

Jogos sérios aplicados ao ensino-aprendizagem de Engenharia de Software: Um mapeamento sistemático

**Filipe Brinati Furtado¹, Pedro Henrique Dias Valle²,
Marcelo Caniato Renhe¹, Alessandreia de Oliveira¹**

¹Depto de Ciência da Computação - Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
Caixa Postal 20010 – 36036-900 – Juiz de Fora – MG – Brasil

²Depto de Ciência da Computação - Universidade de São Paulo (USP)
05508-090 – São Paulo – SP – Brasil

{brinati, marcelo.caniato}@ice.ufjf.br
alessandreia.oliveira@ufjf.br, pedrohenriquevalle@usp.br

Abstract. Serious games have been considered to support the teaching-learning process of Software Engineering content. Although there are studies to map these initiatives, few of them address the game evaluation process. In this context, the objective of this study is to present a Systematic Literature Mapping (SLM) on the use of serious games to support the teaching-learning process of Software Engineering content, identifying, among other issues, the evaluation methods used. After the screening process, 45 primary studies were selected to answer the proposed research questions. These studies indicate positive results regarding the application of serious games in the Software Engineering discipline.

Resumo. Jogos sérios têm sido considerados para apoiar o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Engenharia de Software. Embora existam estudos para mapear essas iniciativas, poucos abordam o processo de avaliação dos jogos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é apresentar um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) sobre o uso de jogos sérios de apoio ao processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de Engenharia de Software, identificando, entre outras questões, os métodos de avaliação utilizados. Após o processo de triagem, 45 estudos primários foram selecionados para responder às questões de pesquisa propostas. Esses estudos indicam resultados positivos quanto à aplicação de jogos sérios na disciplina de Engenharia de Software.

1. Introdução

Embora o termo jogo sério possa sugerir ausência de entretenimento, esse tipo de jogo, na verdade, combina elementos de diversão com objetivos mais sérios e educacionais. Um jogo sério pode ser definido como um “jogo cujo objetivo principal é o ensino em vez do entretenimento” [Michael and Chen 2005]. Além disso, o termo “jogo sério” ao longo dos anos tem sido adaptado, mas a ideia de que esse é um meio educacional com ferramentas lúdicas se mantém. Segundo Zhonggen (2019), “jogos sérios são considerados ferramentas divertidas com finalidade educativa, onde os jogadores cultivam seus conhecimentos e praticam suas habilidades através da superação de numerosos obstáculos durante o jogo”.

Assim, no desenvolvimento de um jogo sério, é importante uma boa combinação entre os aspectos de ensino e o fator de entretenimento.

Com o intuito de auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de Engenharia de Software (ES), jogos sérios têm sido incorporados no ensino dessa disciplina. Esta abordagem visa estimular o interesse e a motivação dos alunos, como evidenciado por MSLs relacionados [Kosa et al. 2016, Vargas et al. 2014]. Contudo, devido à natureza recente da pesquisa, é difícil afirmar a influência que o uso desses jogos têm exercido no ensino de ES, apesar dos resultados predominantemente positivos [Kosa et al. 2016]. Vale mencionar que poucos desses MSLs dão enfoque aos métodos utilizados nos trabalhos para avaliar a eficácia dos jogos no contexto de ES.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é caracterizar as iniciativas existentes, identificadas a partir de um MSL, sobre o uso de jogos sérios, ambos digitais e não-digitais, no processo de ensino-aprendizagem de ES, apresentando entre outros aspectos os métodos de avaliação utilizados e os resultados obtidos com sua aplicação. As análises dos estudos revelam resultados favoráveis, demonstrando que os jogos sérios podem ser uma ferramenta eficaz para apoiar o processo de ensino-aprendizagem em ES. Contudo, a utilização de metodologias disponíveis na literatura para medir o impacto dessa aplicação ainda é incipiente, com escassez de estudos que adotem tais abordagens. Além disso, nem todas as aplicações tiveram resultados positivos; algumas não mostraram qualquer impacto, enquanto outras indicaram resultados desfavoráveis. Para tanto, este trabalho está organizado como a seguir. A Seção 2 apresenta trabalhos relacionados a esta proposta. A Seção 3 apresenta a metodologia usada no MSL. A Seção 4 analisa as questões de pesquisa apresentadas na seção anterior e discute os resultados obtidos. A Seção 5 se refere às ameaças à validade. Por fim, as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros são descritas na Seção 6.

2. Trabalhos Relacionados

Embora outros MSLs tratem do uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de ES, abordando as formas de aplicação e seus resultados, este trabalho, além de atualizar e caracterizar os resultados das aplicações, busca compreender como são realizadas as avaliações dos jogos sérios, incluindo as ferramentas disponíveis na literatura que foram utilizadas.

Kosa et al. (2016) apresentaram uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) abrangendo métodos relacionados a jogos utilizados no ensino-aprendizagem de ES. A partir disso, buscou-se compreender os benefícios da aplicação de jogos sérios, verificando a existência de alguma metodologia para o desenvolvimento dos jogos. A RSL apresentou 23 estudos relacionadas ao uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de ES. Como resultados, observou-se que a aplicação foi positiva, apesar de poucos estudos apresentarem evidências empíricas sobre seus resultados. Além disso, não foram identificadas diretrizes de *design* ou heurísticas para o desenvolvimento de jogos sérios para apoiar o processo de ensino-aprendizagem de ES .

Souza et al. (2018) conduziram uma revisão considerando jogos sérios, bem como diferentes métodos relacionados a jogos, gamificação e aprendizado baseado em jogos. O estudo teve dois objetivos principais: primeiro, analisar como esses métodos foram utilizados para auxiliar o ensino-aprendizagem de ES; e segundo, investigar como esses métodos suportam áreas específicas do conhecimento dentro dessa disciplina. Como

principais resultados, notou-se que o uso de jogos sérios foi relatado por 86 estudos publicados entre 1974 e 2016. Além disso, foi observado que os conteúdos sobre Processo de Software, Design de Software e Práticas Profissionais se destacaram, sugerindo que outros tópicos podem ser mais exploradas. Os resultados também indicaram que jogos sérios são boas ferramentas para auxiliar o ensino-aprendizagem de conteúdos de ES, porém não são capazes de substituir o método tradicional de aulas expositivas [Souza et al. 2018].

