

CloudSimDB: Um Simulador para o Provisionamento de Máquinas Virtuais para o Processamento de Aplicações Centradas em Banco de Dados*

Humberto Lima, Felipe Aragão, Jonas Lima,

Flávio R.C. Sousa, José Maria Monteiro

Departamento de Computação – Universidade Federal do Ceará (UFC)

Campus do Pici – Bloco 910 – 60.455-760 – Fortaleza – CE – Brazil

{hlima, faragao, jlima, flavio, monteiro}@lia.ufc.br

Abstract. *Cloud computing is a technology aimed at providing on-demand and pay-as-you-go IT services. Currently, many organizations are moving their data and applications to the cloud. In this scenario, given a workload, a SLA and a virtual machines configuration, the data service provider must make sure that it can run this workload respecting the parameters defined in the SLA. In this paper, we present the CloudSimDB, a simulator for resources provisioning towards database centric applications. It allows creating a virtually unlimited amount of simulation scenarios, allowing for each scenario, check the monetary cost to be paid for the use of cloud infrastructure, the expected time for completion of workload, and the SLA violation.*

Resumo. *A computação em nuvem é um paradigma que tem por objetivo prover serviços de TI sob demanda com pagamento baseado no uso. Várias organizações estão movendo seus dados e aplicações para a nuvem. Nesse contexto, dada uma carga de trabalho, um SLA e uma configuração de máquinas virtuais, é necessário verificar se é possível executar esta carga de trabalho no tempo definido o SLA. Neste trabalho, apresentamos o CloudSimDB, um simulador para provisionamento de recursos centrados em bancos de dados. A ferramenta permite criar uma quantidade virtualmente ilimitada de cenários de simulação e, para cada um, verificar o custo monetário da infraestrutura, o tempo esperado para a conclusão da carga de trabalho e a violação do SLA.*

1. Introdução

Computação em nuvem é uma tendência recente da tecnologia cujo objetivo é proporcionar serviços de Tecnologia da Informação (TI) sob demanda com pagamento baseado no uso. A nuvem computacional é um modelo de computação em que dados, arquivos e aplicações residem em servidores físicos ou virtuais, acessíveis por meio de uma rede em qualquer dispositivo compatível (fixo ou móvel), e que podem ser acessados a qualquer instante, de qualquer lugar, sem a necessidade de instalação ou configuração de programas específicos [Buyya et al. 2010].

* Um vídeo de demonstração da ferramenta está disponível em <http://sbbd2013.cin.ufpe.br/screenscasts>. O código fonte pode ser obtido em <https://github.com/jonaslimads/cloudsimdb>.

Neste contexto, as aplicações voltadas ao gerenciamento de dados são candidatas potenciais para a implantação em nuvem. Isso ocorre porque, em geral: i) as instalações dos sistemas de banco de dados (SBDs) são complexas, ii) as bases de dados utilizadas envolvem um grande volume de dados e iii) as cargas de trabalho são sazonais, o que ocasiona elevados custos tanto em *hardware* quanto em *software*. Por esses motivos e pelas vantagens oferecidas pela computação em nuvem, como escalabilidade, elasticidade e custos proporcionais, os usuários estão movendo seus dados e aplicações para a nuvem com a finalidade de acessá-los de forma simples, barata, flexível e independente de localização [Sousa et al. 2010].

Nesse cenário, o serviço de gerenciamento de dados assume a responsabilidade pela instalação, configuração e manutenção do sistema de banco de dados (SBD). O provedor do serviço de dados é o responsável por fornecer o serviço, contabilizar a sua utilização, assegurar a sua qualidade e cobrar pelo seu uso. A qualidade do serviço é definida por meio de um acordo de nível de serviço (SLA). O SLA especifica o tempo máximo para execução de uma determinada consulta ou para uma carga de trabalho como um todo, a latência e a vazão esperada, além das penalidades a serem aplicadas ao provedor do serviço caso os níveis de qualidade acordados não sejam atingidos. Neste caso, o provedor deve ajustar a configuração de máquinas virtuais utilizadas com a finalidade de executar a carga de trabalho dentro dos parâmetros definidos no SLA [Sousa et al. 2011].

Utilizar servidores reais para avaliar e dimensionar a configuração de máquinas virtuais a ser utilizada pelo serviço de gerenciamento de dados apresenta inúmeras desvantagens, tais como o custo monetário elevado e a grande complexidade. Neste contexto, apresentamos o CloudSimDB, um simulador para o provisionamento de máquinas virtuais para o processamento de aplicações centradas em banco de dados. O CloudSimDB possibilita que usuários sem experiência de programação possam criar uma quantidade virtualmente ilimitada de cenários de simulação, compostos por uma carga de trabalho W , um SLA e uma configuração de máquinas virtuais, e, para cada um deles, exibe o custo da infraestrutura, o tempo de execução esperado para o processamento de W e a porcentagem de violação do SLA. Desta forma, o CloudSimDB pode ser utilizado para auxiliar os provedores de serviço de dados a maximizar seus lucros, por meio da redução dos recursos utilizados para executar as aplicações de seus clientes sem comprometer a qualidade dos serviços prestados, a qual é especificada no SLA.

