho, quando aponta alguns estudos e grupos que estão buscando resolver a problemática da segurança, mas eles não apresentam nenhuma técnica implementada para resolver a questão da segurança.

Kilari e Sridaran (2012) realizaram uma pesquisa sobre ameaças de segurança para computação em nuvem, nesta, eles buscaram consolidar diversas ameaças de segurança que atinge os diferentes tipos de serviços em nuvem. A fim de auxiliar os usuários na escolha do melhor provedor de serviços em nuvem. Eles classificaram as principais ameaças de segurança em diferentes categorias, dentre estas estão: interfaces inseguras, dados de atividade de exclusão, as ameaças de virtualização, perda de dados ou de fuga, perfis de risco desconhecido, dentre outras. A limitação da pesquisa é que os autores apenas classificaram as ameaças, mas não indicaram nenhum método para resolvê-las e também não desenvolveram nenhum modelo para detectar e prevenir as ameaças apontadas. Diferente deste trabalho que mostra alguns métodos e propostas de sistemas para resolver a questão da segurança.

Mezgár e Rauschecker (2014) apresentam um estudo recente sobre o desafio da interoperabilidade e portabilidade para os futuros empreendimento baseados na Internet e mostram uma visão geral sobre a interoperabilidade e as principais questões reais de normalização. Apresentam os principais grupos de profissionais como, *Distributed Management Task Force (DMTF)*, *Cloud Computing Use Case Grupo de Discussão (CCUCDG)*, que desenvolveram arquiteturas de referência para a normalização de nuvens. A similitude do trabalho dos autores, Megazar e Ruschecker e este trabalho é que em ambos são abordados o desafio da interoperabilidade, no entanto, esta monografia não se limita apenas a esta questão.

Recentemente, há uma série de pesquisas publicadas abordando os conceitos, os desafios, oportunidades, aplicações e as arquiteturas da MCC (*Mobile Cloud Computing*). Por exemplo, Ruay-Shiung *et. al.*, (2013) discutem a computação em nuvem móvel em uma visão integrada com a computação móvel, computação em nuvem e computação em rede. Primeiramente os autores fazem uma abordagem sobre os conceitos, as características, vantagens e benefícios da MCC. Em seguida são apresentados os serviços da nuvem móvel em três gerações, a primeira geração aborda as nuvens móveis pessoais, a segunda geração a nuvem móvel é baseada em uma infraestrutura comum para os serviços oferecidos pela

nuvem móvel, na terceira geração é apresentado os serviços da nuvem móvel. Ao final os autores apresentam algumas questões e desafios da MCC. Assim como neste trabalho os autores também apresentam possíveis soluções para os desafios apresentados.

Fangming *et. al.*, (2013) publicaram uma pesquisa sobre computação em nuvem móvel. Na qual eles abordam principalmente o crescimento explosivo dos dispositivos móveis nos últimos anos e a preferências dos usuários de telefones celulares tradicionais e laptops, que passaram a preferir os *smartphones e tablets*. Mas estes novos dispositivos necessitam de uma capacidade maior de energia em relação aos celulares tradicionais, pois apresentam telas maiores, CPUs mais rápidas e por ser capaz de permitir uma gama maior de aplicações necessitam de mais armazenamento. É neste contexto que é introduzida a nuvem móvel, para resolver estas carências. Os autores abordam também o *offloading*, *Ad hoc* em nuvem móvel e os desafios e oportunidades da MCC. Este trabalho também aborda a questão do crescimento da utilização dos dispositivos moveis e da escassez de recursos, o que ocasionou o uso da nuvem para suprimir a demanda por recursos; o uso da técnica de *offloading* e também de *cloudlet*.

3. DESAFIOS DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Este capítulo apresenta alguns dos potenciais benefícios da computação em nuvem e os principais desafios enfrentados pelos provedores e consumidores deste paradigma.

Segundo Mahmood e Colina (2011), computação em nuvem é um paradigma atraente que promete vários benefícios que são inerentes às suas características. Alguns destes benefícios são:

- Otimização de investimento de capital da empresa, reduzindo os custos com a compra de *hardware* e *software*. O que resulta em economia de escala e operacional em TI.
- Possibilita a simplicidade e agilidade das operações e da utilização exigindo um menor tempo e esforço para provisionar recursos.
- Permite que pequenas empresas acessem serviços e recursos de TI que de outra forma estariam fora de seu alcance, o que acaba colocando as grandes organizações e empresas de pequeno porte em situações de igualdade.
- Fornece mecanismo para recuperação em caso de desastres e continuidade de negócios através de uma variedade de serviços de TI oferecidos pela nuvem.
- Velocidade e agilidade: com a infraestrutura tradicional, pode levar semanas ou meses para comprar, receber e colocar em operação um servidor. Tempo que acaba se tornando um obstáculo para a inovação; a computação em nuvem possibilita o provisionamento de recursos de acordo com a necessidade. É possível implementar centenas ou até mesmo milhares de servidores em questão de minutos. Nesse ambiente de autoatendimento a velocidade de desenvolvimento e implementação é alterada e permite que a equipe TI experimente com maior rapidez e frequência.

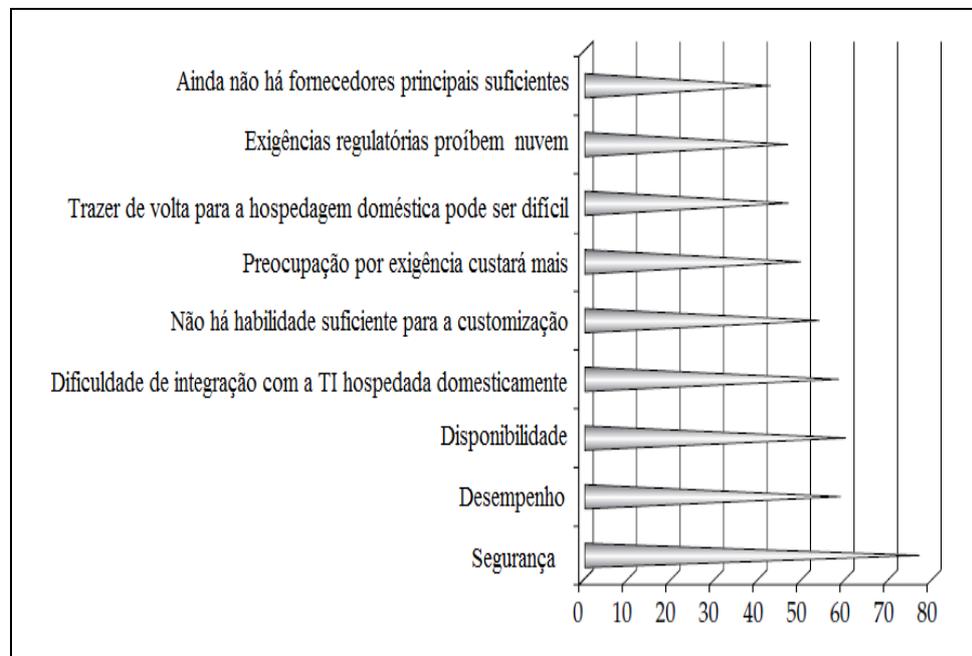
Além dos benefícios apresentados acima computação em nuvem promete: redução de custos, inovação, flexibilidade, escalabilidade e simplicidade.

4.1 SEGURANÇA

A adoção da computação em nuvem apresenta uma diversidade de benefícios. No entanto, os executivos de TI ainda não têm confiança nos provedores de nuvens a ponto de migrar dados críticos para nuvem. Segundo Hashizume *et. al.*, (2013), uma das barreiras mais significativas para a adoção é a segurança. Tendo em vista que a computação em nuvem representa um modelo relativamente novo de computação, onde há uma grande dose de incerteza sobre como a segurança em todos os níveis (níveis de rede, *host* de aplicativos e dados) pode ser alcançado e como a segurança é movida para aplicações de computação em nuvem.

Em uma pesquisa realizada pelo IDC (*International Data Corporation*) com 244 executivos de TI para identificar qual o aspecto mais inquietante quanto ao uso de serviços de computação em nuvens. O resultado da pesquisa mostra que 74,5% das pessoas entrevistadas estão mais preocupadas com a questão da segurança como mostra o gráfico 1 (VELTE *et. al.*, 2012).

Gráfico 1 - Resultado da pesquisa realizada pelo IDC.



Fonte: Velte *et. al.*, (2012).

Embora os fornecedores de serviços de computação em nuvem sejam reconhecidos pela segurança e confiabilidade de seus serviços, a implantação real dos serviços de

computação em nuvem não é tão segura e confiável como eles afirmam. Em 2009, aconteceram vários acidentes sucessivos com os principais fornecedores de nuvens; o *Simple Storage Service* (S3) da Amazon foi interrompida duas vezes em fevereiro e julho de 2009, o que resultou na paralisação de alguns sites de redes que dependiam de um único tipo de serviço de armazenamento; no mês de março deste mesmo ano as vulnerabilidades de segurança no Google Docs levaram a um sério vazamento de informações confidenciais dos usuários (DEYAN, 2012).

