

Árvore de ECOS: Um Jogo para Ensino de Conceitos de Ecossistemas de Software

SECO Tree: A Game for Teaching Software Ecosystems Concepts

Thaís de Souza Deluca Ferreira
Universidade Federal do Estado do
Rio de Janeiro (UNIRIO)
thais.ferreira@uniriotec.br

Davi Viana
Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
davi.viana@ufma.br

Rodrigo Pereira dos Santos
Universidade Federal do Estado do
Rio de Janeiro (UNIRIO)
rps@uniriotec.br

Resumo

A área de engenharia de software (ES) tem avançado em pesquisas teóricas e aplicadas, buscando atender às exigências de um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico. Evolução tecnológica e mudanças constantes no desenvolvimento de software, além de experiências da indústria, trazem desafios para a área. Neste contexto, instituições de ensino têm dificuldades para se adaptar a este cenário e lidar com a abrangência de novos temas em ES. Novos temas têm surgido e, dentre eles, pode-se destacar ecossistemas de software (ECOS), que tem ganhado destaque na indústria e levado a diversas pesquisas na área. Por ser um cenário novo e com diversos conceitos que precisam ser ensinados e que nem sempre são triviais, é importante que o conhecimento seja passado de forma clara e simples e que o processo de ensino-aprendizagem seja o mais atrativo possível. Tendo em vista que a área de ES tem utilizado jogos no ensino e que o tema ECOS, por ser novo, ainda é muito pouco explorado nesse sentido, este trabalho apresenta um jogo digital para apoiar o ensino de conceitos de ECOS, chamado Árvore de ECOS. O jogo foi construído seguindo o processo de desenvolvimento de jogos educacionais ENgAGED e verificado com alunos com base no modelo de avaliação MEEGA+. Para esta pesquisa, foram analisadas as dimensões usabilidade, desafio, satisfação, diversão, atenção focada, relevância e percepção da aprendizagem do modelo MEEGA+. Os resultados mostraram que, na percepção dos estudantes, o jogo ajuda no processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos sobre ECOS, sendo mais atrativo para aqueles que não jogam com tanta frequência, pois o jogo foca em mecânicas e objetivos mais simples a fim de evitar outras barreiras ao processo.

Palavras-Chave: *Ecossistemas de Software; Ensino de Engenharia de Software; Jogos Educacionais.*

Abstract

Software Engineering (SE) has advanced in theoretical and applied research in order to meet the requirements of an increasingly competitive and dynamic market. Technological evolution and frequent changes in the development process together with industry experience bring challenges to the field. In this context, education institutions face difficulties in adapting themselves to this scenario and deal with a range of emerging topics in SE. New themes have emerged, such as software ecosystems (SECO), which has gained prominence in the industry and raised several researches to the field. Since it is a new scenario with several concepts that need to be taught and are not always trivial, it is important that the knowledge is passed in a clear and simple way and that the teaching-learning process is as attractive as possible. Therefore, since SE field has used educational games for a long time, but the SECO theme has not been explored in SE classes, this work presents a digital game to support the teaching of SECO concepts called SECO Tree. The game was built following the development process for educational games called ENgAGED and verified with students based on the use of MEEGA+ evaluation model. For the purpose of this study, the dimensions usability, challenge, satisfaction, fun, focused attention, relevance and perception of learning of the MEEGA + model were analyzed. Results showed that, in the students' perception, the game helps the teaching of SECO's basic concept from the students' perspective, being more attractive to those who do not play frequently, since the game focuses on simple mechanics and goals in order to avoid other barriers to the process.

Keywords: *Software Ecosystems; Software Engineering Education; Educational Games.*

1 Introdução

A evolução tecnológica tem alterado a forma como as tecnologias de software são desenvolvidas (Meiros e Bonifácio, 2015). A criação de paradigmas e tendências é necessária para atender às exigências de um mercado cada vez mais dinâmico, no qual é importante que sistemas complexos, de larga escala e de longo prazo se integrem para atingir seus objetivos. Dessa forma, a Engenharia de Software (ES) tem discutido um conjunto de conhecimentos do mercado, e.g., Linha de Produto de Software (LPS), Sistemas-de-Sistemas (SoS), Ecossistemas de Software (ECOS) e Engenharia de Software para *Startups* (Yamaguti *et al.*, 2017). Essa evolução também trouxe mudanças no modo como os usuários finais e desenvolvedores interagem e acessam as informações (Glasmann *et al.*, 2010). Os recursos tecnológicos disponíveis e o fácil acesso à Internet permitem que as pessoas possam assimilar conhecimento onde e quando quiserem, ou seja, a aquisição de conhecimento se tornou mais dinâmica e, até certo ponto, autossuficiente.

Nesse contexto, o ensino de ES nas instituições de ensino tem sido um desafio. Segundo Martins (2007), enquanto a ciência, a tecnologia e as artes avançam e criam tendências e paradigmas para atender às exigências do mercado e da sociedade, a educação tenta se adequar aos resultados desse progresso para encontrar os melhores meios de preparar o indivíduo para o futuro. A tradicional metodologia aplicada (aulas expositivas, livros-textos e avaliações), muitas vezes, não é capaz de transferir os conhecimentos acerca de ES, devido às dificuldades relacionadas à conciliação entre teoria e prática, ao desinteresse dos alunos por aulas puramente expositivas e ao processo de avaliação que nem sempre é apropriado ou eficaz. Se o conteúdo é muito extenso e teórico, aulas puramente expositivas podem se tornar monótonas e pouco produtivas, havendo comprometimento na aquisição dos conhecimentos abordados. Assim, é necessário buscar maneiras de tornar o aluno mais ativo no processo de aprendizagem.

Nesse sentido, novas tecnologias e metodologias têm sido aplicadas ao processo de ensino-aprendizagem e, dentre elas, os jogos educacionais. Segundo Leite *et al.* (2015), a utilização de jogos na educação proporciona aos estudantes e profissionais um ambiente dinâmico e interativo, motivando os jogadores a avançarem em um enredo de simulações e situações acerca do tema abordado. Battistella *et al.* (2014) reforçam que a aprendizagem baseada em jogos desenvolve nos alunos uma aprendizagem ativa, permitindo, em alguns casos, maior participação e compreensão do conteúdo. Tais características propiciam ao aluno não apenas aprender de forma lúdica, mas ajudam na percepção de conceitos estudados anteriormente. Além disso, o *design* de jogos traz princípios e elementos que podem ser incorporados ao processo de ensino-aprendizagem, tais como: diversão combinada com dificuldade; controle do processo de aprendizagem por parte do aluno; *gameplay* para manter o aluno constantemente desafiado e motivado; e mecânicas assimétricas para diversificar a experiência de aprender (Mattar e Nesteriuk, 2016).

Embora haja uma quantidade considerável de jogos para o ensino de ES, a maioria ainda é focada em conteúdos mais tradicionais da disciplina, como requisitos, gerência de projetos e teste (Souza *et al.*, 2018). Os novos temas que surgem no mercado ainda são pouco explorados no ensino e, muitas vezes, carecem de referencial bibliográfico, o que torna o processo de ensino-aprendizagem mais desafiador. Como exemplo, pode-se destacar o tema ECOS, que tem ganhado destaque na indústria e levado a diversas pesquisas na área (Coutinho *et al.*, 2018). Um ECOS consiste em uma rede de atores que interagem entre si e de soluções de software que irão apoiar essas interações, por meio do suporte de uma plataforma tecnológica comum (Bosch, 2009). A plataforma é a tecnologia de software central sobre a qual se dá a construção e manutenção do ECOS. Geralmente, apresenta recursos sociais visando a integração dos atores e permite a organização da rede técnica do ecossistema a partir do suporte fornecido pela biblioteca de artefatos de software (Lima *et al.*, 2014). Assim, para compreender melhor o que é um ECOS, é necessário entender de que elementos são formados e o que significam para o ecossistema.

Entretanto, por ser um tema recente, ECOS ainda carece de referencial bibliográfico didático para aulas, o que pode dificultar o ensino do assunto. Adicionalmente, a compreensão de um ECOS vai além do entendimento de desenvolvimento de software, sendo necessário abstrair a complexidade do sistema como um todo, entendendo claramente que um sistema é fruto de uma combinação de software, hardware e “*peopleware*”, constituída sobre um ambiente comum, i.e., uma plataforma (Bosch, 2009). Assim, é importante que o conhecimento seja passado de forma clara e simples e que o processo de ensino-aprendizagem seja o mais atrativo possível. Para realizar esta pesquisa, foram investigados trabalhos na literatura que tratam do ensino de ECOS. Por ser um tema emergente, verificou-se a existência de um relato de experiência sobre o ensino de ECOS na disciplina de ES em um curso de graduação (Coutinho *et al.*, 2018) e de um projeto de jogo não finalizado/avaliado em ECOS (Ferreira *et al.*, 2018c). A metodologia, aplicada por Coutinho *et al.* (2018), foi marcada por aulas expositivas, um estudo de caso e atividades individuais e em equipe para modelagem de um ECOS de interesse dos alunos. Por meio da coleta e análise dos dados, os autores perceberam que alguns trabalhos foram relacionados a jogos digitais, como plataformas de videogames e empresas de desenvolvimento de jogos. Coutinho *et al.* (2018) afirmam que isso abre oportunidades para investigação em ECOS e jogos digitais.

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar um jogo digital para ensinar conceitos de ECOS, chamado *Árvore de ECOS*, bem como um estudo para avaliar se os alunos aprenderam conceitos relacionados a ECOS tratados no jogo. O jogo foi construído seguindo o processo de desenvolvimento de jogos educacionais ENgAGED (Battistella e Wangenheim, 2016) e foi avaliado com alunos a partir do modelo de avaliação MEEGA+ (Petri *et al.*, 2017). É importante ressaltar que o jogo visa auxiliar o ensino de ECOS de forma complementar, não sendo um substituto de outras atividades pedagógicas previstas em uma atividade e/ou disciplina. Este artigo está organizado da seguinte forma, além desta introdução: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 discorre sobre o método de pesquisa; a Seção 4 apresenta o jogo *Árvore de ECOS* (mecânicas, narrativa, ambientação e metáforas para explicar conceitos); a Seção 5 reporta a avaliação feita com 43 alunos no contexto de disciplinas que exploram ou não o conteúdo de ECOS, no tocante a jogabilidade, usabilidade e percepção de aprendizagem propostos no MEEGA+; e a Seção 6 conclui o artigo com lições aprendidas, limitações e trabalhos futuros.

