

CLOUD COMPUTING E O DILEMA ENERGÉTICO

BRUNO RAMALHO FEITOSA¹
MARCELA JORDÃO GOMES AMORIM²
PATRICK DA SILVA FEITOSA³
MARIÂNGELA FERREIRA FUENTES MOLINA⁴

RESUMO

Este artigo aborda o aprimoramento das técnicas de computação em nuvem desde quando surgiu no cenário da tecnologia mundial sendo considerada uma das mudanças mais impactantes no curso da história da computação. Com o desenvolvimento desse ramo e sua primordialidade atualmente foram necessárias novas abordagens com propósito de interligar mecanismos como a computação em névoa visando uma melhor utilização dos recursos e alcance de maior eficiência energética já que o volume de dados, a qualidade requisitada e as necessidades daqueles que consomem esse serviço vem sendo ampliados ano após ano.

Palavras-chave: Computação em nuvem; Computação em névoa; Eficiência energética.

ABSTRACT

This article discusses the improvement of cloud computing techniques since it appeared on the world technology scene and is considered one of the most impactful changes while computing history. With the development of this branch and its primordiality nowadays, new approaches were necessary to interconnect mechanisms such as fog computing aiming at a better use of resources and achieving greater energy efficiency since the volume of data, the required quality, and the needs of those who consume this service has been expanded year after year.

Key words: Cloud computing; Fog computing; Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

A computação em nuvem se caracteriza pela entrega de recursos computacionais como capacidade de processamento, armazenamento e banco de dados por meio da internet sob demanda (YADAV, 2018). Usuários dos mais

¹Graduando, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP. bruno.feitosa@fatec.sp.gov.br.

²Graduanda, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP.

³Graduando, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP.

⁴Docente, Faculdade de Tecnologia de Mogi das Cruzes – FATEC-MC. Mogi das Cruzes-SP.

variados tipos contratam esse serviço desde grandes organizações até um pequeno comércio ou pessoa. Desta forma, em decorrência da nova abordagem para lidar com desafios da Internet das coisas, alguns dos modelos baseados em cloud computing ficaram ultrapassados, tendo em vista que não foram projetados para lidar com o volume, a variedade e a velocidade dos dados.

Para repensar essa infraestrutura foram adotadas interações de arquiteturas de *cloud computing*, *fog computing* e *edge computing* permitindo um melhor uso de recursos energéticos já que atuam em diferentes camadas de comunicação e troca de dados. A *edge computing* é uma arquitetura criada para lidar com as grandes demandas e volumes de dados, como um todo composta por dispositivos que irão fazer a parte do processamento de dados estando mais próximos dos aparelhos dos usuários (WE LI et al, 2017). A *fog computing* tem como objetivo em sua arquitetura envolver parte da *edge computing* de tal modo que aumente a eficiência no gerenciamento e transferência de dados entre a nuvem e dispositivos, em especial os de IoT (internet das coisas) (WE LI et al, 2017).

Estas três tecnologias estão se destacando no mundo da inovação e da computação, se mostrando como novas formas de entregar poder computacional sob demanda e competência nos recursos operacionais para as empresas e com isto torna-se necessária a exposição de tais tecnologias para melhor análise, estudo e entendimento.

Desta forma, este artigo tem como objetivo mostrar algoritmos e meios de manter um bom equilíbrio entre os gastos energéticos mantendo a qualidade e eficiência destas infraestruturas, de tal modo que elas consigam entregar aquilo que se espera no tempo satisfatório. É pretendido demonstrar como essas infraestruturas são pensadas para que tenham um menor consumo de recursos e ainda manter toda a qualidade que tinha ou até mesmo melhorá-la.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização da pesquisa, foi necessário adquirir conhecimento sobre os conceitos de *cloud computing*, *fog computing* e *edge computing*. Para entender também como podemos tornar o ambiente de cloud computing mais eficiente, foi necessário realizar um estudo sobre as aplicações de algoritmos e outros meios, mantendo todas as qualidades que essa arquitetura oferece. Para aquisição desse conhecimento, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, em diversos artigos científicos publicados pela comunidade acadêmica em simpósios, workshops e periódicos que tratam do assunto aqui estudado.

