

Computação em Nuvem: Conceitos, Aplicações e Desafios

Miguel Elias Mitre Campista
miguel@gta.ufrj.br

COMPUTAÇÃO EM NUVEM É IMPORTANTE?

2



QUAL A MOTIVAÇÃO DA COMPUTAÇÃO EM NUVEM?

5

Setor de TI



Setor de TI

COPPE UFRJ GTA / UFRJ

Custos operacional (OPEX) e de capital (CAPEX) são elevados!

Setor de TI

COPPE UFRJ GTA / UFRJ

Recursos desperdiçados na maior parte do tempo

Perfil de utilização em picos

Setor de TI na Nuvem

COPPE UFRJ GTA / UFRJ

Setor de TI pode ser totalmente ou parcialmente delegado para a nuvem: Redução de custos!

Atrativos da Nuvem

COPPE UFRJ GTA / UFRJ

- **Para o cliente...**
 - Redução de custos com infraestrutura em geral
 - Agilidade de operação
 - Recursos disponíveis sob demanda com elasticidade
 - Redução de custos com equipe técnica para manutenção e gerenciamento
 - Robustez da infraestrutura
 - Acesso remoto ubíquo através da Internet
 - Desempenho
 - Mais recursos computacionais são acessíveis
 - Concorrência entre provedores

Atrativos da Nuvem

COPPE UFRJ GTA / UFRJ

- **... para o provedor...**
 - Recursos virtualizados compartilhados entre múltiplos clientes
 - Provisionamento estatístico dos recursos
 - Oportunidade de agregação de valor ao produto
 - Oferta de softwares relacionados aos usuários

Contrapartida da Nuvem

COPPE UFRJ GTA / UFRJ

- **Para o cliente...**
 - Acesso aos recursos deve ser feito através da Internet
 - Não existe nuvem sem Internet (exceto nuvens privadas)
 - Recursos computacionais limitados a perfis pré-estabelecidos
 - Hardware ou software especiais não necessariamente estão disponíveis na nuvem
 - Privacidade dos dados
- **... para o provedor...**
 - Cumprimento de requisitos pré-contratados
 - Garantias de disponibilidade e elasticidade

Modelos de Serviço da Nuvem



- Nuvem oferece serviços baseados em abstrações de recursos computacionais de múltiplos níveis
 - Arquitetura baseada em serviço: **Everything-as-a-service (EaaS)**

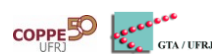


Acesso via browser, por exemplo



13

Modelos de Serviço da Nuvem



- Software-as-a-Service (SaaS)**
 - Usuários ganham acesso a softwares ou bases de dados na nuvem
 - Não precisam realizar instalações
 - Podem ser cobrados conforme o uso (assinatura mensal, anual, etc.)
 - Provedores oferecem softwares ou base de dados
 - Gerenciam infraestrutura para a execução dos softwares
 - Ex.: Office 365

14

Modelos de Serviço da Nuvem



- Platform-as-a-Service (PaaS)**
 - Usuários ganham acesso a plataformas de desenvolvimento de aplicações
 - Não precisam realizar instalações do ambiente de desenvolvimento (S.O., ambiente de execução de uma determinada linguagem e bibliotecas de programação)
 - Podem ser dispensados das configurações do ambiente de desenvolvimento
 - Provedores oferecem ambiente de desenvolvimento
 - Gerenciam infraestrutura para a execução do ambiente (semelhante ao SaaS)
 - Ex.: Microsoft Azure

15

Modelos de Serviço da Nuvem



- Infrastructure-as-a-Service (IaaS)**
 - Usuários ganham acesso a máquinas virtuais
 - Não precisam se envolver com recursos físicos, localização, escalabilidade, segurança e até backup
 - Instalam sistemas operacionais e todos os programas necessários e ainda podem ter acesso a redes entre as máquinas virtuais
 - Provedores oferecem máquinas físicas ou virtuais
 - Gerenciam infraestrutura física (semelhante ao SaaS)
 - Ex.: Amazon EC2