Organização sem fins lucrativos como *Cloud Security Alliance* (Aliança de Segurança em Nuvem - CSA), liderada por uma ampla coalizão de profissionais da indústria, empresas, associações e membros interessados, com a missão de promover a utilização das melhores práticas para a prestação de garantia de segurança dentro da nuvem. Desde a formalização da sua fundação a CSA não tem medido esforços para estabelecer as melhores práticas de utilização da nuvem com segurança. Em abril de 2009 foi publicada a primeira versão do Guia de Segurança para Áreas Críticas Focado em Computação em nuvem, em dezembro deste mesmo ano foi lançado à versão 2.1. E a mais recente é a versão é a 3.0, publicada em 2011, que estendeu o conteúdo incluindo versões anteriores com práticas, recomendações e requisitos que podem ser auditados (*Cloud Security Alliance*, 2014).

O foco principal do guia é discutir e analisar os possíveis riscos da computação em nuvem, com o intuito de aumentar o diálogo e o debate sobre os melhores modelos de gestão dos riscos corporativos e apresentar os principais desafios, bem como sugestões de soluções. O documento apresenta 13 domínios de segurança que estão divididos em duas grandes categorias: governança e de operações. Os domínios de governança versam as questões estratégicas e políticas dentro do ambiente de computação em nuvem, enquanto os domínios operacionais enfocam as preocupações de segurança mais táticas, como mostra as tabelas 2 e a tabela 3 respectivamente.

Tabela 2: Domínio de Governança

Domínio	Questões abordadas
Governança e Gestão de Riscos Corporativos	A capacidade de medir os riscos introduzidos pela Computação em Nuvem, tais como: questões legais, avaliar os riscos de um provedor de nuvem, proteção com dados sensíveis e sua relação com as fronteiras internacionais.
Aspectos legais	Problemas legais como: leis de divulgação, requisitos regulatórios e de privacidade.
Conformidade e auditoria	Questões relativas à forma como a computação em nuvem afeta o cumprimento das políticas internas.
Gestão do ciclo de vida da informação	Trata da perda do controle físico dos dados quando são movidos para a nuvem. E define de quem é a responsabilidade pela confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados.
Portabilidade e interoperabilidade	Capacidade de mudar de fornecedor ou trazer os dados de volta para as instalações locais sem grandes problemas.

Fonte: *Cloud Security Alliance* (2011).

Tabela 3: Domínios Operacionais.

Domínio	Questões abordadas
Segurança tradicional, continuidade de negócios e recuperação de desastres.	Discute e analisa os possíveis riscos da computação em nuvem, buscando aumentar o diálogo e os debates sobre as melhores práticas para a gestão de riscos.
Operações dos centros de dados	Avalia a arquitetura e a operação de um fornecedor de centro de dados. Ajuda o usuário identificar características essenciais para garantir a estabilidade em longo prazo.
Respostas a incidentes, notificação e correção.	É determinada políticas para lidar com incidentes.
Segurança de aplicação	Busca identificar os problemas em migrar ou projetar um aplicativo para ser executado na nuvem e qual a melhor plataforma a ser utilizada (SaaS, PaaS ou IaaS).
Gestão de criptografia de	Aborda a gestão de chaves escalável e das questões que surgem na utilização, tanto para proteger o acesso, bem

chaves	como para proteger os dados.
Gestão da identidade e do acesso	Gerenciamento de identidade para soluções nuvem, tanto de usuários bem como das organizações.
Virtualização	Aborda a questão dos riscos associados com a multilocação, isolamento de VMs e as vulnerabilidades no <i>hypervisor</i> .
Segurança como serviço	Mecanismo de segurança de terceiro, delegando a responsabilidade de segurança a um fornecedor confiável.

Fonte: *Cloud Security Alliance* (2011).

Além da CSA outras organizações como a *European Network and Information Security Agency* (ENISA) e o NIST estudam e buscam definir medidas de segurança para a computação em nuvem. A ENISA publicou um extenso estudo que abrange os benefícios e os riscos da utilização da computação em nuvem. O NIST publicou em 2011 uma taxonomia para a segurança na computação em nuvem que é dividida em quatro níveis que abordam questões em nível de consumidor, provedores de nuvens, acesso, orquestração de serviços dentre outros.

4.1.1 Projetos Para Segurança em Nuvem

Existem vários métodos e tecnologias que procuram garantir a proteção de dados dos usuários de nuvem, entre aqueles estão à tecnologia da criptografia para cifrar os dados antes do armazenamento, procedimentos de autenticação do usuário ou recuperação e construção de canais seguros para a transmissão de dados. Estes métodos de proteção geralmente exigem algoritmos de criptografia e técnicas de assinatura digital, conforme são descritos abaixo:

O uso da criptografia de dados incluem algoritmos de criptografia simétrica e assimétrica. A criptografia simétrica (chave privada) é uma forma de criptografia em que o processo de encriptação e desencriptação utiliza uma única chave tanto para cifrar quanto para decifrar os dados. Os principais algoritmos usados nesse método são: *Data Encryption Standard* (DES), *Advanced Encryption Standard* (AES) e 3-DES, dentre outros. Esse método tem como vantagem a não exigência de um alto poder de processamento o que a torna mais rápida, o problema é que como usa apenas uma chave, esta precisa ser transmitida pelo canal, o qual não é seguro (MOHAMMAD *et. al.*, 2013). A solução para o transporte seguro da

chave é através do estabelecimento de canais seguros. Esses são estabelecidos utilizando protocolo como *Secure Socket Layer* (SSL) e IPsec.

Na técnica da criptografia assimétrica (chave pública) são utilizadas duas chaves, uma pública e outra privada. Neste método o processo de encriptação é realizado com a chave pública e para decifração é usada a chave privada. O algoritmo mais utilizado é o *Rivest Shamir Adleman* (RSA). O problema da criptografia de chave assimétrica é que ela exige alto poder de processamento computacional, o que a torna 1000 vezes mais lenta do que a criptografia simétrica, desse modo é impraticável fazer a encriptação de grandes quantidades de dados usando apenas criptografia assimétrica. A vantagem é que ela é mais segura uma vez que a chave usada para decifração dos dados não é compartilhada (MOHAMMAD *et. al.*, 2013).

Os autores Zhao *et. al.*, (2014) propuseram um sistema de armazenamento em nuvem confiável, que permite ao usuário armazenar e acessar seus dados na nuvem de forma segura. O sistema consiste na criptografia e na descifração dos dados no lado do cliente, ele criptografa antes de fazer o *upload* e realiza a descifração depois do *download* da nuvem. Para realizar o processo de encriptação assim como, a decifração dos dados o usuário precisa de um par de chaves (uma pública e outra privada) que são criadas e certificadas pela unidade certificadora (CA, em inglês), que é um dos componentes da PKI (*Public Key Infrastructure*)⁶ infraestrutura de chaves públicas.

O sistema proposto pelos autores citados acima é interessante porque faz uso de Criptografia de Curva Elíptica (ECC em inglês), que foi proposto inicialmente pela Koblitz e Miller, em 1985 e que atualmente faz parte da criptografia moderna. O procedimento de PKI baseada em ECC é mais eficiente do que o baseado em RSA⁷ (*Rivest Shamir Adleman*), porque a chave é pequena, mas com a mesma eficiência. A segurança é garantida com

⁶ É um órgão que faz o gerenciamento de chaves públicas, são serviços de protocolos de aplicação utilizados para o gerenciamento de chaves públicas e certificados. A unidade certificadora (CA) cria o certificado e vincula a chave pública da entidade a entidade verificada. No Brasil a Infraestrutura de Chaves Públicas (ICP) foi instituída pela medida provisória de 2.200-2/2001, estabelece padrões de certificação digital para todos os órgãos da esfera federal.

⁷ Algoritmo de chave assimétrica, que se tornou quase um sinônimo de chave pública. Ele faz uso extensivo das operações aritméticas de módulo- n .

autenticação inicial do usuário na CA para garantir que o usuário possui a chave privada válida correspondente à chave pública. Com ECC a chave é de 160 bits e a chave em RSA é de 1024 bits, o que exige menor custo computacional uma vez que o principal cálculo efetuado em ECC é a multiplicação escalar, portanto requer o cálculo de custo menor do que o RSA, o qual utiliza operações de exponenciação modular e com 1024 bits, o que o torna mais dispendioso. Assim sendo, o custo da comunicação utilizando criptografia de curva elíptica também é reduzido devido ao uso de uma chave menor.