PERSPECTIVA DO CLOUD COMPUTING E QUESTÕES ENERGÉTICAS

Como dito por Rahman (2016) o *cloud computing* é utilizado tanto por grandes empresas como pessoas individuais que ao invés de ter toda infraestrutura por conta optam por contratar seus serviços pela internet, tendo isso em mente e a quantidade de dispositivos digitais (computador, notebook e smartphone) somente no Brasil segundo uma pesquisa feita em 2020 na 31ª Edição feita pela Faculdade Getúlio Vargas é de 424 milhões e desta forma como pontuado por Rahman (2016) os “*data centers*” consomem quantidades altas de energia por sua necessidade de estarem funcionando sem parada por períodos extremamente longos.

Desta forma, de acordo com Rahman (2016) os *data centers* possuem como uma tarefa desafiadora organizar seus recursos tanto energéticos, como de resfriamento e de processamento. Os serviços de *cloud* tem como objetivo maximizar os lucros fazendo um uso mais eficiente de tais recursos. O consumo de energia por si só é um problema e o impacto que a fonte dessa energia traz, muitas vezes envolvendo a queima de combustíveis fósseis, originou o *Green Cloud Computing* que vem trazer soluções mais limpas para alimentar sua infraestrutura.

AMBIENTE DE CLOUD COMPUTING

Com a crescente familiarização do *cloud computing* ficou mais do que notório que as características desse ambiente também são de extrema importância para o entendimento dessa nova tendência. Seguindo o indicado pelos autores Westphall e Villarreal (2013) a computação em nuvem pode ser descrita como a que ocorre em um ambiente computacional no qual os aplicativos, a plataforma de desenvolvimento ou a infraestrutura são fornecidos na forma de serviços acessados por meio da Internet, de forma flexível e sob demanda.

Partindo dessa métrica é possível estabelecer o ambiente de *cloud computing* como uma arquitetura orientada a serviços que proporciona flexibilidade ao possibilitar o acréscimo ou retirada de recursos de forma rápida, é fortemente dependente das comunicações e sendo assim os princípios de *green networking* são fundamentais para avançar para o conceito de *green cloud computing*.

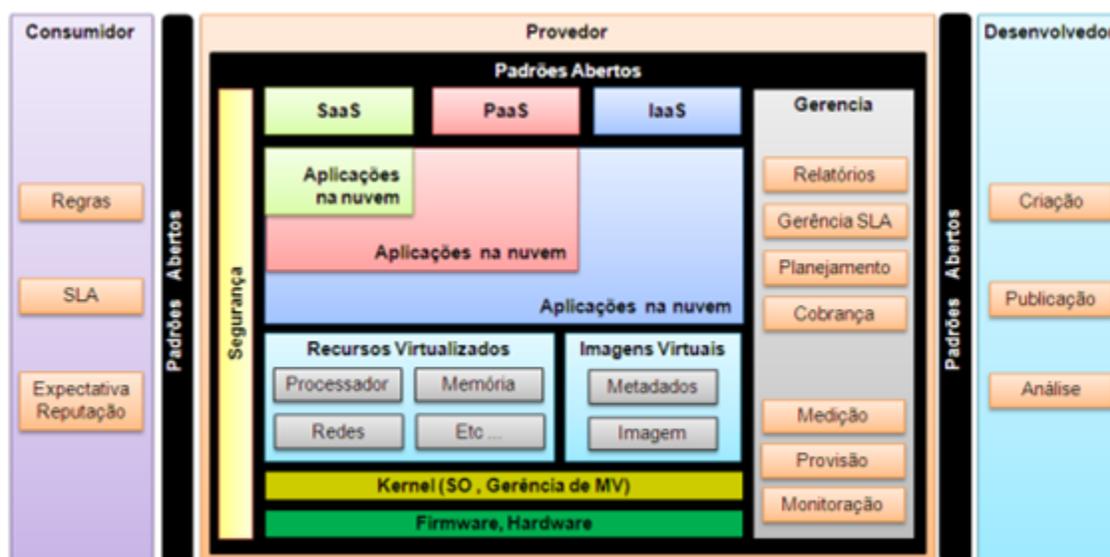
Iniciando pela nomeação os autores Paulo H. C. Pedrosa e Tiago Nogueira trazem a sugestão de que a palavra nuvem estabelece uma conexão com a ideia de um ambiente desconhecido ao qual pode se ver apenas o início e o fim já que a infraestrutura e os recursos ficam ocultos, ou seja, o usuário acessa somente a interface padrão.