Castro et al. (2000) identificaram as vantagens e as desvantagens do uso de jogos sérios como apoio ao ensino de ES, além das áreas de conhecimento em que jogos têm sido abordados. Como resultado, 44 estudos foram selecionados para o MSL, sendo 37 estudos identificados previamente, e outros 5 por meio da técnica de *snowballing*, totalizando 42 estudos primários. A maioria dos estudos apresentou resultados positivos, com apenas sete mencionando resultados negativos. Além disso, observaram-se que os jogos foram utilizados majoritariamente para ensino-aprendizagem de gerenciamento de projetos.

O MSL proposto por Santos et al. (2020) apresentou jogos sérios utilizados no ensino-aprendizagem de ES, mostrando as principais áreas do conhecimento consideradas e características destes jogos. Este estudo, porém, considerou apenas jogos desenvolvidos no Brasil. Assim, 25 jogos sérios foram identificados, sendo a maioria direcionada para o ensino de Gerenciamento de Projetos, Processo de Software e Teste de Software. Além disso, foram identificadas as ferramentas de avaliação desses jogos, destacando o método MEEGA como o único método da literatura empregado, enquanto o restante dos estudos utilizou uma análise de grupos de controle ou testes de usabilidade.

Diferente dos demais MSLs, Santos et al. (2020) enfatizam a necessidade de investigar e documentar os métodos de avaliação empregados nos jogos sérios, um aspecto frequentemente negligenciado. Isso permite uma compreensão mais abrangente do impacto e da eficácia dos jogos sérios no ensino-aprendizagem de ES, proporcionando resultados pertinentes para futuras pesquisas e o desenvolvimento de jogos educacionais.

3. Mapeamento Sistemático da Literatura

O objetivo de um MSL é caracterizar a literatura científica quanto a um método ou tecnologia específicos, assim identificando lacunas em uma área de pesquisa e provendo a novas pesquisas um ponto de partida para direcionarem os seus estudos [Kitchenham 2004]. A partir desse conceito, um MSL foi conduzido como descrito a seguir. Primeiramente, a etapa de planejamento constituiu em especificar e avaliar o protocolo a ser seguido, abordando o objetivo, as questões de pesquisa, a definição das fontes de pesquisa, a *string* de busca, os critérios de inclusão e exclusão e o processo de *snowballing*. Para conduzir as etapas do MSL, foi utilizada a ferramenta Parsif.al¹, que permite um melhor gerenciamento e condução dessas etapas, organizando tanto os resultados obtidos, como também dos elementos do protocolo.

Com o objetivo de compreender os estudos primários selecionados, as questões de pesquisa (QP) apresentadas na Tabela 1 foram elaboradas. Com as QPs definidas, o próximo passo foi estabelecer quais bibliotecas digitais utilizar para a seleção dos estudos. Foram consideradas a Scopus², juntamente com o processo de *snowballing*, partindo do

¹<https://parsif.al>

²<https://www.scopus.com/home.uri>

pressuposto de que isto abrange grande parte dos estudos na área [Mourão et al. 2020].

Tabela 1. Questões de Pesquisa

QP1	Em que contextos da disciplina de Engenharia de Software os jogos sérios têm sido aplicados?
	Esta questão busca compreender em quais sub-áreas da Engenharia de Software os jogos sérios foram utilizados para auxiliar o ensino e a aprendizagem.
QP2	Como o jogo sério foi implementado para apoiar o ensino-aprendizagem de Engenharia de Software?
	Esta questão busca compreender como o jogo sério foi utilizado na disciplina.
QP3	Quais jogos sérios foram utilizados na disciplina?
	Busca-se apresentar os jogos desenvolvidos ou utilizados pelos pesquisadores em suas aplicações.
QP4	Quais elementos de jogos foram utilizados no desenvolvimento desses?
	O objetivo é apresentar os principais elementos de jogos sérios utilizados.
QP5	Quais são as evidências do uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de Engenharia de Software?
	Buscam-se os aspectos positivos e negativos do uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de Engenharia de Software, como também quais fatores levaram a tais resultados.
QP6	Que tipo de avaliação foi considerada para verificar o impacto do uso do jogo sério no ensino-aprendizagem de Engenharia de Software?
	Além de buscar compreender o método de avaliação selecionado, esta questão também abrange se alguma ferramenta disponível na literatura foi utilizada.
QP7	Quais são os autores mais ativos na área?
	Esta questão de pesquisa pretende apontar os principais pesquisadores da área.
QP8	Quais são os países que mais propuseram estudos sobre a temática?
	Esta questão busca os países mais ativos e como o Brasil se enquadra nessa área de pesquisa.
QP9	Quais os principais meios de divulgação dos estudos selecionados?
	Pretende-se identificar quais meios se destacam nos estudos relacionados ao uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de Engenharia de Software.

Para a definição da *string* de busca, realizou-se o processo de refinamento do método PICOC: População (ES), intervenção (Jogos Sérios), Comparação, *Output* e Contexto (Educação) [Kitchenham 2004]. Além disso, uma revisão da literatura convencional foi realizada, resultando em quatro estudos de controle [Connolly et al. 2012, Furtado et al. 2021, Vargas et al. 2014, Kosa et al. 2016], que serviram para validar os sinônimos utilizados e refinar a abrangência da *string* de busca, apresentada na Tabela 2.

A *string* de busca foi utilizada na biblioteca digital Scopus, verificando a presença dos termos nos títulos, resumos e/ou palavras-chave dos estudos. Inicialmente, foram identificados 842 estudos válidos. Posteriormente, deu-se início à aplicação dos critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE), sendo que o CI1 abrange estudos que tratam de jogos sérios no contexto do ensino-aprendizagem de Engenharia de Software. Nessa etapa, inicialmente foi realizada a aplicação dos CEs e CI nos títulos, palavras-chave e resumos dos estudos, seguida pela análise da introdução e da conclusão, e, por fim, uma avaliação abrangente de todo o estudo. Os critérios de exclusão são apresentados na Tabela 3 e os resultados de cada etapa de exclusão estão detalhados na Tabela 4.