2 Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

Com as constantes mudanças na indústria e a criação de novos paradigmas, a área de ES tem progredido em pesquisa teórica e aplicada, buscando lidar com uma gama de novos conhecimentos do mercado atual. Dentre esses novos conhecimentos, está o conceito de ECOS, que têm crescido rapidamente, tanto em número de casos reais como em volume de publicações, o que tem tornado o tema mais maduro nos últimos anos (Wouters *et al.*, 2019). Algumas das maiores corporações internacionais, como Amazon, Microsoft, Google e Apple, estão liderando o desenvolvimento de ECOS, o que vem contribuindo para o crescimento e avanço de pesquisas, já que há uma movimentação real da indústria de software e serviços relacionados (Manikas, 2016). Segundo Santos (2017), para melhor compreensão de um ECOS, é preciso entender de que elementos são formados e o que significam para o ecossistema, conforme apresentado a seguir.

2.1 Atores e Papéis em Ecossistemas de Software

Um ator em um ECOS pode ser uma empresa, um cliente, um fornecedor ou um usuário final do produto de software e, de maneira geral, abrange quaisquer outros envolvidos ou interessados (Silva *et al.*, 2017). Em um ECOS, um ator pode exercer um ou mais papéis, dependendo do relacionamento analisado. A Tabela 1 resume as descrições dos papéis que os atores de um ECOS podem exercer, conforme discutido no mapeamento sistemático no assunto feito por Manikas (2016). Os atores estão divididos em três tipos: (i) o centralizador (*hub*), que é a organização

central do ECOS, e.g., o proprietário da plataforma; (ii) agentes do nicho relacionado (*niche players*), que são internos ao ecossistema (parte da organização central) e podem utilizar a plataforma tecnológica do ECOS para gerar valor para si mesmos e para a plataforma; e (iii) os atores externos (*external partners*), que são externos ao ECOS (em relação à organização central).

Por meio das informações disponibilizadas no site oficial da Unity (acessado no período de julho de 2018 a maio de 2019) e com base nas descrições dos atores apresentada por Lima *et al.* (2014), a Tabela 1 apresenta os papéis de ECOS cujos exemplos contemplam ecossistemas das plataformas para desenvolvimento de jogos Unity3D e Unreal 4. Preferiu-se analisar esses ecossistemas pois essas duas *game engines* estavam entre as selecionadas para se utilizar no desenvolvimento do jogo proposto e pelo fato de que ambos os sites apresentavam informações sobre parceiros estratégicos e desenvolvedores externos – conceitos importantes utilizados para compor as metáforas do jogo desenvolvido. Esta análise foi realizada em um estudo prévio (Ferreira *et al.*, 2018b). A Figura 1 apresenta alguns atores no ECOS da plataforma Unity. Os parceiros estratégicos são aqueles que possuem vínculo formal com a organização central do ECOS (nesse caso, a Unity Technologies) e, conseqüentemente, são internos ao ecossistema. Dentre as parcerias, pode-se citar a relação com as empresas Google, Microsoft e Facebook. No caso da Google, a empresa apresenta o SDK ARCore para Unity como um ambiente que permite desenvolver/expandir aplicativos Android existentes com experiências de realidade aumentada. Quanto ao Facebook, na versão 5.6 da Unity, é possível exportar diretamente para o *Gameroom* (ambiente autônomo para jogos do Facebook). Para Microsoft, a Unity permite exportar jogos para serem executados em Windows e integra o Visual Studio para o desenvolvimento de código.

2.2 Ciclo de Vida e Saúde de Ecossistemas de Software

O ciclo de vida transacional do ECOS considera que as relações sociais entre os atores podem ser tanto cooperativas como competitivas, com quatro fases, como definido por Andrade *et al.* (2015):

- **Nascimento:** caracterizada pelo início do ecossistema, quando ocorre a identificação das necessidades dos clientes para que se possa definir os produtos/serviços que atenderão a essas necessidades e agregarão valor ao ecossistema. As organizações são atraídas para o ECOS por fatores como capital, infraestrutura tecnológica inovadora e potencial de lucro;
- **Expansão:** nesta fase, o ecossistema busca expandir o seu mercado e conquistar novos clientes. É marcada por disputas entre ecossistemas rivais e é comum que os participantes intensifiquem o uso das redes sociais para aumentar a cooperação e, conseqüentemente, diminuir os efeitos da competição;
- **Liderança:** esta fase é marcada pela estabilidade e surgem inúmeras oportunidades de colaboração interna e externa ao ECOS. Mesmo assim, ainda podem acontecer disputas entre os participantes para obter poder e liderança no ecossistema;
- **Autorrenovação:** nessa fase, o ecossistema pode passar por transformações decorrentes de efeitos externos como forte competição de rivais ou a própria “perda” de participantes. Para que ocorra um ciclo de renovação, os participantes precisam aumentar a capacidade de adaptação a mudanças e inovação, evitando assim o risco de “morte” do ecossistema.

Durante o seu ciclo de vida, é possível determinar a saúde do ECOS, isto é, aferição de indicadores para a manutenção do ecossistema (Silva *et al.*, 2017): (i) *robustez*: relacionada à sustentabilidade do ECOS, ou seja, mede como o ecossistema se recupera de perturbações em sua estrutura ou atores; (ii) *produtividade*: relacionada com a quantidade de negócios, participantes e valor agregado, ou seja, o nível de atividade do ECOS; e (iii) *criação de nicho*: relacionada à diversidade de envolvidos, ou seja, a capacidade de criação de oportunidades para membros.

Tabela 1: Papéis dos atores em um ECOS. Baseado em (Lima *et al.*, 2014).

Papel	Descrição
Centralizador (Hub)	
<i>Keystone</i>	Acrescenta valor para o ECOS e é o principal interessado no sucesso do ECOS, sendo o principal responsável pela manutenção da saúde, longevidade e propensão ao crescimento, e.g., a empresa Unity Technologies no ECOS Unity.
<i>Dominator</i>	Extraí valor do ECOS, colocando em risco a sua saúde e sustentabilidade, e.g., o papel da Epic Games (proprietária da Unreal) no ECOS Unity.
Agentes do Nicho (Niche Players)	
<i>Customer</i>	Representa o cliente que gerou a necessidade dos produtos de software do ECOS, e.g., o papel de um cliente que contrata uma equipe para construir seus sistemas, participando do processo de desenvolvimento e informando seus requisitos.
<i>Competitor</i>	Tenta extrair valor do ecossistema e não ameaça a saúde do ECOS, e.g., o papel de uma pequena empresa oferecendo uma <i>game engine</i> alternativa a Unity, porém sem influência no mercado ou com uma fatia não significativa do mercado.
<i>Supplier</i>	Ator que fornece produtos ou serviços necessários ao ECOS, e.g., o papel de uma empresa que fornece bibliotecas de desenvolvimento para construção de outros jogos.
<i>Vendor</i>	Vende os produtos de software do ECOS, podendo ser: Reseller : revende um produto desenvolvido por outro ator sem alterá-lo; Independent Software Vendor (ISV) : produz e vende seu próprio produto; Value-added Reseller (VAR) : revende produto desenvolvido por outro ator, mas agrega valor.
<i>Developer</i>	Desenvolvedor interno, ligado a entidades formadoras do ECOS, podendo ser: Influencer : desenvolve para o ECOS e contribui para a sua saúde, complementando o <i>Keystone</i> , e.g., membros de comunidades ligados ao <i>Keystone</i> ; Hedger : desenvolve seus produtos ou serviços para apoiar múltiplas plataformas, e.g., desenvolvedores que publicam jogos ou aplicativos na plataforma Steam (revendedora); Disciple : compromete-se exclusivamente com a plataforma, e.g., contratados pelo <i>Keystone</i> para desenvolver produtos e publicar somente em sua plataforma.
Atores Externos (External Actors)	
<i>3rd-party developers</i>	Promove o ECOS e seus produtos, porém é externo ao ECOS, não tendo vínculo formal com o <i>Keystone</i> , e.g., participantes de comunidades ligadas ao <i>Keystone</i> .
<i>End-user</i>	Usuário final do produto, que difere do <i>Customer</i> , por não contratar serviço do <i>Keystone</i> , e.g., um desenvolvedor independente que utiliza a Unity.
<i>External Partner</i>	Contribui para o bem estar do ECOS por meio de atitudes, tais como a promoção do ECOS e de seus produtos, propondo ainda melhorias, e.g., organizadores de eventos e comunidades independentes do <i>Keystone</i> , como fóruns de discussão e wikis.

2.3 Trabalhos Relacionados

Alguns jogos têm sido desenvolvidos com o objetivo de auxiliar o ensino de certos temas da área de ES. Dentre esses, podemos citar o *Project Management Game 2D* (PMG-2D) (Lino *et al.*, 2015). PMG-2D simula um ambiente real de desenvolvimento de software no qual o jogador, agindo como um gerente de projetos, deve passar pelas fases do ciclo de vida do projeto. O jogador deverá lidar com vários desafios, como os riscos envolvidos, o tempo, o custo e o gerenciamento dos membros da equipe.

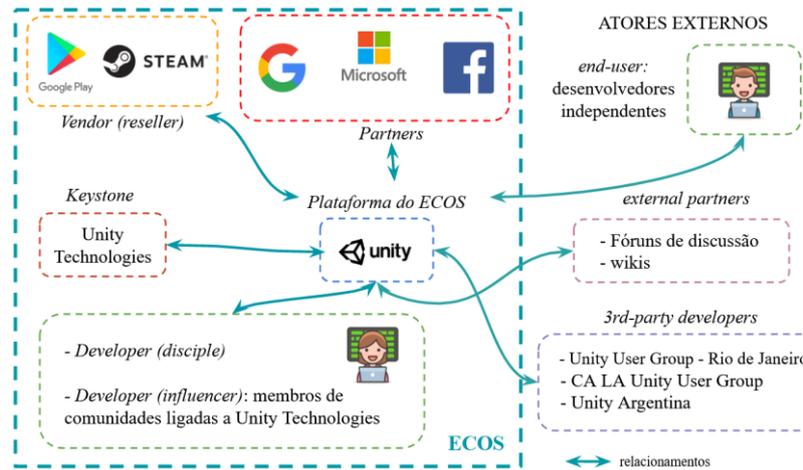


Figura 1: Atores do ECOS Unity.

