

Avaliação de Ferramentas de Computação em Nuvem para Empresas Virtuais

Alternative Title: Evaluation of Cloud Computing Tools for Virtual Enterprises

André Faria Ruaro

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Automação e Sistemas – Florianópolis - SC
andrefruaro@gmail.com

Ricardo J. Rabelo

Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Automação e Sistemas
Florianópolis - SC
ricardo.rabelo@ufsc.br

RESUMO

Redes Colaborativas (RC) tem surgido como uma expoente estratégia empresarial para a criação de novos modelos de sustentabilidade, principalmente para Pequenas e Médias Empresas (PMEs). Há vários tipos de RCs. Este artigo foca nas do tipo Empresas Virtual (EV), que se caracteriza essencialmente por ser uma rede de PMEs que dinâmica e temporariamente se associam para colaborarem em torno de um objetivo comum, compartilhando recursos, conhecimento, custos, riscos e benefícios. Numa EV os mais variados tipos de transações entre seus membros são executados basicamente pela Internet, o que exige das empresas um razoável investimento em TI e recursos humanos. Porém, as PMEs geralmente têm muitas limitações técnicas e financeiras. A premissa deste trabalho é a de que as empresas-membro de uma EV poderiam compartilhar também recursos computacionais, diminuindo assim seus custos gerais. Com a crescente tendência de TIs baseadas em Nuvem (*cloud computing*) e a grande quantidade de ferramentas de *cloud* já disponíveis, é importante para as PMEs saberem quais delas são as mais adequadas para suportar os requisitos de um cenário de EV. Este é o objetivo básico deste artigo, que também identifica esses requisitos, os requisitos de avaliação de ferramentas de *cloud*, e faz um comparativo entre algumas das principais ferramentas. Os resultados são analisados e ao final é feita uma reflexão sobre a viabilidade da adoção de ferramentas de *cloud* para EVs.

Palavras-Chave

Computação em Nuvem. Empresa Virtual. Pequenas e Médias Empresas

ABSTRACT

Collaborative Networks (CN) has arisen as a prominent enterprise strategy for leveraging new sustainable models, to Small and Medium sized Enterprises (SME) in more particular. There are several types of CNs. This paper focuses on the Virtual Enterprise (VE) type, which can be defined as a dynamic and temporary network of SMEs that collaborate with each other towards achieving a common goal, sharing resources, knowledge, costs, risks and benefits. In a VE the diverse kinds of transactions among its members are performed pretty much via Internet, demanding a reasonable amount of investment on IT and human resources from the enterprises. However, SMEs usually have large technical and financial limitations. The underlying premise of this work is that VE members can also share IT resources so as to decrease their general costs. Cloud computing has become a

sound approach nowadays and there are plenty of cloud-based tools already available. Therefore, it is important to SMEs knowing which ones fit the VE requirements best. This is the core goal of this paper, also identifying such requirements, the requirements to evaluate such cloud-based tools, and making a comparison among them. Results are assessed and some reflections about the feasibility of a cloud approach for VEs are presented in the end.

Categories and Subject Descriptors

D.4.8 [Performance]: Measurements and Operational Analysis.

General Terms

Measurement, Documentation, Performance, Experimentation.

Keywords

Cloud Computing. Virtual Enterprise. Small and Medium sized Enterprises (SMEs).

1. INTRODUÇÃO

A globalização da economia vem impondo novos patamares de competitividade para as empresas. As Pequenas e Médias Empresas (PMEs), mais vulneráveis, têm buscado nas alianças estratégicas um modelo de sustentabilidade que as permita ser mais eficazes e ágeis no atendimento das cada vez mais variadas demandas do mercado [1]. Em mais particular as alianças baseadas no trabalho colaborativo entre empresas, em rede.

Resumidamente, uma Rede Colaborativa (*Collaborative Networks*) consiste de um grupo de empresas autônomas, geograficamente distribuídas e heterogêneas em termos de operações, cultura e objetivos, que tem a pré-disposição de colaborar entre si visando alcançar metas comuns [2]. Nas Redes, as empresas colaboram muito mais intensa, formal e sistematicamente em conjunto com o objetivo de unir esforços, compartilhar competências e recursos, reduzir custos e riscos, aumentar a produtividade e a satisfação dos seus clientes. Nas Redes, as interações entre os sistemas das empresas são fundamentalmente suportadas por infraestruturas de comunicações baseadas na Internet [2].

Há vários tipos de Redes Colaborativas. Este trabalho foca nas Empresas Virtuais (EV). EV é uma rede de PMEs autônomas e distribuídas geograficamente que se unem temporariamente para a realização de um certo trabalho que requeira a junção de diferentes competências e/ou capacidades produtivas [2].

Um dos principais aspectos que diferenciam redes tipo EV das demais é o intenso e rotineiro uso da Internet e ferramentas de TI no suporte a todo tipo de transações técnico-financeiras realizadas entre empresas no transcorrer da execução das inúmeras atividades associadas ao trabalho contratado, que por sua vez têm diferentes necessidades quando a EV é criada, entra em operação, e depois termina [3]. Essa necessidade de suporte informático traz como consequência a necessidade de grande investimento em TI pelas PMEs, o que acaba por ser um grande problema dadas às suas usuais significativas limitações de aquisição e manutenção de ativos de software, hardware e de recursos humanos de TI [4]. As alianças tipo EV se baseiam na ideia de compartilhamento de custos, recursos e riscos. Entretanto, pouco se observa um compartilhamento das infraestruturas de TI, o que pouparia investimentos e ao mesmo tempo se faria um uso mais racional delas [3].