16

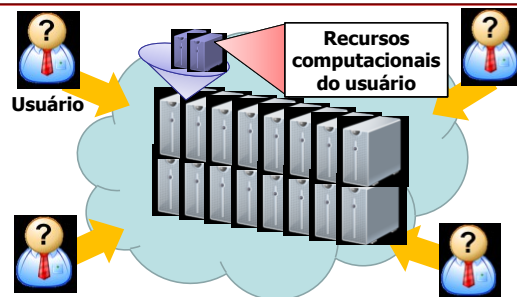
Modelos de Serviço da Nuvem



- Ainda existem outros modelos...
 - DaaS (*Desktop-as-a-Service*)
 - DBaaS (*DataBase-as-a-Service*)
 - DevaaS (*Development-as-a-Service*)
 - TaaS (*Testing-as-a-Service*)
 - HaaS (*Hardware-as-a-Service*)
 - etc.

17

Elasticidade da Nuvem



18

Elasticidade da Nuvem

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

Usuário

Recursos computacionais do usuário

Caso um dado usuário requirite mais recursos...

19

Elasticidade da Nuvem

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

Usuário

Recursos computacionais do usuário

Recursos virtuais podem ser alocados e desalocados sob demanda

20

Elasticidade da Nuvem

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Requer provisionamento de recursos sob demanda
 - Possivelmente usando virtualização
- Requer escalonamento dos recursos
 - Escolha da infraestrutura física que abriga o serviço

Infraestrutura organizada a partir de centros de dados (*datacenters*)...

21

ORGANIZAÇÃO DOS CENTROS DE DADOS

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

22

Organização da Nuvem

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Nuvem é organizada a partir de centros de dados (*datacenters*)
 - Parque de recursos computacionais (máquinas e armazenamento) são colocalizados

Máquinas podem estar interligadas em rede

23

Rede dos Centros de Dados

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Muitas topologias já foram propostas...

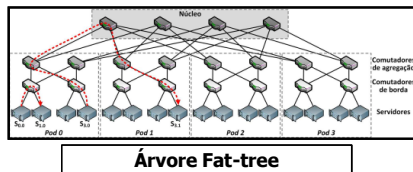
Árvore de três camadas

24

Rede dos Centros de Dados



- Muitas topologias já foram propostas...

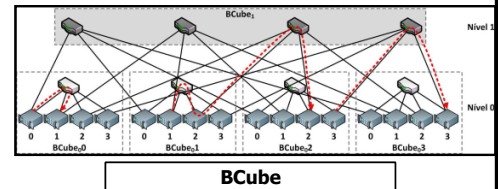


25

Rede dos Centros de Dados



- Muitas topologias já foram propostas...

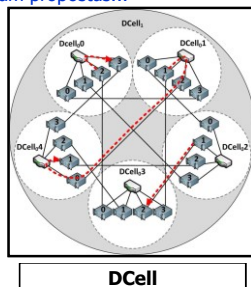


26

Rede dos Centros de Dados



- Muitas topologias já foram propostas...



27

Rede dos Centros de Dados



- Muitas topologias já foram propostas...

Dentro dos centros de dados, as redes possuem topologia hierárquica

...

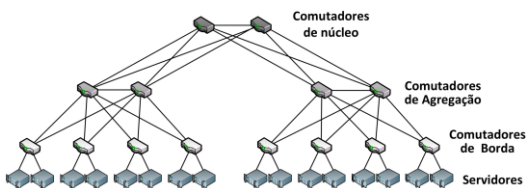
Privilegia arquitetura modular e redução de infraestrutura de rede

28

Redes em Centro de Dados



- Three-layer: Topologia hierárquica convencional

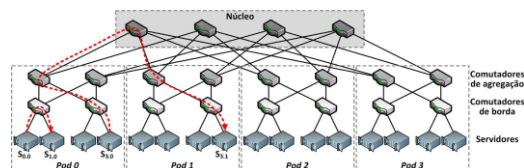


Ex. topologia Three-layer com 2 portas de borda e 4 portas de agregação

Redes em Centro de Dados



- Fat-tree: Baseada na rede de Clos
 - É sempre possível realizar a conexão entre dois terminais inativos, independente do número de conexões ativas