2. Trabalhos Relacionados

Em [Calheiros et al. 2011], os autores apresentam o CloudSim, um *framework* de simulação para ambientes de computação em nuvem baseada em uma extensão do GridSim. Um simulador gráfico baseado no CloudSim e denominado CloudAnalyst é apresentado em [Wickremasinghe et al. 2010]. Em [Sá et al. 2011], os autores descrevem a criação de um conjunto de extensões para o *framework* de simulação CloudSim, visando a concepção de um simulador gráfico para ambientes computacionais distribuídos baseados no paradigma de computação em nuvem. Estes trabalhos simulam o ambiente de nuvem, mas estes não permitem simular a quantidade de recursos necessários para garantir a qualidade de um serviço, assim como aspectos de custos.

3. CloudSimDB

O CloudSimDB é uma extensão do *framework*CloudSim [Calheiros et al. 2011], adicionando características para simular a qualidade de serviço e o custo associado ao uso dos recursos. Estas características são essenciais para o ambiente de nuvem, principalmente para SDB, que utilizam uma grande quantidade de recursos. CloudSimDB foi desenvolvido utilizando a linguagem Java e a API JFreeChart¹ para gerar os gráficos que ilustram os resultados das simulações. No CloudSimDB, usuários sem experiência em programação podem configurar e realizar simulações por meio de uma interface gráfica simples e intuitiva. Os cenários de simulação construídos podem ser salvos e armazenados em disco, o que facilita a reprodução dos experimentos realizados e a comparação dos resultados obtidos.

Um cenário de simulação consiste basicamente em uma carga de trabalho *W*, representada por um conjunto de registros, um SLA e uma configuração de máquinas virtuais. Para um determinado cenário, o CloudSimDB permite simular o custo monetário a ser pago pela utilização da infraestrutura da nuvem, o tempo de resposta esperado para *W*, além do percentual de violação do SLA. As instâncias de máquinas virtuais disponíveis no CloudSimDB tiveram como parâmetros as características das instâncias oferecidas pela Amazon EC2² (“*SmallInstance*”, “*LargeInstance*” e “*Extra LargeInstance*”). Assim, esses três tipos de máquinas virtuais podem ser utilizados no CloudSimDB. Esta escolha teve por objetivo aproximar o ambiente simulado dos ambientes reais. Neste trabalho foi utilizado o modelo de custo e de violação de SLA proposto por [Sousa et al. 2011].

4. Exemplos de Simulação

O CloudSimDB permite a realização de quatro tipos distintos de simulações:

- Uma única Máquina Virtual por Tipo
- Várias Máquinas Virtuais de um mesmo Tipo
- Várias Máquinas Virtuais de Tipo Diferentes
- Seleção Automática de uma Configuração de Máquinas Virtuais

4.1 Opção de Simulação 1: Uma Única Máquina Virtual por Tipo

Nesta primeira opção de simulação, o usuário deve fornecer como entrada: i) a carga de trabalho, isto é, a quantidade de registros do banco de dados ii) o SLA, ou seja, o tempo de resposta máximo para o processamento de todos os registros que compõem o banco de dados e iii) os tipos de máquinas virtuais que serão utilizados na simulação (SMALL, LARGE, EXTRA). Vale destacar que neste cenário será utilizada uma única instância de máquina virtual para cada tipo selecionado pelo usuário. Como resultado da simulação é possível observar: i) o custo monetário que o usuário teria que pagar para cada instância de máquina virtual (esse custo depende do tipo de MV e do tempo de utilização da instância, o qual depende do tempo necessário para que esta processe todos os registros do banco de dados) e ii) o percentual de violação do SLA.

¹<http://www.jfree.org/jfreechart/>

²<http://aws.amazon.com/ec2/>

A Figura 1 ilustra um estudo de caso referente à primeira opção de simulação suportada pelo CloudSimDB, a qual utiliza uma única instância de máquina virtual por tipo de MV. Observe que o usuário forneceu como entrada cinco quantidade de registros (tamanhos do banco de dados) diferentes (10000000, 20000000, 30000000, 40000000 e 50000000), selecionou os três tipos de máquinas virtuais (neste caso, o cenário de simulação será formado por três instâncias de MV, sendo uma do tipo SMALL, uma do tipo LARGE e uma terceira do tipo EXTRA) e fixou o tempo de resposta máximo (SLA) para o processamento de todos os registros do banco de dados em 5 segundos.