Hypervisor Cloud Intrusion Detection System (HCIDS), um novo tipo de sistemas de detecção de intrusão baseado em *hypervisor*, proposto por Nikolai e Yong (2014), para tratar alguns dos desafios que não são abordados pelos Sistemas de Detecção de Intrusão (IDS em inglês) tradicionais. O sistema proposto examina as métricas do sistema das instâncias de nuvem diretamente do *hypervisor* para detectar padrões de ataques. O sistema HCIDS difere dos demais IDS existentes porque não exige a instalação de software no computador *host* ou máquina virtual no ambiente nuvem virtualizado. Obrigar o usuário a instalar *software* adicional em suas instâncias pode ser um problema. Além disso, as métricas de desempenho são obtidas diretamente do *hypervisor* e não do sistema operacional.

O *Framework* proposto consiste em três componentes de alto nível: um nó controlador, nós de ponto final e um serviço de notificação. Onde o nó controlador é o responsável por analisar os dados de desempenho de cada máquina virtual no ambiente de computação em nuvem, tudo isso em tempo real. Os nós de ponto final recolhem os dados em cada máquina virtual em execução a partir do *hypervisor*, em seguida enviam esses dados para o nó controlador que realiza a análise dos mesmos. E por último, o serviço de notificação é o responsável de enviar notificação quando ataques são identificados.

As vantagens do sistema em relação a outros é que não necessita de conhecimento do sistema operacional subjacente ou de aplicativos executados nas instâncias de nuvem, porque os padrões de métricas de desempenho são examinados diretamente do *hypervisor*. Outro benefício é que as nuvens que usam sistemas de detecção de intrusão baseada em *hypervisor* podem usá-lo integrado com outros IDS existente e com outros sistemas de segurança e consequentemente complementar a segurança em ambientes nuvens. O que faltou ser abordado pelo sistema proposto foi às estatísticas para extrair padrões de ataque e abordagem para reduzir falso positivo.

4.2 ACORDOS DE NÍVEL DE SERVIÇO (SLA em Inglês)

Apesar dos consumidores de nuvem não deterem controle sobre recursos subjacente de computação, eles precisam de alguma forma garantir a qualidade, a disponibilidade, a confiabilidade e o desempenho dos recursos, uma vez que, realizada a migração de seus dados e aplicações para sua nuvem de confiança é de suma importância para eles obterem garantias dos provedores. Estas garantias são obtidas através de Acordo de Nível de Serviço (SLA); documento que é negociado entre os fornecedores e os consumidores (KILARI e SRIDARAN, 2012).

Acordo de nível de serviço é um contrato entre o provedor de serviços e um consumidor para determinar a qualidade de serviço (*Quality of Service* - QoS). O acordo pode ser alcançado através da assinatura de um contrato formal e juridicamente vinculativo. O SLA implica num acordo mútuo com relação à segurança, prioridades, responsabilidade, garantias e modalidade de faturamento. Além disso, especifica as métricas como disponibilidade, rendimento, tempo de resposta que deve ser garantido pelo fornecedor. As penalidades também precisam ser especificadas em caso de falha do cumprimento das métricas (BAUN *et. al.*, 2011).

A falta de padronização para expressão e negociação de condições não funcionais acaba sendo um risco e um desafio que precisa ser resolvido. Na perspectiva do provedor de serviços, oferecer ofertas de serviços personalizados, negociar individualmente com os clientes, e ainda transformar requisitos de negócios em provisionamento específicos demanda tempo e recursos valiosos. Sendo assim, percebe-se a necessidade de uma abordagem global de gestão de SLA que seja facilmente utilizada em diferentes cenários e domínios, sendo que as características de um SLA podem envolver vários domínios não funcionais como segurança, disponibilidade, desempenho, confiabilidade etc. (BORGES, 2013).

4.3 INTEROPERABILIDADE E PORTABILIDADE

Garantir a segurança dos dados e aplicativos em nuvem é um grande desafio, mas de acordo com especialistas do IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos), o maior desafio para a adoção de longo prazo de serviços de computação em nuvem não chega a ser a segurança e sim a interoperabilidade e portabilidade dos dados.

Com a popularidade da computação em nuvem têm surgido diversos provedores de serviços em nuvem. O problema é que cada provedor desenvolve suas próprias APIs para interagir com sua nuvem, conseqüentemente não existe interoperabilidade entre os serviços oferecidos em nuvem. Está faltando o desenvolvimento de aplicações de negócios que sejam interoperável e a padronização das interfaces. Logo a falta de interoperabilidade acaba prejudicando a adoção em grande escala da computação nuvem (MEZGÁR e RAUSCHECKER, 2014).

Ainda de acordo com Mezgár e Rauschecker (2014), a interoperabilidade preocupa-se com a comunicação entre os sistemas. Ela visa que a informação comunicada seja entendida pelo sistema de recepção. Na computação em nuvem significa escrever um código que funciona em mais de um provedor de nuvem ao mesmo tempo, independente das diferenças entre os provedores de serviços, para permitir que os usuários se comuniquem entre vários modelos de nuvem pública ou privada e em diferentes provedores.

De acordo com Rimal e Choi (2012), a interoperabilidade é a capacidade de comunicar-se entre vários fornecedores de nuvem e múltiplas plataformas. Existem muitos provedores de nuvens e cada um possui suas próprias APIs com diferentes requisitos (modelo de segurança, ferramentas e linguagens de desenvolvimento, modelos plataformas, modelo de governança, monitoramento etc.). A interoperabilidade entre nuvens é importante uma vez que permite a portabilidade dos aplicativos entre nuvens e possibilita ao usuário testar varias infraestrutura de nuvem antes de migrar aplicações críticas de negócio. Conseqüentemente se faz necessário o estabelecimento de modelos de APIs comuns em todo cenário em evolução da nuvem para tratar das questões operacionais, arquitetônicas e técnicas.

Com a portabilidade é possível executar componentes ou sistemas escritos para um ambiente em outro ambiente, o que inclui ambientes de software e *hardware*. Os usuários de nuvens demonstram interesse em mover seus dados ou aplicações em vários ambientes de nuvens, desde que seja com baixo custo e com o mínimo de interrupção (MEZGÁR e RAUSCHECKER, 2014).

Para tornar a interoperabilidade realidade entre os provedores de serviços em nuvem é necessário que aconteça a padronização das APIs utilizadas entre as partes que interagem, onde o controle e os dados provenientes do solicitante sejam convertidos em um formato comum e em seguida, enviados para o provedor e vice-versa. Faz-se necessário definir normas

para determinar as diretrizes que devem ser seguidas pelos fornecedores e/ou provedores de nuvem e desenvolvedores de APIs para permitir a interoperabilidade entre diversos recursos de nuvem (GOVINDARAJAN e LAKSHMANAN, 2010).

4.3.1 Projetos para Estabelecer Padrões

Diversos grupos e organizações estão trabalhando na definição e utilização de padrões abertos para lidar com o desafio da interoperabilidade em ambientes de computação em nuvem. A seguir, são apresentados alguns desses grupos e organizações.

A DMTF (*Distributed Management Task Force*)⁸ é uma organização que permite o gerenciamento eficaz de ambiente de TI. Ela é composta por varias empresas e membros líderes da indústria que colaboram no desenvolvimento, validação e promoção de padrões de gerenciamento de infraestrutura. O grupo abrange o mundo inteiro, com a participação de 160 empresas e organizações membros e com mais de 4.000 participantes ativos em mais de 43 países. DMTF tem vários grupos de trabalho entre eles; o Grupo de Trabalho de Gestão Nuvem (CMWG em inglês)⁹ que visa padronizar as interações entre os ambientes de nuvem. Este grupo trabalha no desenvolvimento de um conjunto de especificações normativas e implementações a fim de alcançar uma gestão interoperável de nuvens entre serviços solicitadores / desenvolvedores e provedores.

O foco principal do CMWG é a modelagem da gestão de serviços em nuvens e as operações e atributos de ciclo de vida dos serviços de nuvem. A finalidade desta atividade é a gestão de recursos de Infraestrutura como serviço (IaaS em inglês), incluindo: multi-nuvem, inter-nuvem, corretores de nuvens e nuvens híbridas. Os principais recursos a serem gerenciados são: computação (máquinas virtuais), armazenamento e redes. A gestão também abordará questões de restrições e políticas, (Acordos de Nível de Serviços - SLAs e Qualidade de Serviços – QoS) controle, configuração, provisionamento, monitoramento / informação e auditoria sobre esses recursos.

⁸ <http://www.dmtf.org/about>

⁹ <http://www.dmtf.org/standards/cmwg>

Open Virtualization Format (OVF) ¹⁰ lançado pelo DMTF descreve um formato portátil e eficiente para empacotamento e distribuição de software para ser executado em varias maquinas virtual. A portabilidade e interoperabilidade inerente do Formato Aberto de Virtualização OVF permite o crescimento do mercado de aplicações virtuais, assim como a virtualização como um todo. O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) ¹¹ criou dois grupos de trabalhos, o P2301 e P2302. O primeiro tem como objetivo criar um guia para ajudar os fornecedores de computação em nuvem e usuários, no desenvolvimento, construção e utilização de produtos e serviços de nuvem com base em padrões o que deve possibilitar uma maior portabilidade uniformização e interoperabilidade. O segundo busca permitir que um sistema de uma nuvem comunique-se com o sistema de outra.

