

Proposta de Monitoramento e Gerenciamento Inteligente de Temperatura em *Datacenters*

Djalma Teixeira¹, Adriano Vogel^{1,2}, Dalvan Griebler^{1,2}

¹ Laboratório de Pesquisas Avançadas para Computação em Nuvem (LARCC)
Faculdade Três de Maio (SETREM) – Três de Maio – RS – Brasil

² Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
Porto Alegre – RS – Brasil

djalma.teixeira@setrem.com.br

Abstract. *The constant growth and development of computing infrastructures has been driving an increasing demand for intelligent monitoring and management. In smart datacenters the hardware is controlled with autonomic actions that are executed under certain conditions, without the need of human intervention. The objective of this work is to propose a conceptual model of monitoring and intelligent management for temperature in smart datacenters, which can be applied in both basic and complex structures. The solution can potentially be adapted to the heterogeneity of current datacenters.*

Resumo. *O aumento constante do crescimento e desenvolvimento das infraestruturas computacionais, vem impulsionando uma demanda cada vez maior por monitoramento e gerenciamento inteligente de datacenters. Em um ambiente gerenciado autonomicamente os equipamentos são controlados por meio de ações autônomicas, que são executadas sob determinadas condições sem a necessidade de intervenção humana. O objetivo deste trabalho é propor um modelo conceitual de monitoramento e gerenciamento inteligente para temperatura, que pode ser aplicado tanto em estruturas básicas quanto complexas e adaptado a heterogeneidade dos datacenters atuais.*

1. Introdução

O crescimento da demanda por serviços de computação em nuvem vem exigindo um aumento considerável das infraestruturas de *datacenters* [Vogel et al. 2016]. Segundo [Yogendra 2012], os *datacenters* são ambientes construídos para a concentração de servidores e equipamentos de rede, além de provisionamento de todos os serviços de TI e alto tráfego de dados. Portanto é necessário que estas infraestruturas mantenham alta disponibilidade.

Portanto estes equipamentos devem operar com climatização apropriada uma vez que possuem componentes sensíveis a temperaturas elevadas, tornando a climatização do ambiente fundamental para manter a disponibilidade dos equipamentos e serviços do *datacenter*. A norma [ASHRAE. 2013] define que a climatização ambiente deve se manter entre 18 e 25 C para diminuir os riscos de superaquecimento de componentes. Deste modo para manter a temperatura ideal se faz necessário monitoramento e gerenciamento constante do ambiente e do hardware. Quando esse processo é feito de forma manual depende completamente de um operador para evitar um evento crítico.

O principal evento crítico referente a temperatura é o superaquecimento de componentes, que pode ocasionar indisponibilidade devido a desligamentos forçados, e avariação de hardware quando exposto a longos períodos de temperatura elevada. O modelo conceitual proposto neste estudo visa servir como uma alternativa para evitar prejuízos relacionados a superaquecimento através de ações autônomicas.

Este estudo tem como objetivo propor um modelo conceitual para monitoramento e gerenciamento inteligente de temperatura, baseando-se nos requisitos abordados nas normas [TIA-942 2012] e [ASHRAE. 2013] e realizar a implementação prática do modelo conceitual utilizando a ferramenta de gerenciamento de redes Zabbix, afim de validar a eficácia da proposta.

O estudo contribui com a organização e tabulação dos requisitos descritos nas normas TIA 942 e ASHRAE referentes temperatura e climatização de *datacenters*. Com uma proposta de implementação e validação de modelo conceitual para monitoramento e gerenciamento inteligente de temperatura baseado em computação autônomicas, e a validação prática parcial do modelo proposto.

A Seção 2 apresenta o referencial teórico deste estudo. Na Seção 3 são discutidas as normas e os requisitos para redundância e temperatura do ambiente *datacenter*. A Seção 4 apresenta a proposta de modelo conceitual para gerenciamento inteligente da temperatura ambiente bem como a sua validação. A Seção 5 apresenta os trabalhos relacionados deste artigo e a conclusão do artigo é mostrada na Seção 6.

2. Referencial Teórico

Esta seção explica os principais conceitos abordados neste estudo, são eles: o gerenciamento de temperatura para *datacenters* e a computação autônomicas.