O modelo da computação em nuvem é composto por três dos modelos de serviços conhecidos como *Software as a Service* (SaaS), *Platform as a Service* (PaaS) e *Infrastructure as a Service* (IaaS). Enquanto o SaaS oferece que o usuário utilize a aplicação fornecida pelo provedor rodando em uma infraestrutura de computação em nuvem, no PaaS o usuário pode instalar e gerenciar suas próprias aplicações ou oferecidas pelo provedor e no IaaS ocorre o contrato da infraestrutura com recursos computacionais mais básicos.

Nesses modelos de comercialização paga-se essencialmente por volume de uso de recursos, optar por IaaS, PaaS ou SaaS vai depender da necessidade, disponibilidade de investir e tempo dedicado. Dentro dos três modos é possível encontrar a flexibilidade de soluções de forma escalável que atendam demandas de diferentes níveis de complexidade.

As perspectivas do funcionamento do ambiente de *cloud* no qual consumidores utilizam os serviços disponíveis, provedores gerenciam a infraestrutura e desenvolvedores criam e disponibilizam serviços como Pereira, Souza, Schulze e Mury (2011) bem exemplificam em seu diagrama que está ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Papéis no ambiente de computação em nuvem.



Fonte: Adaptado de Computação em Nuvem da revista eletrônica Portal do Livro Aberto em CT&I (2011).

Não só dentro das empresas e nas casas de seus clientes, o ambiente de computação em nuvem pode ajudar de forma secundária ao aumentar a inovação devido ao baixo custo da entrada em novos mercados o que aumenta a competição e concomitantemente o ritmo da inovação.

TÉCNICAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Existem diversas técnicas para tornar o ambiente do *cloud computing* energeticamente eficiente e as que iremos analisar afetam diretamente na parte do software dos *data centers*, tendo em vista que eles são os responsáveis pelo consumo de 1,3% de todo suprimento energético global em 2018 e com tendência de aumento de 8% até 2020 (YADAV, 2018).

DVFS (*Dynamic voltage scaling*) é um processo que consiste em limitar propositalmente a performance do processador quando ele está consumindo muita energia quando a tarefa pode ser concluída em frequências menores (RAHMAN; JADOON; KHAN, 2016), de acordo com uma pesquisa feita (RONG, 2016) servidores de *data center* consomem 70% de energia enquanto estão ociosos. A eficiência energética adquirida por meio desta técnica varia de 1.11% até 6.69% isto depende do quão estrita está a SLA (RAHMAN; JADOON; KHAN, 2016).

A segunda medida que pode ser adotada para questão de eficiência energética consiste na gerência dos recursos, ou seja, organizar tais recursos como armazenamento, capacidade de processamento, e a network, supram as necessidades de maneira ótima. Como apontado por Jadoon e Khan (2016), criar agendamento de máquinas virtuais traz dentro desse âmbito uma solução que nos fornecerá performance, balanceamento dos carregamentos e eficiência energética.

Em suma, as máquinas virtuais irão trabalhar de tal forma que partiram dos nodes menos carregados, ou seja, aqueles que não possuem grandes demandas computacionais para os que estão mais carregados como exemplificado por Rahman, Jadoon e Khan (2016).