Tillmann *et al.* (2014) apresentam Pex4Fun e Code Hunt, ambientes de jogos educacionais para o ensino e aprendizagem de programação e engenharia de software. O principal tipo de jogo é um duelo de codificação, no qual um jogador escreve o código de forma a obter a mesma funcionalidade da implementação do código secreto, com base no *feedback* fornecido pela ferramenta Pex subjacente. Por sua vez, o trabalho de Potter *et al.* (2014) apresenta o jogo InspectorX, cujo objetivo é o treinamento nas atividades do processo de inspeção de software e o aprendizado de conceitos e taxonomias, incluindo o próprio processo de inspeção, o seu gerenciamento, as funções necessárias e como inspecionar e classificar os artefatos.

No jogo iTestLearning (Farias *et al.*, 2012), o jogador deve realizar as fases de planejamento e de projeto de teste de um determinado sistema a partir de descrições feitas sobre eles. Ainda sobre teste de software, no jogo BlackBox (Ribeiro *et al.*, 2017), o jogador deve usar conhecimentos de teste funcional para completar as missões. A história do jogo se passa em uma agência comandada por uma organização criminosa formada por bandidos invasores de sistemas que buscam usar o jogador para seus fins maléficos. O jogador deve, então, usar os seus conhecimentos para impedir que os vilões alcancem os seus objetivos (Ribeiro *et al.*, 2017).

AdventureSECO é um jogo digital que busca ensinar conceitos básicos sobre ECOS, descrito pelos autores como uma versão inicial em desenvolvimento (Ferreira *et al.*, 2018c). O jogador deve “viver” o sonho de um menino que deveria ter estudado para a prova de ECOS, mas não o fez. O sonho é uma mistura de conceitos sobre ECOS que foram lidos rapidamente pelo garoto, com o jogo de invasão alienígena que ele estava jogando ao invés de estudar. O objetivo do jogador é passar pelas quatro fases do sonho (representando fases do ciclo de vida de ECOS: nascimento, expansão, liderança e autorrenovação) e tentar aprender o máximo possível para que esse aprendizado fique retido no subconsciente do menino e ele possa “ir bem” na prova. Por meio de contato com os autores, eles relataram que não conseguiram adequar outros conceitos importantes de ECOS (e.g., plataforma, atores e papéis, indicadores de saúde do ECOS) ao jogo, o que impossibilitou a sua continuação. Segundo os autores, a narrativa e a construção do mundo do jogo não favoreciam a explicação dos conceitos de ECOS, que passaram a ser apresentados de forma direta por meio de textos explicativos. Essa decisão tornou o jogo maçante e repleto de textos, o que impedia a imersão do jogador. Adicionalmente, eles não conseguiram aliar as mecânicas ao conteúdo de ECOS. Na maior parte do jogo, os jogadores deveriam pular sobre plataformas e coletar moedas, mas nenhuma ação contribuía para a aprendizagem de conceitos de ECOS. Devido a essas razões, os autores decidiram não continuar o projeto e a versão inicial não foi finalizada ou avaliada experimentalmente. Por sua vez, *Árvore de ECOS* busca solucionar esses problemas com a estratégia de ensinar o conteúdo por meio de metáforas que contemplem outros tipos de ecossistemas (e.g., biológicos e de negócio), entre os elementos do mundo do jogo

e os elementos reais de ECOS. Além disso, as mecânicas são elaboradas de forma que as ações dos jogadores estejam relacionadas ao aprendizado de algum conteúdo específico de ECOS.

Algumas características presentes nos jogos citados ajudaram a orientar a concepção do *Árvore de ECOS*. Assim como o jogador passa pelas fases do ciclo de vida de um projeto em *PMG-2D*, o jogador passará pelas fases do ciclo de vida de um ECOS no jogo proposto. O jogador aprenderá conceitos e taxonomias assim como em *InspectorX* e poderá acompanhar a história do jogo e realizar missões relacionadas a trama assim como em *BlackBox*. Porém, ao invés de ambientações mais reais ou relacionadas ao cotidiano de uma empresa, *Árvore de ECOS* busca levar o jogador a um mundo de fantasia, onde será possível aprender conceitos básicos de ecossistemas por metáforas entre os elementos fantásticos do mundo do jogo e os elementos reais de um ECOS. Destaca-se que a proposta de uso de metáforas surgiu do trabalho de Dhungana *et al.* (2010), no qual os autores comparam certos elementos de ECOS com ecossistemas naturais. Ainda, o jogo proposto conta com mecânicas simples e dinâmicas de jogos do gênero plataforma (i.e., jogador corre e pula entre plataformas e obstáculos, enfrentando inimigos e coletando objetos bônus), possibilitando que os alunos joguem e aprendam sem esforço adicional, mantendo-os motivados no processo de aprendizagem. Assim, um mundo de fantasia, no qual a história, as mecânicas, a estética e o aprendizado trabalham em sinergia, foi criado e os conceitos foram adequados ao jogo, diferente do *AdventureSECO*. Nesse sentido, missões foram pensadas para que o jogador possa perceber os conceitos de ECOS ao mesmo tempo que se diverte jogando.

3 Método de Pesquisa

A pesquisa foi dividida em duas etapas com atividades e produtos específicos, conforme mostra a Figura 2: (1) exploração (ano de 2018) e (2) concepção (ano de 2019). A etapa de exploração consistiu em atividades para maior compreensão dos desafios no ensino de ES, sobre o uso de jogos como estratégia de ensino neste contexto e para mapear elementos e conceitos de ECOS em ecossistemas reais de desenvolvimento de jogos. Por sua vez, a etapa de concepção compreende a utilização do processo ENgAGED para o projeto, desenvolvimento e avaliação do jogo no tocante aos aspectos de jogabilidade, usabilidade e percepção de aprendizagem propostos no MEEGA+; a evolução do jogo; e, por fim, a escrita do relatório. As próximas subseções apresentam essas duas etapas de forma detalhada.

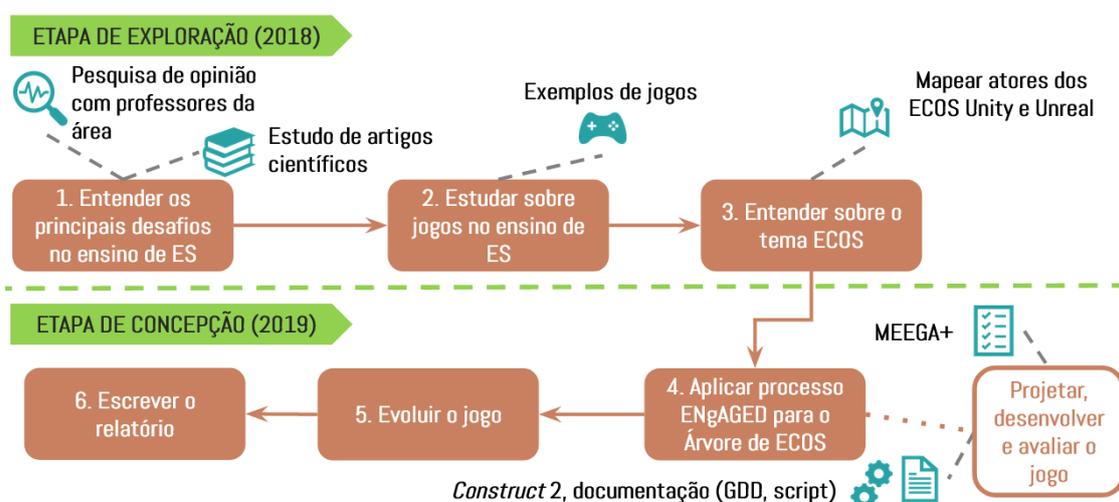


Figura 2: Atividades e produtos da pesquisa (GDD = *Game Design Document*).

3.1 Etapa de Exploração

O primeiro passo do estudo consistiu na realização de uma pesquisa de opinião (*survey*) a fim de identificar novos temas em ES e as dificuldades enfrentadas no ensino. O questionário consistia

em (i) questões fechadas para identificação das áreas de ES que eram contempladas nas disciplinas ministradas pelos professores participantes; e (ii) questões abertas para identificação dos assuntos emergentes abordados nessas disciplinas e quais as dificuldades enfrentadas no ensino desses assuntos. O questionário foi enviado para 185 professores-pesquisadores da área de ES a partir do conjunto de membros da lista da comunidade EDUES (edues@googlegroups.com) e do comitê de programa do Fórum de Educação em ES (FEES), obtendo-se um percentual de respostas de 16,76% (31). Após a execução da pesquisa de opinião, os resultados foram coletados e analisados e foi possível identificar 57 possíveis tópicos emergentes, sendo ECOS um deles. O estudo também permitiu verificar que a constante atualização da área de ES pode gerar dificuldades em lidar com o conteúdo a ser lecionado e que conteúdos extensos e muito teóricos podem estar relacionados ao desinteresse dos alunos pelo tema, evidenciando a necessidade de alternativas às aulas puramente expositivas. A pesquisa de opinião contribuiu para o melhor entendimento do cenário de ensino de ES e foi publicada em (Ferreira *et al.*, 2018a).

Em seguida, o tema ECOS foi selecionado por ser um dos tópicos emergentes identificados na pesquisa de opinião e por alguns dos autores deste trabalho serem especialistas no assunto. A seguir, selecionou-se uma estratégia de ensino com o objetivo de amenizar algumas das dificuldades indicadas pela pesquisa. A estratégia selecionada consiste na utilização de jogos educacionais. A principal razão está no fato de que os jogos têm sido muito explorados no ensino de ES e apresentam potencial para entreter os alunos, motivá-los e colocá-los como agentes ativos em seu processo de aprendizagem. Além disso, os jogos são ambientes criativos, no qual é possível criar um mundo onde o aluno possa imergir e aprender conceitos de forma lúdica.

Após a definição do tema a ser ensinado e da estratégia a ser utilizada, partiu-se para um estudo exploratório do domínio (ECOS), no qual se analisou os ecossistemas reais das maiores *games engines* (i.e., plataformas para desenvolvimento de jogos digitais) do mercado: Unity e Unreal (Šmíd, 2017), conforme citado na Seção 2 e detalhado em um trabalho prévio (Ferreira *et al.*, 2018b). Decidiu-se analisar esses ecossistemas, pois tanto conceitos de ECOS como de desenvolvimento de jogos poderiam ser usados no passo seguinte. Os atores, relacionamentos, artefatos, ciclo de vida e indicadores de saúde de ECOS foram estudados para se aprender mais sobre potenciais metáforas e seus elementos para aplicação no domínio (ECOS).