2.1. Gerenciamento de Temperatura de *datacenters*

O gerenciamento da temperatura ambiente em um *datacenter* tem como objetivo tratar e evitar a ocorrência de eventos críticos, como o superaquecimento por exemplo. Este processo é feito por meio do monitoramento e controle dos equipamentos de climatização e dissipação de calor dispostos na infraestrutura. Tendo em vista que os servidores possuem diversos componentes sensíveis a temperaturas elevadas o gerenciamento da temperatura em um *datacenter* é fundamental.

O aumento das infraestruturas computacionais exigem sistemas de climatização mais potentes para garantir a disponibilidade e a integridade dos recursos. Segundo [Mukherjee et al. 2010] os equipamentos de TI de alto desempenho concentrados nos *datacenters* podem em apenas alguns segundos ultrapassarem a temperatura limite definida por seus fabricantes, podendo superaquecer e comprometer os componentes e a disponibilidade dos servidores e aplicações.

2.2. Computação Autônomicas

A computação autônomicas é uma solução eficaz para o gerenciamento de grandes infraestruturas computacionais, pois possibilita o controle dos recursos sem a necessidade de intervenção humana. Segundo [Norouzi and Bauer 2015] Autonomic Computing (AC) é a capacidade de um computador de gerenciar a si mesmo automaticamente por meio

de tecnologias adaptáveis que aprimoram os recursos de computação e reduzem o tempo exigido pelos profissionais de TI para resolver as dificuldades do sistema ou outras manutenções.

A computação autônoma visa reduzir a necessidade de intervenção humana no gerenciamento de ambientes computacionais. No âmbito de *datacenters* é utilizada no auto-gerenciamento, auto-reparo e na otimização dos recursos. Além disso pode ser utilizada para reduzir a complexidade no controle e na operação de infraestruturas complexas.

3. Normas de Monitoramento de Temperatura

Atualmente a utilização de uma infraestrutura de *datacenter* depende de um sistema de climatização de ambiente para manter os equipamentos operando em uma temperatura adequada, cuja a classificação e padronização é disponibilizada em algumas normas. Neste artigo foram estudadas as normas [TIA-942 2012] que classifica o nível de redundância para equipamentos de refrigeração e a [ASHRAE. 2013] que define requisitos para temperatura dentro de ambientes *datacenter*. No entanto estas normas não disponibilizam as informações de forma objetiva e organizada.

Portanto, as informações presentes nas normas [TIA-942 2012] e [ASHRAE. 2013] foram tabuladas e organizadas em forma de tabela para oferecer um visão mais clara dos requisitos necessários. Na tabela 1 são apresentados os requisitos para temperatura bem como a classificação considerando redundância para equipamentos de climatização de um *datacenter*. Os requisitos são organizados em quatro *Tiers*, sendo *Tier 1* infraestrutura básicas, *Tier 2* baixa redundância, *Tier 3* alta redundância e *Tier 4* a prova de falhas.

Tabela 1: Redundância de equipamentos de climatização

Climatização	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4
Geral				
Redundância para equipamentos mecânicos	Não requer	Perda de refrigeração	Não causa perda de resfriamento, mas pode elevar a temperatura	Não causará perda de resfriamento
Sistema de encanamento de água	Permitido mas não recomendado	Permitido mas não recomendado	Não permitido	Não permitido
Pressurização positiva	Não requer	Sim	Sim	Sim
Exige um gerador reserva	Não requer	Sim	Sim	Sim
Sistema de refrigeração				
Unidades redundantes de ar condicionado	Não requer	Uma unidade de AC redundante	Qtd. de Unidades AC suficientes para manter a área crítica	Qtd. de Unidades AC suficientes para manter a área crítica
Energia para sistema de refrigeração	Caminho único	Caminho único	Múltiplos caminhos	Múltiplos caminhos
Controle de umidade	Não requer	Sim	Sim	Sim
Dissipação de calor				
Sistema de refrigeração a água	Caminho único	Caminho único	Sistema de condensação de água	Sistema de condensação de água
Liberação de calor	Caminho único	Caminho único	Sistema de condensação a água	Sistema de condensação a água

4. Gerenciamento Autônomo de Temperatura

Segundo [Sahana et al. 2018] o crescimento da demanda por serviços de computação em nuvem aumentou as pesquisas por soluções de gerenciamento inteligente de temperatura e energia para ambientes *datacenter*. Uma vez que as infraestruturas de TI venham a utilizar mais recursos computacionais a geração de calor tende a aumentar, de modo que uma falha de climatização ou dissipação de calor possa gerar consequências mais graves como desligamentos forçados e avariação de componentes.

