

Estudo de Mapeamento Sistemático sobre as Tendências e Desafios do Cloud Gaming

Systematic Mapping Study on Trends and Challenges of Cloud Gaming

Chrystian José Soares da Silva¹, Vinicius Cardoso Garcia¹, Leandro Marques do Nascimento²

¹Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, Brasil

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife, Brasil

Correspondência: Chrystian José Soares da Silva, Endereço: Núcleo de Tecnologia da Informação, Av. dos Reitores s/n, Cidade Universitária, CEP.: 50.670-901 Recife, Brasil. Tel.: 55 81 2126-8692. E-mail: chrystian.sqft@gmail.com

Recebido: 08 de outubro de 2016 Aceito: 20 de dezembro de 2016 Publicado: 01 de maio de 2017

DOI: 10.21714/1679-18272016v14Esp.p224-233

Resumo

Os jogos digitais constituem hoje um dos principais mercados na área do entretenimento. Como fatores para o contínuo crescimento da indústria têm-se as diversas transformações apoiadas pelas inovações tecnológicas. Entre essas inovações está a computação em nuvem, que trouxe uma extensa gama de possibilidades e permitiu a concepção de uma nova forma de jogar: o *Cloud Gaming*. A fim de apresentar um panorama sobre as dificuldades e possíveis caminhos em direção ao aumento da adoção do *Cloud Gaming*, este trabalho analisou, através de um mapeamento sistemático, as tendências e desafios na utilização da computação em nuvem para jogos digitais. Após a definição e execução do protocolo de mapeamento, diversos critérios de seleção e exclusão foram aplicados aos estudos encontrados. Em seguida, uma análise geral e, posteriormente, das respostas das questões de pesquisa foram realizadas e tiveram seus dados apresentados e interpretados através de gráficos, tabelas, além de descrição textual. Foram identificados como problemas e desafios a limitação de banda e compressão dos vídeos, alocação de recursos de rede para servidores com máquinas virtuais, entre outros. Como possíveis tendências, os estudos evidenciaram o foco no streaming baseado em gráficos, ao invés do streaming baseado em vídeo e virtualização de GPU.

Palavras-chave: Jogos sob demanda, Mapeamento Sistemático, Computação em nuvem, Virtualização de GPU, Jogos Digitais.

Abstract

Digital games are now one of the major markets in the entertainment area. As factors for the continued growth of the industry has been the various transformations supported by technological innovations. Among these innovations is cloud computing, which brought a wide range of possibilities and allowed the design of a new way to play: Cloud Gaming. In order to present an overview of the difficulties and possible paths toward increased adoption of Cloud Gaming, this work analyzed through a systematic mapping, trends and challenges in the use of cloud computing to digital games. After defining and executing the mapping protocol, various selection and exclusion criteria were applied to the studies found. Then a general analysis and, subsequently, an analysis of the replies of the research questions were performed and had their data presented and interpreted through graphs, tables, and textual description. Were identified as problems and challenges: the limitation of bandwidth and compression of video, network resource allocation for servers with virtual machines, among others. As possible trends, the studies showed the focus on streaming based graphics instead of streaming video-based and GPU virtualization.

Keywords: Game on Demand, Systematic mapping, Cloud Computing, GPU virtualization, Digital games.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Attribution 3.0.

1. Introdução

Os jogos digitais constituem hoje um dos principais mercados na área do entretenimento. Para a PricewaterhouseCoopers (PwC), no período de 2015 a 2019, o total da receita global de jogos crescerá a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR - *compound annual growth rate*) de 5,7%, chegando a US\$ 93,18

bilhões em 2019 (PWC, 2016). A Newzoo, por sua vez, constata que o mercado mundial de jogos gerou, em 2015, uma receita global de US\$ 91,5 bilhões e para 2018 prevê uma receita ainda maior, um total de US\$ 113,3 bilhões (NEWZOO, 2015).

Como um dos fatores para o contínuo crescimento da indústria, têm-se as diversas transformações apoiadas pelas inovações tecnológicas e pela consolidação da internet. Apresentam-se como exemplo dessas transformações, os jogos online, os jogos para dispositivos móveis e a criação de consoles cada vez mais potentes.

Outra inovação tecnológica que vem ganhando destaque e movimentando altas cifras é a computação em nuvem, que segundo o National Institute of Standards and Technology (NIST), é definida como:

Modelo que permite o acesso ubíquo, conveniente, sob demanda através da rede a um pool compartilhado de recursos computacionais configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e liberados com um esforço mínimo de gerenciamento ou interação do provedor de serviços (MELL; GRANCE, 2011).

Essa abordagem permite que os consumidores contratem convenientemente um serviço de nuvem como: armazenamento e processamento de dados, ferramentas de desenvolvimento de software e de implantação.

Com base nessas características, o modelo em nuvem gerou grandes transformações no mercado de TI. De acordo com a International Data Corporation (IDC), para o período de 2014 a 2019, o investimento em infraestrutura de TI em nuvem crescerá a uma CAGR de 15,1% alcançando US\$ 53,1 bilhões em 2019, o que representa 46% do total de investimento na infraestrutura de TI como um todo. Durante o mesmo período, os investimentos em infraestruturas diferentes da nuvem diminuirão a uma taxa anual composta de -1.7% (IDC, 2015).