Nesta direção, este trabalho explora a tecnologia de “computação em nuvem” (*cloud computing*) como uma abordagem de colaboração entre os membros de uma EV. Por um lado, um cenário de EVs traz um conjunto de requisitos que precisa ser considerado; por outro lado, há inúmeras ferramentas de nuvem no mercado, dos tipos SaaS, PaaS e IaaS.

Este artigo visa assim contribuir na resposta sobre quais seriam as mais adequadas ferramentas de nuvem para atender aos requisitos de um cenário de EV. Para tal, foi realizado um trabalho experimental com um conjunto de ferramentas de computação em nuvem (de SaaS, de PaaS e de IaaS), o que proporcionou não apenas um comparativo entre elas, mas também uma melhor compreensão das suas possibilidades e deficiências.

Este artigo está organizado em 6 seções. A seção 1 introduziu o problema e os objetivos do trabalho. A seção 2 sumariza os aspectos metodológicos da pesquisa realizada. A seção 3 dá um breve panorama dos principais conceitos abarcados pelo trabalho. A seção 4 apresenta uma compilação dos trabalhos relacionados visando principalmente dar maior sustentação às escolhas feitas. A seção 5 apresenta os experimentos efetuados bem como discute os resultados. Finalmente, a seção 6 mostra as conclusões obtidas.

2. METODOLOGIA BÁSICA DE PESQUISA

Este experimento geral de pesquisa foi desenvolvido dentro do seguinte enquadramento metodológico: pesquisa aplicada, com abordagem essencialmente quantitativa, paradigma positivista e de objetivo descritivo [5].

Como principais instrumentos e procedimentos de pesquisa, este trabalho se apoiou fundamentalmente em pesquisa bibliográfica, aplicando-se principalmente o método *SLR* (*Systematic Literature Review*) para pesquisa em principais bases de dados científicas internacionais para a revisão dos trabalhos correlatos.

Para a elicitação dos requisitos de EVs e dos indicadores de desempenho para ferramentas de nuvem, um processo indutivo foi realizado, buscando uma adequada generalização frente ao observado na literatura. Posteriormente, foi feito um estudo transversal, com os experimentos computacionais das ferramentas de nuvem sendo realizados num único momento, considerando variadas situações referentes aos requisitos de EVs, e posterior anotação e análise. A observação durante os experimentos foi do tipo sistemática, realizada em condições controladas para observar e responder a propósitos previamente estabelecidos.

Dada a existência de um número relativamente elevado de ferramentas de *Cloud Computing* (SaaS, IaaS e PaaS) atualmente disponíveis, foi estabelecida a estratégia de limitar a escolha a algumas das soluções, com os seguintes critérios básicos: ferramentas mais conhecidas, abertas e/ou de baixo custo. Esses critérios estão diretamente relacionados à realidade técnico-financeira nas PMEs em termos dos seus usuais critérios de decisão quanto a ferramentas computacionais.

A opção por “mais conhecidas” tem a ver com as PMEs tendem a preferir sistemas de empresas mais consolidadas, que lhes possa depois dar alguma assistência, inclusive num mais longo prazo. Analogamente, por sistemas que já sejam considerados mais estáveis, normalmente traduzindo-se em serem sistemas muito conhecidos pelas pessoas nas suas práticas profissionais. A opção por “abertas” tem a ver com o cuidado que as PMEs devem ter com os aspectos de integração e interoperação, quer dos seus sistemas (e.g. os legados), quer com os sistemas dos demais parceiros de uma EV, com as ferramentas de nuvem a serem usadas. Sistemas abertos potencializam menores gastos e tempos de integração, assim como menor dependência tecnológica de uma empresa provedora. A opção por “baixo custo” (ou mesmo gratuitas) tem a ver com a natural limitação financeira das PMEs, onde se prefere uma ferramenta que requiera pouco investimento de aquisição, uso, manutenção e treinamento de pessoas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cloud Computing

Computação em Nuvem pode ser definida como um conjunto de recursos com capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicações e serviços disponibilizados pela Internet [6][7]. As características básicas da Computação em Nuvem são [6][7][8]: autoatendimento sob demanda (*on-demand self-service*); agrupamento de recursos (*resource pooling*); amplo acesso a rede (*broad network access*); elasticidade rápida (*rapid elasticity*); e serviço medido (*measured services*).

O NIST [7] descreve quatro modelos de implantação de *Cloud* como sendo os mais significativos: *Nuvem Privada*: a infraestrutura de nuvem é utilizada exclusivamente para uma organização [6]; *Nuvem Pública*: a infraestrutura é de propriedade de uma organização que disponibilizada ao público em geral e pode ser acessado por qualquer usuário em qualquer que seja sua localização [7]; *Nuvem Comunitária*: é possível que várias organizações possam utilizar a mesma nuvem, na qual poderão ser administrada por uma ou mais organizações participantes da comunidade [8]; *Nuvem Híbrida*: a implantação de nuvem utiliza da composição de dois ou mais modelos de nuvens (privada, pública ou comunitária) [7].

Um importante elemento de um ambiente de nuvem é o SLA. O SLA (*Service Level Agreement*) refere-se às garantias, em forma de contratos, fornecidas pelos fornecedores de serviços para os seus consumidores. Esses contratos definem termos e condições de acesso e de uso dos serviços fornecidos pelo provedor. Geralmente estes termos contêm informações detalhadas de licença de uso, limitações de responsabilidades e de alteração dos termos de acordo [7].

