

# Precificação de contêineres em nuvens IaaS com base no consumo energético: um estudo preliminar

Aline S. Moreira<sup>1</sup>, Maurício A. Pillon<sup>1</sup>, Guilherme P. Koslovski<sup>1</sup>, Charles C. Miers<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada (PPGCA)  
Departamento de Ciência da Computação – Universidade do Estado de Santa Catarina  
Centro de Ciências Tecnológicas – Joinville, SC – Brasil

aline.moreira@edu.udesc.br,

{mauricio.pillon, guilherme.koslovski, charles.miers}@udesc.br

**Resumo.** *Os serviços nas nuvens computacionais são ofertados sob demanda e executados sobre recursos virtualizados. As tarifas aplicadas pelos provedores são influenciadas pela alocação e utilização dos recursos, onde a energia é o principal componente para precificação em nuvem. Este trabalho propõe um modelo de custo para contêineres baseado no consumo energético em provedores Infraestrutura como serviço (IaaS) e tarifação pay-per-use.*

## 1. Introdução

Recentemente, a aplicação da técnica de virtualização containerizada em nuvem computacionais do tipo *Infraestrutura como serviço* (IaaS) vem sendo adotada por provedores reconhecidos no mercado (e.g., Amazon AWS, Microsoft Azure, Google Cloud, Rackspace, Heroku, dentre outras) [Souppaya et al. 2017] [Kominos et al. 2017]. Contêineres também são foco de pesquisas científicas e destacam-se, sobretudo, por seu potencial de escalabilidade e de flexibilidade. Contêineres virtualizam recursos no nível do Sistema Operacional (SO), compartilhando o núcleo do SO do *host* hospedeiro entre os contêineres. O método de compartilhamento dos recursos diretamente no núcleo o torna mais leve, se comparado com outros métodos de virtualização como máquinas virtuais (MVs).

A contratação de serviços em nuvem computacionais destaca-se pela facilidade de acesso aos recursos e flexibilidade. Em provedores públicos, inquilinos alocam e desalocam recursos sem burocracia ou a necessidade de autorização humana. Contudo, a quantidade de *sabores* (pacotes de recursos virtuais) e a forma de precificação dos serviços têm se mostrado cada vez mais complexos e obscuros aos inquilinos. A precificação dos serviços IaaS, fornecida aos inquilinos, não explicita o impacto do consumo energético das aplicações containerizadas. Sem consciência do impacto de sua aplicação no consumo energético do *data center* (DC), inquilinos não são incentivados a tornar suas aplicações mais econômicas, no que se refere ao consumo energético.

A concepção de modelos de custos para nuvens computacionais IaaS é foco de pesquisas científicas recentes [Hinz et al. 2018] [Kurpicz et al. 2018]. Contudo, estes trabalhos propuseram modelos de custos somente para MVs ignorando a tendência da containerização em nuvens computacionais IaaS. Contêineres diferenciam-se de MVs no modo de virtualização, compartilhando bibliotecas de um mesmo SO e, consequentemente, na forma de gerenciamento do ambiente virtualizado. Portanto, a precificação de

um contêiner exige a contabilização do consumo de energia específico a este ambiente. Este trabalho tem sua principal contribuição no preenchimento desta lacuna científica, concebendo um modelo de custo para contêineres baseado no consumo energético.

O foco deste modelo de custo é o modelo de serviços de nuvens computacionais IaaS e de tarifação *pay-per-use*. O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: A Seção 2 apresenta o estado da arte do problema, seguido da descrição do modelo de custo proposto (Seção 3). Por fim as considerações finais são apresentadas (Seção 4).

## 2. Trabalhos relacionados

A concepção de modelos de custos está vinculada a dois elementos: (i) identificação dos componentes do ambiente a ser modelado bem como a relação entre eles; e (ii) concepção de ferramentas de medição e/ou análise de métricas de quantificação de uso do componentes (identificados em (i)). O levantamento bibliográfico dos trabalhos relacionados são sumarizados na Tabela 1.