Open Cloud Computing Interface (OCCI) ¹² é um protocolo e API para o gerenciamento de tarefas. Inicialmente criado para uma API de gerenciamento remoto para IaaS baseado em serviços, permitindo o desenvolvimento de ferramentas de interoperabilidade para tarefas comuns incluindo a implantação, dimensionamento autônomo e monitoramento. Este evoluiu para se tornar uma API flexível com foco na integridade, portabilidade, interoperabilidade e inovação. A sua versão atual é adequada para servir os outros modelos de computação em nuvem, além do IaaS, serve o PaaS e SaaS. O OCCI possui varias implementações tais como: *Erlang, CloudStack, Openstack, OpenNebula, compatibleOne, Rocci* etc. Todos tem implementações com referência no *Open Clou Computing Interface*.

Estes são alguns dos diversos grupos com iniciativas de normalização e criação de padrões para computação em nuvem, com a finalidade de estabelecer padrões para tornar os provedores de serviços em nuvens interoperáveis. Consequentemente diminuir o receio das empresas em adotar a computação em nuvem, uma vez que com a portabilidade e interoperabilidade os usuários poderão integrar seus processos e serviços para outros provedores com agilidade e sem grandes problemas.

¹⁰ <http://dmtf.org/standards/ovfwg>

¹¹ <http://standards.ieee.org/>

¹² <http://occi-wg.org/>

4.4 VENDOR LOCK-IN (DEPENDÊNCIA DE FORNECEDOR)

A heterogeneidade e a falta da interoperabilidade dos provedores de nuvens faz da migração de aplicações entre os fornecedores algo bastante desafiador. A falta de portabilidade é um dos principais causadores da dependência de fornecedor. E esta dependência pode causar muitos problemas e até mesmo prejuízos para usuários e desenvolvedores, uma vez que vinculado a um provedor não é possível mudar facilmente, mesmo que outro provedor ofereça serviços com preço mais acessíveis e até mesmo melhores (SILVA *et. al.*, 2013).

Hill e Humphrey (2010) propuseram algumas abordagens para resolver o problema da dependência de fornecedor:

- 1) Os desenvolvedores devem escolher apenas as APIs que tem múltiplas implementações independentes. Exemplo, um desenvolvedor encontrará menores preocupações com a Amazon EC2, uma vez que surgiu o Eucalyptus, Google AppEngine e AppScale, pois estas plataformas apresentam API equivalente a AWS e EC2. Mas a desvantagem desta abordagem é que, contando com varias implementações para manter a equivalência é arriscado, uma vez que uma API compartilhada é geralmente impulsionada pelo provedor de origem e pode haver períodos de inconsistência entre as implementações. Outro desafio é encontrar implementações da mesma API que são equivalentes em termos de escalabilidade, recursos, maturidade e suporte ao cliente. Exemplo disso é a plataforma Eucalyptus que implementa a API do EC2, mas não inclui serviços de armazenamento equivalente a todos os oferecidos pela Amazon.
- 2) Escolher API específica que pode ser executada em varias nuvens, sem necessariamente possuir varias implementações independentes. Exemplo é *MapReduce* e *Hadoop*. O problema das APIs específicas é que elas tendem a concentrar-se em um modelo de aplicativo particular, o que acaba não se adequando as exigências do desenvolvedor, sem contar que exige muito tempo do desenvolvedor para fazer as configurações, implantação e manutenção dos aplicativos, que são fornecidos em diferentes níveis de automação para o desenvolvedor de nuvem.

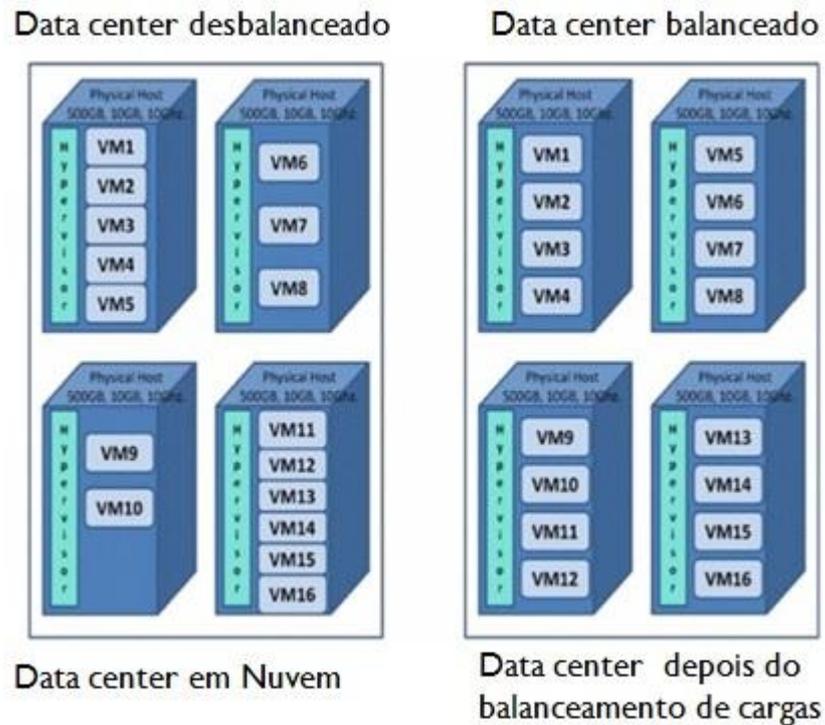
3) O desenvolvedor pode separar manualmente o aplicativo em uma camada de aplicação lógica e outra camada de nuvem com um código escrito para cada provedor de nuvem. Essa é a opção mais geral, mas requer tempo devido à complexidade para desenvolver as camadas e o mais importante; mantê-las ao longo do tempo quando as APIs subjacentes mudarem.

4.5 BALANCEAMENTO DE CARGAS

O balanceamento de cargas é um mecanismo que distribui a carga de trabalho dinâmico local e uniforme entre todos os nós da nuvem. O balanceamento de cargas permite evitar situação em que apenas alguns nós ficam mais carregados, enquanto outros estão ociosos ou fazendo pouco trabalho. Com isso alcança a satisfação do usuário e altas taxas de recursos, melhorando o desempenho de recursos e utilidade geral do sistema. Ele também garante que os recursos de computação sejam distribuídos de maneira eficiente e justa. No entanto, o balanceamento de carga é uma das áreas desafiadora da computação em nuvem (SREENIVA *et. al.*, 2014).

De acordo com Sahu *et. al.*, (2013) em um centro de dados pode haver várias máquinas *host* e cada máquina *host* pode apresentar carga diferente, as cargas são diferentes devido às máquinas virtuais serem criadas conforme a demanda do cliente. A carga de uma máquina *host* pode ser de vários tipos, como carga de CPU, carga de memória, armazenamento dentre outras. Se a carga de qualquer máquina *host* exceder sua capacidade, então isso afeta a sua eficiência. Situação como essa ocorre no centro de dados devido ao comportamento dinâmico de serviços de aplicativos em execução na máquina virtual da máquina *host*. Quando em execução, qualquer serviço de aplicativo cliente pode alterar seus recursos (CPU, RAM, armazenamento e largura de banda dentre outros), demanda o que ocasiona o desequilíbrio do sistema *host*. Quando isso ocorre, a técnica de balanceamento de carga pode ser usada para fazer a distribuição da carga de trabalho. A Figura 15 representa o balanceamento de carga.

Figura 15 - Balanceamento de cargas.



Fonte: (Adaptado. Sahu *et. al.*, 2013).

Para realizar o balanceamento de carga são usados algoritmos. Nuaimi *et. al.*, (2012) e Sreenivas *et. al.*, (2014) apresenta dois tipos de algoritmos, o algoritmo estático e o dinâmico. O estático divide o tráfego de forma equivalente entre os servidores com base na capacidade do nó para processar novos pedidos. O processo baseia-se apenas no conhecimento prévio da propriedade e capacidade dos nós. Embora eles possam usar o conhecimento do desempenho da comunicação anterior, os algoritmos estáticos não consideram mudanças dinâmicas em tempo de execução. Além de não se adaptar as alterações de carga durante o tempo de execução.

O algoritmo dinâmico por sua vez, considera os diferentes atributos de recursos dos nós e largura de banda da rede. Esses algoritmos dependem de uma combinação de conhecimento com base nas informações sobre os nós na nuvem, de tempo de execução e das propriedades coletadas com os nós selecionados para processar os componentes da tarefa. Estes tipos de algoritmos atribuem às tarefas e poderá realocar dinamicamente para os nós com base nos atributos coletados e calculados. No entanto, tais algoritmos requerem monitoramento constante dos nós e das tarefas.