3.1.1 Modelos de Serviços

Três são basicamente os principais modelos de Computação em Nuvem [8]:

- SaaS (*Software as a Service* - Software como Serviço) - refere-se ao uso de serviços específicos através da Internet permitindo que os clientes utilizem o software sem a preocupação com os custos e esforços de manutenção [9].
- PaaS (*Platform as a Service* - Plataforma como Serviço) - O conceito de plataforma como um serviço, PaaS, consiste em uma camada de software programável para o desenvolvimento e instalação (*deploy*) de serviços de mais alto nível SaaS [10].
- IaaS (*Infrastructure as a Service* - Infraestrutura como Serviço) - O conceito de infraestrutura como um serviço, IaaS, consiste em oferecer ao cliente da nuvem recursos de hardware, permitindo que hospede seus próprios serviços sem a preocupação com os custos dos equipamentos [9].

Um sistema de informações para EVs deve fornecer diferentes mecanismos e níveis de integração de sistemas. As principais características que refletem a operação multiplataforma suportam a integração de dados, integração de sistemas e aplicações, e podem ter um *framework* de operação extensível e interface externa padrão [11].

No contexto da integração, a interoperabilidade representa um outro crucial aspecto. Muito genericamente, interoperabilidade é a capacidade de dois ou mais sistemas trocarem e utilizarem informações e funções mutuamente, de forma transparente, sem perdas ou incompreensões [12]. No contexto de redes de empresas, considerando a natural heterogeneidade entre elas, a dimensão da interoperabilidade extrapola a sintática e técnica, se estendendo à semântica e organizacional [12].

3.1.2 Segurança em Nuvem

Questões de segurança da informação é um dos cruciais aspectos a serem ponderados pelas empresas quando se trata de computação em nuvem, ainda mais em se considerando a realidade cultural geralmente bastante conservadora das PMEs no que toca a armazenamento, controle e acesso à informação. Afinal, ao se adotar uma plataforma de *Cloud Computing* significa colocar, por exemplo, informações de negócio, de saúde financeira, de clientes, de utilização de recursos, entre muitas outras, em servidores espalhados pelo país ou mundo, via *Internet* [6].

Uma série de considerações de segurança e de privacidade deve ser observada quando de uma terceirização da TI por parte de empresas [13]: governança, conformidade, confiança, arquitetura, autenticação e controle de acesso, proteção de dados, e disponibilidade.

3.2 Redes Colaborativas

O termo Redes Colaborativas (*Collaborative Networks*) tem sido empregado para representar alianças constituídas por instituições, empresas e organizações, sejam públicas, privadas ou não governamentais, que se encontram geograficamente distribuídas, possuindo seus ambientes operacionais, culturais e capital social próprios (portanto, geralmente bastante heterogêneos entre si), porém que observam no trabalho colaborativo uma maneira de aumentar rendimentos e competitividade além de compartilhar recursos e conhecimentos [14]. A criação efetiva de uma rede de colaboração entre empresas ocorre em dois momentos, que são: o estabelecimento inicial de um Ambiente de Criação de Empresas/Organizações Virtuais (VBEs – *Virtual organization Breeding Environment*), contendo um conjunto de empresas aptas e cadastradas a participar de negócios; e posteriormente a criação de Empresas Virtuais (*Virtual Enterprises*) [15].

Uma EV é tida como uma organização constituída por várias e diferentes empresas, independentes, distribuídas geograficamente em uma aliança temporária e dinamicamente formada pelos mais adequados membros de um VBE para atender uma determinada oportunidade de negócio, e que se desfaz quando o objetivo é alcançado. Uma EV tem um ciclo de vida classicamente com quatro fases, ao longo do qual variadas transações entre seus parceiros é realizada e, portanto, apresentam diferentes necessidades de TI e *cloud* [16]:

- Criação: fase inicial, quando a EV é criada, os parceiros são selecionados e a rede é configurada para o negócio;
- Operação: quando a EV efetivamente entra em operação, executando e gerenciando as atividades conjuntas com os parceiros para alcançar os objetivos do negócio;
- Evolução: fase que é executada quando de mais sérios problemas durante a fase de operação e que podem afetar o sucesso da EV;
- Dissolução: fase final, quando a EV termina a sua operação. Isto pode acontecer quando os objetivos da EV tiverem sido alcançados ou devido a sérios problemas ao longo de sua execução que levam a cancelar o negócio.

Em cada um desses momentos as empresas (ou seja, seus vários atores e diferentes sistemas computacionais) precisam executar inúmeras funções, tais como consultas umas as outras, coordenação de atividades, planejamentos, discussões, supervisão de execução de atividades, entre muitas e muitas outras.

4. REVISÃO DA LITERATURA

Visando-se avaliar ferramentas de nuvem para EVs dois aspectos tiveram que ser previamente identificados: os requisitos que um cenário de EVs demanda de ferramentas de TI naquelas quatro fases do seu ciclo de vida; e os indicadores de desempenho que deveriam ser aplicados às ferramentas para fins de comparação.

4.1 Requisitos de Empresas Virtuais

Os requisitos de nuvem para EVs foram identificados a partir de uma revisão bibliográfica aplicando-se o método SLR [17]. Pesquisou-se por artigos escritos em inglês entre 2004 e 2015 nas bases de dados *IEEEExplore*, *ScienceDirect*, *Scopus* e *ACM Digital Library*. Após refinamentos de busca, harmonizações semânticas e análises gerais, foi obtida uma generalização com 9 requisitos gerais para EVs, elicitados a partir de 14 trabalhos encontrados via SLR tomados como referenciais teóricos de base (Tabela 1).