3.2 Etapa de Concepção

Após o estudo exploratório, pesquisou-se sobre os aspectos do *design* de jogos educativos e o processo de desenvolvimento de jogos digitais. Para o desenvolvimento do jogo no ano de 2019, chamado Árvore de ECOS, optou-se por utilizar a *game engine* Construct 2 devido a: baixa complexidade, interface intuitiva, comunidade de desenvolvedores ativa, preço acessível e exportação para diversas plataformas. Em seguida, o jogo foi avaliado em um estudo com 43 alunos no contexto de disciplinas que exploravam ou não conceitos de ECOS. As avaliações foram conduzidas no período de aula ou extraclasse e contaram com um ou dois instrutores responsáveis por passar as informações necessárias aos alunos e tomar notas durante a avaliação. A avaliação permitiu a evolução do Árvore de ECOS a partir da análise dos resultados, como apresenta a Seção 6. Por fim, o relatório final foi escrito e a documentação foi finalizada.

Árvore de ECOS foi desenvolvido a partir do processo de desenvolvimento de jogos digitais ENgAGED (*EducatioNAl GamEs Development*). O ENgAGED é um processo iterativo de desenvolvimento de jogos para ensino de Computação, que envolve as etapas de Análise da Unidade Instrucional (UI), Projeto da UI, Desenvolvimento do jogo (análise, concepção, *design*, implementação e teste), Execução da UI e Avaliação da UI (Battistella e Wangenheim, 2016). O processo tem sido utilizado em diversas iniciativas por apoiar o desenvolvimento sistemático de jogos educacionais, contendo fases e atividades criadas com base na literatura do *design* instrucional, do *design* de jogos e em processos de desenvolvimentos de jogos educacionais

reportados nos últimos anos (Battistella e Wangenheim, 2016). Durante o processo, há a produção da Unidade Instrucional (UI), que é o conjunto de atividades organizadas em tópicos ou temas principais e apresentadas ao longo de uma disciplina. A Figura 3 apresenta uma visão geral do ENgAGED, contendo a breve descrição de algumas atividades de cada fase.

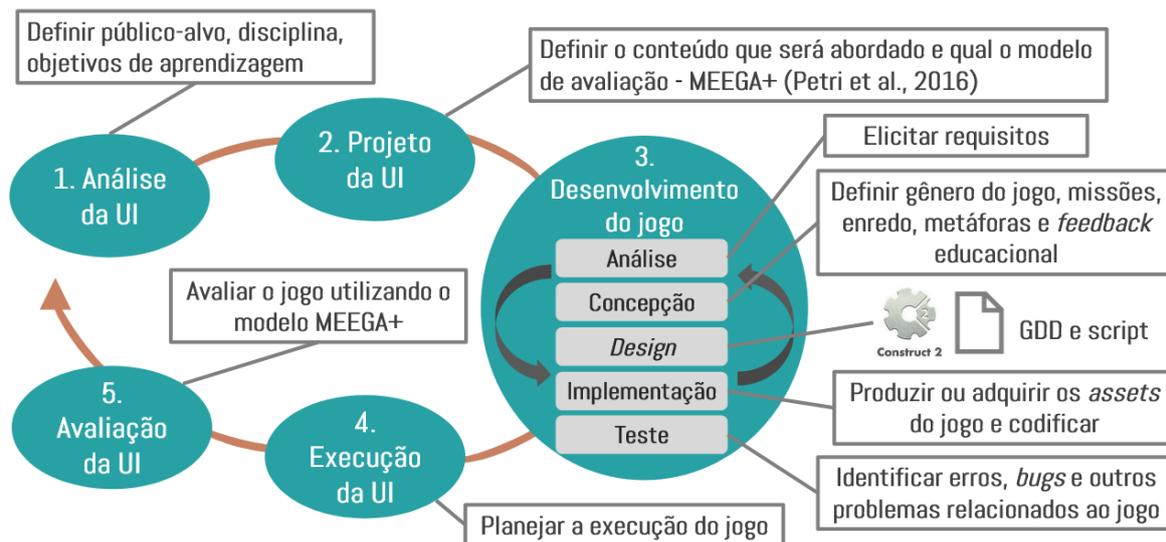


Figura 3: Processo ENgAGED. Baseado em Battistella e Wangenheim (2016).

No começo do desenvolvimento, algumas decisões quanto à abordagem do jogo foram definidas: (i) o jogo não pode ser difícil de se aprender a jogar, pois o intuito é que o aluno foque em aprender o conteúdo e não as mecânicas complexas do jogo; (ii) o conteúdo deve ser passado aos poucos para que o aluno possa, progressivamente, conhecer os conceitos e apreendê-los; (iii) o aluno deve entender as missões do jogo e como elas estão relacionadas ao conteúdo que está sendo ensinado; (iv) o jogador deve se sentir satisfeito ao completar as missões do jogo e sentir que está construindo o seu próprio aprendizado enquanto explora o mundo de fantasia do jogo; e (v) o ciclo de *feedbacks* deve ser viabilizado, ou seja, o jogador deve ser capaz de rever seus passos e analisá-los para então traçar uma nova estratégia em caso de fracasso, ou compreender a razão de não obter sucesso. No Apêndice I, são apresentadas todas as etapas do ENgAGED instanciadas para esta pesquisa, bem como as atividades realizadas em cada uma delas.

A Figura 4 apresenta o diagrama de telas e o fluxo do conteúdo que é ensinado durante as fases a partir do detalhamento apresentado no Apêndice I. Por meio de personagens, situações e elementos que vão sendo apresentados durante as fases do jogo, o jogador vai aprendendo os conceitos de ECOS. Como mostra a Figura 4, os conceitos pertinentes à plataforma do ECOS vão sendo apresentados no início (primeira e terceira *cutscene* e na fase 1), pois é nesse momento que o jogo dá ênfase à plataforma, quando apresenta a Árvore de ECOS, i.e., elemento do mundo do jogo que representa a plataforma do ECOS no mundo real. Na segunda *cutscene* e nas fases 2 e 3, o jogador aprende sobre alguns dos papéis em ECOS. Os ogros que estão invadindo a Vila Arco-íris (pertencente ao ecossistema da Árvore de ECOS), representam os *dominators*, pois estão extraindo valor e prejudicando o ecossistema. Para maior compreensão dos elementos e metáforas utilizadas, a próxima seção apresenta o jogo de forma mais detalhada.

controlar Pan na primeira fase do jogo. Os objetivos são mostrados assim que a fase começa. A Figura 5 mostra (a) o menu, (b) as instruções, (c) uma *cutscene* e (d) o objetivo da primeira fase.



Figura 5: (a) menu, (b) instruções, (c) *cutscene*, (d) objetivo da fase.

Jogo disponível para execução em: <https://thayd.itch.io/arvore-de-ecos>. Acesso em 23/março/2021.

Na primeira fase, o jogador deverá coletar os pergaminhos, realizar o ritual e coletar os frutos que serão dados pela Árvore de ECOS. O objetivo é apresentar que a plataforma de um ECOS possui funcionalidades agrupadas em módulos. Na segunda fase, Pan precisa salvar Sokka e lhe ensinar sobre os padrões para fazer os rituais para a Árvore de ECOS (esses rituais permitem que a Árvore tenha novas funcionalidades, como produzir os frutos para alimentar a população). Pan exerce o papel de evangelista nesse momento, sendo o responsável por passar o conhecimento sobre os rituais, capacitando e apoiando o novo membro no ecossistema. Ao longo da fase, o jogador enfrentará obstáculos fáceis como plataformas que flutuam e pedras que caem do céu.

Na próxima fase, Pan enfrenta um ogro, que representa o *dominator* em um ECOS, ou seja, os ogros estão extraíndo valor do ecossistema da Árvore de ECOS, uma vez que estão dominando as vilas e terras, como é o caso da Vila Arco-íris, e acabando com as plantações e os negócios. Ao derrotar o oponente, uma porta aparece e o jogador pode prosseguir. Na próxima *cutscene*, é contado que Pan conseguiu libertar a Vila Arco-íris dos ogros e agora o comércio de tintas mágicas (essenciais para a confecção dos pergaminhos) pode voltar ao normal, alavancando os negócios do ecossistema. A Figura 6 mostra (a) a primeira fase e (b) a luta contra o ogro.

Após vencer o ogro, Ártemis avisa que chegou o momento de Pan passar pelo teste de conhecimento. Todo teste é antecedido pelo mapa que mostra as áreas do ecossistema bem como as suas informações. A Figura 7 (a) apresenta o mapa do jogo. Os botões verdes, se clicados, mostram as descrições dos lugares (que são metáforas dos papéis dos atores em um ECOS). As informações sobre os locais são acrescentadas conforme o jogador avança para que não haja sobrecarga de conteúdo. Ao prosseguir, o jogador chega ao *quiz*, como mostra a Figura 7 (b).

Ao longo do jogo, existem quatro *quizzes* e eles têm o objetivo de reforçar os conceitos vistos nas fases e *cutscenes* anteriores. Todo *quiz* é composto por cinco questões de múltipla escolha que compreendem os conceitos vistos na fase anterior. É dado um *feedback* se o jogador acertou ou não, por meio do efeito sonoro e pela cor das respostas (correta em verde e erradas em

vermelho). A cada resposta correta, o jogador ganha cinco pontos de reputação, mas, se errar, não ganha os pontos. Como mecânica, os pontos de reputação influenciarão o final do jogo (há dois finais possíveis). O jogador ganha pontos de reputação sempre que acerta uma resposta no *quiz*, coleta um determinado item ou faz uma boa decisão no decorrer do jogo (essas decisões estão sempre embutidas em diálogos com os outros personagens da trama).