Para a Gartner (2016), mais de US\$ 1 trilhão em investimentos com TI serão direta ou indiretamente afetados pela mudança para a nuvem durante os próximos cinco anos. Isso fará da computação em nuvem uma das forças mais disruptivas de investimentos em TI desde os primeiros dias da era digital. Ainda segundo a Gartner, os investimentos em TI estão mudando de ofertas tradicionais para serviços em nuvem, de forma constante. O valor total da migração para a nuvem é estimado em US\$ 216 bilhões para 2020.

Com a extensa gama de possibilidades trazidas pela computação em nuvem uma nova forma de jogar foi concebida: o *Cloud Gaming*, que se caracteriza, em sua forma mais simples, no streaming de vídeo das cenas de um jogo, localizado remotamente, para o jogador como resultado da sua interação (SHEA, LIU, et al., 2013). Dessa forma, o jogador tem a possibilidade de jogar de qualquer lugar por meio de diversos aparelhos como computador, *tablets*, dispositivos *smart*, sem a necessidade de instalação dos jogos, requerendo apenas uma conexão com a internet.

No entanto, diferentemente de outros tipos de aplicação, os jogos possuem um maior apelo na experiência e que, devido à natureza do serviço, pode ser comprometida por problemas ligados ao tráfego da rede e performance da infraestrutura oferecida.

Neste contexto, este trabalho, que resulta da monografia em sistemas de informação, teve como propósito, analisar as tendências e desafios na utilização da computação em nuvem para jogos digitais.

2. Metodologia

A compreensão sobre a infraestrutura, vantagens e desvantagens do *Cloud Gaming* se fez necessária por se tratar de uma abordagem relativamente nova na questão de acesso aos jogos. Buscando conhecer esses e outros aspectos, o método escolhido para atingir o objetivo deste estudo foi o mapeamento sistemático. Este método permite a obtenção de uma visão ampla em uma área de pesquisa para determinar se existe evidência de pesquisa em um tópico e fornecer uma indicação da quantidade da evidência (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). A seguir, o protocolo do mapeamento é apresentado:

2.1. Perguntas de pesquisa

A pergunta condutora deste estudo foi: *Quais as tendências e desafios na utilização da computação em nuvem para jogos digitais?*

Com isso, as definições das perguntas específicas foram extraídas da pergunta condutora, e por possuírem um escopo reduzido, possibilitaram o alcance de respostas mais concretas. Portanto, as perguntas específicas formuladas foram:

- Q1: Quais são as principais características do *Cloud Gaming*?
- Q2: Quais os principais desafios na disponibilização do serviço?
- Q3: Quais as principais tendências?

2.2 Busca e seleção dos estudos

Para responder todas as perguntas de pesquisa, partiu-se para a estruturação da *string* de busca que seria utilizada

nas fontes automáticas. Sua composição deu-se inicialmente a partir de termos relacionados as perguntas de pesquisa e levantamento em fontes relacionadas, conforme orienta Kitchenham e Charters (2007). Desse modo, a *string* ficou da seguinte forma:

("cloud gaming" OR "game on demand")
AND
(challenges OR problems OR issues OR streaming OR
gaps OR "QoE" OR "QoS" OR "business model" OR
architecture OR provisioning OR trend)

Tabela 1: String de Busca utilizada na pesquisa dos estudos

Fonte: Elaborado pelos autores

A busca automática foi realizada aplicando a *string* nas seguintes bibliotecas digitais e engenhos de busca, considerando os seguintes campos durante a busca: título, palavra-chave e resumo: Scopus, Science Direct, SpringerLink, IEEE Xplore, ACM Portal e Engineering Village.

Após a realização da busca, cada estudo teve seu título, palavras-chave e resumo avaliados, deixando de lado estudos que claramente fugiam do escopo do mapeamento. Assim, para excluir os estudos no mapeamento foram considerados os seguintes critérios:

- O estudo não explorava o *Cloud Gaming* como foco principal
- O estudo era duplicado
- O estudo era um *Slideshow* ou um resumo expandido
- O estudo não estava relacionado à Computação em nuvem
- O estudo não estava no idioma inglês

2.3 Extração dos dados

De acordo com Kitchenham e Charters (2007), a extração dos dados tem por objetivo desenvolver formas de registrar com precisão as informações obtidas através dos estudos. Portanto, no presente trabalho, a extração de dados se deu através da criação de um formulário cujas informações eram registradas numa planilha eletrônica. A finalidade do formulário é extrair todos os dados relevantes, visando responder as perguntas da pesquisa.