- Padrões e Funcionalidades: suporte à padrões, especificações, funcionalidades avançadas, e aspectos de propriedade da plataforma.
- Multi-Tenancy: suporte à privacidade de dados, controle de acesso de usuários, gerenciamento de acessos e arquitetura multiusuário.
- Escalabilidade e Elasticidade: suporte à escalabilidade dinâmica e transparente, balanceamento de carga e *clustering*.
- Extensibilidade e abertura (*Openness*): suporte à licenciamento e direitos, arquitetura modular, acesso a documentação, fóruns, comunidades e treinamentos.
- Segurança e Confiabilidade: suporte à autenticação de usuários, SLAs e aspectos de confiabilidade.
- Suporte de Controle de Acesso: suporte à gestão de QoS e mecanismos de medição, e faturamento.
- Ferramentas de Desenvolvimento: suporte para desenvolvedores, além de *Plugins* IDE.
- Gerenciamento e Operacionalidade: acesso a interfaces de

gerenciamento e APIs.

- Interoperabilidade: suporte à interoperabilidade de processos de negócios, serviços web, adaptadores comuns ou personalizados, e mecanismos de transmissão de mensagens.

Tabela 1. Requisitos de Nuvem para EVs

ID	Título do Artigo / Referência	Padrões e Funcionalidades	Multi-Tenancy	Escalabilidade e Elasticidade	Extensibilidade e abertura	Segurança e Confiabilidade	Suporte de Controle de Acesso	Ferramentas de Desenvolvimento	Gerenciamento e Operacionalidade	Interoperabilidade
1	<i>Research on Producer Service Innovation in Home-Textile Industrial Cluster Based on Cloud Computing Platform</i> [18]	X	X	X	X	X	X			X
2	<i>CloudVO: Building a Secure Virtual Organization for Multiple Clouds Collaboration</i> [19]	X	X	X		X	X		X	X
3	<i>Virtual Enterprise Model for Enabling Cloud Computing for SMMEs</i> [20]	X	X	X	X	X		X		X
4	<i>Industrial clusters' information based on SaaS Model</i> [21]	X	X	X		X	X		X	
5	<i>Knowledge cloud system for network collaboration: A case study in medical service industry in China</i> [22]		X	X		X	X		X	X
6	<i>Cloud Computing Based Logistics Resource Dynamic Integration and Collaboration</i> [23]	X	X	X		X	X	X	X	X
7	<i>A Cloud Based Data Integration Framework</i> [24]	X		X		X	X		X	X
8	<i>Software Co-development in the Era of Cloud Applications Platforms and Ecosystems: The Case of CAST</i> [25]	X	X			X	X			X
9	<i>An Innovative Virtual Enterprise Approach to Agile Micro and SME-Based Collaboration Networks</i> [26]	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	<i>A Comparative Analysis of Pricing Models for Enterprise Cloud Platforms</i> [27]	X		X	X	X	X		X	X
11	<i>Assessing the maturity of collaborative networks: a case study analysis in the Italian fashion SMEs</i> [28]	X	X	X			X			X
12	<i>Cloud-based Collaborative Business Services Provision</i> [29]	X	X			X	X			X
13	<i>The challenge of networked enterprises for cloud computing interoperability</i> [30]	X		X	X	X	X		X	X
14	<i>Proposal for a Cloud Computing pedagogy and application in a pedagogical virtual organization</i> [31]	X	X	X	X	X	X	X		X

4.2 Indicadores para Nuvem

Vários trabalhos foram pesquisados com o objetivo de se averiguar quais indicadores de desempenho deveriam ser aplicados na análise comparativa entre as ferramentas de nuvem escolhidas. Os trabalhos de Binz et al. [32] e Veloudis et al. [33] foram utilizados como principal base da generalização pretendida. A Tabela 2 mostra não apenas os indicadores, mas também a relação com os requisitos a serem suportados e medidos.

Tabela 2. Requisitos de Nuvem (Adaptado de [32] e [33]).

Requisitos	Indicadores	O que avaliará
Padrões e Funcionalidades	Padrões e especificações	Tipos de padrões e especificações
	Funcionalidades avançadas	Suporte a funções avançadas
	Características de propriedade da plataforma	Aberta ou fechada para alterações
Multi-Tenancy	Privacidade de dados	Isolamento de dados
	Gerenciamento de acessos de usuário	Gerenciamento de acessos de usuários
Escalabilidade e Elasticidade	Arquitetura multiusuário	Possibilidade de múltiplos acessos simultâneos
	Escalabilidade dinâmica	Escalabilidade ajustável
	Escalabilidade transparente	Auto escalabilidade
	Balanceamento de carga e <i>clustering</i>	Balanceamento de carga e múltiplos nós
	Capacidade de armazenamento	Quantidade em GB de armazenamento
Extensibilidade e abertura (<i>Openness</i>)	Capacidade de processamento	Quantidade em VCPUs suportada
	Capacidade de memória	Quantidade de RAM suportada
	Licenciamento e direitos	Open-source ou proprietária
Segurança e Confiabilidade	Arquitetura modular	Possibilidade de adicionar novas funcionalidades
	Documentação, fóruns, comunidades e treinamentos	Documentação, treinamento fornecido
	Autenticação de usuários	Mecanismos
Suporte de Controle de Acesso	SLAs	Disponibilidade
	Confiabilidade	Mecanismos
	Criptografia	Nível de criptografia
Ferramentas de Desenvolvimento	Controle QoS	Mecanismos
	Mecanismos de medição e faturamento	Disponibilidade
Gerenciamento e Operacionalidade	Suporte para desenvolvedores	Qualidade da documentação e acessibilidade
	Plugins IDE	Disponibilidade
Interoperabilidade	Interface de gerenciamento	Usabilidade e a apresentação
	API gestora	Disponibilidade
	Suporte de interoperabilidade de processos	Grau de integração das funcionalidades
	Adaptadores comuns ou personalizados	Disponibilidade

5. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Com vistas a fazer os experimentos considerando os requisitos e indicadores identificados, cenários-teste foram concebidos e implementados com as ferramentas. Estes cenários (*business cases*) foram concebidos a partir das inúmeras situações relatadas nos artigos analisados (seção 4.1) e refinadas pelos autores deste trabalho com base nas suas experiências na área de EVs.