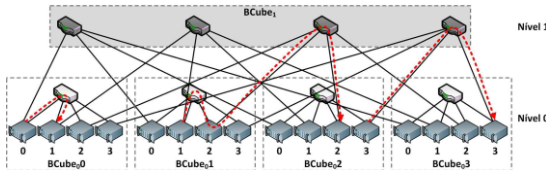


Ex. comutadores de 4 portas

Redes em Centro de Dados



- BCube: Centro de dados modulares (Uso em contêineres)
 - Servidores são usados para a transferência de dados



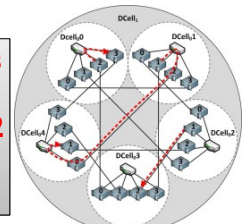
Ex. comutadores de 4 portas e servidores com 2 interfaces de rede

Redes em Centro de Dados



- DCell: Alta capacidade de transferência e tolerância a falhas
 - Servidores também participam do encaminhamento de dados

Ex. comutadores de 4 portas e servidores com 2 interfaces de rede

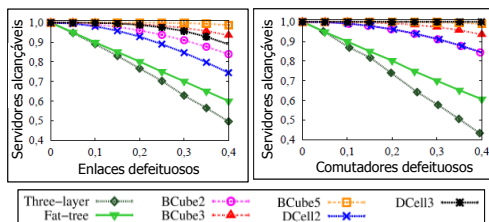


32

Redes em Centro de Dados



- Resiliência

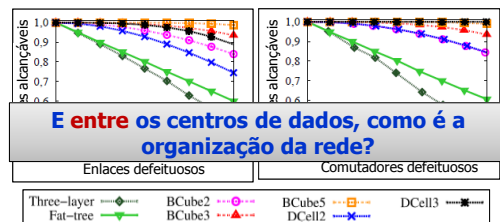


33

Redes em Centro de Dados



- Resiliência



E entre os centros de dados, como é a organização da rede?

Enlaces defeituosos Comutadores defeituosos



34

ORGANIZAÇÃO ENTRE OS CENTROS DE DADOS



Organização da Nuvem: Problema



- Topologia colocalizada
 - Centralização dos recursos pode gerar **latência**...



35

36

Organização da Nuvem: Problema

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Topologia colocalizada
 - Centralização dos recursos pode gerar **vulnerabilidades...**



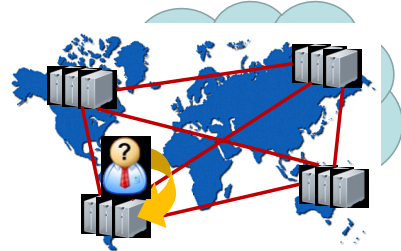
Solução: Uso de topologias geo-distribuídas

37

Nuvens Geo-distribuídas

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Nuvem menos vulnerável e mais próxima dos usuários



38

Nuvens Geo-distribuídas

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Nuvem menos vulnerável e mais próxima do usuário
 - **Nuvem voluntária:** Formada com recursos ociosos dos próprios participantes (inclusive recursos de máquinas pessoais)



39

Nuvens Geo-distribuídas

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

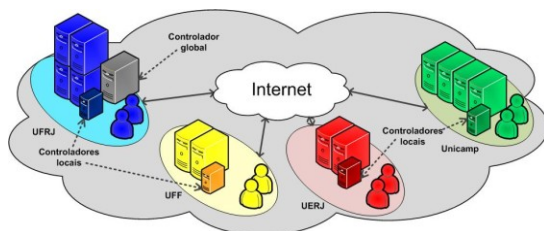
- Nuvem menos vulnerável e mais próxima dos usuários
 - **Nuvem colaborativa:** Formada com recursos dedicados (possivelmente ociosos) dos próprios participantes