3. Contextualizando o cloud gaming

O ambiente de nuvem tem proporcionado uma independência cada vez maior em relação à utilização de recursos computacionais ao ampliar o acesso a estes por meio de seus diversos modelos de serviço e implantação. Plataformas que antes se limitavam apenas ao funcionamento offline, tornam-se disponíveis online, facilitando o acesso a partir de qualquer local e por uma grande variedade de dispositivos clientes, bastando uma conexão com a Internet. Além disso, vantagens da computação em nuvem como escalabilidade, alta performance e redução de custos, tem atraído empresas a implementarem soluções na nuvem desde serviços de música digital (Spotifyⁱ, Deezerⁱⁱ) a serviços de backup e recuperação de dados (Amazon AWSⁱⁱⁱ).

A fim de aproveitar todo o potencial da infraestrutura da computação em nuvem, o mercado de jogos digitais inseriu-se nos ambientes em nuvem introduzindo um novo tipo de serviço: o *Cloud Gaming*. O termo, conhecido também como *Game on Demand*, embora não possua uma definição explícita, pode ser entendido como jogos interativos que acessam a nuvem como um recurso externo para processamento de cenários de jogo e interações, permitindo funcionalidades avançadas tais como operações "*cross-platform*", conservação da bateria e melhoria da capacidade computacional (CAI, LEUNG; CHEN, 2013). Outra maneira pela qual o *Cloud Gaming* pode ser determinado é por caracterizar-se, em sua forma mais simples, no streaming de vídeo das cenas de um jogo, localizado remotamente, para o jogador como resultado da sua interação (SHEA, LIU, et al., 2013).

A primeira plataforma de *Cloud Gaming* surgiu no ano 2000, com a Game Cluster (G-Cluster), que em 2004, realizou a primeira implantação no Japão e, um ano depois, na Europa (BIG FISH GAMES). O serviço era altamente acoplado a diversas empresas de terceiros incluindo desenvolvedores de jogos, operadores de redes e portais de jogos (CAI, SHEA, et al., 2016). No final dos anos 2000 duas empresas se destacaram ao oferecerem o serviço de *streaming*: OnLive e Gaikai.

A OnLive foi anunciada, em 2009, na Game Developers Conference. Com um modelo de *streaming* baseado em assinatura limitado, o intuito de se conectar com muitos consumidores fracassou. Assim, a OnLive enfrentou demissões em massa e uma reestruturação empresarial drástica em 2012 (ORLAND, 2015). Em abril de 2015, a Sony Computer Entertainment comprou a OnLive e descontinuou o projeto.

A Gaikai, por sua vez, foi fundada em novembro de 2008 e oferecia um serviço que, em vez de usar um set-top box ou um aplicativo dedicado como OnLive, era acessível através do uso de um navegador web (MARIANO; G.M. KOO, 2015). Em agosto de 2012, Sony Computer Entertainment adquiriu a Gaikai por cerca de US\$ 380 milhões visando utilizar a tecnologia para a plataforma PlayStation Now (GAIKAI, 2016).

Em 2014, a Sony fez o anúncio do PlayStation Now, na Computer Electronics Show. Com o PlayStation Now os jogos podem ser transmitidos para outros dispositivos da empresa como PlayStation 4, PlayStation 3, PS Vita, PlayStation TV, entre outros. Porém, a seleção dos jogos é limitada visto que, dos poucos mais de 260 jogos disponíveis, a maioria foi lançada para o PlayStation 3, sendo possível encontrar apenas alguns títulos feitos para o PS Vita e PlayStation 4, o que pode frustrar jogadores que desejam ter acesso aos lançamentos mais recentes (PINO, 2015).

4. Resultados

A execução da busca automática retornou 278 resultados oriundos das ferramentas de busca onde 120 foram provenientes do Scopus, 1 do Science Direct, 33 do SpringerLink, 87 do IEEE, 27 do ACM e 97 do Engineering Village. Conforme apresentado no Gráfico 1, percebe-se que o engenho de busca Scopus se destacou na quantidade de estudos encontrados, embora este número tenha sido apenas o retorno originado da *string* de busca.

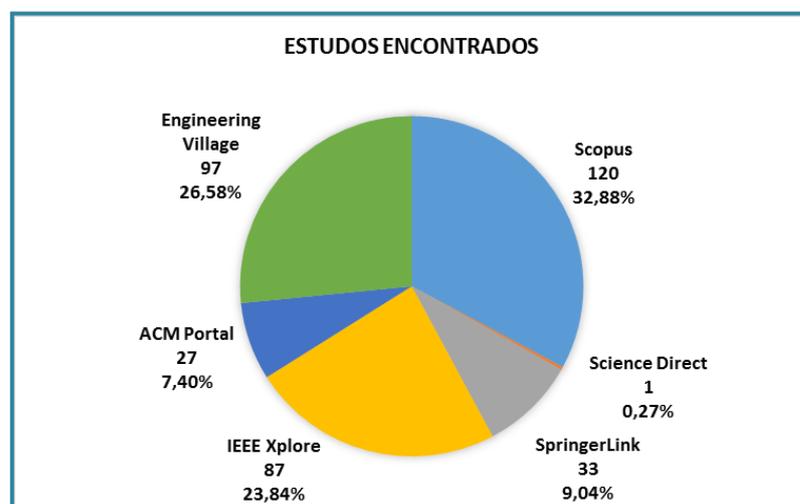


Gráfico 1: Total de estudos retornados através da busca

Fonte: Análise realizada em junho de 2016.