4.6 QUESTÕES LEGAIS E POLÍTICAS

No mundo da computação em nuvem existe a questão da variabilidade em relação onde os dados físicos são armazenados e onde são processados e a partir de onde os dados são acessados. Dada essa variabilidade, diferentes regras e regulamentos de privacidade podem ser aplicados. Devido à diversidade de regras e regulamentos e pela política de definição, torna-se um elemento na adoção de computação em nuvem que é multijurisdicionais. Para a computação em nuvem evoluir continuamente como um modelo de serviço sem fronteiras e global, é essencial que ela seja separada da política (AVRAM, 2014).

Segundo Avram (2014), alguns dos principais personagens da tecnologia mundial, estão fazendo leis que podem ter impactos negativos sobre o desenvolvimento da nuvem global. Exemplo é caso do EUA, depois das revelações de Edward Snowden, o presidente daquele país, Barack Obama, pediu ao congresso que modifiquem o *Patriot Act*¹³ (Ato Patriota) que regulamenta a coleta de metadados pelo governo. E com isso o Canadá pediu para o governo não usar os computadores da rede global que está operando dentro das fronteiras dos EUA, temendo pela confidencialidade e privacidade dos dados dos canadenses armazenados nesses computadores.

Os provedores podem ser incapazes de garantir a localização exata dos dados de uma empresa e apontar o conjunto de servidores em um local especificado. No entanto, os fornecedores de serviços de computação em nuvem estão adotando medidas para lidar com esta questão. Exemplo, a AWS anunciou recentemente a *Amazon Virtual Private*; uma nuvem que permite que as empresas conectem a sua infraestrutura existente a um conjunto de recursos computacionais da AWS, de forma isolada através de conexão VPN (*virtual private networking*). Para atender os regulamentos da União Europeia a AWS passou a permitir que as empresas implante seu *SimpleDB* fisicamente dentro da região da União Europeia.

No Brasil, foi aprovada dia 22 de abril de 2014, a Lei 12.965/2014 (Marco Civil da Internet) uma espécie de constituição para o ambiente virtual, que estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da internet no Brasil e determina as diretrizes para

¹³ Ato do congresso norte americano sancionado em 2001, que tem como objetivo garantir a segurança nacional. Permitiu as agencias de inteligência governamental ter acesso ilimitado a comunicações entre indivíduos e instituições (via telefone, e-mail ou outros meios), vasculhar informações particulares, sem que fosse necessária ordem judicial previa, consentimento ou conhecimento do investigado.

atuação do governo em relação à matéria. Dentre seus princípios, três se destacam como seu alicerce: neutralidade da rede, o que marcou os primórdios da Internet estabelece que os responsáveis pela infraestrutura da rede e de seus serviços não podem discriminar conteúdos que nela circulam nem aplicar filtros que discriminem parâmetros como a identificação do usuário, origem e destino da transmissão, conteúdo transmitido, *software* e *hardware* adotados. A proteção da privacidade dos usuários garante que a remoção de conteúdo somente pode ser feita com ordem judicial, garantindo assim a liberdade de expressão (MARQUES e PINHEIRO, 2014; CASCÃO, 2014).

E como fica a computação em nuvem nessa história? O marco civil tem como tripé a neutralidade da rede, privacidade e liberdade de expressão, a tríplice da computação em nuvem seria: Acesso da rede via internet, arquitetura x86 e elasticidade. No entanto, com a aprovação do marco civil a neutralidade da rede será mantida o que vai garantir que não pode haver diferenciação na qualidade/velocidade do acesso em função do tipo de tráfego gerado ou da aplicação acessada. É sabido que computação em nuvem não existe sem internet, principalmente a nuvem pública. Se o acesso discriminasse perfis de tráfego ou aplicação os serviços de nuvem estariam comprometidos (CASCÃO, 2014).

4.7 DESAFIOS DA MOBILIDADE EM NUVEM

Assim como a computação em nuvem, a nuvem móvel também possui diversas desvantagens. Os pesquisadores diante dessas desvantagens tomaram-nas como desafios, desenvolvendo várias pesquisas para superá-los; Alizadeh (2013) apresenta alguns destes que são:

- a) **Qualidade das redes sem fio:** A qualidade das redes sem fio é influenciada por uma série de fatores, como a largura de banda disponível, latência entre os pontos de conexão e taxa de perda de pacotes, que sofre variação ao longo do dia, de acordo com a demanda dos usuários. As redes sem fio geralmente apresentam uma baixa largura de banda, intermitente e espaço de transmissão pouco confiável em comparação com as redes que estão ligadas.
- b) **Latência:** Está entre os principais desafios da MCC, pois as redes sem fio são caracterizadas por apresentar baixa largura de banda e intermitente, esses são os principais causadores de transmissões menos confiáveis em comparação com as redes com fio.

Estabelecer e manter conexão entre usuários MCC e nuvem em meio sem fio, composto por tecnologias de redes heterogêneas são questões críticas que inviabilizam o uso total do poder da computação em nuvem móvel. A latência tem impacto negativo sobre a eficiência energética e tempo de resposta das aplicações em nuvem móvel, por consumir recursos móveis e elevar atrasos de transmissão (SANA EI, 2014). Uma solução proposta é o uso de WLAN (*Wireless Local Area Network*) e não HSDPA (*High Speed Download Packet Access*) para operar as taxas complexas de transmissão usando sistemas de computação das proximidades, conhecido como “*cloudlet*” (ALIZADEH e HASSAN, 2013).

- c) **Disponibilidade de rede:** Computação em nuvem móvel precisa assegurar que existe conectividade com a Internet, rápida e contínua, para que o dispositivo móvel esteja sempre ligado à nuvem a partir de qualquer lugar e a qualquer hora em que o usuário precisar.
- d) **Mobilidade:** É o principal atributo dos *smartphones*, pois permite ao usuário continuar seu trabalho sem problemas independente dos seus movimentos. No entanto, com a mobilidade vem seus problemas inerentes, como escassez de recursos, energia finita e baixa conectividade. A necessidade de prover de forma transparente, imperceptível e ininterrupta o acesso aos ambientes remotos, que podem estar nas nuvens ou na mobilidade entre cloudlet, ainda é um desafio em aberto.
- e) **A heterogeneidade:** MCC é utilizada em redes altamente heterogêneas com base nas interfaces de rede sem fio. Diferentes dispositivos podem ligar para o ambiente de nuvem através de diferentes tecnologias sem fio, como por exemplo: WiMAX, GPRS, WLAN, CDMA2000 e WCDMA. O que pode ser um problema para a comunicação com a nuvem.
- f) **Offloading:** uma das principais características da computação em nuvem móvel está no descarregamento de processamento e armazenamento na nuvem, o que aumenta a vida da bateria e melhora o desempenho das aplicações. Porém nem sempre esta técnica pode ser considerada como eficaz para economizar energia e aumentar o desempenho dos dispositivos móveis; porque às vezes o gasto de energia com o envio de dados para a nuvem pode ser superior ao gasto que incluiria se o processamento fosse executado localmente, a solução é ponderar as duas opções para saber qual a mais vantajosa. Contudo o fato de comparar as duas também demanda energia.

g) **Segurança:** na computação em nuvem móvel a segurança precisa ser analisada a partir de duas perspectivas: do *smartphone* e da nuvem. Os *smartphones* devem está livres de códigos maliciosos como: vírus, cavalo de tróia e worms. Tendo em vista que códigos maliciosos são ameaças à segurança e podem mudar o comportamento de um aplicativo, o que pode acarretar no vazamento de dados e comprometer a privacidade ou até mesmo corromper os dados (KHAN, 2014).

São vários *malware* que tentam roubar informações pessoais ou interceptar transações móveis. Devido aos recursos limitados dos dispositivos móveis, os softwares antivírus executados localmente dificilmente podem protegê-los de ameaças de forma eficiente. A solução proposta é descarregar a funcionalidade de detecção de ameaças para a nuvem. No entanto, uma vez que o antivírus esta em nuvem, ele depende de recursos da nuvem e é difícil lidar com *malware* porque ele pode bloquear a ligação do dispositivo com a internet (LIU, 2013).

Outro fator importante para a segurança dos dados é a autenticação para permitir o acesso às informações confidenciais como: conta bancária e arquivos confidenciais, com a entrada de texto limitada dos dispositivos móveis os usuários tendem a usar senhas simples, tornando as aplicações móveis mais vulneráveis às ameaças de autenticação.

Zhu *et. al.*, (2013) propuseram o **SenSec**, protótipo de um aplicativo móvel que usa dados sensoriais passivos dos usuários para garantir a segurança dos aplicativos móveis. Constantemente o SenSec coleta dados sensórias de acelerômetros, giroscópios e magnetômetros e constrói o modelo de gesto de como o usuário usa o dispositivo. Uma vez que o modelo está construído, o SenSec avalia continuamente a firmeza de que o dispositivo móvel esta sendo usado pelo seu dono. Depois de alguns testes o aplicativo mostrou precisão de 75% na identificação dos usuários e precisão de 71,3% na detecção de não proprietários e com apenas 13,1% de falsos alarmes.