40

Nuvens Colaborativas Geo-distribuídas

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ



41

PROJETO PID

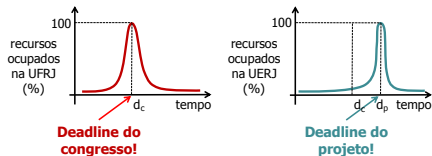
COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

42

Motivação



- Disponibilidade dos recursos computacionais
 - Ociosos por longos períodos
 - Mas...
 - Indisponíveis em momentos críticos

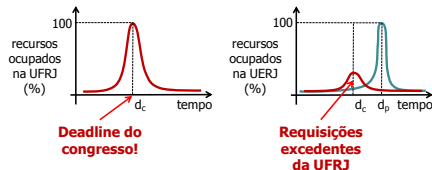


43

Motivação

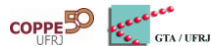


- Disponibilidade dos recursos computacionais
 - Ociosos por longos períodos
 - Mas...
 - Indisponíveis em momentos críticos



44

PID: Objetivos



- Promover o compartilhamento de recursos computacionais ociosos entre participantes**
 - Através de uma nuvem colaborativa
 - Modelo de infraestrutura como serviço (IaaS)
- Aumentar a capacidade disponível por participante
 - Recursos computacionais locais + recursos remotos
- Reduzir custos de infraestrutura
 - Recursos são melhor aproveitados

45

Virtualização



- Base para um serviço IaaS
- Compartilhamento de um servidor físico por diferentes máquinas virtuais (VMs – *Virtual Machines*)
 - Usuário tem a ilusão de possuir uma máquina exclusiva
 - Implementada por um **hipervisor**



Virtualização

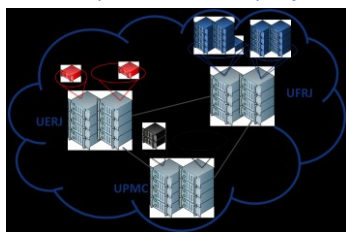


46

IaaS no PID

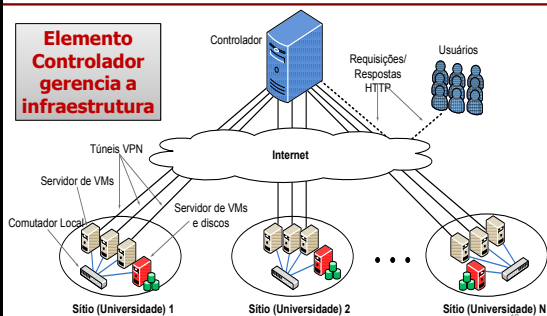


- Usuário recebe um conjunto de máquinas virtuais
 - Sistema operacional completo
 - Flexibilidade para executar suas aplicações



47

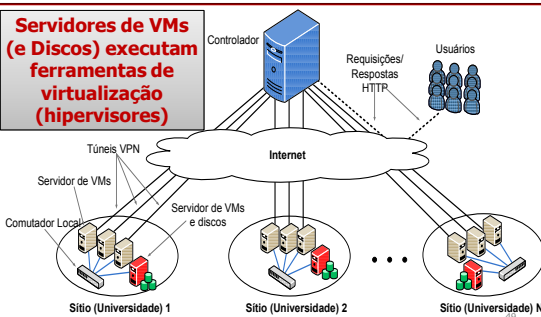
Visão Geral da Arquitetura do PID



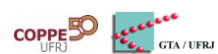
Visão Geral da Arquitetura do PID



Servidores de VMs (e Discos) executam ferramentas de virtualização (hipervisores)



Gerenciamento no PID

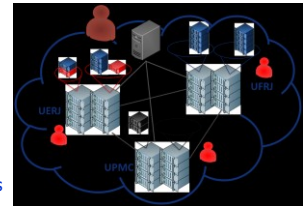


• Administrador Global

- Entidade com visão e poder total sobre a infraestrutura

• Administrador Local

- Entidade responsável por um sítio
- Controle sobre todas as máquinas de um sítio



