

MODELO DE ESCALONAMENTO APLICATIVO PARA BAG OF TASKS EM AMBIENTES DE NUVEM COMPUTACIONAL

FERNANDO ANGELIN¹; MAICON ANÇA DOS SANTOS²; GERSON GERALDO H. CAVALHEIRO³

¹Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – fangelin@inf.ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – madsantos@inf.ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) – gerson.cavalheiro@inf.ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A Computação em Nuvem é um ingrediente essencial nas novas arquiteturas de sistemas computacionais, se apresentando como a infraestrutura para acesso a recursos para uma nova geração de aplicações distribuídas e ubíquas (MOHAMMADI; JAMALI; BEKRAVI, 2014). O modelo de computação em nuvem busca fazer um melhor uso dos recursos distribuídos, colocando-os juntos, a fim de alcançar um maior rendimento e ser capaz de resolver problemas de computação de grande escala (RIMAL; CHOI; LUMB, 2009).

Nuvens computacionais são hoje tanto uma realidade em ambientes de pesquisa e desenvolvimento como de mercado. Uma nuvem típica é composta por um conjunto de recursos de processamento acessíveis via rede e os usuários finais fazem uso destes recursos, visando suprir as necessidades para execução de suas aplicações. É comum que a infraestrutura física de uma nuvem seja inferior ao somatório das necessidades de todos os seus usuários, bem como, é comum que nem todos os recursos disponibilizados nesta mesma nuvem estejam sendo utilizados a pleno, durante 100% do tempo de sua operação. Assim, o usual é que as nuvens computacionais apresentem seus recursos de processamento aos usuários, de forma virtualizada.

A Computação em Nuvem tem adotado a virtualização de *hardware* como ponto chave para o uso eficiente dos recursos computacionais e as estruturas em nuvem podem ser especializadas para oferecer diversos tipos de serviços (KAVIS, 2014). No que se diz respeito a esse trabalho, é dado enfoque à organização do tipo *Infrastructure as a Service* (IaaS).

Considerando uma nuvem como suporte à computação de tarefas, a virtualização se dá por meio de máquinas virtuais. Usuários dispõem de máquinas virtuais sobre as quais lançam suas aplicações. As máquinas virtuais, por sua vez, são executadas sobre nós de processamento físicos disponibilizados na nuvem. Um mecanismo para realizar o mapeamento das máquinas virtuais sobre os recursos reais de processamento se faz então necessário. Tal mecanismo é implementado por uma estratégia de escalonamento.

O escalonamento de tarefas em ambientes distribuídos pode ser entendido como um mecanismo responsável pelo gerenciamento do uso de um conjunto de recursos limitados para atendimento das demandas de consumo (CASAVANT; KUHLE, 1988). No caso de um escalonador de tarefas para uma nuvem, trata-se de uma ferramenta para gerenciar o uso dos recursos de *hardware* disponibilizados para a execução de tarefas que caracterizam as demandas de uma, ou de várias, aplicações. Embora a premissa principal do mecanismo de escalonamento seja a de permitir que as tarefas da aplicação executem corretamente, em tempo finito, sem que o mesmo recurso seja alocado a duas, ou mais tarefas, de forma sobreposta, é comum agregar ao escalonador uma política que racionalize o uso dos

recursos de forma a apresentar um ganho de desempenho. Entende-se então que a responsabilidade de um escalonador de tarefas em uma nuvem é o de agendar recursos para que as máquinas virtuais, que representam as demandas de aplicações de usuários, possam evoluir.

Este trabalho aborda a questão de escalonamento de tarefas, representadas por máquinas virtuais, sobre um ambiente em nuvem. O padrão de tarefas escolhido é o *Bag of Tasks* (BoT), cuja principal característica é que as tarefas são independentes umas das outras, não possuindo relação de comunicação ou dependências, segundo CIRNE et al. (2003). O ambiente de nuvem é controlado pelo OpenStack, que é entendido como um sistema operacional para controle de nuvens, onde sua principal característica é a de apresentar uma arquitetura modular (SEFRAOUI et al. (2012)), facilitando ao administrador, a escolha dos módulos a serem utilizados, conforme o tipo de serviço que a nuvem irá proporcionar.