Tabela 2. String de busca

TITLE-ABS-KEY(((“serious game”OR “educational game”OR “learning game”OR “game based learning”OR “simulation game”) AND (“software engineering”OR “software process”OR “requirements engineering”OR “system modeling”OR “software testing”OR “project planning”OR “configuration management”OR “software evolution”OR “architectural design”OR “design and implementation”OR “quality management”OR “project management”OR “agile software development”OR “software reuse”OR “component-based software engineering”OR “distributed software engineering”OR “service-oriented software engineering”OR “systems engineering”OR “systems of systems”OR “real-time software engineering”OR “dependable systems”OR “reliability engineering”OR “safety engineering”OR “security engineering”OR “resilience engineering”)AND(“educat*”OR “course”OR “teach*”OR “learn*”))) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE,”final”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,”ar”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE,”cp”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE,”ch”)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,”COMP”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,”English”) OR LIMIT-TO (LANGUAGE,”Portuguese”))

Tabela 3. Critérios de Exclusão

-
- | | |
|-----|--|
| CE1 | Estudos não escritos em inglês ou português |
| CE2 | Estudos não totalmente disponíveis |
| CE3 | Estudos que apresentam teses, dissertações, capítulos de livros, palestras, tutoriais, surveys, mapeamentos e sumários |
| CE4 | Estudos com versões mais recentes |
-

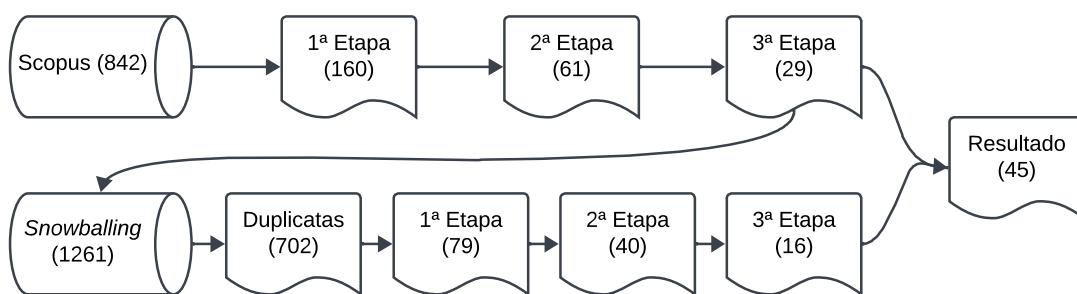
Tabela 4. Total de estudos excluídos por critério após aplicar a string de busca

Critério	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
CE1	2	10	1
CE2	0	3	0
CE3	31	42	2
CE4	0	2	6
Total	682	99	32

Por fim, aplicou-se a técnica de *snowballing* em uma etapa. Com isso, 1261 estudos foram coletados, sendo 559 duplicados. O mesmo processo de filtragem em 3 etapas foi aplicado nos 702 estudos resultantes, e as conclusões podem ser vistas na Tabela 5. Assim, como resultado desse processo completo, 45 estudos foram considerados para análise. Uma ilustração do processo completo pode ser observada na Figura 1, com os números de publicações resultantes em cada etapa apresentados entre parênteses.

Tabela 5. Total de estudos excluídos por critério na etapa de snowballing

Critério	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
CE1	3	4	0
CE2	0	0	0
CE3	33	8	0
CE4	0	0	4
Total	623	39	24

**Figura 1. Processo completo da seleção de publicações no mapeamento**

4. Resultados

As questões de pesquisa estabelecidas nesse MSL foram respondidas com base nesses 45 estudos e os resultados foram sintetizados conforme a seguir³.

QP1: Em que contextos da disciplina de Engenharia de Software os jogos sérios têm sido aplicados?

O objetivo desta QP foi investigar quais subáreas da ES têm sido foco de aplicação dos jogos sérios. Destaca-se, em particular, a subárea de gerenciamento de projetos de software (do inglês, *software project management*), que foi o foco de 10 estudos. Em seguida, a subárea de processos de ES (do inglês, *software engineering process*) foi abordada em 4 estudos. Adicionalmente, as subáreas de gerenciamento de risco (do inglês, *risk management*), análise e coleta de requisitos (do inglês, *requirements analysis and collection*) e gerenciamento de ES (do inglês, *software engineering management*) foram abordadas em 2 estudos cada.

QP2: Como o jogo sério foi implementado para apoiar o ensino-aprendizagem de Engenharia de Software?

O objetivo foi identificar as formas de utilização de jogos sérios no ensino-aprendizagem de ES. A maior parte dos estudos optou por realizar sessões práticas nas quais os alunos participaram do jogo, seguidas de uma avaliação empírica de sua eficácia. Diante disso, alguns estudos destacaram o método de intervenção como o mais utilizado, como reportado por von Wangenheim et al. (2009), que além de apresentar o jogo também mostra quais objetivos de ensino foram abordados no jogo. Conforme relatado pelos autores, “são utilizados diferentes métodos de ensino, incluindo uma aula expositiva de 4 horas com exercícios presenciais e a aplicação do jogo educativo X-MED com duração de duas horas”, indicando que esses métodos abrangem diferentes níveis de conhecimento, conforme descrito na taxonomia de Bloom revisada [Anderson and Krathwohl 2001]. A aula expositiva cobre a recapitulação, enquanto o uso do jogo e os exercícios desenvolvem a compreensão e a aplicação do conteúdo abordado.