Algumas estratégias sugeridas por Rahman, Jadoon e Khan (2016) para reduzir o consumo de energia: o tráfego da rede é mantido mínimo para otimizar a energia da rede e desligando ou colocando no modo de hibernação recursos ociosos para economizar energia.

Um algoritmo online descrito por WE LI et all (2017) chama-se *Lyapunov Optimization on Time and Energy Cost* (LOTEC) que consegue fazer o controle de decisão para descarregamento das requisições de aplicações para suas respectivas camadas, buscando minimizar os custos e tendo em vista que deve deixar os servidores de *fog computing* com certa disponibilidade, ou seja, ajustando a compensação bidirecional entre o tempo médio de resposta e o custo médio.

Em seu artigo eles fazem diversos testes com o algoritmo LOTEK utilizando de fontes de energia solares e se valem de um ambiente *cloud* e *fog computing*, os testes mostraram que quanto maior a energia solar fornecida, melhor o algoritmo

desempenhava, reduzindo os custos, pois ele envia os processos para a camada de *fog computing* sem afetar o tempo de resposta de maneira significativa (WE LI et all, 2017).

Existem algumas diferenças entre *fog computing* e *cloud computing* conforme mostrado na Tabela 1, a principal é percebida quando ao passo que a nuvem é um sistema centralizado, a computação em névoa apresenta uma infraestrutura distribuída descentralizada, na qual os dados, o processamento, armazenamento e aplicativos são distribuídos de maneira eficiente entre a fonte de dados e a nuvem, estendendo assim a computação em nuvem e serviços até a borda da rede, utilizando de métodos para não sobrecarregar a nuvem.

Tabela 1. Comparação entre computação em nuvem e computação em névoa.

Característica	Computação em nuvem	Computação em névoa
Arquitetura	Centralizada.	Distribuída.
Análise	Longo prazo.	Curto prazo.
Segurança	Mais fraca.	Mais forte.
Capacidade computacional	Maior.	Menor.
Processamento de dados	Longe da fonte de informação.	Perto da fonte de informação.
Latência de rede	Alta.	Baixa.

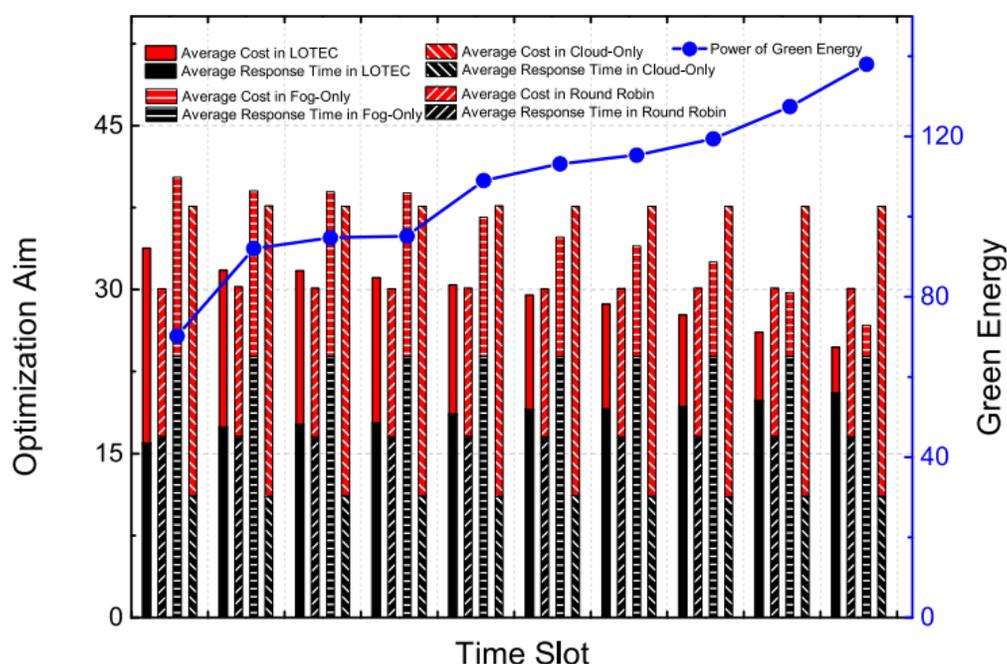
Fonte: Tabela elaborada após análise dos autores sobre o tema (2021).