O desenvolvimento deste modelo é baseado nas normas descritas na Seção 3 e na pesquisa realizada por trabalhos relacionados. Já o objetivo da proposta é oferecer um método para melhorar a eficácia do gerenciamento da temperatura de um *datacenter* através de abordagens autônomicas, sendo escalável as quatro *Tiers* de *datacenters*.

4.1. Proposta de Modelo Conceitual

O modelo conceitual apresentado nessa seção propõe um método de gerenciamento autônomo de temperatura em *datacenter* executando ações reativas quando detectada a ocorrência de eventos críticos, como por exemplo, o superaquecimento de componentes. Os eventos críticos relacionados a temperatura do ambiente e dos equipamentos de TI foram classificados da seguinte forma: (EX) se o evento tem origem externa, (IN) se o evento tem origem interna, o status que define se o evento se trata de uma (IN) informação, (AL) alerta ou (CR) estado crítico, e categoria que informa a qual categoria (T1, T2, T3 e T4) da TIA 942 o evento está direcionado .

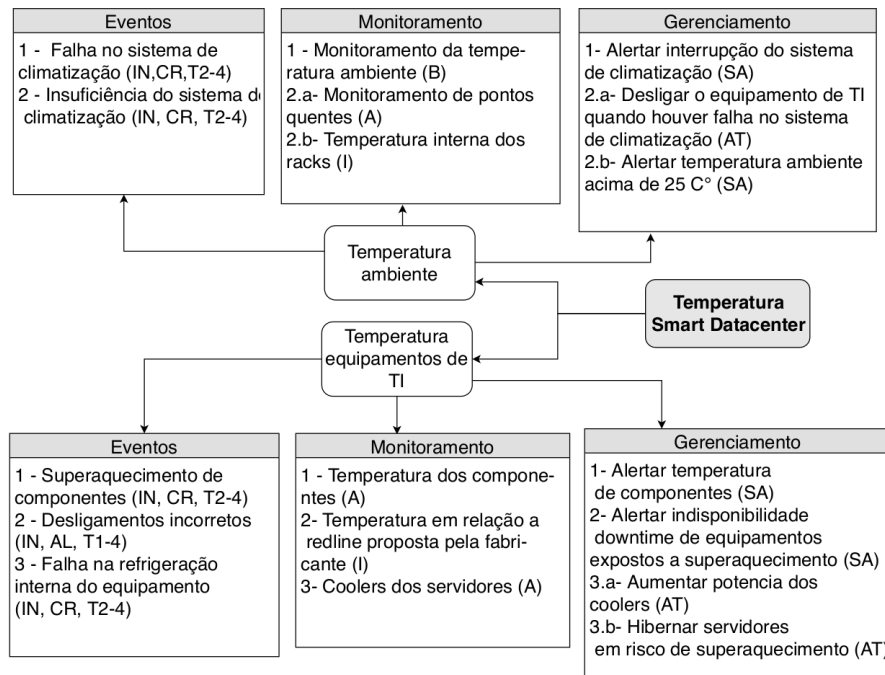
O monitoramento desses eventos foi classificado da seguinte forma: Básico (B) monitora as funções básicas do item além de gerar gráficos e relatórios simples. Intermediário (I) monitora a maior parte dos componentes do item selecionado gera gráficos e relatórios elaborados. Avançado (A) oferece informações completas sobre os itens monitorados, ou seja, monitora todos os aspectos que podem ser trabalhados e gerenciados e mostra de forma otimizada as informações gerando gráficos, relatórios e *logs*.

O gerenciamento foi classificado da seguinte forma: (M) manual ações que dependem da operação de uma pessoa física, (SA) semi-autônomo pode alertar ou tentar conter a ocorrência de um evento e (AT) autônomo ações que normalizam o estado da infraestrutura. A Figura 1 apresenta o modelo conceitual de temperatura, que é dividido em temperatura de ambiente e temperatura de equipamentos. O modelo apresenta possíveis eventos elencados que podem ser monitorados e gerenciados para fins de controle autônomo.