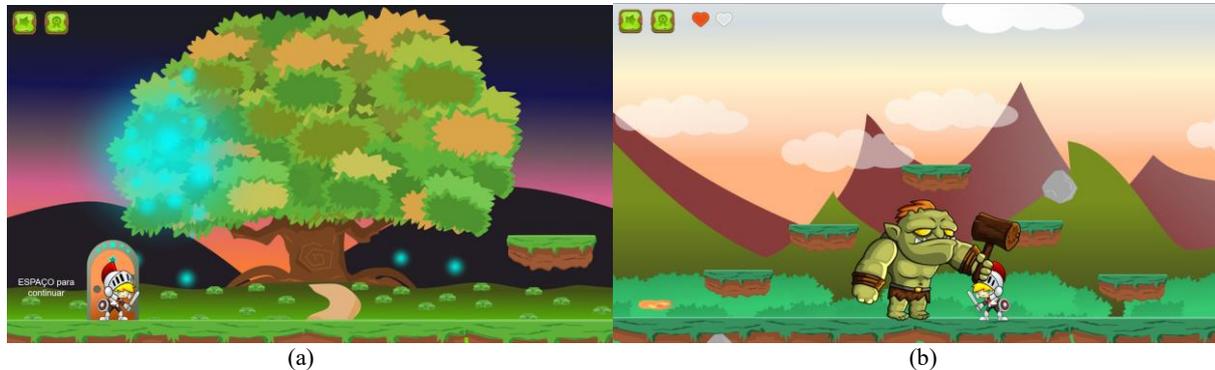


Figura 6: (a) primeira fase, (b) luta contra o ogro.



Figura 7: (a) mapa, (b) quiz.

Assim, os conceitos de ECOS são apresentados ao longo das fases e missões, por meio da história que é contada, dos personagens e dos elementos do mundo fictício de Aurora. As principais metáforas utilizadas para explicar alguns desses conceitos estão dispostas na Tabela 2. Algumas das analogias são feitas no desenrolar da história do jogo (e.g., ciclo de vida do ECOS), enquanto outras são mais evidentes (e.g., personagens que exercem papéis semelhantes aos atores de um ECOS). Conceitos de ECOS sobre tomada de decisão são explicados conforme o jogador realiza decisões ao longo do jogo. Decisões ruins levam à queda de reputação do ECOS e a menor prosperidade, ao passo que decisões boas levam ao oposto. Os *feedbacks* dessas decisões são dados ao jogador por meio dos diálogos com os personagens ou da história contada nas *cutscenes*.

5 Avaliação

Para a avaliação do jogo, selecionou-se o modelo MEEGA+ por abranger sete dimensões (**usabilidade, desafio, satisfação, diversão, atenção focada, relevância e percepção da aprendizagem**), conforme objetivo enunciado na Seção 1, e por ser o modelo indicado pelo processo de desenvolvimento ENgAGED adotado neste trabalho. Segundo Petri *et al.* (2017), o modelo tem o propósito de avaliar a percepção da qualidade em termos de experiência do jogador e percepção da aprendizagem do ponto de vista de alunos e instrutores, mais especificamente no contexto de cursos superiores da área de Computação.

Tabela 2: Metáforas do jogo.

Conceito de ECOS	Elemento do Jogo
Plataforma do ECOS	No jogo, a árvore apresenta características de uma plataforma de ECOS.
<i>Keystone</i>	O personagem Pan, que busca o melhor para o ecossistema.
<i>Dominator</i>	Os ogros que invadem as terras e tentam extrair valor do ecossistema.
Revendedor que agrega valor e cliente	Cidade de Jade. Adiciona magia às armas produzidas pela Vila dos Mineradores e depois as revende. Como cliente, faz solicitações de novos rituais para a árvore.
Desenvolvedor interno	Sokka. O personagem desenvolve pergaminhos mágicos para a árvore.
Desenvolvedor externo	Tribo Mágica do Sul. Externa ao ecossistema gerado em torno da árvore e desenvolvedora de extensões.
Evangelista	Pan. Dá suporte aos novos desenvolvedores.
Fornecedor	Vila Arco-íris. Fornece tinta mágica para a confecção dos pergaminhos.
Compartilhamento de informações	Pilares mágicos que permitem o compartilhamento de artefatos e a troca de informações.
Ciclo de vida do ECOS (nascimento, expansão, liderança e autorrenovação)	As características de cada ciclo são apresentadas ao jogador por meio de seu avanço e o desenrolar da trama.
Indicadores de saúde do ECOS (robustez, produtividade e criação de nicho)	Os indicadores são apresentados ao jogador por meio de seu avanço e o desenrolar da trama. O último nível do jogo aborda, em maiores detalhes, o indicador “robustez”.
Reputação do ECOS	Pontuação do jogador. A realização de boas decisões no decorrer do jogo faz com que o jogador consiga mais reputação para o ecossistema.

5.1 Planejamento

Na etapa de planejamento, foram estabelecidos e definidos três grupos para fazerem parte da avaliação. O primeiro grupo foi formado por cinco (5) alunos de graduação (1) e de pós-graduação (4) em Sistemas de Informação do Laboratório de Engenharia de Sistemas Complexos (LabESC) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro e cursam uma disciplina optativa com conteúdo específico sobre ECOS, denominada Engenharia de Sistemas Complexos. Esse grupo possui experiência prévia moderada em ECOS e é referenciado como grupo 1 (experiência moderada). O segundo grupo foi formado por onze (11) alunos da disciplina de Tópicos de Programação do segundo ano do curso de Informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia. Esse grupo não possui experiência prévia em ECOS e é referenciado como grupo 2 (nenhuma experiência). O terceiro grupo foi formado por vinte e sete (27) alunos da disciplina de Projeto e Construção de Sistemas do terceiro ano do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Durante algumas aulas, os alunos têm contato com o tema ECOS como tópicos avançados de ES. Esse grupo possui baixa experiência prévia em ECOS e é referenciado como grupo 3 (baixa experiência).

Ainda na etapa de planejamento, houve a elaboração do termo de consentimento livre esclarecido e as perguntas do questionário MEEGA+ (Petri *et al.*, 2017) foram incluídas em um questionário eletrônico. Por se tratar de um jogo *single player*, que não atende aos requisitos de interação social do modelo, não foram incluídas nos questionários as perguntas associadas à avaliação da interação dos participantes com outros jogadores, que correspondem a três perguntas

do modelo. Assim, o questionário conta com sete questões referentes às informações demográficas, sendo seis delas padrão do modelo (instituição, curso, disciplina, faixa etária, sexo e com que frequência o participante costuma jogar jogos digitais) e uma questão elaborada pelos autores para saber se o participante possuía conhecimento prévio no tema ECOS. Além das informações demográficas, o questionário possui nove questões fechadas relativas à usabilidade do jogo e padrões do modelo MEEGA+, sendo duas relativas à subdimensão estética, três para aprendizibilidade (se o jogo é fácil de se aprender a jogar), duas para operabilidade e duas para acessibilidade. O questionário também conta com 20 questões fechadas relativas à experiência do jogador, sendo três para a dimensão desafio, quatro para satisfação, duas para diversão, três para atenção focada, quatro para relevância e quatro para percepção da aprendizagem.

Apenas as duas questões fechadas finais, relativas à percepção da aprendizagem, foram elaboradas exclusivamente para essa avaliação, sendo todas as outras questões no formato padrão do modelo MEEGA+. O próprio modelo indica que as perguntas referentes aos objetivos de aprendizagem devem ser confeccionadas conforme a proposta de cada jogo. Para este trabalho, foram elaboradas as seguintes perguntas: “*O uso das metáforas durante o jogo contribuiu para entender conceitos básicos de ecossistemas de software?*” e “*O quiz realizado ao final de cada etapa ajudou a fixar conceitos básicos de ecossistemas de software?*”. Por fim, o questionário apresenta três (3) questões abertas e padrões do modelo utilizado, para saber o que mais os jogadores gostaram no jogo, o que poderia ser melhorado e se o jogador gostaria de fazer algum comentário. O questionário foi disponibilizado na ferramenta *Google Forms*. O modelo MEEGA+ utiliza as respostas das questões fechadas seguindo a escala de Likert de cinco pontos: “discordo totalmente” (-2), “discordo” (-1), “nem discordo, nem concordo” (0), “concordo” (+1) e “concordo totalmente” (+2).

5.2 Execução e Resultados

A avaliação do jogo ocorreu em dois dias diferentes com os três grupos citados anteriormente. A primeira avaliação ocorreu no dia 25 de abril de 2019 e contou com a participação de cinco (5) alunos do grupo 1 (experiência moderada) e um instrutor responsável por orientar os alunos durante a execução da avaliação e realizar as anotações das reações e *feedbacks* dados pelos alunos. Durou aproximadamente 50 minutos, divididos em 45 minutos para o jogo e cinco minutos para o questionário. A segunda avaliação ocorreu no dia 25 de abril de 2019 e contou com a participação de onze (11) alunos do grupo 2 (nenhuma experiência) e um instrutor. A terceira e última avaliação ocorreu no dia 26 de abril de 2019 e contou com a participação de vinte e sete (27) alunos do grupo 3 (baixa experiência). A avaliação contou com dois instrutores e durou aproximadamente 45 minutos, divididos em 35 minutos para o jogo e dez minutos para o questionário. Destaca-se que não houve limitação de tempo para as avaliações. No início de todas as avaliações, os instrutores explicaram aos alunos a proposta do jogo, disponibilizaram o *link* do formulário e deram as devidas orientações quanto à execução da avaliação. A Figura 8 apresenta uma foto do dia da avaliação com o grupo 3 (baixa experiência).

Após a execução da avaliação, os dados foram organizados e analisados. Para os fins deste estudo, foram analisadas as sete dimensões, citadas anteriormente, do modelo MEEGA+, considerando o escopo do jogo. O tratamento dos dados foi feito para cada um dos grupos de forma separada, seguindo a técnica de *design de experimentos* conhecida como bloco (Wöhlin *et al.*, 2012). O bloco é usado para eliminar sistematicamente o efeito indesejado na comparação entre os tratamentos. Dentro de um bloco, o efeito indesejado é o mesmo e podemos estudar o efeito dos tratamentos naquele bloco. Essa técnica aumenta a precisão do experimento. Isso ocorre na avaliação do jogo, pois os participantes têm experiências diferentes quanto ao conhecimento prévio em ECOS. Buscamos minimizar o efeito da experiência, agrupando os participantes em três grupos (blocos) separados pelo nível de experiência prévia em ECOS.



Figura 8: Registro da avaliação do jogo com o grupo 3.

Na Figura 9, são apresentados os gráficos sumarizando os dados demográficos que caracterizam cada um dos três grupos que participaram da avaliação do jogo. Em seguida, nas Figuras 10, 11 e 12, são mostrados os resultados obtidos pela experiência com o jogo para cada um dos três grupos, que são discutidos na Subseção 5.3. A seguir, são apresentadas algumas percepções reportadas pelos participantes no contexto das questões abertas de *feedback*.