O estudo proposto por Carrington et al. (2005) se destaca pela completa reestruturação da disciplina oferecida em seu currículo. O método de intervenção incluiu inicialmente uma aula tutorial para que os alunos se familiarizassem com o jogo, uma etapa importante devido às alterações feitas na disciplina para a introdução do jogo. A segunda tarefa da disciplina envolvia desenvolver uma especificação de requisitos de

³Mais detalhes podem ser encontrados em: <https://bit.ly/3VZMGil>

software. No entanto, com a introdução do jogo, foi pedido aos participantes que criassem uma especificação para uma versão de computador do jogo introduzido. Por fim, na última tarefa, os estudantes foram solicitados a descrever seu entendimento do processo de software e o impacto do jogo no ensino da disciplina.

Outro método foi a aplicação apresentada por Moura e Santos (2018), que realizou a construção de três dinâmicas buscando introduzir diferentes conceitos que seriam usados na conclusão do trabalho final da disciplina, algo possível por causa da estrutura do jogo sério utilizado. Com isso, o jogo, além de servir como uma ferramenta de aquisição de conhecimento, também contribuiu como material de consulta para o último trabalho.

QP3: Quais jogos sérios foram utilizados na disciplina?

Essa QP buscou identificar quais jogos sérios foram utilizados pelos estudos para apoiar o ensino de ES. Com isso, os seguintes jogos foram encontrados: **Anukarna** [Atal and Sureka 2015], **ARMI 2.0** [Sonchan and Ramingwong 2015], **Back to Penelope** [Marín et al. 2019], **Beer Game** [Huang et al. 2008], **BIYUBI** [Garcia et al. 2019], **Deliver!** [von Wangenheim et al. 2012], **DESIGMPS** [Chaves et al. 2015], **EEEE—Expert and Efficient Estimators Enterprise** [Flores et al. 2020], **Floors** [Aydan et al. 2017], **GETKANBAN** [Heikkilä et al. 2016], **Go for it!** [Sanchez-Gordón et al. 2016], **GSD-Aware** [Vizcaíno et al. 2019], **hACMEgame** [Nerbråten and Røstad 2009], **iLearnTest** [Ribeiro and Paiva 2015], **Inspector X** [Pötter et al. 2014], **IT Billionaire** [van Solingen et al. 2011], **JEEES: Jogo de Estratégia para o Ensino de Engenharia de Software** [Figueiredo et al. 2010], **Maple** [Chua and Balkunje 2012], **MO-SEProcess** [Ye et al. 2007], **Pex4Fun** [Tillmann et al. 2013], **PlayScrum** [Fernandes and Sousa 2010], **Problems and Programmers** [Carrington et al. 2005], **ProDec** [Calderón et al. 2018], **ProSoft** [Moura and Santos 2018], **RE-OPoly** [Smith and Gotel 2008], **Requengin** [García et al. 2020], **SCRUMIA** [Von Wangenheim et al. 2013], **SDM Game** [Kohwalter et al. 2011], **SE•RPG** [Benitti and Molléri 2008], **SimjavaSP** [Shaw and Dermoudy 2005], **SimSE** [Letra et al. 2015, Navarro and Van Der Hoek 2009], **Simsoft** [Caulfield et al. 2011], **SimulES-W** [Suescún Monsalve et al. 2018], **The Incredible Manager** [Dantas et al. 2004], **The Scrum LEGO Challenge** [Paasivaara et al. 2014], **UBIRE** [Lima et al. 2012] e **X-MED** [von Wangenheim and Kochanski 2009].

Além desses, 7 outros jogos, sem um nome associado, foram encontrados [Srinivasan and Lundqvist 2007, Cheng and Su 2012, Wu et al. 2009, Maratou et al. 2016, Hainey et al. 2011, Rusu et al. 2011, Jaramillo 2009].

QP4: Quais elementos de jogos foram utilizados no desenvolvimento desses jogos?

Essa QP buscou compreender quais elementos de jogos são utilizados, analisando se algum elemento se destaca no ambiente de jogos sérios para o ensino-aprendizagem de ES. Para isso, foram utilizados como referência os termos apresentados por Kapp (2013), sendo realizada uma revisão manual dos estudos selecionados. Como resultado, cinco elementos se destacaram: solução de problemas, *feedback*, *role-play*, objetivos e manutenção de recursos. Tanto a **solução de problemas** quanto a **manutenção de recursos** estão diretamente ligados ao termo **regras**, servindo como parâmetro de funcionamento do jogo. Além disso, esses dois elementos podem ser diretamente associados ao **role-play**, descrito como **abstração de conceitos e realidade**, já que a maioria dos desenvolvedores optou

pelo cenário de uma empresa, onde o jogador desempenha o papel de mestre de software. Essa interação acaba criando um **objetivo** para o jogo que envolve *feedback*, seja durante o processo, seja na conclusão do jogo, apresentando ao jogador tanto um sistema de progressão quanto um sistema de aprendizado, permitindo que ele reconheça o resultado de seus esforços graças às respostas do jogo às suas ações. Todos os elementos encontrados podem ser observados na Figura 2.



Figura 2. Frequência de elementos de jogos utilizados

QP5: Quais evidências do uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de Engenharia de Software?

Essa QP buscou analisar o impacto da introdução desses jogos no ensino-aprendizagem de ES, observando tanto os efeitos positivos quanto os negativos. De forma geral, a introdução de jogos sérios tem se mostrado positiva em quase todas as aplicações, tanto no engajamento com a disciplina quanto na elevação do aprendizado dos alunos.

Esses fatores são reforçados por alguns estudos. Por exemplo, Dantas et al (2004) mencionam que “os participantes apontaram alguns aspectos importantes como as pressões psicológicas (de turnos contínuos e efeitos visuais atraentes), a alta dificuldade como desafio motivador para o jogador e o fator de entretenimento ao executar o jogo sem perder o engajamento para alcançar os objetivos”. Esse estudo destaca como os parâmetros foram cruciais para o sucesso do jogo sério *The Incredible Manager*, um jogo que, a partir de uma simulação, introduz o jogador em um contexto no qual ele precisa tomar decisões diante de diferentes desafios para concluir o projeto proposto. Entretanto, nem todos esses fatores são compartilhados por outras pesquisas.