4.2. Implementação e Resultados

Foi desenvolvido um fluxograma com o objetivo de representar em alto nível como as ações reagem caso ocorra o evento crítico superaquecimento dos componentes de TI em um *datacenter* inteligente. A Figura 2 ilustra o fluxo de verificações e decisões que devem ser tomadas quando identificado estado de risco a infraestrutura. Foram criados 4 gatilhos para disparar ações reativas no intuito de contenção de um estado crítico, ou seja, são executadas para evitar os danos decorrentes da exposição a alta temperatura, portanto se detectado um evento grave, a integridade dos equipamentos será prioridade em relação a aplicações. Os gatilhos são disparados sob a seguinte condição:

Figura 1. Modelo Conceitual Temperatura.



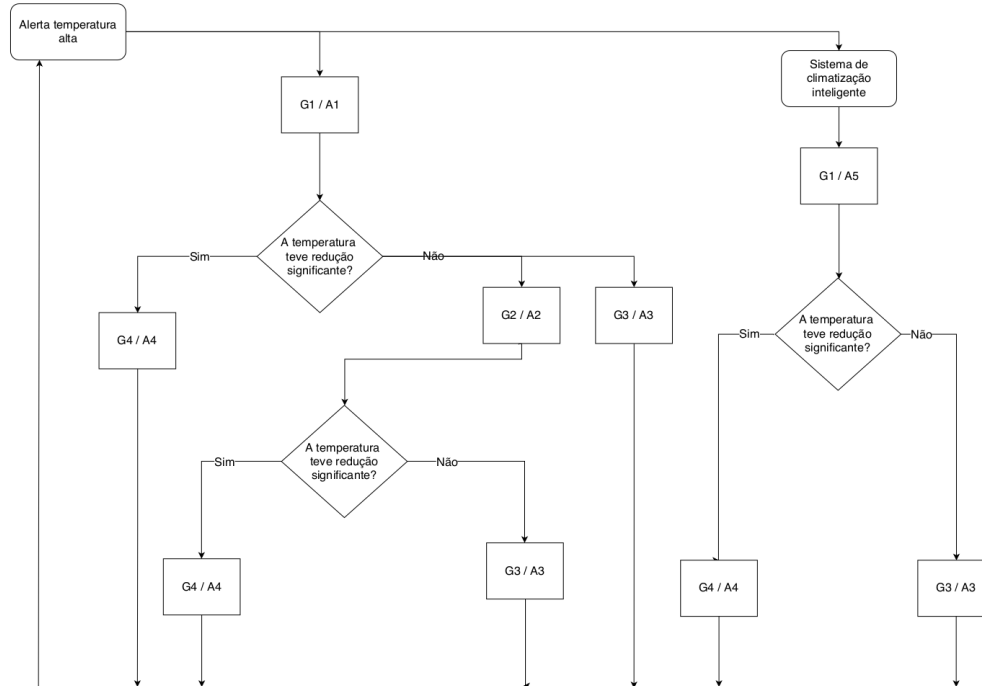
- O gatilho 1 (G1): a temperatura da CPU do host monitorado atinge o valor considerado alto pelo seu fabricante caracterizando um status de alerta.
- O gatilho (G2): executado quando o status de risco da temperatura da CPU do *host* monitorado está acima do valor considerado alto pelo seu fabricante.
- O gatilho 3 (G3): quando a temperatura da CPU do host monitorado atinge a *redline* definida pelo seu fabricante o que representa grande ameaça a integridade do componente.
- O gatilho 4 (G4): quando a temperatura reduz abaixo do status de alerta.

Também foram elaboradas ações que são executadas com o intuito de contenção, desse modo sempre que um gatilho é disparado as ações são executadas enviando um comando remoto para o *host*. As ações desenvolvidas para contenção do evento crítico superaquecimento foram:

- Ação 1 (A1): reduzir a frequência do processador para média performance.
- Ação 2 (A2): reduzir a frequência do processador para baixa performance.
- Ação 3 (A3): Hibernar o sistema operacional visto que os prejuízos de avariação tem alto potencial de se tornarem maiores que prejuízos decorrentes da indisponibilidade temporária.
- Ação 4 (A4): alertar redução da temperatura e normalizar o processamento através da execução de um comando remoto. Caso essa ação eleve a temperatura para o nível de alerta (G1) é disparado novamente.
- Ação 5 (A5): requer sistema de climatização gerenciável para controlar a temperatura do ambiente remotamente.