Garg e Sharm (2014) propuseram um mecanismo que usa o conceito de algoritmos RSA (*Rivest Shamir Adleman*), a função *Hash* juntamente com ferramentas de criptografia para proporcionar uma maior segurança dos dados armazenados na nuvem. O algoritmo RSA é um tipo de algoritmo de criptografia de chaves publicas muito utilizado. Ele é usado para troca de chaves, assinatura digital ou criptografia de pequenos blocos de dados. A função *Hash* realiza um resumo da mensagem, curto e fixo para cada mensagem. A segurança da

função *Hash* é garantida porque ela tem sentido único e resistente à colisão. No esquema proposto existe a participação de três participantes, os dados do proprietário (DO em inglês), Terceiro Auditor (TPA, em inglês) e o Provedor de Serviços na Nuvem (CSP, em inglês). O proprietário dos dados é a pessoa que utiliza os serviços de armazenamento fornecidos pelo provedor de serviços de nuvem, o TPA verifica a integridade dos dados armazenados em nuvem móvel e o CSP fornece os serviços de armazenamento para os usuários móveis.

No esquema proposto o proprietário dos dados tem duas chaves, uma privada que é conhecida somente pelo seu dono e outra pública. Para garantir a segurança e a integridade da mensagem esta é criptografada duas vezes, em primeiro lugar, pela chave privada do DO e em segundo lugar por chave pública de TPA. Portanto, a confidencialidade dos dados do usuário móvel é garantida. O TPA utiliza o algoritmo de criptografia *Data Encryption Standart* (DES), um tipo de cifra de bloco de chaves simétricas com tamanho de bloco de 64 bits e chave de 56 bits, neste caso uma única chave é usada para criptografia, assim como para descriptografia. O TPA executa o algoritmo DES no arquivo antes de enviá-lo para a nuvem, o que garante mais segurança para os dados dos usuários móveis.

4. DISCUSSÃO

A computação em nuvem apresenta muitos desafios, mas estes não superam a quantidade de pontos positivos que a mesma pode oferecer para os negócios, as pessoas e as organizações. São pontos positivos tais como agilidade, flexibilidade, pagamento por demanda, inovação que motiva vários pesquisadores a buscar entender e procurar propor soluções para os desafios deste novo paradigma.

Neste trabalho buscou-se realizar um estudo bibliográfico relacionado com o tema - Os Desafios da Computação em Nuvem. Com o objetivo de produzir um documento técnico que abordasse não apenas as principais vantagens associada ao tema. Mas também os principais desafios da atualidade e para estes procurou-se realizar uma análise e apresentar as principais soluções já implementadas. Além de identificar os desafios, também foi pesquisado o que existe de novas tecnologias. Dentre estas foi abordado a Computação em Nuvem móvel, que tem como base a computação em nuvem e as redes sem fio. Igualmente a sua precursora, a computação em nuvem móvel apresenta vantagens e desafios que precisam de soluções.

Dentre os principais desafios está à questão da segurança, que é considerada uma das principais barreiras que impede a adoção em massa da computação em nuvem. Os gestores de TI ainda não confiam o bastante nos provedores de serviços em nuvem a ponto de migrar todos seus dados e aplicações para nuvem. Geralmente eles migram os serviços menos críticos como e-mail, hospedagem de sites e os serviços críticos a preferência é em deixá-los dentro da organização.

Com o desenvolvimento do trabalho foi possível identificar que a questão da segurança ainda é o principal desafio. Mas já foram implementados vários métodos e técnicas para tentar contornar esta situação, a exemplo é o uso da criptografia simétrica e assimétrica que permite cifrar os dados antes do envio para a nuvem. Outro método é a utilização de sistemas de detecção de intrusão (IDS em inglês) que tem como objetivo melhorar a segurança em uma rede de computadores. No trabalho foi apresentado o HCIDS um sistema de detecção de intrusão que examina as métricas do sistema das instâncias de nuvem diretamente do *hypervisor* para detectar padrões de ataques.

Outra questão discutida que é bastante desafiadora é a interoperabilidade e portabilidade, considerada por muitos como o principal desafio da computação em nuvem. Por causa das diferenças existentes entre os provedores de serviços em nuvem. Diferença de APIs, aplicações dentre outras. Para superar o desafio da interoperabilidade é necessário o estabelecimento de padrões abertos; neste sentido foram apresentados vários grupos de pesquisas que buscam estabelecer a padronização da computação em nuvem. Mas muitos provedores de serviços em nuvem não defendem a interoperabilidade, por questões de competitividade dos negócios eles acreditam que com a interoperabilidade poderá acontecer uma grande rotatividade dos usuários entre os provedores de serviços.

Contudo tanto a computação em nuvem como a computação em nuvem móvel, está sendo bastante utilizadas atualmente. Cada vez mais as empresas e as pessoas aderem a este paradigma que no início era vista por alguns apenas como um *hipe* que logo iria passar. No entanto, não foi isso que aconteceu. Atualmente as empresas vêm aderindo cada vez mais, embora seja em uma pequena escala. A expectativa é que o futuro da computação seja a nuvem. Logo os estudantes, pesquisadores, profissionais de TI e as empresas precisam estudar e procurar entender como a nuvem funciona para não ficarem fora deste novo modelo que veio para revolucionar a Tecnologia da Informação.

REFERENCIAS

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10520.** Informação e documentação: citações: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.** Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ALECRIM, Emerso. “**O que é Cloud Computing (Computação em Nuvens)?**” InfoWester. Atualizado em 10/01/2013. Disponível em: <<http://www.infowester.com/cloudcomputing.php>> Acesso em: 27 out. 2013.

_____. “**Cluster: conceitos e características?**” InfoWester. Atualizado em 22/03/2013. Disponível em: <<http://www.infowester.com/cluster.php>> Acesso em: 08 jul. 2014.

ALIZADEH, M., and HASSAN, W.H.. “**Challenges and Opportunities of Mobile Cloud Computing.**” In *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2013 9th International*, 660–66, 2013. doi:10.1109/IWCMC.2013.6583636.

AMAZON, Disponível em: <http://aws.amazon.com/pt/choosing-a-cloud-platform/?nc2=h_12_cc.> Acesso em: 23 de ago. 2014.

ARAÚJO, J. D. **Um Modelo de Detecção de Intrusão para Ambientes de Computação em Nuvem.** 2013. 120 f. Dissertação de (Mestrado) Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2013.

AVRAM, M. G. “**Advantages and Challenges of Adopting Cloud Computing from an Enterprise Perspective.**” *Procedia Technology* 12, no. 0 (2014): 529 – 534. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.525>.

BAHTOVSKI, Aleksandar e GUSEV, Marjan; **Cloudlet Challenges**, *Procedia Engineering*, v. 69, 2014, pg. 704-711. Jan/mai, 2014. Disponível em: <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814002914> Acesso em: 08 de mai. 2014

BAUN, Christian, MARCEL Kunze, Jens Nimis, and Stefan Tai. “**Cloud Management.**” In *Cloud Computing*, 39–48. Springer Berlin Heidelberg, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20917-8_5> Acesso em: 23 de ago de 2014.

BORGES, Helder Pereira. **Gernu: uma Abordagem para Aquisição de Serviços em Nuvem Baseado Nos Requisitos do Usuário, Criação Dinâmica dos Serviços e Definição de Atributo de Qualidade.** 2013. 175 f. Tese (doutorado) Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <www.mdcc.ufc.br/teses/doc_download/212-016helder-pereira-borges> Acesso em: 25 de mai. de 2014.

BUYYA, R.; CHEE Shin Yeo; VENUGOPAL, S., "Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities," *High Performance Computing and Communications*, 2008. *HPCC '08. 10th IEEE International Conference on*, vol., no., pp.5,13, 25-27 Sept. 2008 doi: 10.1109/HPCC.2008.172

BUYYA, Rajkumar, CHEE Shin Yeo, Srikumar Venugopal, James Broberg, and Ivona Brandic. "Cloud Computing and Emerging {IT} Platforms: Vision, Hype, and Reality for Delivering Computing as the 5th Utility." *Future Generation Computer Systems* 25, no. 6 (2009): 599 – 616. doi:http://dx.doi.org/10.1016

CALHEIROS, Rn, RANJAN, R., BELOGLAZOV, A., De Rose, CAF and Buyya, R. (2011), **CloudSim**: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms.

CALHEIROS, Rodrigo N., VECCHIOLA, Christian, KARUNAMOORTHY, Dileban, e BUYYA, Rajkumar. "The Aneka Platform and QoS-Driven Resource Provisioning for Elastic Applications on Hybrid Clouds." *Future Generation Computer Systems* 28, no. 6 (2012): 861 – 870. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2011.07.005.