Nas avaliações das soluções de nuvem a serem testadas, atribuiu-se um peso aos indicadores, onde é possível observar o coeficiente mais significativo e o menos significativo em termos da importância de ser suportado para fins de EVs [34]. Atribuiu-se valores aos indicadores levando em conta a “qualidade” da

solução e, nos casos onde poderiam ser mensurados, a “quantidade” do indicador em questão. Inspirando-se em outros trabalhos ([34] e [35]), os indicadores receberam de 0 a 5 estrelas de acordo com o desempenho.

Tabela 3: Descrição dos pesos dos indicadores Adaptado de [34].

Pesos	Valor	Descrição
Indispensável	●	Critério imprescindível para a ferramenta Cloud.
Importante	●	Diferencial interessante para a ferramenta Cloud.
Dispensável	○	Dispensável.

Tabela 4: Descrição dos valores dos indicadores Qualitativos
Adaptado de [34].

Classificação	Valor	Descrição
Excelente	★★★★★	Indicador de destaque, apresentando opções suplementares interessantes em relação ao básico necessário.
Bom	★★★★☆	Indicador com funcionalidades adequadas e com algumas características ou aspectos favoráveis.
Regular	★★★☆☆	Indicador apresenta recursos básicos suficientes para uso da ferramenta.
Ruim	★★★☆☆	Indicador apresenta pequenos problemas, ineficiente e/ou de difícil uso.
Muito ruim	★★★☆☆	Indicador apresenta problemas ou não é suportado de forma adequada.
Inexistente	★★★★★	Não suporta o indicador.

Tabela 5: Descrição dos valores dos indicadores Quantitativos
Adaptado de [33].

Classificação	Valor	Capac. Armazen. (TB)	Capac. CPU (un)	Capac. de Memória (GB)	Nível de Criptografia (Key size)
Excelente	★★★★★	100-1000	24-32	100-1000	265
Bom	★★★★☆	10-100	12-24	10-100	192
Regular	★★★☆☆	0-10	0-12	0-10	128
Inexistente	★★★★★	Não suporta o indicador e/ou não há maneiras de se medi-lo.			

Considerando os *business cases* idealizados, as seguintes funcionalidades elementares foram testadas/implementadas como referência para a avaliação:

- *Ferramentas SaaS*: funcionalidades de “escritório” e de armazenamento, envolvendo criação e compartilhamento de documentos em diferentes formatos, pertinentes a EVs, como contratos, planilhas orçamentárias, listas de materiais, lista de funcionários, escala de trabalho, cronogramas e fluxogramas de projetos, projetos de engenharia, fotos e vídeos.
- *Ferramentas PaaS*: funcionalidades de hospedagem de aplicação web, envolvendo a criação / execução de um pequeno aplicativo para controle e acompanhamento de projetos, onde pudessem ser inseridas informações da situação e possíveis complicações no andamento do projeto (i.e. os negócios da EV). Aplicativo web em linguagem PHP com suporte a Banco de Dados MySQL.
- *Ferramentas IaaS*: funcionalidades de instanciação um servidor web que permita hospedar uma aplicação, com suporte a banco de dados. Máquina Virtual com sistema operacional CentOS6.7, servidor HTTP Apache2.0 com suporte para implementação de Aplicativos em linguagem PHP5.3.3 e suporte a Banco de Dados MySQL5.1.73.

5.1 Avaliação dos Resultados

As avaliações dos resultados obtidos com os experimentos das plataformas em seus cenários fazem parte da última etapa deste estudo, que se trata da geração de uma tabela comparativa das avaliações dos indicadores por tipo de plataforma. Como explicado na seção 2, houve a necessidade de limitar o leque de ferramentas possíveis de serem avaliadas. Neste sentido, e com base nos critérios também explicitados, foram analisadas sucintamente várias, mas depois selecionadas apenas duas ferramentas de cada categoria (SaaS, PaaS e IaaS), da *Microsoft* e da *Google*, cujos comparativos são mostrados nas Tabelas 6, 7, 8, respectivamente. Os pesos dos indicadores destas tabelas foram atribuídos de acordo com o coeficiente de importância identificado para a fase de operação do ciclo de vida de EVs.

Em termos de ferramentas de SaaS, pode-se perceber uma sensível vantagem das da *Microsoft* sobre as da *Google*. Isso porque alguns pontos específicos, como documentação, interface de gerenciamento e API gestora, se mostraram mais intuitivas, funcionais e integradas às ferramentas desktop, além de apresentar suporte à língua portuguesa, facilitando para o usuário. Uma desvantagem da *Microsoft* foi quanto a capacidade de armazenamento, onde a ferramenta *Google* apresentou valores bem acima dos apresentados pela *Microsoft*, o que em determinados casos pode ser um ponto crítico. Ambas as ferramentas apresentaram funcionalidades avançadas bem interessantes, onde a *Google* apresenta a possibilidade de digitação por voz, e a *Microsoft* apresenta a integração com outros serviços de armazenamento, podendo assim aumentar sua capacidade de armazenamento.