O fluxograma ilustrado na 2 tem como objetivo representar a parte do modelo referente a temperatura dos equipamentos de TI. Os gatilhos e ações foram implementados através do software [ZABBIX 2019] (versão 4.2), que é uma das ferramentas *open*

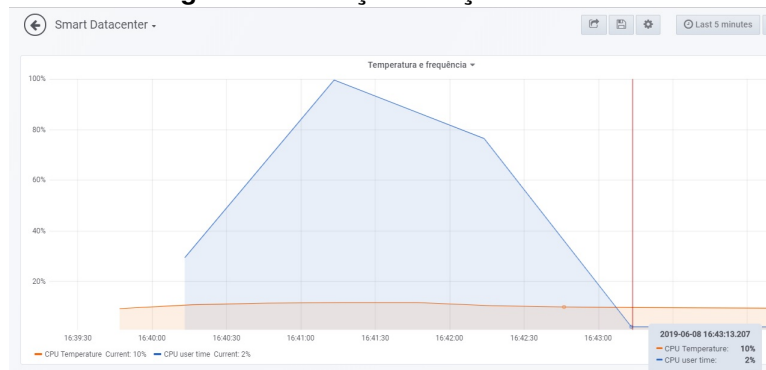
Figura 2. Representação do Gerenciamento de Temperatura.



source mais robustas utilizadas para monitoramento e gerenciamento de infraestruturas computacionais, sendo instalado em um ambiente de testes no LARCC (Laboratório de Pesquisas Avançadas para Computação em Nuvem). Para o desenvolvimento das ações autônomicas foi utilizado o recurso de execução de comandos remotos da ferramenta.

O cenário utilizado neste estudo possui 4 servidores HP ProLiant DL385 G6 localizados em um dos racks do laboratório, e alocados em um ambiente climatizado. Para aplicar o modelo proposto o primeiro passo foi definir os itens que serão monitorados e analisados para tomada de decisão. Nesse experimento optou-se por monitorar a temperatura da CPU dos servidores por meio dos sensores internos do hardware.

Figura 3. Execução de ações reativas.



Os gatilhos foram configurados no Zabbix e servem como condição para disparo de uma ação automática. O valor para que (G1) seja verdadeiro foi alterado para 10 C para não colocar em risco a integridade dos componentes. Quando a temperatura da CPU

dos servidores alcança mais de 10 C uma *trigger* é disparada, e a ação (A1) é executada através do comando remoto *cpufreqd* que reduz a frequência do processador buscando reduzir a temperatura dos componentes.

A Figura 3 ilustra o monitoramento da temperatura e carga da CPU de um dos *hosts* utilizados, onde o gatilho (G1) é disparado e (A1) é executada, fazendo com que a frequência do processador seja reduzida e a temperatura do componente seja diminuída a um nível seguro. Vale ressaltar que caso a temperatura dos equipamentos continue aumentando até um nível crítico a ação (A3) é ativada executando o comando remoto para hibernar os servidores e controlar o evento.

5. Trabalhos Relacionados

O estudo de [Qu et al. 2013] tem como objetivo implantar sensores para coletar informações de temperatura, de modo a ajustar eficientemente a fonte de refrigeração do *data-center*, buscando o posicionamento ideal dos sensores. O objetivo foi otimizar a carga e o consumo do sistema de refrigeração analisando os dados coletados, além de detectar e evitar pontos de aquecimento. Enquanto este artigo busca propor um modelo conceitual de monitoramento e gerenciamento autônomo para temperatura em infraestruturas de *datacenter* estabelecendo ações reativas para controle autônomo.

A pesquisa de [Fahrianto et al. 2017] tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento inteligente baseado em IoT (*Internet of Things*). O estudo observou que no decorrer de um ano ocorreram incidentes no *datacenter* devido à instabilidade de tensão e corrente enviada a fonte de alimentação, danificando o equipamento. Enquanto neste artigo é proposto um modelo conceitual de monitoramento e gerenciamento de temperatura para *Smart datacenters* com objetivo de estabelecer um método de monitoramento inteligente para infraestruturas mais simples.