Mesmo com a alta dificuldade sendo apresentada inicialmente como um fator motivador, a aplicação de Fernandes e Sousa (2010) relata que, embora a maioria das respostas ao jogo tenha sido positiva, jogadores inexperientes na área tiveram dificuldade em entender o funcionamento do jogo. Isso ocorre pelo fato de que o jogo sério *PlayScrum* faz uma simulação da metodologia ágil *Scrum* por meio de um tabuleiro e etapas que simulam as *sprints* de tal método. Com isso, uma falta de conhecimento prévio pode influenciar a facilidade que o jogador tem de aprendê-lo. Da mesma forma, Nerbraten e Røstad (2009) apontaram que a falta de conhecimento no conteúdo abordado pelo jogo foi um desafio para alguns jogadores, mas também destacaram que existem ajustes que podem ser realizados para mitigar esse obstáculo. Os autores enfatizam ainda que uma parte importante do desenvolvimento de jogos sérios é o controle da dificuldade, já que isso pode ser tanto motivador quanto desmotivador. Para sanar esse problema, eles introduziram no jogo hACME a opção de ativar ou desativar dicas, ou tornar os desafios

do jogo opcionais. Além disso, a introdução dessas opções também permite ao jogador se desafiar, caso seja mais experiente na área. Esse ponto é reforçado por Chaves et al. (2015), que também apresentaram resultados positivos, mas encontraram problemas com o aumento exponencial de dificuldade nos estágios do jogo DesignMPS, que também faz o uso de estágios e dicas, apresentando o processo de software baseado no modelo de referência do MPS.BR para melhoria de processos de software (MR-MPS-SW) por meio da seleção de elementos para formar a estrutura de um processo. No entanto, esse não foi capaz de contornar tal desafio.

Além da questão da dificuldade, Fernandes e Sousa (2010) ressaltaram que seu jogo não deve ser usado isoladamente, mas como complemento aos conceitos teóricos das disciplinas, um ponto também reforçado para o jogo X-MED utilizado por von Wangenheim et al. (2009), que faz uso de desafios que devem ser resolvidos a partir de alternativas pré-definidas, visando simular o cenário de um analista de métricas executando etapas de um programa de medição.

Nem todos os estudos apresentaram resultados expressamente positivos. Por exemplo, van Solingen et al. (2011) apontaram em sua pesquisa que, ao aplicar o jogo de mesa em turnos IT Billionaire, “quando somamos todos os fatores abordados no jogo e que são mencionados pelos participantes em todas as questões, medimos apenas uma pequena diferença a favor do grupo de teste”. De forma semelhante, Vizcaíno et al. (2019) afirmaram que, embora nenhum estudo tenha mostrado melhoria no aprendizado, também não houve impacto negativo. No entanto, a aquisição de conhecimento por meio dos estágios do jogo GSD-Aware, o qual simula cenários hipotéticos de um gestor de projeto de software, foi considerada divertida pelos participantes, algo que os autores destacaram como um fator importante.

Também foram encontrados estudos que apontaram resultados negativos em suas aplicações. Como relatado por Wu et al. (2009), “a maioria dos alunos não teve um bom desempenho no teste, e apenas alguns alunos obtiveram notas mais altas”. Além disso, os autores indicam que a falta de dicas e materiais disponíveis no jogo para auxiliar os alunos com dificuldades, junto com a ênfase no processo de gerenciamento de projetos, resultou em uma falta de interatividade que impactou negativamente a motivação dos alunos em concluir os cenários simulados propostos pelo jogo.

Houve ainda uma aplicação específica que apresentou uma visão diferente das demais quanto aos seus resultados. O estudo de von Wangenheim et al. (2009) aponta que, embora os estudantes acreditassesem que o jogo tenha sido eficiente em ajudá-los a aprender, os resultados dos testes não validaram tal afirmação. A conclusão foi que o jogo, no momento de sua aplicação, não estava adequado para suportar o ensino, indicando que o método de ensino adotado deveria ser melhor adaptado para a introdução do jogo.

QP6: Que tipo de avaliação foi considerada para verificar o impacto do uso do jogo sério no ensino-aprendizagem de ES?

Esta questão identificou os métodos utilizados para verificar o impacto do uso de jogos sérios no processo de ensino-aprendizagem de ES. Além disso, verificou se algum dos métodos disponíveis na literatura foi empregado. Foi possível notar uma preferência na construção própria de questionários, abordando conteúdos como aprendizado e diversão. No mais, dois

métodos específicos se destacaram: quatro níveis de avaliação de Kirkpatrick (*Kirkpatrick's Four Levels of Evaluation*) [Kirkpatrick and Kirkpatrick 2016], considerado por três trabalhos [von Wangenheim et al. 2012, Paasivaara et al. 2014, von Wangenheim and Kochanski 2009], e o MEEGA [Savi et al. 2011] em outros três [García et al. 2020, Calderón et al. 2018, Moura and Santos 2018]. A Tabela 6 apresenta o número de ocorrências de cada método encontrado nos estudos analisados.

Tabela 6. Métodos de Avaliação

Método	Frequência
Questionário Próprio	29
Entrevista	7
Nota	6
<i>Kirkpatrick's Four Levels of Evaluation</i>	3
MEEGA	3
ARCS Questionário	1
Sessões para Discussão	1
UMUX survey	1
Taxa de Completude	1
Reformulação da Disciplina	1
<i>T-Student</i>	1

Nota-se a preferência por questionários antes e depois da aplicação para definir um parâmetro para comparação [Hainey et al. 2011, Garcia et al. 2019, Chaves et al. 2015, Letra et al. 2015, Smith and Gotel 2008, Pötter et al. 2014, Caulfield et al. 2011, Flores et al. 2020, Heikkilä et al. 2016, Atal and Sureka 2015, Sonchan and Ramingwong 2015, von Wangenheim and Kochanski 2009]. Além disso, alguns dividiram os participantes em dois grupos (controle e aplicação do jogo) [Cheng and Su 2012, Dantas et al. 2004, von Wangenheim and Kochanski 2009, van Solingen et al. 2011, Smith and Gotel 2008].

QP7: Quais são os autores mais ativos na área?