50

Ferramenta de Gerenciamento



• OpenStack

- Conjunto de APIs para manipulação da nuvem
- Recursos Gerenciados
 - Computação (p.ex. processamento e memória)
 - Rede
 - Armazenamento
- Mecanismos de autenticação e gerenciamento
- Interface web para usuários e administradores
- Código aberto
- Grande comunidade



51

Contribuições do PID



• Arquitetura projetada para nuvens colaborativas

- Criação do papel Administrador Local
- Modificações nos papéis do OpenStack

• Distribuição geográfica da nuvem OpenStack

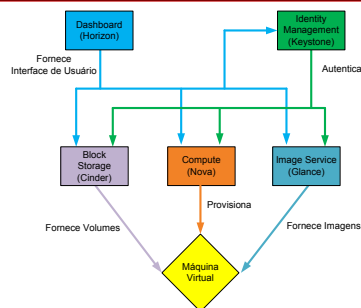
- Divisão lógica em sítios
- Proposta e Implementação do Escalonador de Sítios
- Escolha de quais sítios hospedarão VMs de uma requisição

• Modificação da interface web do OpenStack

- Criação de máquinas considerando sítios
- Administração local-global e migração local (intra-sítio)

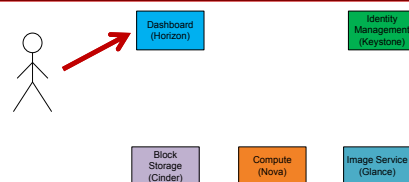
52

Arquitetura do OpenStack



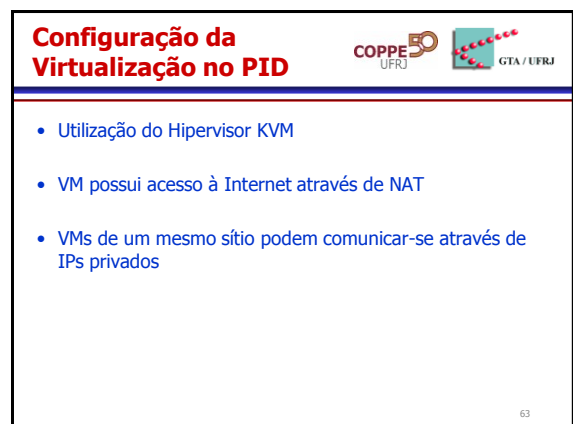
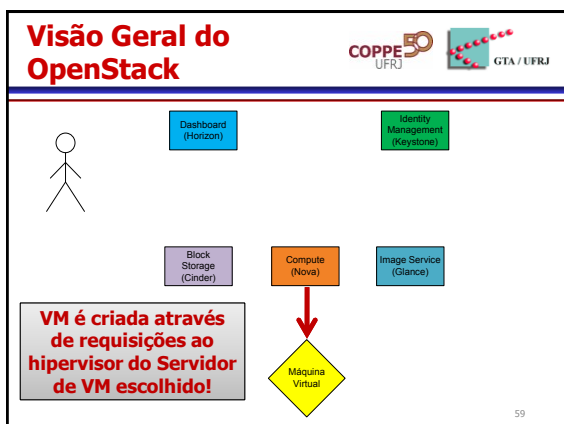
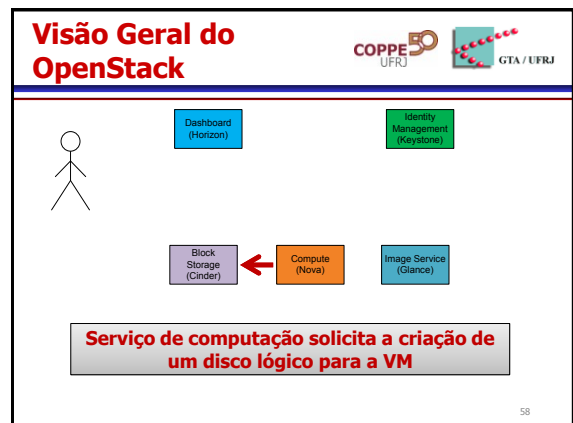