O cenário considerado é aquele em que um usuário requisita à nuvem recursos para processar máquinas virtuais descrevendo a demanda de sua(s) aplicação(ões) em função do tempo. A nuvem possui limitações de recursos físicos para atender as demandas a ela submetidas. O escalonamento é visto em dois níveis (FEITELSON, 1994): aplicativo e sistema.

O escalonamento aplicativo tem como entrada a especificação de uma aplicação BoT do usuário e o número de máquinas virtuais que suportarão a execução desta aplicação. Considera-se máquinas virtuais idênticas e a aplicação é descrita em termos de número de tarefas, tempo de chegada de cada tarefa e seus respectivos custos computacionais. A saída deste escalonamento é a distribuição, no tempo, da carga computacional associada a cada uma das máquinas virtuais disponíveis. O escalonamento em nível de sistema se dá pelo mapeamento da execução das máquinas virtuais sobre os recursos físicos (nós) que compõem uma nuvem. O resultado é a efetiva execução das máquinas virtuais, conforme a demanda exposta, mensurada em termos de tempo total de execução.

2. METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica dos conceitos relacionados a Computação em Nuvem, escalonamento de tarefas e escalonamento em ambientes de nuvens computacionais. Após essa primeira etapa, foram apresentadas as características e arquitetura do *OpenStack*, o qual é responsável pelo gerenciamento dos recursos na infraestrutura de nuvem. Na sequência deste trabalho, se deu o estudo, implementação e validação de uma estratégia de escalonamento. A partir daí, foi proposto um modelo de escalonamento aplicativo para BoT. Para uma das etapas do escalonamento, foi criada a consolidação de tarefas, que consiste no mapeamento das tarefas definidas de uma aplicação sobre um conjunto finito de recursos de processamento e, é realizada a nível aplicativo. Foram desenvolvidos alguns *scripts* para realizar os experimentos de escalonamento das tarefas na nuvem. Estes experimentos foram realizados em um *cluster* local, com nuvens computacionais do tipo IAAS.

Este cluster possui dez nós, dos quais um foi utilizado como controlador e os outros nove como computes. A estratégia de escalonamento desenvolvida foi avaliada sobre aplicações sintéticas construídas a partir de um modelo de aplicações do tipo BoT. A partir disso, diversos cenários de submissão destas aplicações foram submetidos à execução para posterior análise de relação entre desempenho e tempo necessário para a execução destas aplicações. O tempo de execução considerado é aquele transcorrido desde o recebimento da aplicação pelo ambiente até a conclusão de sua última tarefa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos foram realizados sobre uma infraestrutura privada de nuvem, composta por dez nós, sendo um nó controlador e os demais para processamento. Esta infraestrutura física foi gerenciada pelo OpenStack, como apoio de um mecanismo de escalonamento sistema externo rudimentar, construído para efeitos de validação da proposta. Devido ao tempo necessário para o processamento de cada um dos casos de teste, o número de repetições realizadas foi limitado, sendo apenas uma execução para a avaliação dos BoTs.

Foram tomadas duas medidas voltadas a permitir um conjunto mínimo de experimentos a serem realizados. Em um primeiro momento, delimitou-se dois parâmetros: em todos experimentos, a consolidação das tarefas considerada foi aquela realizada utilizando o mecanismo de mapeamento cíclico e priorizando as tarefas, entre si, pelo critério de custo, sendo as tarefas de menor custo prioritárias. Então, em um segundo momento, foram identificadas classes para descrever aplicações do tipo BoT. As diferentes classes propostas, relacionadas ao número de tarefas por quádruplas, duração e custo das tarefas e ao intervalo entre submissões de quádruplas, embora concebidas para refletir os diferentes modelos de distribuição apresentados por IOSUP et al. (2011), foram descritas considerando valores arbitrários suficientes para comparação entre BoTs neste trabalho.