Dos 128 autores, 11 estão em mais de um estudo resultante do MSL, como mostra a Tabela 7. Três autores se destacaram:

- Christiane Gresse von Wangenheim [von Wangenheim and Kochanski 2009, von Wangenheim et al. 2012, Chaves et al. 2015, Von Wangenheim et al. 2013];
- Rory V. O'Connor [Calderón et al. 2018, Sanchez-Gordón et al. 2016, Aydan et al. 2017];
- Ana C. R. Paiva [Letra et al. 2015, Ribeiro and Paiva 2015, Flores et al. 2020].

Além disso, vale destacar que Rafael Savi e Adriano Ferreti Borgatto colaboraram em estudos com Christiane Gresse von Wangenheim [von Wangenheim et al. 2012, Von Wangenheim et al. 2013]. De forma similar, Nuno Flores trabalhou com Ana C. R. Paiva [Letra et al. 2015, Flores et al. 2020], e Esteban W. G. Clua possui dois estudos com Leonardo G. P. Murta [Kohwalter et al. 2011, Figueiredo et al. 2010].

QP8 - Quais são os países que mais propuseram estudos sobre a temática?

Entre os 19 países identificados, o Brasil se destaca com um total de 12 estudos [von Wangenheim et al. 2012, von Wangenheim and Kochanski 2009,

Tabela 7. Contagem dos autores mais frequentes

Autor(a)	Frequência
Christiane Gresse von Wangenheim	4
Rory V. O'Connor	3
Ana C. R. Paiva	3
Rafael Savi	2
Adriano Ferreti Borgatto	2
Cláudia Werner	2
Nuno Flores	2
André van der Hoek	2
Esteban W. G. Clua	2
Leonardo G. P. Murta	2
Vera Werneck	2

Chaves et al. 2015, Dantas et al. 2004, Pötter et al. 2014, Moura and Santos 2018, Von Wangenheim et al. 2013, Kohwalter et al. 2011, Suescún Monsalve et al. 2018, Lima et al. 2012, Figueiredo et al. 2010, Benitti and Molléri 2008], seguido pelos Estados Unidos da América com seis estudos [Ye et al. 2007, Smith and Gotel 2008, Navarro and Van Der Hoek 2009, Rusu et al. 2011, Srinivasan and Lundqvist 2007, Tillmann et al. 2013]. Os países com frequência igual ou superior a dois estudos podem ser observados na Tabela 8. Isso evidencia que o Brasil tem um interesse significativo no uso de jogos sérios no ensino-aprendizagem de ES.

Tabela 8. Contagem dos países mais frequentes

País	Frequência
Brasil	12
Estados Unidos da América	6
Portugal	4
Austrália	4
Taiwan	3
Espanha	3
Finlândia	2
México	2

QP9: Quais os principais meios de divulgação dos estudos selecionados?

Essa QP visou identificar os meios de divulgação dos estudos. Entre os meios identificados, apenas um periódico apresentou mais de uma ocorrência: *Computer Standards & Interfaces* [García et al. 2020, Calderón et al. 2018]. Além disso, a maior parte dos estudos estão relacionadas a conferências, totalizando 26, seguidas por periódicos, com um total de 18, enquanto apenas um estudo foi registrado em *workshop*.

5. Ameaças à Validade

No MSL foram tomadas medidas para mitigar potenciais ameaças que poderiam comprometer a validade dos resultados [Wohlin et al. 2012]. No entanto, não se pode garantir completamente que essas ameaças, entre outras, não tenham impactado os resultados.

Quanto à **validade interna**, o fator humano pode ter influenciado a pesquisa, pois as etapas de seleção e extração de dados foram conduzidas de maneira independente por quatro autores, organizados em dois grupos, com o objetivo de reduzir subjetividades. No entanto, diferenças de interpretação podem ter influenciado as decisões de inclusão ou exclusão de determinados estudos. Para mitigar essa limitação, os resultados individuais foram revisados em pares e, em caso de divergências, os autores discutiram suas decisões para chegar a um consenso, incluindo a releitura das publicações quando necessário.

Problemas na formulação da *string* de busca representam uma ameaça à **validade de construção**, podendo ter levado à exclusão de alguns estudos. Para minimizar esse efeito, a *string* foi testada e ajustada ao longo das várias etapas do processo, além da aplicação do *snowballing* nos estudos resultantes.

Quanto à **validade externa**, embora a pesquisa de Mourão et al. (2020) sugira que o método utilizado abranja uma parte significativa dos estudos disponíveis na literatura, é possível que alguns estudos relevantes não tenham sido incluídos. Finalmente, a busca nas bibliotecas digitais foi realizada em fevereiro de 2024. Portanto, é possível que versões recentes de trabalhos ou avanços na pesquisa não tenham sido considerados.

6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este MSL identificou as principais características presentes em abordagens que utilizam jogos sérios para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de ES. Para selecionar as publicações para análise optou-se pela Scopus e o processo de *snowballing*, visto que tal método abrange a maior parte dos estudos na área [Mourão et al. 2020]. A partir dos estudos selecionados, foi possível identificar diferentes estratégias para a elaboração dos jogos, apresentando os principais elementos utilizados no seu desenvolvimento. Foi possível concluir que o uso de jogos sérios tem, em sua maioria, apresentado resultados positivos, auxiliando tanto no engajamento quanto no aumento das notas dos discentes. No entanto, também foi possível concluir que a dificuldade relativa de um jogo pode ser um fator negativo na aplicação, caso não seja avaliada com cautela.

Uma das questões deste MSL mapeou o uso de métodos específicos de avaliação nos estudos selecionados. Observou-se que o uso de tais métodos já aparece na literatura com maior frequência. Isso pode ser observado quando contrastado com o mapeamento apresentado em Santos et al. (2020), que identificou o MEEGA (e suas extensões) como o único método em uso à época. Embora o MEEGA continue entre os mais usados, percebe-se que mais métodos estão sendo adotados na avaliação de jogos sérios aplicados à ES. Ainda há, entretanto, uma quantidade limitada de estudos que os utilizam, mantendo-se a predominância de questionários e entrevistas como formas de avaliação dos jogos.