No mesmo artigo foram feitos benchmarks comparando o algoritmo LOTEK com *cloud-only*, *fog-only* e Robin (2016), a Figura 2 mostra a diferença de custo médio entre cada um desses algoritmos com a variação da energia fornecida por fontes sustentáveis.

Por meio da Figura 2 também foi observado que o algoritmo de *fog-only* oferecia um baixo custo, mas um alto tempo de resposta enquanto o *cloud-only* o oposto com alto custo contudo baixo tempo de resposta, foi o algoritmo de Robin

(2016) que mostrou um resultado bastante satisfatório com baixos custos e tempo de resposta se equiparando e superando o algoritmo de LOTECH em um cenário de pouca energia solar e quando a quantidade de energia solar disponível para ambos algoritmos aumenta é o LOTECH quem se destaca reduzindo de maneira expressiva seu custo ao passo que tem um aumento muito sutil em seu tempo de resposta (WE LI et all, 2016).

Figura 2. Gráfico performance de diferentes algoritmos.



Fonte: Adaptado de Adaptive Energy-Aware Computation Offloading for Cloud of Things Systems (2016).

CLOUD COMPUTING NO MONITORAMENTO DE LUZ

Com o *Cloud Computing* há a possibilidade de realizar a leitura e atualização dos dados na nuvem usando internet para monitorar a iluminação pública nas ruas, com o auxílio de dispositivos wireless e tomando medidas adequadas para aquela região durante possíveis falhas através do monitoramento do movimento da rua, com a ajuda de uma estação base utilizando *cloud computing* para controlar a ativação das luzes graças ao auxílio de um sensor infravermelho para reconhecer a aproximação de veículos e tornar as luzes acesas, gerando uma economia de

energia considerável para a região, o estudo foi realizado pela International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT, 2014).

O monitoramento das lâmpadas em conjunto de um sistema de infravermelho para verificar a movimentação na rua e envio dessa informação para o servidor que realizará os ajustes necessários na potência da iluminação acarretaria numa economia de energia considerável, pois com as informações e dados obtidos pelo sistema será possível verificar a movimentação em certas ruas públicas e com isso fazer o uso da energia pública muito mais eficiente.