No contexto do grupo 1 (experiência moderada), quanto às questões discursivas, na pergunta “O que você mais gostou do jogo?”, a maioria dos alunos mencionou a estética (som e visual) e alguns mencionaram o roteiro e o contexto do jogo:

“O visual do jogo é lindo, assim como o roteiro e a música” [Aluno 03]

“A interface me surpreendeu, esperava algo mais "enxuto" mas encontrei um jogo muito bem feito” [Aluno 04]

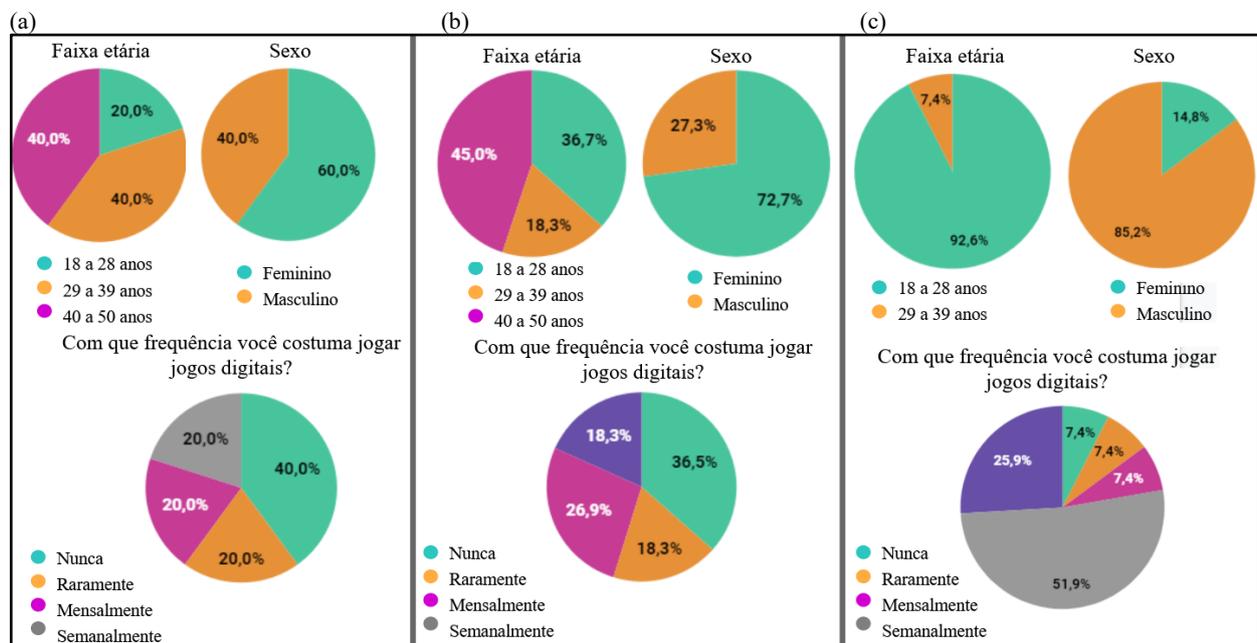


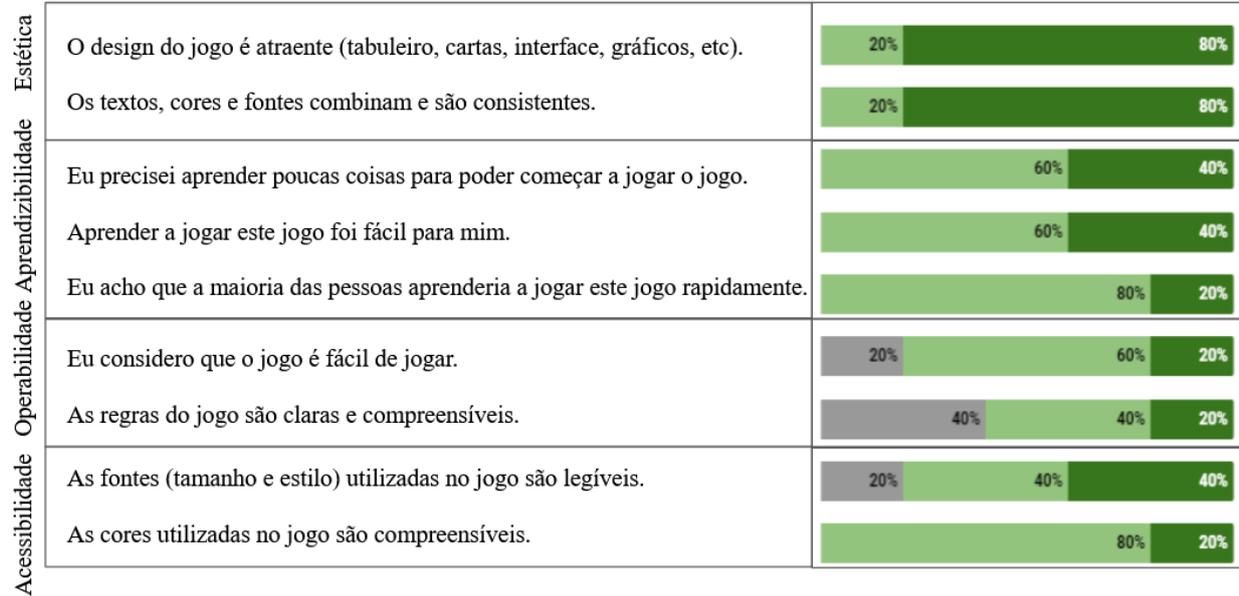
Figura 9: (a) grupo 1 (experiência moderada), (b) grupo 2 (nenhuma experiência) e (c) grupo 3 (baixa experiência)

Quanto à pergunta “O que poderia ser melhorado no jogo?”, alguns alunos do grupo 1 mencionaram a necessidade de acomodar a dificuldade para quem não está habituado a jogar e diversificar as mecânicas:

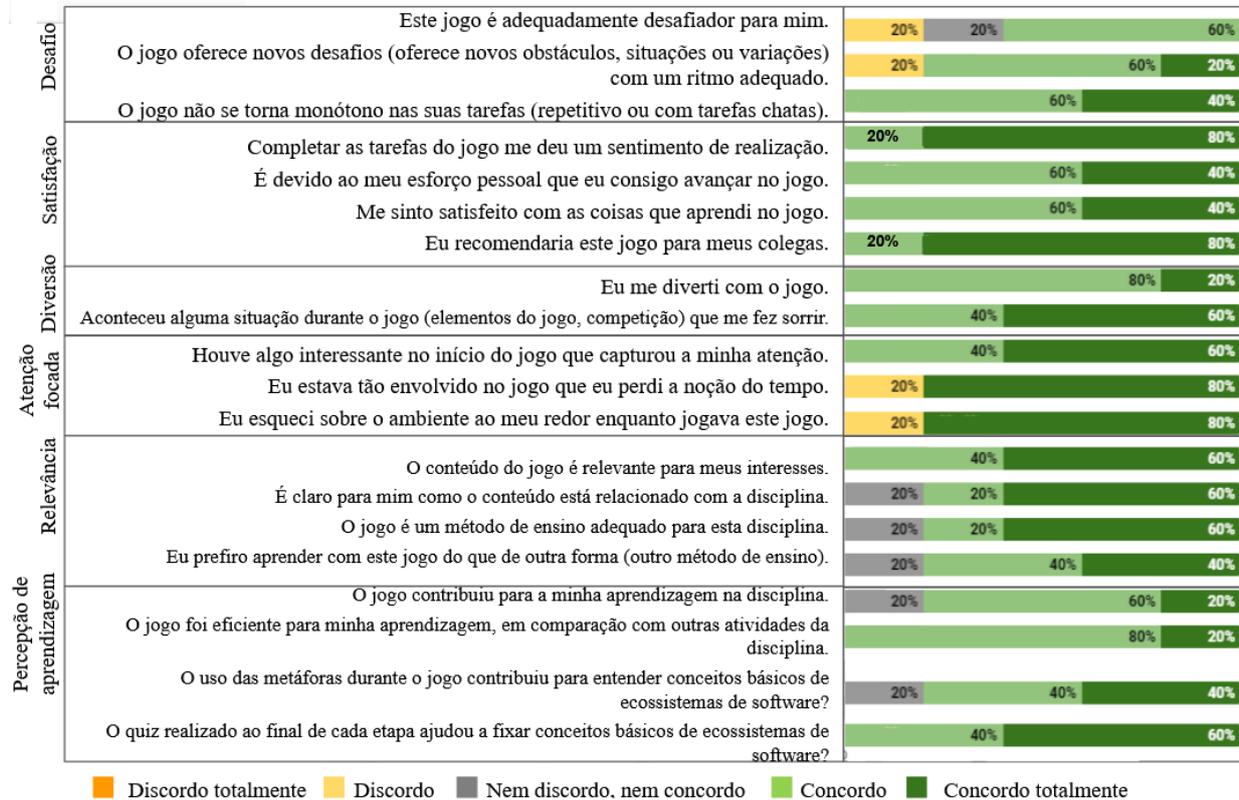
“Talvez mais estratégias para a realizações das ações do personagem” [Aluno 02]

“A etapa com a temporização podia ser um pouco maior para o caso de pessoas com pouca experiência em jogos” [Aluno 03]