Tabela 6. Tabela de avaliação de ferramentas SaaS

Indicadores	Pesos	Google Drive e Google Docs[35]	OneDrive e Office 365 [36]
Padrões e especificações	●	★★★★☆	★★★★☆
Funcionalidades avançadas	●	★★★★★	★★★★★
Características de propriedade da plataforma	●	★★★★☆	★★★★☆
Privacidade de dados	●	★★★★☆	★★★★☆
Gerenciamento de acessos de usuário	●	★★★★☆	★★★★☆
Arquitetura multiusuário	●	★★★★☆	★★★★☆
Escalabilidade dinâmica	●	★★★★☆	★★★★☆
Escalabilidade transparente	●	★★★★☆	★★★★☆
Balanceamento de carga e <i>clustering</i>	○	★★★★☆	★★★★☆
Capacidade de armazenamento	●	★★★★★	★★★★★
Capacidade de processamento	○	★★★★☆	★★★★☆
Capacidade de memória	○	★★★★☆	★★★★☆
Licenciamento e direitos	●	★★★★☆	★★★★☆
Arquitetura modular	○	★★★★☆	★★★★☆
Documentação, fóruns, comunidades e treinamentos	●	★★★★☆	★★★★☆
Autenticação de usuários	●	★★★★☆	★★★★☆
SLAs	●	★★★★☆	★★★★☆
Confiabilidade	●	★★★★☆	★★★★☆

Criptografia	☀	★★★★★	★★★★★
Controle QoS	☀	★★★★★	★★★★★
Mecanismos de medição e faturamento	☀	★★★★★	★★★★★
Suporte para desenvolvedores	☀	★★★★★	★★★★★
Plugins IDE	☀	★★★★★	★★★★★
Interface de gerenciamento	☀	★★★★★	★★★★★
API gestora	☀	★★★★★	★★★★★
Suporte de interoperabilidade de processos	☀	★★★★★	★★★★★
Adaptadores comuns ou personalizados	☀	★★★★★	★★★★★

Em termos de ferramentas de PaaS, pode-se observar uma boa vantagem da ferramenta da *Microsoft* sobre a da *Google*, como nos indicadores de padrões e especificações, modularidade da arquitetura, documentação, plugins, interface de gerenciamento, API gestora e adaptadores de integração, que se mostrou mais intuitiva, com uma gama maior de possibilidades de configuração / desenvolvimento, além de vasta documentação e interfaces em inglês e português. Outro ponto relevante e vantajoso apresentado pela da *Microsoft* foi a possibilidade de escolha da configuração de *hardware* do serviço, informando dados como capacidade de armazenamento, processamento e memória, o que o *Google* pareceu ser deficiente. A *Microsoft* possibilita, em plugins IDE, além do uso do *Visual Studio* outras ferramentas de terceiros, enquanto a *Google* apoia-se apenas no *Eclipse*. Quanto a padrões e especificações, podem ser destacadas as possibilidades da *Microsoft* quanto a execução via navegador e *Visual Studio*, enquanto a *Google* apenas via navegador. Os adaptadores, a *Microsoft* utiliza-se da ferramenta de desenvolvimento para sincronizar *online* seus arquivos, enquanto o *Google* utiliza-se de uma ferramenta nada intuitiva para uma sincronização manual de arquivos.

Tabela 7. Tabela de avaliação de ferramentas PaaS

Indicadores	Pesos	Google App Engine [35]	Windows Azure (App Web) [36]
Padrões e especificações	☀	★★★★★	★★★★★
Funcionalidades avançadas	☀	★★★★★	★★★★★
Características de propriedade da plataforma	☀	★★★★★	★★★★★
Privacidade de dados	☀	★★★★★	★★★★★
Gerenciamento de acessos de usuário	☀	★★★★★	★★★★★
Arquitetura multiusuário	☀	★★★★★	★★★★★
Escalabilidade dinâmica	☀	★★★★★	★★★★★
Escalabilidade transparente	☀	★★★★★	★★★★★
Balanciamento de carga e <i>clustering</i>	☀	★★★★★	★★★★★
Capacidade de armazenamento	☀	★★★★★	★★★★★
Capacidade de processamento	☀	★★★★★	★★★★★
Capacidade de memória	☀	★★★★★	★★★★★
Licenciamento e direitos	☀	★★★★★	★★★★★
Arquitetura modular	☀	★★★★★	★★★★★
Documentação, fóruns, comunidades e treinamentos	☀	★★★★★	★★★★★

Autenticação de usuários	☀	★★★★★	★★★★★
SLAs	☀	★★★★★	★★★★★
Confiabilidade	☀	★★★★★	★★★★★
Criptografia	☀	★★★★★	★★★★★
Controle QoS	☀	★★★★★	★★★★★
Mecanismos de medição e faturamento	☀	★★★★★	★★★★★
Suporte para desenvolvedores	☀	★★★★★	★★★★★
Plugins IDE	☀	★★★★★	★★★★★
Interface de gerenciamento	☀	★★★★★	★★★★★
API gestora	☀	★★★★★	★★★★★
Suporte de interoperabilidade de processos	☀	★★★★★	★★★★★
Adaptadores comuns ou personalizados	☀	★★★★★	★★★★★

Em termos de ferramentas de IaaS, houve também uma sensível vantagem da ferramenta *Microsoft* sobre a *Google*. Embora a forma de se instanciar, configurar, instalar e executar seja muito semelhante nas duas, a vantagem se percebe quando observados os padrões e especificações da ferramenta, arquitetura modular com uma grande gama de possibilidades, documentação intuitiva e também em português, além dos diversos plugins IDE disponíveis. Quanto a arquitetura modular a *Microsoft* apresenta mais de 3000 pacotes de *softwares* contra pouco mais de 140 da *Google*. Em se tratando de capacidade de memória a *Microsoft* apresenta 448 GB contra 208 GB da *Google*. Assim como para ferramentas PaaS, no indicador de padrões e especificações, podem ser destacadas as possibilidades da *Microsoft* quanto a execução via navegador e *Visual Studio*, enquanto a *Google* apenas via navegador.