Trabalhos futuros podem investigar o avanço dos jogos sérios no ensino-aprendizagem de ES, bem como a evolução desses jogos diante das avaliações realizadas pelos estudos que as utilizaram. Assim, é necessário identificar qual método seria apropriado para os diferentes tipos de jogos apresentados na questão **QP3**, já que nem todos compartilham os mesmos elementos, e esses podem influenciar seus resultados conforme o método de avaliação utilizado.

Referências

- Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition.* Addison Wesley Longman, Inc.
- Atal, R. and Sureka, A. (2015). Anukarna: A software engineering simulation game for teaching practical decision making in peer code review. In *QuASoQ/WAWSE/CMCE@APSEC*, pages 63–70.
- Aydan, U., Yilmaz, M., Clarke, P. M., and O'Connor, R. V. (2017). Teaching iso/iec 12207 software lifecycle processes: a serious game approach. *Computer Standards & Interfaces*, 54:129–138.
- Benitti, F. B. V. and Molléri, J. S. (2008). Utilização de um rpg no ensino de gerenciamento e processo de desenvolvimento de software. In *WEI-Workshop sobre Educação em Computação*, pages 258–267.
- Calderón, A., Ruiz, M., and O'Connor, R. V. (2018). A serious game to support the iso 21500 standard education in the context of software project management. *Computer standards & interfaces*, 60:80–92.
- Carrington, D., Baker, A., and van der Hoek, A. (2005). It's all in the game: Teaching software process concepts. In *Proceedings Frontiers in Education 35th Annual Conference*, pages F4G–F4G. IEEE.
- Castro, D., Costa, D. M., and Werner, C. M. L. (2020). Systematic mapping on the use of games for software engineering education. In *CIBSE*, pages 512–525.
- Caulfield, C., Veal, D., and Maj, S. (2011). Teaching software engineering project management-a novel approach for software engineering programs.
- Chaves, R. O., von Wangenheim, C. G., Furtado, J. C. C., Oliveira, S. R. B., Santos, A., and Favero, E. L. (2015). Experimental evaluation of a serious game for teaching software process modeling. *ieee Transactions on Education*, 58(4):289–296.
- Cheng, C.-H. and Su, C.-H. (2012). A game-based learning system for improving student's learning effectiveness in system analysis course. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31:669–675.
- Chua, A. Y. K. and Balkunje, R. S. (2012). An exploratory study of game-based m-learning for software project management.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., and Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & education*, 59(2):661–686.
- Dantas, A. R., de Oliveira Barros, M., and Werner, C. M. L. (2004). A simulation-based game for project management experiential learning. In *SEKE*, volume 19.
- Fernandes, J. M. and Sousa, S. M. (2010). Playscrum-a card game to learn the scrum agile method. In *2010 Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*, pages 52–59. IEEE.
- Figueiredo, K., Ferreira, J., Murta, L., and Clua, E. (2010). Jogo de estratégia de gerência de configuração. *III Fórum de Educação em Engenharia de Software*, pages 1–8.

- Flores, N., Paiva, A. C., and Cruz, N. (2020). Teaching software engineering topics through pedagogical game design patterns: An empirical study. *Information*, 11(3):153.
- Furtado, L. S., de Souza, R. F., Lima, J. L. d. R., and Oliveira, S. R. B. (2021). Teaching method for software measurement process based on gamification or serious games: a systematic review of the literature. *International Journal of Computer Games Technology*, 2021:1–35.
- Garcia, I., Pacheco, C., León, A., and Calvo-Manzano, J. A. (2019). Experiences of using a game for improving learning in software requirements elicitation. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(1):249–265.
- García, I., Pacheco, C., León, A., and Calvo-Manzano, J. A. (2020). A serious game for teaching the fundamentals of iso/iec/ieee 29148 systems and software engineering–lifecycle processes–requirements engineering at undergraduate level. *Computer Standards & Interfaces*, 67:103377.
- Hainey, T., Connolly, T. M., Stansfield, M., and Boyle, E. A. (2011). Evaluation of a game to teach requirements collection and analysis in software engineering at tertiary education level. *Computers & Education*, 56(1):21–35.
- Heikkilä, V. T., Paasivaara, M., and Lassenius, C. (2016). Teaching university students kanban with a collaborative board game. In *Proceedings of the 38th international conference on software engineering companion*, pages 471–480.
- Huang, S.-T., Lin, W.-H., and Hsu, M.-C. (2008). Embracing business context in pedagogical simulation games—a case with process disciplined project management. In *2008 21st IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training Workshop*, pages 9–12. IEEE.
- Jaramillo, C. M. Z. (2009). Teaching software development by means of a classroom game: The software development game. In *Developments in Business Simulation and Experiential Learning: Proceedings of the Annual ABSEL conference*, volume 36.
- Kapp, K. M. (2013). *The gamification of learning and instruction fieldbook: Ideas into practice*. John Wiley & Sons.
- Kirkpatrick, J. D. and Kirkpatrick, W. K. (2016). *Kirkpatrick's four levels of training evaluation*. Association for Talent Development.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Kohwalter, T. C., Clua, E. W., and Murta, L. G. (2011). Sdm—an educational game for software engineering. In *2011 Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*, pages 222–231. IEEE.
- Kosa, M., Yilmaz, M., O'Connor, R., and Clarke, P. (2016). Software engineering education and games: a systematic literature review. *Journal of Universal Computer Science*, 22(12):1558–1574.
- Letra, P., Paiva, A. C. R., and Flores, N. (2015). Game design techniques for software engineering management education. In *2015 IEEE 18th International Conference on Computational Science and Engineering*, pages 192–199. IEEE.