Após a busca, foram aplicados os critérios de exclusão nos estudos a partir da leitura da introdução e da conclusão. Ao término desta etapa, 52 estudos foram selecionados. Esta redução se deu, principalmente, devido ao critério '*O estudo era duplicado*', pois foi encontrado um grande número de estudos repetidos entre os engenhos de busca e bibliotecas digitais. Estes casos ocorriam quando os *links* fornecidos pelo Scopus ou Engineering Village apontavam para estudos presentes em uma das bibliotecas definidas como alvo para este mapeamento, como IEEE (biblioteca com maior incidência de repetições) e ACM. Sendo assim, foi dada preferência às bibliotecas digitais que armazenavam de fato os documentos, aproveitando os estudos dos engenhos de busca citados apenas quando os resultados eram originários de bibliotecas não definidas no protocolo e que apresentavam conteúdo relevante. No Gráfico 2, é possível observar a diferença nos números dos estudos depois da identificação dos documentos duplicados. Após a busca, foram aplicados os critérios de exclusão nos estudos a partir da leitura da introdução e da conclusão. Ao término desta etapa, 52 estudos foram selecionados. Esta redução se deu, principalmente, devido ao critério '*O estudo era duplicado*', pois foi encontrado um grande número de estudos repetidos entre os engenhos de busca e bibliotecas digitais. Estes casos ocorriam quando os links fornecidos pelo Scopus ou Engineering Village apontavam para estudos presentes em uma das bibliotecas definidas como alvo para este mapeamento, como IEEE (biblioteca com maior incidência de repetições) e ACM. Sendo assim, foi dada preferência às bibliotecas digitais que armazenavam de fato os documentos, aproveitando os estudos dos engenhos de busca citados apenas quando os resultados eram originários de bibliotecas não definidas no protocolo e que apresentavam conteúdo relevante. No Gráfico 2, é possível observar a diferença nos números dos estudos depois da identificação dos documentos duplicados.

Com a exclusão dos estudos duplicados, o número de estudos no Scopus e Engineering Village chegaram a 0, o que demonstra que os estudos de maior relevância e qualidade focaram fortemente no IEEE com 86% dos achados. Em seguida, foram realizadas leituras aprofundadas em estudos em que a compreensão dos objetivos e contribuição dos autores não era alcançada inicialmente. Por fim, 18 estudos foram considerados como

relevantes para a extração e análise dos dados. Na Tabela 2, é possível conferir a distribuição dos estudos de acordo com a biblioteca digital e engenho de busca. Já na Tabela 3, é exibida a distribuição dos estudos através dos anos.

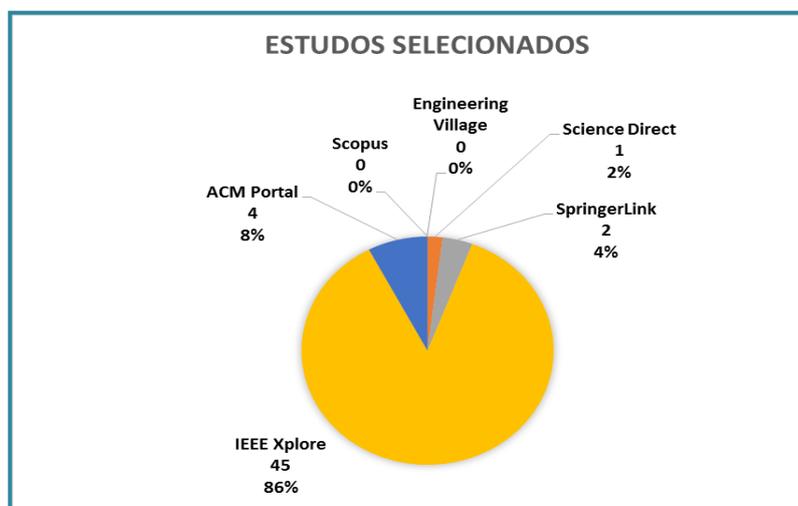


Gráfico 2: Total de estudos após a exclusão dos duplicados

Fonte: Análise realizada em junho de 2016

Biblioteca digital / Engenho de busca	Número	Frequência (%)
Scopus	0	0
Science Direct	0	0
SpringerLink	2	11
IEEE Xplore	14	78
ACM Portal	2	11
Engineering Village	0	0
Total	18	100

Tabela 2: Distribuição dos estudos de acordo com as bibliotecas digitais/engenhos de busca

Fonte: Análise realizada em junho de 2016.

Ano	Quantidade	Frequência (%)
2011	1	6
2013	2	11
2014	6	33
2015	8	44
2016	1	6
Total	18	100

Tabela 3: Distribuição dos estudos através dos anos

Fonte: Análise realizada em junho de 2016.

No Quadro 1, é possível conferir a listagem dos estudos pelo código, título, autor (es), fonte e ano.