USABILIDADE



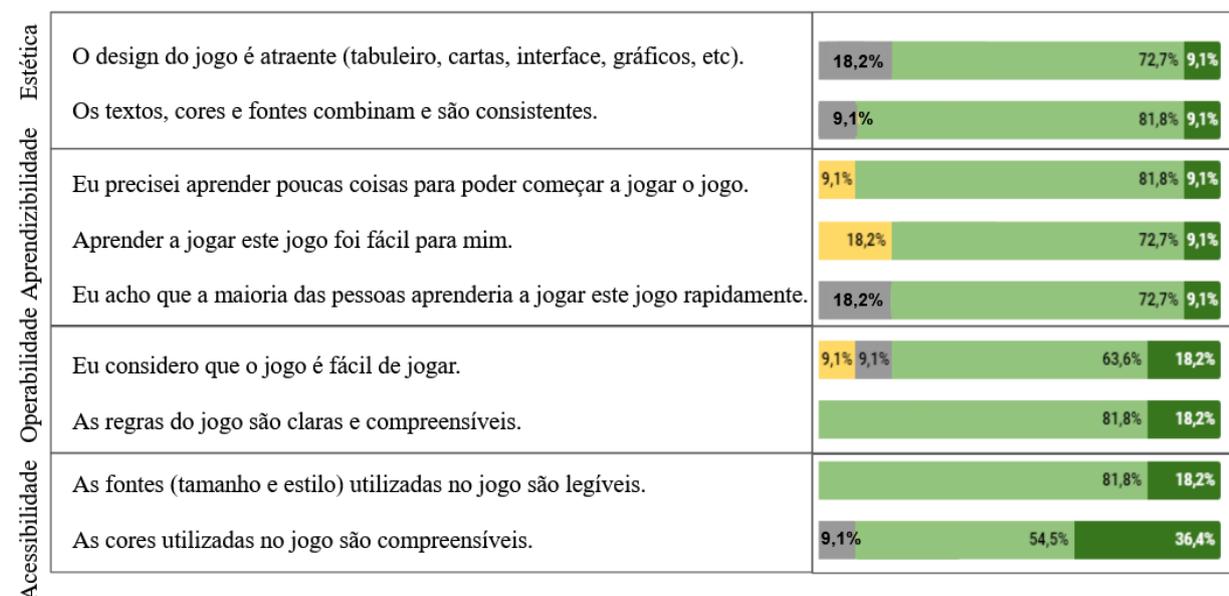
EXPERIÊNCIA DO JOGADOR



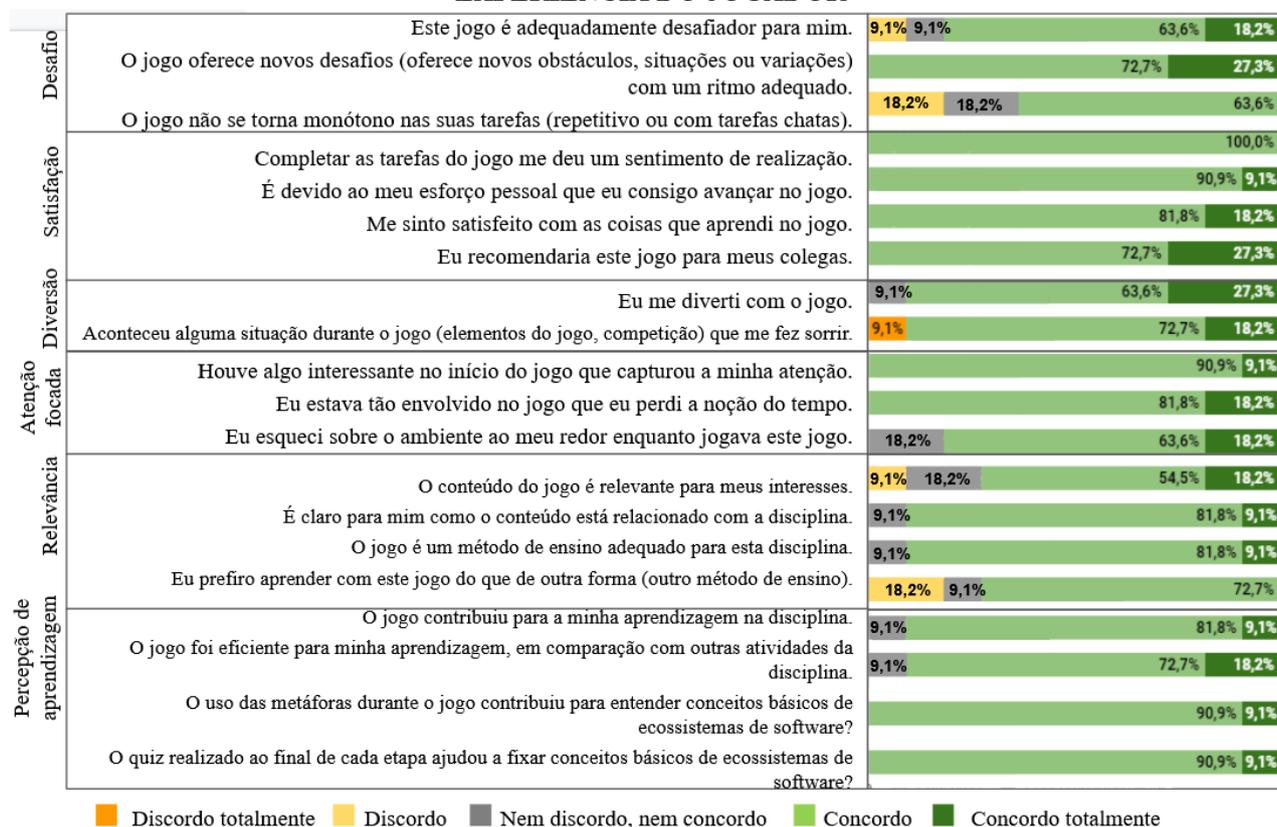
■ Discordo totalmente
 ■ Discordo
 ■ Nem discordo, nem concordo
 ■ Concordo
 ■ Concordo totalmente

Figura 10: Gráfico de resultados das experiências dos alunos do grupo 1 (experiência moderada).

USABILIDADE



EXPERIÊNCIA DO JOGADOR

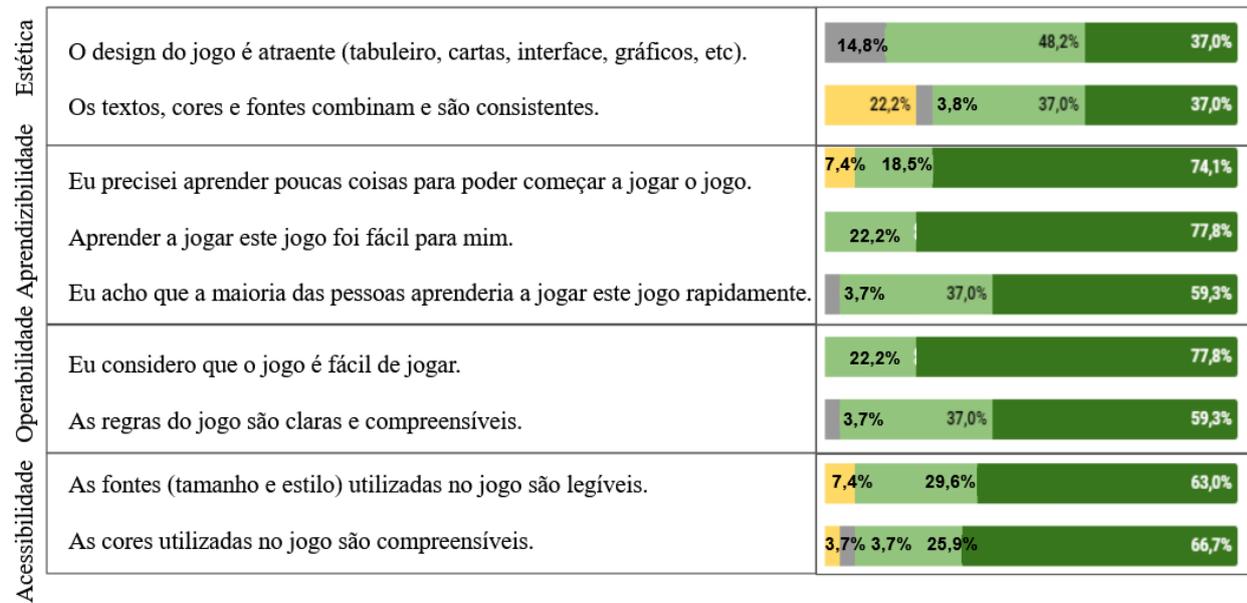


■ Discordo totalmente
 ■ Discordo
 ■ Nem discordo, nem concordo
 ■ Concordo
 ■ Concordo totalmente

Figura 11: Gráfico de resultados das experiências dos alunos do grupo 2 (nenhuma experiência).

No contexto do grupo 2 (nenhuma experiência), quanto às questões abertas, na pergunta “O que você gostou no jogo?”, a maioria mencionou os desafios do jogo. Na pergunta “O que poderia ser melhorado no jogo?”, foi interessante perceber que alguns alunos mencionaram os ogros (maior quantidade de ogros e com mais vida para que o duelo possa demorar mais). De modo geral, os alunos deste grupo gostaram muito da experiência oferecida pelo jogo *Árvore de ECOS* e da metáfora utilizada para o ensino dos conceitos de ECOS.

USABILIDADE



EXPERIÊNCIA DO JOGADOR

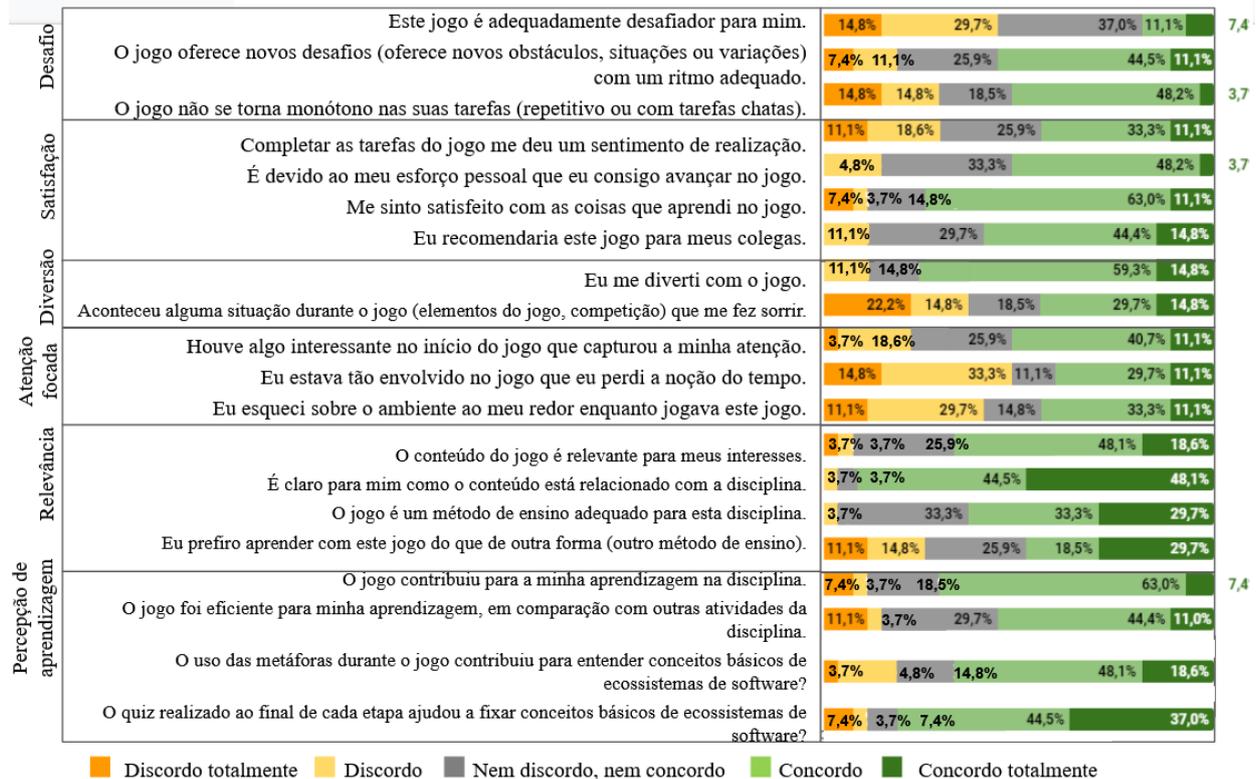


Figura 12: Gráfico de resultados das experiências dos alunos do grupo 3 (baixa experiência).