GREEN CLOUD COMPUTING

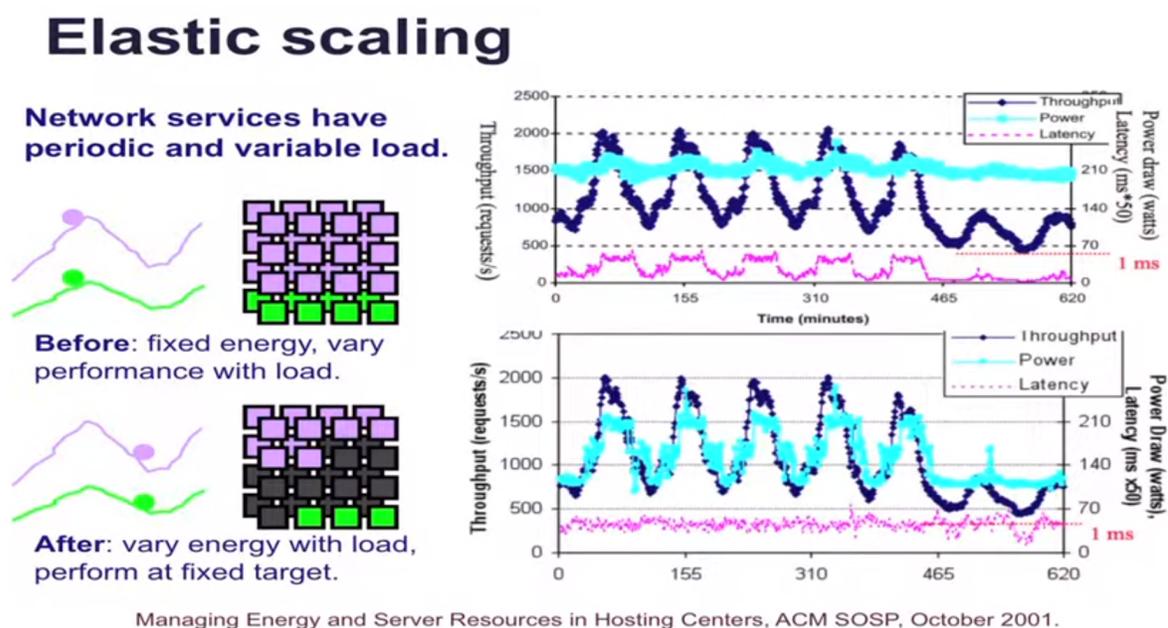
A “*Green Computing*”, também conhecida como o “TI Verde” (Tecnologia da Informação Verde) ou “*Green IT*”, é o estudo e a prática de desenvolver, manufaturar o uso e descarte de computadores, servidores e subsistemas associados, na qual almeja o uso de recursos de maneira mais eficiente.

Partindo deste princípio, surgiu o “*Green Cloud Computing*”, usado para obter um desempenho mais eficiente do processamento e utilização da infraestrutura de computadores minimizando os gastos de energia além de reduzir o uso de materiais perigosos que causam danos ao meio ambiente, segundo estudo do total de consumo de energia da TI, 23% acontecem nos *data centers* e outras 24% nas comunicações fixas e móveis (KUMAR; MIERITZ, 2007).

Como a tendência atual tem sido voltada para a tecnologia em nuvem, esse crescimento de utilização dos *data centers* causam uma grande preocupação em pesquisadores da área de TI principalmente nos profissionais voltados para tecnologias em nuvem, surgiram algumas ideias para auxiliar na redução do consumo de energia como a “*Elastic Scaling*” (Figura 3), três abordagens do lado da demanda, dentre outras ideias apresentadas por Chase (2013), na qual buscam aplicar tais métodos para reduzir o consumo de energia. Segundo dados divulgados na internet, os Estados Unidos chegam a gastar 100 terawatts/hora por ano, causando um total de 5 a 10 bilhões de dólares em consumo de energia.

Através de estudos aprofundados em métodos de economia de energia voltada para o problema do *Green Cloud Computing*, tais métodos conhecidos atualmente como agendar a carga de servidores, definindo seu custo de operação de forma que busca atingir sua utilização máxima de maneira econômica, utilizando da taxa de chegada dos pacotes, taxa de serviço e o tempo de resposta, de tal forma onde o servidor utilizaria apenas o esforço necessário para realizar o serviço, gerando assim uma economia de energia.

Figura 3. Gráfico Representando o *Elastic Scaling*.



Fonte: Adaptado de Green Clouds: Energy Efficiency and Computing, with Jeff Chase da Duke University (2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados apurados nos estudos realizados durante a pesquisa, foi possível perceber que as empresas alcançam bons resultados em economia de recursos ao buscar um ambiente de *cloud computing* que se utiliza de fontes renováveis, ou seja, *Green cloud computing*. Em alguns casos foi possível notar grandes economias de energia, conforme mostrado na Figura 2, sem nenhum

prejuízo expressivo no tempo de resposta dos servidores, considerando-se quantidades moderadas de energia fornecida por painéis fotovoltaicos de custo mediano a elevado para serem implantados.