Tabela 8. Tabela de avaliação de ferramentas IaaS

Indicadores	Pesos	Google Compute Engine [35]	Windows Azure (VM) [36]
Padrões e especificações	☀	★★★★★	★★★★★
Funcionalidades avançadas	☀	★★★★★	★★★★★
Características de propriedade da plataforma	☀	★★★★★	★★★★★
Privacidade de dados	☀	★★★★★	★★★★★
Gerenciamento de acessos de usuário	☀	★★★★★	★★★★★
Arquitetura multiusuário	☀	★★★★★	★★★★★
Escalabilidade dinâmica	☀	★★★★★	★★★★★
Escalabilidade transparente	☀	★★★★★	★★★★★
Balanciamento de carga e <i>clustering</i>	☀	★★★★★	★★★★★
Capacidade de armazenamento	☀	★★★★★	★★★★★
Capacidade de processamento	☀	★★★★★	★★★★★
Capacidade de memória	☀	★★★★★	★★★★★
Licenciamento e direitos	☀	★★★★★	★★★★★
Arquitetura modular	☀	★★★★★	★★★★★
Documentação, fóruns, comunidades e treinamentos	☀	★★★★★	★★★★★
Autenticação de usuários	☀	★★★★★	★★★★★

SLAs	☀	★★★★★	★★★★★
Confiabilidade	☀	★★★★★	★★★★★
Criptografia	☀	★★★★★	★★★★★
Controle QoS	☀	★★★★★	★★★★★
Mecanismos de medição e faturamento	☀	★★★★★	★★★★★
Suporte para desenvolvedores	☀	★★★★★	★★★★★
Plugins IDE	☀	★★★★★	★★★★★
Interface de gerenciamento	☀	★★★★★	★★★★★
API gestora	☀	★★★★★	★★★★★
Suporte de interoperabilidade de processos	☀	★★★★★	★★★★★
Adaptadores comuns ou personalizados	☀	★★★★★	★★★★★

6. CONCLUSÕES GERAIS

Este artigo apresentou uma análise experimental e comparativa entre ferramentas de nuvem dos tipos SaaS, PaaS e IaaS que melhor se adequam para suportar os requisitos de funcionamento de Empresas Virtuais (EV) durante as fases do seu ciclo de vida. Para tal, esses requisitos foram elicitados através de pesquisa bibliográfica assim como os indicadores que deveriam ser aplicados às ferramentas de nuvem.

Dada a grande quantidade de ferramentas de nuvem disponíveis, foram selecionadas apenas algumas, adotando como critérios o seu baixo custo, serem facilmente encontradas e serem abertas. Isto implicou igualmente numa análise e seleção de ferramentas.

Os experimentos realizados proporcionaram uma melhor compreensão das possibilidades e limitações das ferramentas, embora considerando algum grau de subjetividade em algumas análises. Em termos gerais, as ferramentas avaliadas apresentaram uma boa usabilidade e não alta complexidade. Considerando as limitações do experimento e o pequeno número de ferramentas que foram possíveis de serem comparadas, a análise geral leva a crer que as ferramentas de nuvem atendem de modo geral os principais requisitos de EVs e podem ser tidas como uma boa alternativa para PMEs para compartilhamento, diminuição de complexidade e investimentos de/em TI e de necessidade de muitos recursos humanos.

Os próximos passos deste trabalho será uma avaliação de um número maior de ferramentas e assim de um *benchmarking* direcionado/categorizado por tipo de operações nas ferramentas, de forma a poder ser usado como um guia pelas PMEs.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Myers, J. (2006). "Future Value Systems: Next Generation Economic Growth Engines & Manufacturing", in IMS Vision Forum 2006, IMS International, Seoul, p. 30-47.
- [2] Camarinha-Matos, LM; Afsarmanesh, H. (2005). "Collaborative networks: A new scientific discipline", in Journal of Intelligent Manufacturing. V 16 (4-5), p. 439-452.
- [3] Cancian, MH; Rabelo, RJ; Wangenheim, C G V. (2013). "Supporting Processes for Collaborative SaaS". Proc. 14th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 183-190.
- [4] Westphal, I; Thoben, KD; Seifert, M. (2010). "Managing Collaboration Performance to Govern Virtual Organizations". Journal of Intelligent Manufacturing, 21-3, p. 311-320.
- [5] Gil, AC. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo.
- [6] Taurion, C. (2009). Cloud Computing: Computação em nuvem: transformando o mundo da Tecnologia da Informação. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- [7] Nist (Nacional Institute of Standards and Technology). US Government Cloud Computing Technology Roadmap. (2014). Disponível em: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.500-293.pdf>
- [8] Veras, M. (2012). Cloud Computing: nova Arquitetura da TI. Rio de Janeiro: Brasport, 2012.
- [9] Goscinski, A; Brock, M. (2010). "Toward dynamic and attribute based publication, discovery and selection for clouding computing". Future Generation Computer Systems 26 (2010) p. 947-970.
- [10] Miller, M. (2008). "Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online". Que Publishing.
- [11] Hyvonen, T; Jarvinen, J; Pellinen, J. (2008). A virtual integration - The management control system in a multinational enterprise. Management Accounting Research, Volume 19, p. 45-61.
- [12] Kasunic, M; Anderson, W. (2004). "Measuring Systems Interoperability: Challenges and Opportunities". Technical Note, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- [13] Nist (Nacional Institute of Standards and Technology). "Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing". (2011). Disponível em: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-144/SP800-144.pdf>
- [14] Camarinha-Matos, LM; Afsarmanesh, H; Ollus, M. (2008). "Methods and Tools for Collaborative Networked Organizations". Springer.
- [15] Sanchez, NG; Zubiaga, DAG; González, JAI; Molina, A. (2005). Virtual Breeding Environment: A First Approach to Understanding Working and Sharing Principles. Proc. International Conference on Interoperability of Information Systems, Interoperability of enterprise software and applications, p. 99-110.
- [16] Camarinha-Matos, LM; Afsarmanesh, H. (1999). "The virtual enterprise concept". Proc. 1st IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 3-14.
- [17] Kitchenham, B. (2007). "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering". Department of Computer Science, Durham, UK.
- [18] Zhang, K; Ma, B; Dong, PJ; Tang, BY; Cai, H. (2010) "Research on producer service innovation in home-textile industrial cluster based on cloud computing platform". Proc. 2010 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics and Informatics (SOLI), p. 155-160.
- [19] Li, J; Li, B; Du, Z; Meng, L. (2010). "CloudVO: Building a Secure Virtual Organization for Multiple Clouds