CASCÃO, Mauricio. **Marco Civil e Computação em Nuvem**. Disponível em: < <http://cio.com.br/opiniaio/2014/04/25/marco-civil-e-a-computacao-em-nuvem/>> Acesso em 19 de ago. de 2014.

CHANG, Ruay-Shiung, J. GAO, V. GRUHN, Jingsha He, G. ROUSSOS, and Wei-Tek Tsai. "Mobile Cloud Computing Research - Issues, Challenges and Needs." In *2013 IEEE 7th International Symposium on Service Oriented System Engineering (SOSE)*, pg. 442–453, mar, 2013.

CHAVES, Sidney. **A Questão dos Riscos em Ambientes de Computação em Nuvem**. São Paulo, 2011. Dissertação (Mestre em Administração) – Universidade de São Paulo. Disponível em< <http://www.teses.usp.br> > Acesso em: 20 set. 2013.

CHEE, Brian J.S.; FRANKLIN Jr., Curtis. **Cloud Computing – Computação em Nuvem Tecnologias e Estratégias Ubíquo**. , São Paulo. M. Books do Brasil Editora Ltda.

COGO, Gabriel Silva. **Análise da Intenção de Adoção da Computação em Nuvem por Profissionais da Área de TI**. Porto Alegre, 2013. Dissertação (Mestre em Administração) Universidade de Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/78039> >. Acesso em: 25 out. 2013.

COSTA, B.P. et. al. **Uma Análise do Impacto da Qualidade da Internet Móvel na Utilização de Cloudlets**. In: Simpósio Brasileiro de Computadores e Sistemas Distribuídos – SBRC, 32. 2014, Florianópolis.

COSTA, Philipp Bernardinho. **Uma Abordagem para Offloading em Múltiplas Plataformas Móveis**. Ceará, 2014. Dissertação (Mestre em Ciência da Computação) Universidade Federal do Ceará.

Cloud security Alliance. **Security Guidance For Critical Areas Of Focus in Cloud Computing V3.0**. Disponível em: <<https://downloads.cloudsecurityalliance.org/initiatives/guidance/csaguide.v3.0.pdf>> Acesso em: 23 jun 2014.

DEYAN Chen; HONG Zhao, "**Data Security and Privacy Protection Issues in Cloud Computing**," *Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE), 2012 International Conference on*, vol.1, no., pp.647,651, 23-25 March 2012 doi: 10.1109/ICCSEE.2012.193

DINH, Hoang T., CHONHO Lee, DUSIT Niyato, and PING Wang. "**A Survey of Mobile Cloud Computing: Architecture, Applications, and Approaches**." *Wireless Communications & Mobile Computing* v. 13, nº 18 pg. 1587-1611, dez. 2013. Disponível em:< <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/49406> > Acesso em: 25 out. 2013.

EUCALYPTUS, **Software Open Source Private Cloud**, 2014. Disponível em: <www.eucalyptus.com/eucalyptus-cloud/iaas> Acesso em: 09 abr. 2014.

FANGMING Liu; Peng Shu; Hai Jin; Linjie Ding; Jie Yu; Di Niu; Bo Li, "**Dispositivos móveis Engrenagem poucos recursos com nuvens poderosas: arquiteturas, desafios e aplicações**", *comunicações sem fio, IEEE*, vol.20, no.3, pp.14,22, junho 2013 doi: 10,1109 / MWC.2013.6549279.

GAO, J.; XIAOYING Bai; Wei-Tek Tsai; Uehara, T., "**Testing as a Service (TaaS) on Clouds**," *Service Oriented System Engineering (SOSE), 2013 IEEE 7th International Symposium on*, vol., no., pp.212,223, 25-28 March 2013 doi: 10.1109/SOSE.2013.66

GARG, P.; SHARMA, V., "**An efficient and secure data storage in Mobile Cloud Computing through RSA and Hash function**," *Problemas e Desafios em técnicas de Computação Inteligente (ICICT) de 2014 Conferência Internacional sobre*, vol., nº., pp.334,339, 7 -8 fevereiro 2014 doi: 10.1109/ICICICT.2014.6781303

GIBSON, J.; RONDEAU, R.; EVELEIGH, D.; QING Tan, "Benefits and challenges of three cloud computing service models," *Computational Aspects of Social Networks (CASoN), 2012 Fourth International Conference on*, vol., no., pp.198,205, 21-23 Nov. 2012 doi: 10.1109/CASoN.2012.6412402

GONZALEZ, Nelson Mimura. **Segurança das Nuvens Computacionais: Uma visão dos principais problemas e solução**. Revista USP, São Paulo, n. 97 mar/ abr/mai. 2013.

Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/61683> > Acesso em: 15 nov. 2013.

GOVINDARAJAN, Anand and LAKSHMANAN. “**Overview of Cloud Standards.**” In *Cloud Computing*, edited by Nick Antonopoulos and Lee Gillam, 77–89. Computer Communications and Networks. Springer London, 2010. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84996-241-4_5.

HASHIZUME, Keiko, DavidG Rosado, Eduardo Fernández-Medina, and EduardoB Fernandez. “**Uma Análise Das Questões de Segurança Para Cloud Computing.**” *Journal of Internet Services and Applications* 4, no. 1 (2013). <doi:10.1186/1869-0238-4-5>.

KARADIMCE, Aleksandar; DAVCEV, Danco, "Adaptive multimedia content in mobile cloud computing environment," *Cloud Networking (CLOUDNET), 2012 IEEE 1st International Conference on*, vol., no., pp.209,211, 28-30 Nov. 2012 doi: 10.1109/CloudNet.2012.6483690

KHAN, A.N.; Kiah, M.L.M.; Khan, S.U.; Madani, S.A.; Khan, A.R., "A study of incremental cryptography for security schemes in mobile cloud computing environments," *Wireless Technology and Applications (ISWTA), 2013 IEEE Symposium on*, vol., no., pg.62,67, 22-25 Sept. 2013 Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6688818&isnumber=6688738> > Acesso em: 10 abr. 2014.

KHAN, AR, "A study of incremental cryptography for security schemes in mobile cloud computing environments," *Wireless Technology and Applications (ISWTA), 2013 IEEE Symposium on*, vol., no., pp.62,67, 22-25 Sept.

KHAN, AR; OTHMAN, M.; MADANI, SA; KHAN, Su, "A Survey of Mobile Cloud Computing Application Models," *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, vol.16, nº.1, pg. 393,413, primeiro trimestre de 2014 Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6553297&isnumber=6734841> > Acesso em: 09 abr. 2014.

KHAN, EM; Kiah, MLM; Khan, SU; Madani, SA; Khan, AR, "Um estudo da criptografia incremental para regimes de segurança em nuvem móvel Ambientes Computacionais", *Tecnologia e Aplicações (ISWTA) de 2013 IEEE Symposium on Wireless*, vol., NO., pp.62, 67, 22-25 setembro. 2013 doi: 10.1109/ISWTA.2013.6688818

KILARI, Nagaraju. SRIDARAN, Dr. R *A survey on Security for Cloud Computing. International Journal of Research & Technology (ITERT)*, vol, 1 Edição 7, Set. 2012. Disponível em <<http://www.ijert.org/>> Acesso em: 05 set. 2013.

KING, NJ e RAJA, VT (2013), **O que eles realmente sabem sobre mim na nuvem?** A Comparative Law Perspectiva sobre a proteção da privacidade e de segurança de dados

confidenciais do Consumidor. *American Law Business Journal*, 50: 413-482. doi: 10.1111/ablj.12012

LIU, Fangming, PENG Shu, HAI Jin, Linjie DING, Jie Yu, DI Niu, and BO Li. "**Gearing Resource-Poor Mobile Devices with Powerful Clouds: Architectures, Challenges, and Applications.**" *IEEE Wireless Communications* v. 20, n° 3. pg. 14-22, Jun. 2013.

MEZGÁR, István e RAUSCHECKER, Ursula. "**The Challenge of Networked Enterprises for Cloud Computing Interoperability.**" *Computers in Industry* 65, no. 4 (May 2014): 657–74. doi:10.1016/j.compind.2014.01.017.

MARCONI, Maria de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas 2006.

MAHONY, Honor. **UE chega ao confronto com a computação em nuvem.** Disponível em: <<http://euobserver.com/digital/32048>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

MOHAMMAD, Jasim, OMER K.; ABBAS, Safia; EL-HORBATY, El-Sayed M.; SALEM, Abdel-Badeeh M., "**A comparative study between modern encryption algorithms based on cloud computing environment,**" *Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), 2013 8th International Conference for* , vol., no., pp.531,535, 9-12 Dec. 2013 doi: 10.1109/ICITST.2013.6750258

MARQUES, Rodrigo Moreno, PINHEIRO, Marta Macedo. **Informação e poder da Internet.** Revista v. 24 n° 1. 2014. Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs/index.php/ies/article/view/15252>> Acesso em: 24 ago. 2014.