- Lima, T., Campos, B., Santos, R., and Werner, C. (2012). Ubire: A game for teaching requirements in the context of ubiquitous systems. In *2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI)*, pages 1–10. IEEE.
- Maratou, V., Chatzidaki, E., and Xenos, M. (2016). Enhance learning on software project management through a role-play game in a virtual world. *Interactive Learning Environments*, 24(4):897–915.
- Marín, B., Vera, M., and Giachetti, G. (2019). An adventure serious game for teaching effort estimation in software engineering. In *IWSM-Mensura*, pages 71–86.
- Michael, D. R. and Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Moura, V. and Santos, G. (2018). Procsoft: A board game to teach software processes based on iso/iec 29110 standard. In *Proceedings of the XVII Brazilian Symposium on Software Quality*, pages 363–372.
- Mourão, E., Pimentel, J. F., Murta, L., Kalinowski, M., Mendes, E., and Wohlin, C. (2020). On the performance of hybrid search strategies for systematic literature reviews in software engineering. *Information and software technology*, 123:106294.
- Navarro, E. and Van Der Hoek, A. (2009). Multi-site evaluation of simse. In *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education*, pages 326–330.
- Nerbråten, Ø. and Røstad, L. (2009). Hacmegame: A tool for teaching software security. In *2009 International Conference on Availability, Reliability and Security*, pages 811–816. IEEE.
- Paasivaara, M., Heikkilä, V., Lassenius, C., and Toivola, T. (2014). Teaching students scrum using lego blocks. In *Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, pages 382–391.
- Pötter, H., Schots, M., Duboc, L., and Werneck, V. (2014). Inspectorx: A game for software inspection training and learning. In *2014 IEEE 27th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T)*, pages 55–64. IEEE.
- Ribeiro, T. P. and Paiva, A. C. (2015). ilearntest: Educational game for learning software testing. In *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–6. IEEE.
- Rusu, A., Russell, R., and Cocco, R. (2011). Simulating the software engineering interview process using a decision-based serious computer game. In *2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, pages 235–239. IEEE.
- Sanchez-Gordón, M.-L., O'Connor, R. V., Colomo-Palacios, R., and Herranz, E. (2016). Bridging the gap between spi and smes in educational settings: a learning tool supporting iso/iec 29110. In *Systems, Software and Services Process Improvement: 23rd European Conference, EuroSPI 2016, Graz, Austria, September 14-16, 2016, Proceedings* 23, pages 3–14. Springer.
- Santos, S. H. N., Costa, Y. d. J. S., dos Santos, D. V., Barradas Filho, A. O., Junior, J. B. B., and Cabrejos, L. J. E. R. (2020). Identificando jogos sérios para o ensino de engenharia de software no brasil através de um mapeamento sistemático. *Research, Society and Development*, 9(7):e329973702–e329973702.

- Savi, R., von Wangenheim, C. G., and Borgatto, A. F. (2011). A model for the evaluation of educational games for teaching software engineering. In *2011 25Th brazilian symposium on software engineering*, pages 194–203. IEEE.
- Shaw, K. and Dermoudy, J. (2005). Engendering an empathy for software engineering. In *Proceedings of the 7th Australasian conference on Computing education-Volume 42*, pages 135–144. Citeseer.
- Smith, R. and Gotel, O. (2008). Gameplay to introduce and reinforce requirements engineering practices. In *2008 16th IEEE International Requirements Engineering Conference*, pages 95–104. IEEE.
- Sonchan, P. and Ramingwong, S. (2015). Armi 2.0: An online risk management simulation. In *2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, pages 1–5. IEEE.
- Souza, M. R. d. A., Veado, L., Moreira, R. T., Figueiredo, E., and Costa, H. (2018). A systematic mapping study on game-related methods for software engineering education. *Information and software technology*, 95:201–218.
- Srinivasan, J. and Lundqvist, K. (2007). A constructivist approach to teaching software processes. In *29th International Conference on Software Engineering (ICSE'07)*, pages 664–672. IEEE.
- Suescún Monsalve, E., Toro, M., Mazo, R., Velasquez, D., Vallejo, P., Cardona, J. F., Rincón, R., Werneck, V. M., and Leite, J. C. S. d. P. (2018). Simules-w: A collaborative game to improve software engineering teaching. *Computación y Sistemas*, 22(3):953–983.
- Tillmann, N., De Halleux, J., Xie, T., Gulwani, S., and Bishop, J. (2013). Teaching and learning programming and software engineering via interactive gaming. In *2013 35th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, pages 1117–1126. IEEE.
- van Solingen, R., Dullemond, K., and van Gameren, B. (2011). Evaluating the effectiveness of board game usage to teach gse dynamics. In *2011 IEEE Sixth International Conference on Global Software Engineering*, pages 166–175. IEEE.
- Vargas, J. A., García-Mundo, L., Genero, M., and Piattini, M. (2014). A systematic mapping study on serious game quality. In *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, pages 1–10.
- Vizcaíno, A., García, F., Guzmán, I. G. R. D., and Moraga, M. Á. (2019). Evaluating gsd-aware: A serious game for discovering global software development challenges. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 19(2):1–23.
- von Wangenheim, C. G., Savi, R., and Borgatto, A. F. (2012). Deliver!—an educational game for teaching earned value management in computing courses. *Information and software Technology*, 54(3):286–298.
- Von Wangenheim, C. G., Savi, R., and Borgatto, A. F. (2013). Scrumia—an educational game for teaching scrum in computing courses. *Journal of Systems and Software*, 86(10):2675–2687.

- von Wangenheim, Christiane Gresse and Thiry, M. and Kochanski, D. (2009). Empirical evaluation of an educational game on software measurement. *Empirical Software Engineering*, 14(4):418–452.
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., and Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- Wu, Y. W., Hsu, S. H., Li, S. L., Wu, W. H., and Huang, Y. M. (2009). Digital game as a learning approach to enhance practice lesson in software engineering course. In *17th International Conference on Computers in Education, ICCE 2009*, pages 643–650.
- Ye, E., Liu, C., and Polack-Wahl, J. A. (2007). Enhancing software engineering education using teaching aids in 3-d online virtual worlds. In *2007 37th Annual Frontiers In Education Conference-Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports*, pages T1E–8. IEEE.
- Zhonggen, Y. (2019). A meta-analysis of use of serious games in education over a decade. *International Journal of Computer Games Technology*, 2019.