Figura 1. Estudo de Caso 1: Uma única Máquina Virtual por Tipo

Os gráficos presentes na Figura 1 ilustram o custo das instâncias de máquinas virtuais utilizadas e o percentual de violação do SLA. Avaliando os resultados apresentados pelo gráficos de Violação do SLA, podemos observar que nenhuma das MVs viola o SLA para um banco de dados com até 10000000 registros. Portanto, neste caso, a melhor opção seria a utilização de uma máquina virtual do tipo SMALL, uma vez que esta oferece o menor custo por hora (US\$ 0,085). Já para um banco de dados contendo 20000000 registros, podemos observar que a utilização de uma única instância de MV do tipo SMALL proporcionaria 50% de violação de SLA, ou seja, somente metade dos registros seriam processados em 2 segundos, e seu custo por hora seria de US\$ 0,17. Por outro lado, a utilização de uma instância do tipo LARGE seria suficiente para atender ao SLA. Contudo, a utilização dessa instância geraria um custo por hora de US\$ 0,34. Neste caso, o provedor do serviço de dados pode verificar se o custo de usar a instância SMALL mais a penalidade a ser paga pelo não cumprimento do SLA em 50% dos casos é menor que o custo de utilizar a instância do tipo LARGE. Neste caso, seria melhor utilizar a instância SMALL. Caso contrário, seria mais indicado utilizar a instância LARGE.

4.2 Opção de Simulação 2: Várias Máquinas Virtuais de um mesmo Tipo

Na segunda opção de simulação, o usuário deve fornecer como entrada: i) o tamanho do banco de dados, ii) o SLA,iii) o tipo de máquina virtual a ser utilizado na simulação (SMALL, LARGE ou EXTRA), iv) a quantidade inicial de instâncias de máquinas virtuais, v) a quantidade de máquinas virtuais que devem ser adicionadas a cada simulação e vi) a quantidade de simulações. Vale destacar que neste cenário são utilizadas diversas instâncias de máquinas virtuais, todas de um mesmo tipo. Como resultado da simulação é possível observar uma tabela para cada simulação, onde cada linha dessa tabela contém o identificador de uma das MVs utilizadas, o total de registros processados pela MV, a quantidade de registros processados dentro do SLA, a quantidade de registros processados fora do SLA e o tempo total de utilização da MV. Além disso, um gráfico em linha associa a quantidade de VMs com o percentual de violação do SLA.

4.3 Opção de Simulação 3: Várias Máquinas Virtuais de Tipo Diferentes

Nesta terceira opção de simulação, o usuário deve fornecer como entrada: i) o tamanho do banco de dados, ii) o SLA e iii) a quantidade de instâncias a ser utilizada na simulação para cada tipo de MV (SMALL, LARGE e EXTRA). Vale destacar que neste cenário são utilizadas diversas instâncias de máquinas virtuais, as quais podem ser de tipos distintos. Como resultado da simulação é possível observar uma tabela para cada tipo de MV, conforme mostra a Figura 2. Em uma dada tabela, referente à um determinado tipo de MV, cada linha dessa tabela contém o identificador de uma das MVs utilizadas, o seu tipo, o total de registros processados pela MV, a quantidade de registros processados dentro do SLA, a quantidade de registros processados fora do SLA e o tempo total de utilização da MV. Além disso, dois gráficos em barra são utilizados, um para ilustrar o custo monetário total para cada tipo de MV e outro para mostrar o percentual de violação do SLA para cada tipo de MV.