Cód.	Título	Autor	Fonte	Ano
EPS01	A Cloud Gaming System Based on NVIDIA GRID GPU	Qingdong Hou <i>et al.</i>	IEEE	2014
EPS02	A comparative Study on Cloud Gaming	Rahma Gharsallaoui; Mohamed	IEEE	2014

	Platforms	Hamdi; Tai-Hoon Kim		
EPS03	A novel cloud gaming framework using joint video and graphics streaming	Xiaoming Nan <i>et al.</i>	IEEE	2014
EPS04	An Evaluation of QoE in Cloud Gaming Based on Subjective Tests	Michael Jarschel <i>et al.</i>	IEEE	2011
EPS05	An object-based framework for cloud gaming using player's visual attention	Iman Soltani Mohammadi <i>et al.</i>	IEEE	2015
EPS06	BMA: Bandwidth Allocation Management for Distributed Systems under Cloud Gaming	Runze Wang <i>et al.</i>	IEEE	2015
EPS07	Cloud gaming onward: research opportunities and outlook	Kuan-Ta Chen; Chun-Ying Huang; Cheng-Hsin Hsu	IEEE	2014
EPS08	Cloud Gaming: Understanding the Support From Advanced Virtualization and Hardware	Ryan Shea; Di Fu; Jiangchuan Liu	IEEE	2015
EPS09	Cloud services and cloud gaming in game development	Leah Riungu-Kalliosaari; Jussi Kasurinen; Kari Smolander	IEEE	2013
EPS10	The Future of Cloud Gaming	Wei Cai <i>et al.</i>	IEEE	2016
EPS11	CGSharing: Efficient Content Sharing in GPU-Based Cloud Gaming	Xiangyu Wu <i>et al.</i>	IEEE	2015
EPS12	Energy-Efficient SLA Guarantees for Virtualized GPU in Cloud Gaming	Haibing Guan <i>et al.</i>	IEEE	2015
EPS13	To Cloud or Not to Cloud: Measuring the Performance of To Cloud or Not to Cloud: Measuring the Performance of Mobile Gaming	Chun-Ying Huang <i>et al.</i>	ACM	2015
EPS14	dJay : Enabling High-density Multi-tenancy for Cloud Gaming Servers with Dynamic Cost-Benefit GPU Load Balancing	Sergey Grizan <i>et al.</i>	ACM	2015
EPS15	A hybrid edge-cloud architecture for reducing on demand gaming latency.	Sharon Choy <i>e et al.</i>	Springer	2014
EPS16	A new approach in mobile gaming on cloud-based architecture using Citrix and VMware technologies.	Rajesh Bose; Debabrata Sarddar	Springer	2015
EPS17	iCloudAccess: Cost-Effective Streaming of Video Games from the Cloud With Low Latency	Di Wu; Zheng Xue; Jian He	IEEE	2014
EPS18	Level Of Detail Based Network Adapted Synchronization for Cloud Gaming	Richard Ewelle Ewelle <i>et al.</i>	IEEE	2013

Quadro 1: Listagem dos estudos

Fonte: Dados da pesquisa (2016).

4.1 Principais características do *cloud gaming*

Dentre os estudos selecionados o **EPS01** é o que dá mais detalhes sobre as características do *Cloud Gaming* expondo desde o funcionamento até os benefícios trazidos para cada ator envolvido no processo. Segundo o artigo, o *Cloud Gaming* baseia-se em um serviço no qual os usuários não precisam realizar o download e instalar os jogos nos seus próprios computadores, eles necessitam apenas de um cliente simples para jogar qualquer jogo fornecido pelo serviço.

Ainda segundo o estudo, o jogo é executado no servidor que é fornecido pelo serviço de jogos em nuvem onde o lado cliente é responsável somente por transmitir a entrada do usuário através de teclado, mouse ou joystick, decompor e rodar o áudio e vídeo comprimidos que foram enviados de volta pelo servidor em tempo real. Por último o estudo afirma que o *Cloud Gaming* é quase perfeito para jogadores que não necessitam mais realizar configurações de alta qualidade, o processo de instalação e diversos upgrades. Para os desenvolvedores de jogos, eles não mais enfrentarão problemas com pirataria. E para os operadores dos jogos, manter e atualizar os jogos

no servidor passa a ser algo simples.

Os estudos **EPS02**, **EPS03**, **EPS07**, **EPS11** e **EPS18** apresentam o *Cloud Gaming* de forma bem similar ao **EPS01**. O estudo **EPS05** também destaca que o *Cloud Gaming* previne a criação de cópias ilegais dos jogos, uma vez que o acesso à fonte dos jogos reside apenas nos servidores na nuvem.

O **EPS06**, embora cite características já mencionadas, dá um pouco mais de informação sobre a infraestrutura ao descrever que os clientes, para acessarem os jogos, utilizam um software de desktop remoto para se conectarem às máquinas virtuais e jogarem jogos em 3D. E de acordo com o **EPS08**, o *Cloud Gaming* é um novo paradigma de serviço de jogos que traz imensos benefícios ao expandir a base de usuários para um grande número de dispositivos menos potentes, que suportam apenas clientes magros, especialmente *smartphones* e *tablets*.