A Tabela 2 exibe alguns dos pontos positivos e negativos tanto do algoritmo LOTEK quanto a abordagem de DFVS. Vale ressaltar que ambos podem ser utilizados para o mesmo ambiente de *cloud* e a escolha dependerá de qual solução irá deixá-lo mais energeticamente eficiente.

O algoritmo LOTEK pode ser principalmente utilizado em situações em que a empresa já possui uma estrutura que possa fornecer ao seu ambiente de *cloud computing* energia através de painéis fotovoltaicos ou quando a empresa tem intenção de fazer um investimento na vertente de energia solar e busca ao mesmo tempo deixar seu ambiente mais energeticamente eficiente, isso devido ao comportamento do algoritmo perante uma matriz energética baseada em energia solar como já foi explicado na Figura 2 a qual mostra um desempenho muito favorável quando utilizado em conjunto desta fonte de energia.

Tabela 2. Pontos positivos e negativos das abordagens.

Abordagens	Pontos Fortes	Pontos Fracos
DFVS	<ul style="list-style-type: none"> - Desliga <i>nodes</i> que estão sem carga de processos. - Aplicável para <i>servers</i> únicos. - Consegue economizar a energia enquanto o <i>server</i> está ocioso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa performance com processos intensivos. - Pode comprometer a qualidade do serviço. - Não consegue estipular as prioridades dos processos para a Unidade Central de Processamento (CPU).
LOTEK	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalha bem com fontes verdes. - Estipula bem as melhores alternativas para os processos. - Não compromete qualidade de serviço. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de energia verde, para maximizar sua performance. - Custo das matrizes energéticas verdes.

Fonte: Tabela elaborada após análise dos autores sobre o tema (2021).

A abordagem de DFVS pode ser utilizada numa maior gama de casos pois além de não demandar investimentos em infraestrutura ela consegue performar bem no quesito de economia de energia principalmente nos momentos que os servidores ficam ociosos sem receber muitos processos, entretanto em contrapartida dependendo de como for feita essa abordagem pode gerar efeitos como o aumento do tempo de resposta devido a desativação e reativação dos *nodes*.

CONCLUSÃO

Os algoritmos apresentados possuem diversos pontos positivos e negativos, sua utilização muitas vezes depende de uma avaliação técnica mais aprofundada para que a empresa possa deixar seu ambiente de *cloud computing* com uma alta eficiência energética sem prejudicar o tempo de resposta do seu serviço. A economia desta energia não acarreta somente em uma redução de gastos como também colabora para diminuir a emissão de poluentes tendo em vista que consumirá menos energia ou até mesmo utilizando fontes solares para abastecer seu ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAF UR RAHMAN, FIAZ GUL KHAN, WAQAS JADOON. **Energy Efficiency techniques in cloud computing**. International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), Vol. 14, No. 6, June 2016

BHARTI WADHWA, A. V. **Energy Saving Approaches for Green Cloud Computing: A Review**. Chandigarh, India, 2014.

WESTPHALL, C. B.; VILLARREAL, S. R. **Princípios e tendências em green cloud computing**. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, 2013.

PEREIRA, H.; SOUZA, J.; SCHULZE, B.; MURY, A. **Computação em Nuvem**. Revista eletrônica Portal do Livro Aberto em CT&I, Brasil, 2011.

Cloud computing e o dilema energético.	Bruno R. Feitosa; Marcela J. G. Amorim; Patrick da S. Feitosa; Mariângela F. F. Molina.
--	---

CHASE, J. **Green Clouds: Energy Efficiency and Computing, with Jeff Chase.** Duke University, 2013.

PEDROSA, P.; NOGUEIRA, T. **Computação em Nuvem.** IC/UNICAMP, Brasil, 2011.

NAN, I.; LI, W.; BAO, W.; DELICATO, F. C.; PIRES, P. F.; DOU, Y.; ZOMAYA, A. Y. **Adaptive Energy-Aware Computation Offloading for Cloud of Things Systems.**