- Collaboration". Proc. 11th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, p. 181-186.
- [20] Mvelase, P; Dlodlo, N; Williams, Q; Adigun, M. (2011). "Virtual enterprise model for enabling cloud computing for SMMEs". Proc. 2011 International Conference on Intelligent Semantic Web-Services and Applications (paper n. 13).
- [21] Jingjing, C; Haitao, S. (2011). "Industrial clusters information based on SaaS model". Proc. 2011 International Conference on Business Management and Electronic Information (BMEI), p. 28-31.
- [22] Lai, IKW; Tam, SKT; Chan, MFS. (2012). "Knowledge cloud system for network collaboration: A case study in medical service industry in China". Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 15, p. 12205–12212.
- [23] Gao, J; Ma, J; Zhang, X; Lu, D. (2012). "Cloud computing based logistics resource dynamic integration and collaboration". Proc. IEEE 16th Int. Conference on Computer Supported Cooperative Work, p. 939-943.
- [24] Jiang, N; Xu, L; Vrieze, P; Lim, M; Jarabo, O. (2012). "A Cloud Based Data Integration Framework". Proc. 13th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 177-185.
- [25] Kourtesis, D; Bratanis, K; Bibikas, D; Paraskakis, I. (2012). "Software Co-development in the Era of Cloud Application Platforms and Ecosystems: The Case of CAST". Proc. 13th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 196-204.
- [26] Munch, T; Buchmann, R; Pfeffer, J; Ortiz, P; Christl, C; Hladik, J; Ziegler, J; Lazaro, O; Karagiannis, D; Urbas, L. (2013). "An Innovative Virtual Enterprise Approach to Agile Micro and SME-Based Collaboration Networks". Proc. 14th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 121-128.
- [27] Mvelase, P; Sibiyi, G; Dlodlo, N; Oladosu, J; Adigun, M. (2013). "A comparative analysis of pricing models for enterprise cloud platforms". AFRICON, 2013, p.1-7.
- [28] Bandinelli, R; D'Avllio, E; Rinaldi, R. (2014). "Assessing the maturity of collaborative networks: a case study analysis in the Italian fashion SMEs". 20th IEEE Int. Conference on Engineering, Technology and Innovation, p. 1-9.
- [29] Camarinha-Matos, LM; Afsarmanesh, H; Oliveira, AI; Ferrada, F. (2014). "Cloud-based Collaborative Business Services Provision". Enterprise Information Systems. Springer. Volume 190, p. 366-384.
- [30] Mezgar, I; Rauschecker, U. (2014). "The challenge of networked enterprises for cloud computing interoperability". Computers in Industry, Volume 65, p. 657-674.
- [31] Gueye, A D; Sanogo, I; Ouya, S; Saliah-Hassane, H; Lishou, C. (2014). "Proposal for a Cloud Computing solution and application in a pedagogical virtual organization". Proc. International Conference on Information Technology, INEER, p. 349-359.
- [32] Binz, T.; Exertier, F.; Krebs, R.; Le Jeune, G.; Pelletier, B.; Rodero-Merino, L.; Niemoller, J.; Souillard, C.; Priestersbach, A.; Strauch, S. (2011). "4CaaS - Building the PaaS Cloud of the Future. Immigrant PaaS Technologies: Scientific and Technical Report". European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013).
- [33] Veloudis, S; Paraskakis, I; Petsos, C. (2015). Cloud Service Brokerage: Strengthening Service Resilience in Cloud-Based Virtual Enterprises. Proc. 16th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, p. 122-135.
- [34] Café, L; Santos, C D; Macedo, F. (2001). Proposta de um método para escolha de software de automação de bibliotecas. Ciência da Informação, Brasília, 30(2), 70-79.
- [35] Google, INC. (2015). "Google Cloud Platform". Disponível em: <<http://cloud.google.com/>>
- [36] Microsoft, INC. (2015). "Microsoft Corporation". Disponível em: <<http://www.microsoft.com/pt-br/>>