O estudo de [Viswanathan et al. 2011] tem como objetivo propor uma abordagem de gerenciamento autônomo para a otimização do sistema de temperatura de um *data-center* através de uma rede de sensores auto-gerenciáveis, que coleta amostras do ambiente em tempo real para monitorar oscilações e anomalias dentro do ambiente *datacenter*, composta pelos seguintes itens: câmeras térmicas, Sensores escalares de temperatura e umidade e Sensor multicamada para medir o fluxo de ar. Enquanto este trabalho busca propor um modelo conceitual para monitoramento e gerenciamento de *datacenter* inteligentes como base na literatura e nas normas que estabelecem requisitos para esta área.

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Com a realização deste estudo buscou-se propor um modelo que possa contribuir com a implementação do gerenciamento inteligente da temperatura nas atuais infraestruturas de *datacenter*. Através da análise dos resultados percebeu-se que o modelo proposto tem maior eficácia quando as ações autônomas são executadas de forma reativa com objetivo de conter eventos críticos, como por exemplo, reduzir recursos quando necessário a fim de priorizar a integridade dos equipamentos de TI. Com os resultados concluiu-se que a execução das ações autônomas podem reduzir a temperatura dos equipamentos de TI através da redução da frequência do processador, a medida que os níveis de calor dos componentes aumentam.

O modelo poderia ser aplicado em infraestruturas de maior porte, desde que os equipamentos possam ser monitorados e que haja dispositivos gerenciáveis que suportem a execução de comandos remotos, pois a solução tende a ser mais precisa com um maior número de dados coletados. Existem outras áreas em um *datacenter* que demandam de um gerenciamento inteligente, portanto para a realização de trabalhos futuros fica o desenvolvimento de um modelo conceitual para monitoramento e gerenciamento inteligente de energia, recursos computacionais, telecomunicações e segurança, bem como a utilização de uma rede de sensores de temperatura ambiente para aprimorar o modelo proposto neste artigo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Referências

- [ASHRAE. 2013] ASHRAE. (2013). *2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals*. ASHRAE.
- [Fahrianto et al. 2017] Fahrianto, F., Anggraini, N., Suseno, H. B., Shabrina, A., and Reza, A. (2017). Smart data centre monitoring system based on Internet of Things (IoT). In *Int. Conf. on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, pages 1–9, Indonesia. IEEE.
- [Mukherjee et al. 2010] Mukherjee, T., Banerjee, A., Varsamopoulos, G., and Gupta, S. K. (2010). Model-driven coordinated management of data centers. *Computer Networks*, 54(16):2869–2886.
- [Norouzi and Bauer 2015] Norouzi, F. and Bauer, M. (2015). Autonomic management for energy efficient data centers. *CLOUD COMPUTING 2015*, page 153.
- [Qu et al. 2013] Qu, J., Li, L., Liu, L., Tian, Y., and Chen, J. (2013). Smart temperature monitoring for data center energy efficiency. In *IEEE Int. Conf. on Service Operations and Logistics, and Informatics*, pages 360–365, Dongguan, China. IEEE.
- [Sahana et al. 2018] Sahana, S., Bose, R., and Sarddar, D. (2018). Server utilization-based smart temperature monitoring system for cloud data center. In *Industry Interactive Innovations in Science, Engineering and Technology*, pages 309–319. Springer.
- [TIA-942 2012] TIA-942 (2012). Tia-942 data center standards overview.
- [Viswanathan et al. 2011] Viswanathan, H., Lee, E. K., and Pompili, D. (2011). Self-organizing sensing infrastructure for autonomic management of green datacenters. *Ieee Network*, 25(4).
- [Vogel et al. 2016] Vogel, A., Griebler, D., Maron, C. A. F., Schepke, C., and Fernandes, L. G. (2016). Private IaaS Clouds: A Comparative Analysis of OpenNebula, CloudStack and OpenStack. In *Euromicro Int. Conf. on Parallel, Distributed and Network-Based Processing (PDP)*, pages 672–679, Heraklion, Greece.
- [Yogendra 2012] Yogendra, Joshi Kumar, P. (2012). *Energy efficient thermal management of data centers*. Springer Science & Business Media.
- [ZABBIX 2019] ZABBIX (2019). Zabbix documentation. Disponível em: <http://www.zabbix.com/>. Acesso em: 15 Fevereiro de 2019.