NAGARAJU Kilari, Dr. R. Sridaran . "**A Survey on Security Threats for Cloud Computing**", Vol.1 - Issue 7 (September - 2012), *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Disponível em <<http://www.ijert.org/>> Acesso em: 05 set. 2013.

NIKOLAI, J., YONG Wang, "**Hypervisor-based cloud intrusion detection system,**" *Computing, Networking and Communications (ICNC), 2014 International Conference on* , vol., no., pp.989,993, 3-6 Feb. 2014. doi: 10.1109/ICCNC.2014.6785472

NIKOLAOS P.Preve. **Grid Computing** Towards a Global Interconnected. 2011 Springer London Dordrecht

NIST. **The NIST Definition of Cloud Computing.** Disponível em: <<http://www.nist.gov/itl/cloud/>> Acesso em 29 nov. 2013

NUAIMI, KA; Mohamed, N .; Nuaimi, MA; Al-Jaroodi, J., "**A Survey of Load Balancing em Cloud Computing: Desafios e Algoritmos,**" *Rede de Cloud Computing and Applications (NCCA), 2012 Segundo Simpósio sobre ...*, vol, não, pp.137,142, 03-04 dezembro . 2012

OGURA, Denis Ryoji. **Uma Metodologia para Caracterização de Aplicações em Ambientes de Computação em Nuvem**. São Paulo, 2011. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica) Universidade de São Paulo. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>> Acesso em: 20 set. 2013.

PINHEIRO, B. N.; SILVA, C.S.P; MANFE, A.C.A; WIESENHUTTER, G; BOTELHO, M; **A Terceirização da Tecnologia da Informação e a Computação em Nuvem: um Estudo de Caso na Empresa de Comercio Eletrônico Barato Bom**. In SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 9.; 2012, Resende, RJ. Disponível em:< <http://www.aedb.br/seget/artigos12/33016290.pdf>> Acesso em: 25 out. 2013.

PRIYANKA, Sangal. "**Mobile Cloud Computing**", Vol.2 - Edição 4 (Abril - 2013), Revista Internacional de Pesquisa em Engenharia e Tecnologia (IJERT), ISSN: 2249-8958, www.ijert.org.

PRODANOV, Cleber Cristiano, FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Fev. de 2013.

RAMALHO, Neilson Carlos Leite. **Um estudo sobre adoção de computação em nuvem no Brasil**. São Paulo, 2012. Dissertação (Mestre em Ciências) Universidade de São Paulo. Disponível em < <http://www.teses.usp.br>> Acesso em: 20 set. 2013.

RIMAL, BP e Choi, E. (2012), **Um espectro taxonômico orientada a serviços, os desafios e as oportunidades da computação em nuvem nublados**. Int. J. Commun. Syst, 25:.. 796-819. doi: 10.1002/dac.1279

RODRIGUES, Melody. **Computação em nuvem: Estudo de Viabilidade**. Curitiba, 2013. Disponível em: < <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/663>>

SOBRAGI, Cyro Gudolle. **Adoção de Computação em Nuvem: Estudo de Casos Múltiplos**. Porto Alegre, 2012. Dissertação (Mestrado Acadêmico) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RUAY-SHIUNG Chang; GAO, J .; Gruhn, V .; Jingsha Ele; Roussos, G .; Wei-Tek Tsai, "**Mobile Cloud Computing Research - problemas, desafios e necessidades**", *Service Oriented System Engineering (SOSE), IEEE 2013 7 Simpósio Internacional* , vol, não, pp.442,453, 25-28 março de 2013.. doi: 10,1109 / SOSE.2013.96

RYAN, Mark D. "**Cloud Computing Security: The Scientific Challenge, and a Survey of Solutions**." *Journal of Systems and Software* 86, no. 9 (2013): 2263 – 2268. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2012.12.025>. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121212003378>> Acesso em: 23 mai. 2014.

SAHU, Y.; PATERIYA, R.K.; GUPTA, R.K., "**Cloud Server Optimization with Load Balancing and Green Computing Techniques Using Dynamic Compare and Balance**

Algorithm," *Computational Intelligence and Communication Networks (CICN), 2013 5th International Conference on* , vol., no., pp.527,531, 27-29 Sept. 2013 doi: 10.1109/CICN.2013.114

SANAEL, Z., S. Abolfazli, A. Gani, and R. Buyya. “**Heterogeneity in Mobile Cloud Computing: Taxonomy and Open Challenges.**” *IEEE Communications Surveys Tutorials* 16, n° 1. pg. 369–92. Primeiro trimestre de 2014.

SILVA, GC; Rose, LM; Calinescu, R., "**Towards a Model-Driven Solution to the Vendor Lock-In Problem in Cloud Computing,**" *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013 IEEE 5th International Conference on* , vol.1, no., pp.711,716, 2-5 Dec. 2013 doi: 10.1109/CloudCom.2013.131.

SLEIT, Azzam.; MISK, Nada, Badwan, Fatima; Khalil Tawfiq. “**Cloud Computing Challenges With Emphasis on Amazon EC2 and Windows Azure**” *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC) Vol.5, No.5, September 2013* Doi < 10.5121/ijcnc.2013.5503>.

SOBRAGI, Cyro Gudolle. **Adoção de Computação em Nuvem:** Estudo de Casos Múltiplos. Porto Alegre, 2012. Dissertação (Mestrado Acadêmico) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, D.; Matos, R.; ARAÚJO, J.; ALVES, V.; MACIEL, P., "**EucaBomber: Avaliação Experimental de disponibilidade em Eucalyptus Private Clouds**", *Systems, Man, e Cibernética (SMC) de 2013 IEEE International Conference on ..*, vol, não, pp.4080, 4085, 13-16 outubro 2013 doi: 10.1109/SMC.2013.

SOUSA, Flávio R.C.; MOREIRA, O. Leonardo e MACHADO, Javam, C. **Computação em Nuvem:** Conceitos, Tecnologias, Aplicações e Desafios. Universidade Federal do Ceará. Versão revisada Set. de 2010. Disponível em: <http://www.lia.ufc.br/~flavio/papers/ercemapi2009.pdf>>

SREENIVAS, V .; PRATHAP, M .; KEMAL, M., "**Técnicas de balanceamento de carga: grande desafio em Cloud Computing - uma revisão sistemática,**" *Eletrônica e Sistemas de Comunicação (ICECS), 2014 Conferência Internacional sobre ..*, vol, não, pp.1,6, 13-14 fevereiro 2014 doi: 10,1109 / ECS.2014.6892523.

SUBASHINI, S., and V. Kavitha. “**A Survey on Security Issues in Service Delivery Models of Cloud Computing**”. (2011): 1 – 11. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2010.07.006>.

TAURION, César. **Cloud Computing: Computação em nuvem: Transformando o mundo da Tecnologia da informação.** Rio de Janeiro: Brasport, 2009. Disponível em:<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_en|lang_pt&id=mvir2X-A2mcC&oi=fnd&pg=PA29&dq=armazenamento+em+nuvem&ots=C8Lr7CTVWs&sig=dxAFtbMCxkKnjMmCHgYQObjfZCo#v=onepage&q=armazenamento%20em%20nuvem&f=false> Acesso em: 15 de set. 2013.

TERZO, O.; RUIU, P.; BUCCI, E.; XHAFA, F., "Data as a Service (DaaS) for Sharing and Processing of Large Data Collections in the Cloud," *Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS), 2013 Seventh International Conference on*, vol., no., pp.475,480, 3-5 July 2013
doi: 10.1109/CISIS.2013.87

VECCHIOLA, Cristian.; CHU, Xingchen. E BUYYA, Rajkumar. "Aneka: a Software Platform for .NET based Cloud Computing," *High Speed and Large Scale Scientific Computing*. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=c6xc-nhMXSsC&oi=fnd&pg=PA267&dq=Vecchiola&ots=F6mQoy3Zsf&sig=eg4-ywtXTA9b8DqgmAk70C1MCCg#v=onepage&q=Vecchiola&f=false>>. Acesso em: 30 de Ago. 2014.

VELTE, T; VELTE,.; ELSENPETER, R. **Computação em Nuvem: Uma abordagem Prática**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2012.

XIAOPING, Xu; JUNHU, Yan. "Research on Cloud Computing Security Platform," *Computational and Information Sciences (ICCIS), 2012 Fourth International Conference on*, vol., no., pp.799,802, 17-19 Aug. 2012
doi: 10.1109/ICCIS.2012.238

ZHAO, Feng; LI, Chao and LIU Chun Feng. "A Cloud Computing Security Solution Based on Fully Homomorphic Encryption." In *2014 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 485–88, 2014. doi:10.1109/ICACT.2014.6779008.

ZHU, Jiang, Pang WU, Xiao WANG, and ZHANG, J. "SenSec: Mobile Security through Passive Sensing." In *2013 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*, 1128–33. jan, 2013.