Dessa forma observa-se que foram encontradas poucas divergências nos estudos em relação ao seu funcionamento, que consiste na transmissão de vídeo das cenas do jogo, presente em um servidor na nuvem, de volta para o jogador como resultado da interação do jogador com o jogo.

Além disso, o modelo de jogos em nuvem traz várias vantagens para os jogadores, por exemplo, o fim da preocupação com os recursos necessários para jogar, que passa a ser dos fornecedores do serviço de *Cloud Gaming*.

Mas não são apenas os jogadores os interessados neste serviço. Desenvolvedores de jogos não enfrentarão problemas com pirataria, uma vez que o acesso ao jogo só será permitido através da plataforma. Outra vantagem é a portabilidade, uma vez que, não é necessária a criação de diversas versões do mesmo jogo para plataformas.

4.2 Principais desafios na disponibilização do serviço

O estudo **EPS01** também é o que mais se destaca nesta segunda questão de pesquisa por trazer uma gama maior e mais específica de informações sobre os principais problemas/desafios do *Cloud Gaming*. De início, o artigo apresenta os problemas mais críticos nos sistemas de jogos baseados em nuvem: codificação e transmissão em tempo real do streaming de vídeo dos jogos. Em seguida, o estudo aborda as restrições da largura de banda, que limitam a taxa de bits dos vídeos gerados a partir dos jogos e o jitter e o delay, que afetam a qualidade de experiência (QoE).

Além disso, o estudo aponta para um método convencional, mas de custo muito alto, para minimizar os problemas de largura de banda que consiste na implantação de *data centers* em diversos locais, para quando acessar um jogo, o cliente seja automaticamente conectado ao jogo presente no *data center* em nuvem mais próximo.

Por sua vez, o estudo **EPS02** e **EPS15** indicam que os desafios técnicos do serviço estão ligados à latência e à necessidade de servidores com hardware especializado e caro, que não pode servir múltiplas sessões simultaneamente. Os estudos **EPS02**, **EPS04** e **EPS05** também acrescentam a latência na codificação e a latência de rede.

No estudo **EPS06**, outros problemas relacionados à rede são detalhados, como o desafio no qual os provedores de *Cloud Gaming* estão enfrentando com a alocação de recursos de rede: servidores hospedando máquinas virtuais e que compartilham uma largura de banda fixa, tornando difícil distribuir largura de banda de forma razoável para cada máquina física mantida. Outro ponto citado é a dificuldade para os servidores que hospedam máquinas virtuais em agendar seus recursos de GPU.

Por outro lado, o estudo **EPS07**, além de tratar dos problemas aqui expostos, traz outra preocupação referente à possibilidade de se jogar a partir de qualquer dispositivo: a inexistência de um mapeamento direto a partir de entradas de teclado e mouse para eventos de toque e, portanto, impedindo o fornecimento de uma interface natural do usuário em dispositivos móveis para jogos não pensados para dispositivos móveis.

Devido aos problemas técnicos que impedem os serviços de *Cloud Gaming* de deslançarem, o estudo **EPS09**, através de sua análise, conclui que o modelo de negócios do *Cloud Gaming* não parece fornecer caminhos concretos para geração de lucros, o que acaba gerando desconfiança por parte das empresas.

Já o **EPS12** aponta dois desafios para fornecer efetivamente serviços de alta qualidade e baixo custo no *Cloud Gaming*. Em primeiro lugar, os provedores de serviço precisam assegurar o atendimento a um rigoroso SLA, o que indica desempenho do serviço entre um cliente e um serviço. Em segundo lugar, o consumo de energia tem que ser minimizado a fim de reduzir os custos de operação.

O artigo do **EPS13**, informa que executar jogos em nuvem em dispositivos como tablets e smartphones pode levar a uma performance inferior e alto consumo de energia, uma vez que estes dispositivos têm poder computacional limitado e funcionam por meio de bateria.

O estudo **EPS14** trata das 3 propriedades únicas que faz o *multi-tenancy* no *Cloud Gaming* ser desafiador e distinto do *multi-tenancy* realizado em *data center* tradicional: Carga de Trabalho Centrada em GPU, Prazos de Entrega Contínuos e Qualidade Visual Ajustável.

No tocante aos problemas e desafios constatou-se que os principais problemas são os mesmos encontrados na pesquisa ad-hoc: limitações de banda e compressão dos vídeos. Esses são considerados os fatores-chave para que o *Cloud Gaming*, consiga alavancar seu crescimento na fatia do mercado dos jogos digitais.

No entanto, outros problemas foram identificados como a dificuldade de alocação de recursos de rede para servidores com máquinas virtuais e que compartilham uma largura de banda fixa, tornando difícil distribuir largura de banda de forma razoável para cada máquina física mantida.

Distanciando um pouco mais dos problemas ligados a latência de rede e de codificação, poucos estudos apresentaram diferentes perspectivas com relação aos desafios do *Cloud Gaming*, tendo apenas o estudo **EPS07** abordado a inexistência de um mapeamento direto a partir de entradas de teclado e mouse para eventos de toque.