**Tabela 1. Modelos e Ferramentas sob a ótica do consumo energético de MVs em DC ou Nuvens IaaS.**

	Objetivo	Ambiente	Recursos
[Hinz et al. 2018]	Análise do custo energético específico da MV e hipervisor	Nuvens IaaS	vCPU e rede
[Kurpicz et al. 2018]	Modelo de custo proporcional de energia em ambientes baseados em provedores de nuvem	Nuvens IaaS	vCPU
[Bhattacharya et al. 2013]	Ferramenta de medição do consumo energético	<i>data center</i> (DC)	vCPU, Rede, Memória e Disco
[Zakarya and Gillam 2018]	Relaciona a eficiência energética de cargas de trabalho em função do consumo de CPU	Nuvens	vCPU e Memória

Nas duas primeiras linhas da Tabela 1 estão dois modelos de custos para nuvens IaaS com foco em MVs. *Proportional-Shared Virtual Energy* (PSVE) baseia seu modelo de custo na identificação do consumo energético individualizado por MV através do hipervisor. O uso dos recursos podem ser contabilizados de forma individual ou coletiva. Os custos coletivos são rateados proporcionalmente por MV de acordo com o número de vCPUs efetivamente alocados no período [Hinz et al. 2018]. Com o mesmo foco, nuvem IaaS e MVs, o segundo trabalho difere na política de divisão dos custos energéticos e ignora o consumo de energia proveniente do tráfego de rede [Kurpicz et al. 2018]. Os dois últimos trabalhos elencados na Tabela 1 descrevem uma ferramenta de medição de consumo de energia [Bhattacharya et al. 2013] e a descrição do impacto da carga de trabalho no consumo de energia [Zakarya and Gillam 2018]. Ambos com foco na técnica de virtualização com hipervisor (MVs).

No contexto de contêineres e microsserviços foram identificados dois trabalhos promissores: (i) a ferramenta DEEP-mon que realiza o monitoramento para mensurar o consumo energético dos recursos vCPU, rede e memória a nível de SO (contêineres) [Brondolin et al. 2018]; e (ii) um modelo de custos de implantação de aplicativos em nuvem baseados em microsserviço [Leitner et al. 2016]. Com este levantamento foi possível constatar a importância de modelos de custos no contexto de nuvem IaaS baseado em consumo energético. Pode-se identificar também uma lacuna científica no que se refere à concepção de modelo de custos para containerização baseado em consumo energético, foco de atuação deste trabalho.

### 3. Modelo de custo para contêineres baseado no consumo energético

Dada a importância do consumo energético na composição do custo de Custo Total de Propriedade (TCO) dos provedores, percebe-se a relevância de considerar o gasto de energia na modelagem da precificação dos contêineres [Brondolin et al. 2018]. Contêiner é um ambiente mais leve do que MVs e, assim sendo, possibilita a redução no consumo energético. Isto posto, o presente trabalho propõe um modelo de custo baseado em consumo energético para nuvens IaaS virtualizadas em contêineres. A Tabela 2 apresenta as notações utilizadas para representar o modelo de custos proposto neste trabalho.

**Tabela 2. Notação relacionada ao consumo energético de contêiner em um período de tempo.**

Notação	Descrição
$Cost$	Consumo de energia de um contêiner em um período de tempo.
$C_{cpu}^{cont}$	Consumo de energia relacionado ao uso da CPU física.
$C_{net}^{cont}$	Consumo de energia relacionado às operações de rede.
$C_{mem}^{cont}$	Consumo de energia relacionado ao uso de memória.
$C_{io}^{cont}$	Consumo de energia relacionado ao uso de disco.
$C_{min}^{cont}$	Consumo de energia mínimo para manter o contêiner ativo em um período de tempo.
$C_{ce}^{cont}$	Consumo de energia relacionado ao <i>Container Engine</i> no gerenciamento dos contêineres.
$C_{orq}^{cont}$	Consumo de energia relacionado ao orquestrador de contêineres.
$C_{plat}$	Consumo de energia da plataforma.