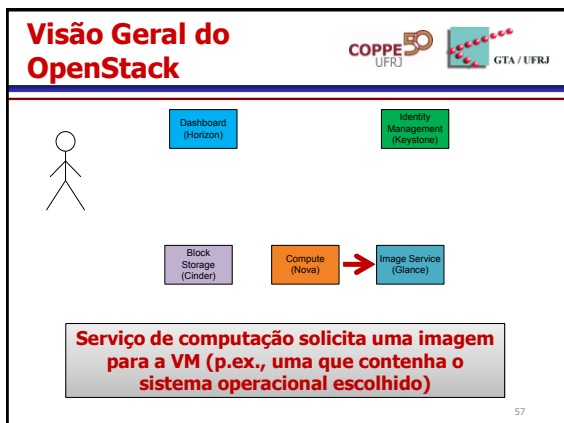
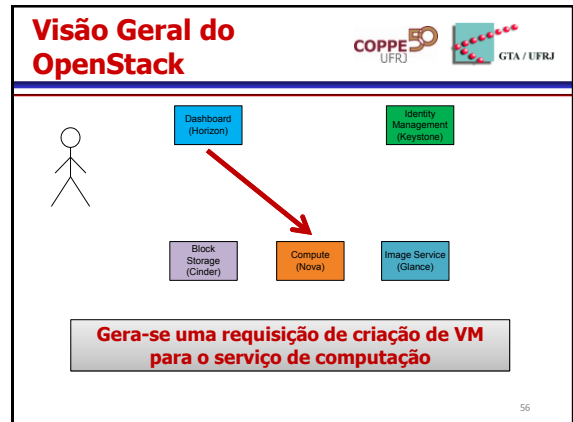
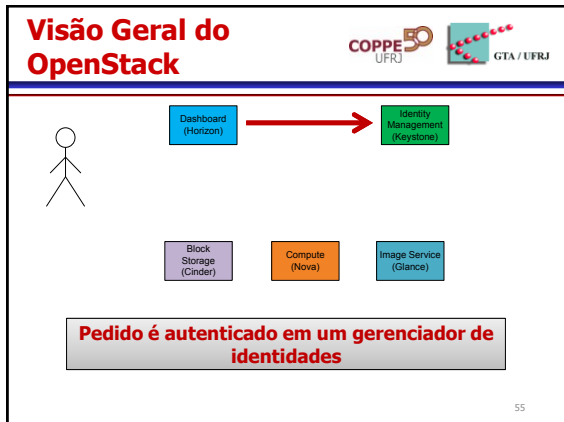
53

Visão Geral do OpenStack



Usuário solicita a criação de uma VM pela interface web

54



Gerenciamento de Recursos Global



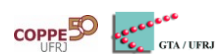
• Gerenciamento Global

– Instanciação de máquinas virtuais

- Decisão de em quais sítios e servidores instanciar
- Escalonador de sítios

64

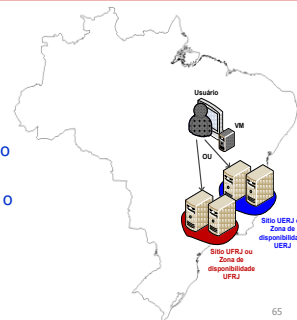
Zona de Disponibilidade



• Separação lógica entre Servidores de VMs

• Contexto do PID

- Uma Zona de Disponibilidade por sítio
- Usuário pode escolher o sítio de cada VM
 - Ex: melhora da tolerância a falhas



65

Instanciação de Máquinas Virtuais



• Centralizado

- Todas as VMs em um sítio específico
 - Atualmente UFRJ, UERJ ou UFF
- Todas as VMs em um sítio escolhido pelo escalonador

• Distribuído

- Esquema *round-robin* entre todos os sítios
 - Escalonador de Sítios obtém os sítios que suportam pelo menos uma máquina do tipo desejado