4.3 Principais tendências

Esta questão visa analisar as diversas propostas de melhoria nos sistemas de *Cloud Gaming*, identificando quais delas são similares em relação ao tipo de solução. Além disso, também foram observados estudos que pudessem fornecer novas ideias na utilização do serviço.

Como proposta de melhoria, o estudo **EPS01** propõe aperfeiçoar as formas de codificação e o acesso simultâneo de múltiplos clientes no servidor de jogos em nuvem usando o NVIDIA GRID com a plataforma *open-source* GamingAnywhere. O artigo também enfatiza a utilização do *codec* H.264 para comprimir o vídeo resultante do jogo executado na nuvem.

O estudo **EPS02**, por sua vez, destaca a plataforma *open-source* GamingAnywhere após realizar um comparativo com outras plataformas privadas como Gaikai e Onlive. O destaque neste caso, se dá por meio das características do projeto tais como ser aberto, modularizado, *cross-platform*, eficiente, flexível, podendo ser estendido e usado para avaliar o potencial desempenho do impacto de operações pós renderização. Os autores também afirmam que, devido a essas características, a plataforma é de interesse de pesquisadores, provedores de serviço de *Cloud Gaming*, desenvolvedores de jogos e usuários finais.

No estudo **EPS03**, é proposto um novo *framework* de *Cloud Gaming*, onde dois buffers de gráficos sincronizados são introduzidos, tanto no lado cliente como no lado servidor. Com isso, o servidor não realiza somente o *stream* dos quadros capturados e comprimidos das cenas do jogo, mas também transmite dados gráficos progressivamente. Outro estudo que também foca no streaming baseado em gráficos é o **EPS05**, indicando que o caminho para reduzir a taxa de bits é usar modelos de atenção. Ao usar modelos de atenção, as partes da cena que são mais importantes para os jogadores são transmitidas com qualidade superior e as regiões menos importantes com qualidade inferior. Ainda em relação ao streaming baseado em gráficos, o estudo **EPS18** traz uma técnica de adaptação inspirada no nível de detalhe (Level of Detail - LoD) em gráficos 3D, que sugere diferentes representações de um modelo de objeto 3D ao variar nos detalhes e complexidade geométrica.

Os estudos **EPS07** e **EPS10**, trazem diversas oportunidades de investigação e perspectivas ao apontar, por exemplo, que a criação de um *framework* que possibilite a integração de jogos dentro de plataformas de *Cloud Gaming*, de maneira independente, seria altamente desejada por permitir um ambiente de *Cloud Gaming* escalável. Outro aspecto a ser explorado é a virtualização de GPU, que é considerada essencial para que as instâncias do jogo possam ser fornecidas com a sua própria GPU virtual, de forma a funcionar como se fosse sua exclusivamente.

Em seguida, é mencionada que a criação de mecanismos automáticos ou semiautomáticos para realizar o mapeamento entre as interfaces de usuário não-móveis e móveis são altamente exigidos para jogos móveis em nuvem.

Alguns estudos já demonstraram tentativas no sentido de aproveitar as oportunidades apresentadas. Os estudos **EPS06**, **EPS08** e **EPS12** focam na virtualização de GPU. Para o **EPS15** e **EPS17**, a distribuição dos servidores geograficamente pode ser um caminho para reduzir problemas de latência.

Demonstrando o foco por jogos *multiplayer*, o estudo **EPS16** discute um modelo que permitiria aos usuários que costumam solicitar sessões de jogos *multiplayer* para jogar através da internet, conectarem-se ao jogo apropriado na nuvem e obterem a experiência de *streaming* de jogos mais rápida possível.

Por fim, o **EPS14** traz o dJay, um servidor de hospedagem de jogo que maximiza a qualidade de visual agregada enquanto atende todos prazos diante das variáveis: complexidade da cena e a fidelização do cliente.

Sobre as tendências do modelo percebe-se que algumas formas de implementação têm a possibilidade de se tornarem um padrão entre os serviços de *Cloud Gaming*. A primeira forma de implementação consiste na troca de streaming de vídeo pelo streaming de dados gráficos para o dispositivo do jogador. A ideia é compartilhar a criação dos objetos do jogo entre o servidor e o cliente. Assim, o servidor fica responsável por obter os dados gráficos dos objetos após o processamento das ações do jogador e os envia para o *thin client* presente no dispositivo do jogador, reduzindo a quantidade de informação necessária para trafegar na rede. A segunda forma foca na qualidade de experiência (QoE) e escalabilidade da plataforma ao trazer a preocupação com a

virtualização de GPU. Com uma virtualização eficiente, que distribua os recursos de rede de forma consistente e traga uma economia na utilização de GPU físicas, uma vez que estes equipamentos são bastante caros, a tendência é que o *Cloud Gaming* cresça de forma mais rápida.

Buscando difundir ainda mais a utilização do *Cloud Gaming* um caminho é a exploração da plataforma *open-source* GamingAnywhere. Figurando como uma alternativa às plataformas privadas, o GamingAnywhere desperta o interesse de pesquisadores, jogadores e empreendedores em aprofundar a qualidade do produto, estendendo suas funcionalidades e possibilitando a criação de uma comunidade ativa que contribua no seu aperfeiçoamento.