A Tabela 1 ilustra os resultados obtidos. Foram executados três BoTs com, respectivamente 10, 17 e 24 Máquinas Virtuais (VMs), obtendo um tempo estimado de execução conforme apresentado na coluna Consolidado. O tempo real obtido foi anotado, bem como o número de migrações observados na execução real.

Tabela 1 – Tempos de execução para validar hipótese (tempos em minutos).

BoT	MVs	Consolidado	Real	Diferença (%)	Migrações
BoT-1	10	45	55	22,22%	21
BoT-2	17	50	67	34%	11
BoT-3	24	45	83	84,44%	3

Pela análise dos desempenhos, foi possível comprovar que a estratégia proposta permite dimensionar a utilização de uma arquitetura física para a execução de uma determinada aplicação. Desta forma, comprovou-se a constatação apresentada por GOKILAVANI et al. (2013), na qual identificam que o tempo total de execução pode ser reduzido agrupando tarefas em uma etapa prévia à execução efetiva.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho envolveu o desenvolvimento de uma estratégia de escalonamento para um ambiente de nuvem e sua avaliação. As atividades foram desenvolvidas sobre a plataforma *OpenStack*, que foi escolhido devido a sua popularidade no meio acadêmico. O contexto do trabalho e o problema central de escalonamento são aplicações do tipo BoT submetidas à execução em uma nuvem. O serviço de nuvem em questão, portanto, é especializado como uma plataforma IaaS dedicada ao processamento intensivo.

Verificou-se que o escalonamento sistema não influenciou o ambiente quando este não estava sobrecarregado, ou seja, no perfil leve. Para o caso BoT mediano, com sistema a 75% de carga e BoT pesado com sistema a 50% de carga, o escalonador teve in-

fluência negativa. Para o caso BoT pesado com sistema a 75% de carga, obteve-se ganho no balanceamento de carga em nível de sistema.

Na continuidade do trabalho, novas rodadas de execução serão realizadas para que seja possível verificar uma possível tendência de comportamento, em cada caso. Como trabalhos futuro, espera-se aplicar em outros padrões de tarefas, como por exemplo, o padrão *Bulk Synchronous Parallel* (BSP) e também, tratar da heterogeneidade dos recursos de *hardware*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASAVANT, T. L; KUHL, J. G. Taxonomy of Scheduling in General-Purpose Distributed Computing Systems. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v.14, n.2, p.141-154, 1988.

CIRNE, W; PARANHOS, D; COSTA, L; SANTOS-NETO, E; BRASILEIRO, F; SAUVE, J; SILVA, F. A. B; BARROS, C.O; SILVEIRA, C. Running Bag-of-Tasks applications on computational grids: the MyGrid approach. **Parallel Processing, 2003. Proceedings. 2003 International Conference on**, Kaohsiung, p.407-416, 2003.

FEITELSON, D. **A Survey of Scheduling in Multiprogrammed Parallel Systems**. IBM T. J. Watson Research Center, 1994. (Research Report).

GOKILAVANI, M; SELVI, S; UDHAYAKUMAR. A Survey on Resource Allocation and Task Scheduling Algorithms in Cloud Environment. **International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)**, v.3, n.4, 2013.

IOSUP, A; EPEMA, D. Grid Computing Workloads. **IEEE Internet Computing**, Los Alamitos, CA, USA, v.15, n.2, p.19-26, 2011.

KAVIS, M. J. **Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS and IaaS)**. Estados Unidos: Wiley, 2014. 1v.

MOHAMMADI, F; JAMALI, S; BEKRAVI, M. Survey on Job Scheduling Algorithms in Cloud Computing. **International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)**, v.3, n.2, p151-154, 2014.

RIMAL, B. P; CHOI, E; LUMB, I. A Taxonomy and Survey of Cloud Computing Systems. **NCM 2009 – 5th International Joint Conference on INC, IMS and IDC**, p44-51, 2009.

SEFRAOUI, O; AISSAOUI, M; ELEULDJ, M. OpenStack: Toward an Open-Source Solution for Cloud Computing. **International Journal of Computer Applications**, v.55, n.3, 2012.