66

Gerenciamento de Recursos Local



• Gerenciamento Local

– Migração Local

- Migração ao vivo entre servidores do mesmo sítio
- Utilizado em período de manutenção de servidor

67

Migração Local



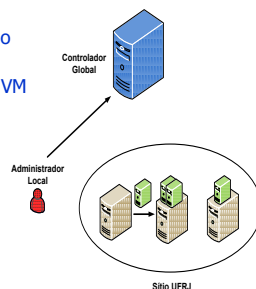
• Solicitação realizada pelo administrador local de cada sítio

• Transferência da execução da VM

- De um Servidor para outro no mesmo sítio

• Não há cópia de disco

- Servidor NFS compartilhado
- Operação rápida e sem interrupção do serviço



68

FUNCIONAMENTO DA NUVEM DO PID

69

Demonstração da Interface Gráfica



- Entrada no Sistema

70

Interface do Administrador Global



- Administrador Global pode assumir todos os papéis

71

Interface do Administrador Global



- Listagem de Servidores de VMs (hipervisores)

72

Interface do Usuário Final



- Instanciação de VMs

73

Interface do Usuário Final: Instanciação



74

Interface do Usuário Final: Instanciação



Exemplo de Criação Centralizada

Launch Instance

Exemplo de Criação Distribuída

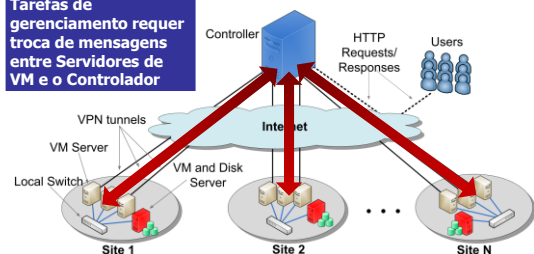
Launch Instance

75

Problema do Controlador Central



Tarefas de gerenciamento requer troca de mensagens entre Servidores de VM e o Controlador



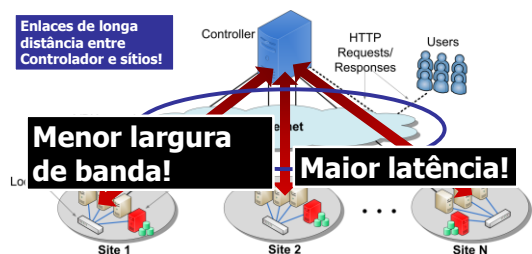
Problema do Controlador Central



Enlaces de longa distância entre Controlador e sites!

Menor largura de banda!

Maior latência!

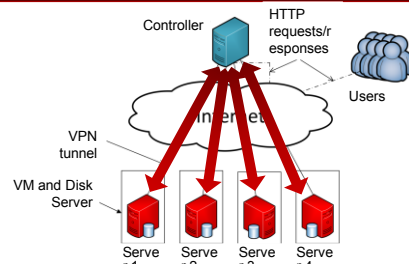


Objetivo dos Experimentos



- Em linhas gerais...
 - Avaliar a escalabilidade e disponibilidade da infraestrutura
 - Limitações da WAN
- Alvo mais específico...
 - Analisar o impacto da **troca de mensagens entre os Servidores de VMs e o Controlador na rede**
 - Estratégias de comunicação do orquestrador OpenStack

Plataforma de Experimentação

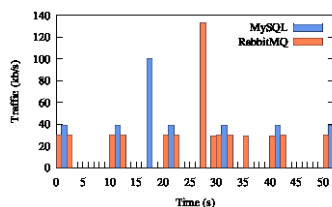


Métrica de interesse: Tráfego de controle entre o Controlador e os Servidores de VM e Disco!