Além disso, a distribuição geográfica dos *data centers* também se mostrou como uma forma de implementação que pode ser cada vez mais frequente com o surgimento de novas plataformas de *Cloud Gaming*, uma vez que, diferente de outras plataformas de SaaS, a necessidade de baixa latência é de suma importância para o sucesso deste modelo. Neste caso, a proposta é que o jogador, ao acessar o título escolhido, seja direcionado para o servidor mais próximo fisicamente e que seja capaz de atender o usuário com as melhores condições para a execução do jogo, garantindo o QoE.

5. Considerações finais

O presente estudo teve por objetivo analisar as tendências e desafios na utilização da computação em nuvem para jogos digitais. Por se tratar de um modelo de disponibilização de jogos muito recente no pungente mercado de jogos, a necessidade de entender como este modelo surge para enfrentar as atuais formas de consumo dos jogos digitais se tornou necessária, visto que raros estudos se propuseram a oferecer essa visão, focando apenas em abordar os detalhes técnicos para a resolução de algum dos problemas do *Cloud Gaming*.

Por fim, após a análise dos estudos foi possível concluir que o *Cloud Gaming* se apresenta como uma tendência na área dos jogos digitais. Contudo, para que o serviço de fato consiga um alcance maior é preciso eliminar ou minimizar os principais fatores impeditivos de seu pleno funcionamento como a latência de rede e latência de codificação.

Referências

- BIG FISH GAMES. The Rise of Cloud Gaming. **Big Fish Games**. Disponível em: <<http://www.bigfishgames.com/daily/cloud-gaming/>>. Acesso em: 22 jul. 2016.
- BUYA, R. et al. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. **Future Generation Computer Systems**, v. 25, n. 6, p. 599-616, Junho 2009.
- CAI, W. et al. The Future of Cloud Gaming. **Proceedings of the IEEE**, Abril 2016. 687-691.
- CAI, W.; LEUNG, V. C. M.; CHEN, M. Next Generation Mobile Cloud Gaming. **IEEE Seventh International Symposium on Service-Oriented System Engineering**, 2013. 551-560.
- CHEN, K. T. et al. Measuring the latency of cloud gaming systems. **MM '11 Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia**, 2011. 1269-1272.
- EWELLE, R. et al. Level Of Detail Based Network Adapted Synchronization for Cloud Gaming. **The 18th International Conference on Computer Games**, 2013. 111-118.
- GAIKAI. Gaikai. **Gaikai**, 2016. Disponível em: <<http://www.gaikai.com>>. Acesso em: 22 jul. 2016.
- GARTNER. Gartner Says by 2020 "Cloud Shift" Will Affect More Than \$1 Trillion in IT Spending. **Gartner**, 2016. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3384720>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- IDC. IDC Forecasts Worldwide Cloud IT Infrastructure Market to Grow 24% Year Over Year in 2015, Driven by Public Cloud Datacenter Expansion. **IDC**, 2015. Disponível em: <<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25946315>>. Acesso em: 25 jul. 2016.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. **EBSE Technical Report**, 2007.
- MARIANO, B.; G.M. KOO, S. Is Cloud Gaming the Future of the Gaming Industry? **2015 Seventh International Conference on Ubiquitous and Future Networks**, 2015. 969-972.
- MELL, P.; GRANCE, T. The NIST Definition of Cloud Computing. **National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-145**, Setembro 2011.
- NEWZOO. Global Report: US and China Take Half of \$113Bn Games Market in 2018. **Newzoo**, 2015. Disponível em: <<https://newzoo.com/insights/articles/us-and-china-take-half-of-113bn-games-market-in-2018/>>. Acesso em: 02 Abril 2016.
- ORLAND, K. OnLive shuts down streaming games service, sells patents to Sony. **Ars Technica**, 2015. Disponível em: <<http://arstechnica.com/gaming/2015/04/onlive-shuts-down-streaming-games-service-sells->

patents-to-sony-embargoed-7pm-eastern/>. Acesso em: 22 jul. 2016.

PINO, N. PlayStation Now review. **techradar**, 2015. Disponível em: <<http://www.techradar.com/reviews/gaming/playstation-now-1213666/review>>. Acesso em: 22 jul. 2016.

PWC. Global entertainment and media outlook 2015-2019. **PwC**, 2016. Disponível em: <<http://www.pwc.com/gx/en/industries/entertainment-media/outlook/segment-insights/video-games.html>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

SHEA, R. et al. Cloud Gaming: Architecture and Performance. **IEEE Network**, 2013. 16 - 21.

TAURION, C. **Cloud Computing - Computação em Nuvem - Transformando o mundo da tecnologia**. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

ⁱ Disponível em: <<https://www.spotify.com/br/>>. Acesso em: 25 Julho 2016.

ⁱⁱ Disponível em: <<http://www.deezer.com/>>. Acesso em: 25 Julho 2016.

ⁱⁱⁱ Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/backup-recovery/>>. Acesso em: 25 Julho 2016.