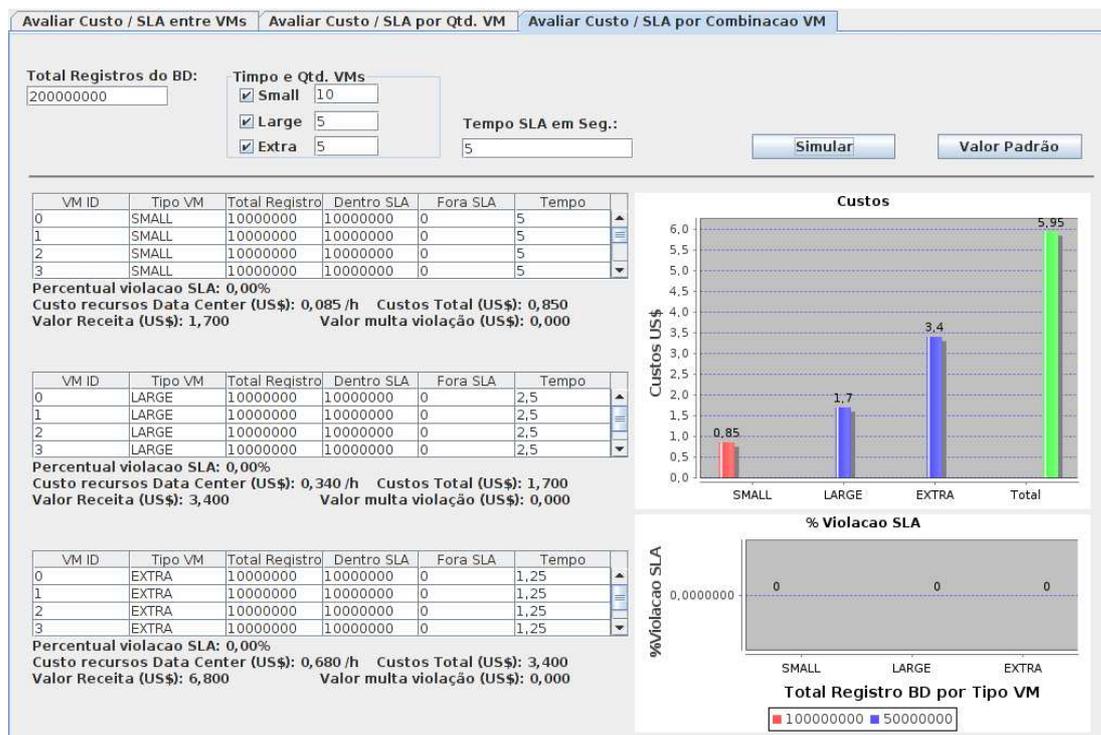


Figura 2. Estudo de Caso3: Várias Máquinas Virtuais de Tipo Diferentes

4.4. Opção de Simulação 4: Seleção Automática de uma Configuração de MVs

Na quarta opção de simulação, o usuário fornece apenas como entrada: i) o tamanho do banco de dados e ii) o SLA. A saída será uma configuração de máquinas virtuais capaz de executar a carga de trabalho dentro dos limites especificados no SLA com o menor custo monetário possível, de forma similar a simulação 3.

5. Conclusões

Neste trabalho, apresentamos o CloudSimDB, um simulador para o provisionamento de recursos voltado para o processamento de aplicações centradas em bancos de dados. O CloudSimDB possibilita a definição e simulação de diversos cenários de execução, representando a infraestrutura de um ambiente de computação em nuvem. Assim, o CloudSimDB apresenta vantagens tanto para o provedor do serviço de dados quanto para as empresas contratantes deste serviço, tais como: i) um ambiente repetível e controlável para testes; ii) possibilita ajustes de gargalos no sistema antes de implantá-lo na nuvem real e iii) permite avaliar o desempenho e o custo de diferentes cenários de locação de recursos sob diferentes cargas de trabalho e distribuição de preços. Como trabalhos futuros, pretende-se adicionar heurísticas para melhorar a seleção automática da quantidade de máquinas necessárias para garantir a qualidade e implementar uma versão web do simulador.

Referências

- RajkumarBuyya, Chee Shin Yeo, SrikumarVenugopal, James Broberg, and IvonaBrandic (2010). Cloud computing and emerging it platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Gener. Comput. Syst.*, 25(6):599–616, 2009.
- Flávio R. C. Sousa, Leonardo O. Moreira, José Antônio Fernandes Macedo, and Javam C. Machado (2010). Gerenciamento de Dados em Nuvem: Conceitos, Sistemas e Desafios. *Simpósio Brasileiro de Banco de Dados*, pages 101–130, 2010.
- Flávio R. C. Sousa, Leonardo O. Moreira, and Javam C. Machado (2011). SLADB: Acordo de Nível de Serviço para Banco de Dados em Nuvem. In: *Simpósio Brasileiro de Banco de Dados*, pages 132–138, 2011.
- Rodrigo N. Calheiros, RajivRanjan, Anton Beloglazov, Cesar A. F. De Rose, and RajkumarBuyya (2011). CloudSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Cloud Computing Environments and Evaluation of Resource Provisioning Algorithms. *Software: Practice and Experience (SPE)*, Volume 41, Number 1, pages 23-50, 2011.
- Thiago T. Sá, José M. Soares, Danielo G. Gomes (2011). CloudReports: uma ferramenta gráfica para a simulação de ambientes computacionais em nuvem baseada no framework CloudSim. *IX Workshop em Clouds, Grids e Aplicações*, pages, 103-116, 2011.
- Wickremasinghe, B., Calheiros, R. N., and Buyya, R. (2010). CloudAnalyst: A CloudSim-Based Visual Modeller for Analysing Cloud Computing Environments and Applications. *International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pages 446-452.