O modelo de custo proposto baseia-se no consumo energético proporcional por contêiner. O primeiro componente do modelo de custo é o consumo mínimo de CPU ( $C_{min}^{cont}$ ), necessário a disponibilidade do serviço containerizado. A este custo compartilhado, a política é rateio proporcional a todos os contêineres ativos, ou seja, contêineres com ou sem processamento. Os custos individuais a um contêiner são: taxa de utilização de CPU por contêiner ( $C_{cpu}^{cont}$ ), consumo de rede ( $C_{net}^{cont}$ ), uso de memória ( $C_{mem}^{cont}$ ) e disco ( $C_{es}^{cont}$ ). Neste caso, como descrito na Equação 1, cada contêiner tem seu custo contabilizado individualmente.

$$Cost(i, T) = C_{min}^{cont}(i, t) + C_{cpu}^{cont}(i, t) + C_{net}^{cont}(i, t) + C_{mem}^{cont}(i, t) + C_{es}^{cont}(i, t) \quad (1)$$

Os últimos componentes contabilizados são o de gerenciamento, *Container Engine* ( $C_{ce}^{cont}$ ), o de orquestração de contêineres, *e.g.*, *Kubernetes* ( $C_{orq}^{cont}$ ) e o da plataforma ( $C_{plat}$ ). O consumo energético da plataforma é decorrente do ambiente que hospeda o contêiner, *e.g.*: consumo do SO hospedeiro ou da MV mais o SO hospedeiro. O total de energia consumida por um contêiner específico  $i$  em um período de tempo  $T$  é representado através da 2, sendo somatório dos consumos individuais de cada contêiner  $i$  em um instante de tempo  $t$ .

$$Cost_{final}(i, T) = C_{ce}^{cont}(i, t) + \frac{C_{orq}^{cont}}{C_{plat}} + Cost(i, T) \quad (2)$$

O modelo de custos proposto é simplificado e estratificado de acordo com os elementos que compõem um ambiente de virtualização de SO em nuvens IaaS. A validação e calibragem dos componentes do modelo dependem da análise de comportamento dos componentes.

#### 4. Considerações & Trabalhos futuros

Contabilizar o impacto energético dos componentes de contêineres é essencial para o ambiente de nuvem computacional IaaS. Esta técnica de virtualização está em pleno uso em grandes provedores e possibilita a redução energética em grandes DCs. A concepção de modelos de custos transparentes motivam os inquilinos a otimizarem suas aplicações para melhor usar os recursos, promovendo ganhos financeiros a inquilinos e provedores, através da economia de energia. O trabalho conta com um modelo de custo que preencha a lacuna científica identificada no levantamento de trabalhos correlatos.

Um ponto que merece atenção refere-se aos aspectos inerentes aos diversos mecanismos de orquestração de contêineres existentes e as diferentes abordagens de usar contêineres, que serão investigados como trabalhos futuros. Além disso, será realizada a concepção de um ambiente de testes real para validação do modelo bem como sua eficácia.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem o apoio do Laboratório de Processamento Paralelo Distribuído (LabP2D) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

#### Referências

- Bhattacharya, A. A., Culler, D., Kansal, A., Govindan, S., and Sankar, S. (2013). The need for speed and stability in data center power capping. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 3(3):183–193.
- Brondolin, R., Sardelli, T., and Santambrogio, M. D. (2018). Deep-mon: Dynamic and energy efficient power monitoring for container-based infrastructures. In *2018 IEEE Int. Parallel and Distributed Processing Symp Workshops (IPDPSW)*. IEEE.
- Hinz, M., Koslovski, G. P., Miers, C. C., Pilla, L. L., and Pillon, M. A. (2018). A cost model for iaas clouds based on virtual machine energy consumption. *Journal of Grid Computing*, 16(3):493–512.
- Kominos, C. G., Seyvet, N., and Vandikas, K. (2017). Bare-metal, virtual machines and containers in openstack. In *2017 20th Conf. on Innovations in Clouds, Internet and Networks (ICIN)*, pages 36–43.
- Kurpicz, M., Orgerie, A.-C., Sobe, A., and Felber, P. (2018). Energy-proportional profiling and accounting in heterogeneous virtualized environments. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 18:175–185.
- Leitner, P., Cito, J., and Stöckli, E. (2016). Modelling and managing deployment costs of microservice-based cloud applications. In *Proceedings of the 9th Int. Conf. on Utility and Cloud Computing*, pages 165–174. ACM.
- Souppaya, M., Morello, J., and Scarfone, K. (2017). Application container security guide. *NIST Special Publication*, 800:190.
- Zakarya, M. and Gillam, L. (2018). Managing energy, performance and cost in large scale heterogeneous datacenters using migrations. *Future Generation Computer Systems*.