Controle entre VM e Servidor de Disco



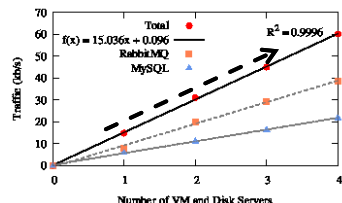
- A cada 10s: Atualização do estado do serviço
- A cada 60s: Atualização do estado da VM



Impacto do # de VMs e Servidores de Disco



- Servidores sem VMs instanciadas (medidas em 60s)

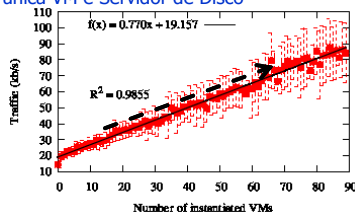


Comportamento linear: Aprox. 15 kb/s a cada novo servidor
100 servidores → 1,5 Mb/s

Impacto do # de VMs por Servidor



- Uma única VM e Servidor de Disco



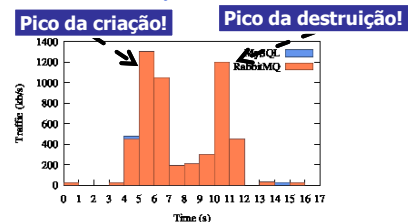
Comportamento linear: Aprox. 0,77 kb/s por VM

100 servidores c/ 15 VMs cada $\rightarrow 1,5 + 1,2 = 2,7$ Mb/s

Impacto da Criação e Destruição de VMs

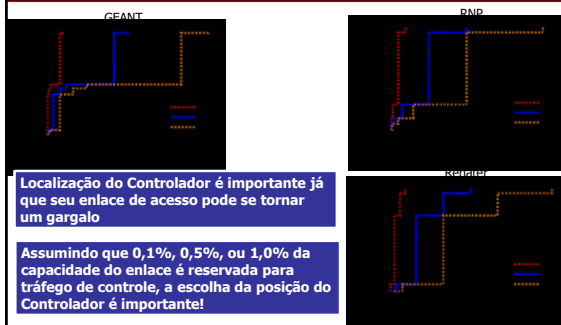


- Criação seguida de uma destruição da VM
 - Criação: 1,3 Mb/s – Destruição: 1,2 Mb/s



89

Impacto do Controle em WANs Reais



Conclusões dos Experimentos



- Apesar de suportado pelas redes WAN atuais...
 - Tráfego de controle não pode ser negligenciado
- Tráfego de controle base é proporcional a:
 - Número de servidores e número de VMs por servidor
 - Taxa de criação e destruição de VMs
- Logo, o projeto de uma nuvem deve considerar
 - Sobrecarga no enlace de acesso do Controlador
 - Casos de uso de utilização do sistema
 - P.ex., o # de VMs criadas/destruídas simultaneamente

91

NOVOS DESAFIOS EM NUVEM



Nuvens Móveis



93

Nuvens Móveis

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

Porém, ao incluir os usuários móveis, o desafio pode ser ainda maior dada a diversidade de dispositivos e condições de acesso...

94

Nuvens Móveis

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Mudança da motivação para uso da nuvem
 - **Redução de custos** → **Compensação das restrições computacionais** dos dispositivos móveis
- Problemas de escala
 - Número de usuários pode aumentar exponencialmente
- Meio de transmissão sem-fio
 - Limitações de banda passante
- Mobilidades dos usuários
 - Dificuldade para o planejamento da nuvem

Nuvens Móveis

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Mudança da motivação para uso da nuvem
 - **Redução de custos** → **Compensação das restrições computacionais** dos dispositivos móveis
- Problemas de escala
 - Número de usuários pode aumentar exponencialmente
- Meio de transmissão sem-fio
 - Limitações de banda passante
- Mobilidades dos usuários
 - Dificuldade para o planejamento da nuvem

Muita pesquisa ainda pode ser desempenhada nessa área!

Conclusões

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

- Computação em nuvem é essencial hoje em dia
- Projeto PID propõe uma arquitetura colaborativa acadêmica
- Muito trabalho ainda pode ser feito na área
 - Sobre tudo considerando o acesso móvel dos usuários

97

COPPE 50 UFRJ GTA / UFRJ

OBRIGADO!

98