Por fim, no contexto do grupo 3 (baixa experiência), que proveu um *feedback* muito detalhado, dividiu-se as respostas em algumas categorias (uma resposta pode ser classificada em mais de uma categoria) para fazer a análise das questões abertas. Foi possível perceber que a estética do jogo foi o que mais agradou, seguida pelas metáforas (analogias entre o mundo fictício e os conceitos de ECOS) e o enredo. Algumas citações são apresentadas a seguir:

“Visual e música” [Aluno 03]

“A temática do mesmo, conseguiu utilizar metáforas fáceis de entender” [Aluno 01]

“As metáforas relacionadas com objetos do mundo de fantasia clássica” [Aluno 10]

“A forma como o enredo e as metáforas conseguiram trazer um tema difícil de forma lúdica e leve dentro do possível” [Aluno 22]

“A forma que o conteúdo foi mostrado no jogo de forma lúdica e descontraída, tornando o assunto relativamente mais fácil de compreender” [Aluno 26]

“Gostei da proposta e do enredo do jogo” [Aluno 21]

Foi interessante perceber que 8,8% dos alunos, do grupo 3, citaram as referências a outros jogos e obras que o jogo faz. É importante levar em consideração até que ponto o fato de um jogo “dialogar” com o “mundo” dos alunos pode fazer com que eles se interessem mais pelo jogo:

“Gostei da referencia a avatar” [Aluno 14]

“das referências semi sutis a outros jogos e obras, como Life is Strange” [Aluno 24]

Com relação aos pontos que poderiam ser melhorados no jogo, a mecânica foi o mais citado, seguido pela explicação dos termos técnicos. É importante ressaltar que, embora as metáforas tenham sido elogiadas, alguns alunos reportaram que o jogo não conseguiu explicar alguns termos técnicos de ECOS de forma eficaz (e.g., os alunos entendem que existe uma organização interessada no sucesso do ecossistema, mas não sabiam que é o *Keystone* do ECOS). Uma opção é adicionar os termos técnicos à narrativa do jogo quando o assunto for apresentado. Algumas citações sobre as mecânicas e os termos técnicos são apresentadas a seguir.

“Acho que poderia ser mais desafiador (mecanicamente falando)” [Aluno 03]

“Mecânica é simples. Não é envolvente” [Aluno 15]

“Introdução de "jump attack" e mais alguns inimigos para usar os ataques. O aspecto do combate é um pouco subutilizado” [Aluno 24]

“Em um momento o jogo faz uso de metáforas e no momento seguinte ele faz uso dos termos reais” [Aluno05]

“Nos momentos de quiz, às vezes o jogo usa termos que não foram apresentados dentro do jogo anteriormente. Para alguém da área pode ser fácil de compreender, porém para outras pessoas não” [Aluno 26]

Acerca da correção de *bugs*, a maioria citou o *bug* em que o jogador “desliza” para a frente ao terminar de dialogar com certos NPC. Inclusive, este *bug* foi citado por um dos instrutores como um dos fatores que fizeram os alunos sorrirem e que eles deram o nome de “*moonwalk*” ao *bug*, uma vez que o personagem pode deslizar para trás, mas ainda sim “olhando” para a frente. Quanto aos controles, a maioria observou que seria melhor usar a mesma tecla para passar os textos e os objetivos do jogo, dado que, em um momento, se utiliza a tecla ENTER e, em outro, a barra de espaço. As reclamações quanto ao som/música foram em relação a sempre tocar a mesma música durante as *cutscenes*.

Por fim, outro ponto importante a ser levado em consideração é que dois alunos do grupo 3 citaram que seria interessante que o jogo proporcionasse formas diferentes de resolver o *quiz* e aplicar o conhecimento adquirido. Ou seja, ao invés de perguntas e respostas, poderiam ser criadas situações em que o jogador possa aplicar o conhecimento de forma mais criativa e lúdica:

“Formas diferentes de resolver um quiz (tendo que enfrentar monstros, coletando itens específicos, interagindo com NPC's etc.)” [Aluno 12]

“Mais liberdade para aplicar o conhecimento adquirido” [Aluno 14]

5.3 Discussão

Por meio da análise dos resultados, foi possível perceber que, nos três grupos, a dimensão **usabilidade** foi muito bem avaliada, ou seja, o *design* do jogo é atraente, os textos, cores e fontes são consistentes, o jogo é fácil de se aprender a jogar e as regras são claras e compreensíveis. Na dimensão **desafio**, os alunos do grupo 3 (baixa experiência), de uma forma geral, não acharam o jogo desafiador. Isso pode estar relacionado à menor faixa etária desse grupo. Devido à grande disseminação dos jogos nos últimos anos, pessoas mais jovens costumam jogar com mais frequência, apresentando maior habilidade quanto às mecânicas (pular em plataformas em movimento, desviar de pedras que caem do céu, enfrentar ogros etc.). Como o jogo apresenta obstáculos fáceis, não se torna tão desafiador para esse perfil.

Quanto ao jogo não ser monótono, embora os grupos 1 (experiência moderada) e 2 (nenhuma experiência) tenham avaliado de forma positiva, muitos alunos do grupo 3 (baixa experiência) acharam o jogo monótono. Isso pode estar relacionado com a habilidade nas mecânicas e a quantidade de *cutscenes*. Os jogadores de maior habilidade completam os desafios das fases de forma rápida e acabam assistindo mais *cutscenes* do que jogando, o que abre oportunidades para evolução do jogo. Ou seja, embora a matéria seja extensa e muito teórica, o jogo deve proporcionar outras formas de explicar o conteúdo para além das *cutscenes* e dos diálogos com os NPC.

A dimensão **satisfação** foi muito bem avaliada pelos alunos dos grupos 1 (experiência moderada) e 2 (nenhuma experiência). Para esses dois grupos, o jogo traz um sentimento de realização ao completar as tarefas do jogo, os alunos entendem que é devido ao seu esforço que conseguem avançar, se sentem satisfeitos com o que aprenderam e recomendariam o jogo aos colegas. Por sua vez, o grupo 3 (baixa experiência) apresentou muita indiferença nesses quesitos, mas ainda assim a positividade prevaleceu, mesmo com uma margem pequena. Uma vez que os alunos acham os desafios do jogo muito fáceis, não se sentem realizados ao completarem e nem sentem que é devido ao seu esforço que conseguem avançar no jogo. De todo modo, 74,1% se sentem satisfeitos com os conteúdos que aprenderam no jogo.

Na dimensão **diversão**, embora os três grupos, de forma geral, tenham concordado que se divertiram, os dois primeiros avaliaram de forma melhor. Na dimensão **atenção focada**, a maioria dos alunos do grupo 1 (experiência moderada) concordaram totalmente sobre estarem imersos e os alunos do grupo 2 (nenhuma experiência) também avaliaram muito bem a imersão. Por sua vez, os alunos do grupo 3 (baixa experiência) avaliaram o quesito imersão de forma negativa, mostrando que não conseguiram ficar muito envolvidos com o jogo. O fato de alguns alunos não terem trazido fone, conforme as orientações prévias, pode ter contribuído, pois os aspectos sonoros são essenciais para o envolvimento e imersão em jogos.

De forma geral, as avaliações dos alunos dos grupos 1 e 2 foram positivas quanto à dimensão **relevância**. Quanto à **percepção de aprendizagem**, no grupo 1 (experiência moderada), 80% dos alunos concordaram e 20% concordaram totalmente sobre o jogo ser eficiente para a aprendizagem em comparação com outras atividades da disciplina. Ainda no grupo 1, 40% dos alunos concordaram e 40% concordaram totalmente sobre as metáforas contribuírem para o entendimento dos conceitos básicos de ECOS, ao passo que 40% concordaram e 60% concordaram totalmente que o *quiz* do jogo ajuda a fixar os conceitos básicos.

Embora o grupo 1 possua apenas 5 integrantes, isso traz indícios de que o jogo cumpre os seus objetivos quanto à percepção de aprendizagem em um grupo no qual todos estão cursando uma disciplina sobre ECOS. No grupo 2 (nenhuma experiência), 81,8% concordaram sobre o jogo contribuir para a aprendizagem dos conceitos. 90,9% dos participantes concordaram e 9,1% concordaram totalmente que as metáforas utilizadas no jogo contribuíram para a aprendizagem de conceitos básicos de ECOS e que o *quiz* ajudou a fixar os conceitos aprendidos. Isso traz indícios

de que o jogo consegue transmitir os conceitos de ECOS de forma aceitável, mesmo em uma turma que não está habituada a conceitos mais avançados e/ou novos da área de Computação.

No grupo 3 (baixa experiência), 63% concordaram sobre o fato do jogo contribuir para a aprendizagem dos conceitos, mas 18,5% foram indiferentes quanto a isso. Sobre o jogo ser eficiente em comparação com outras atividades, 29,7% foram indiferentes, mas 44,4% concordaram e 11% concordaram totalmente. Quanto às metáforas contribuírem para o entendimento dos conceitos básicos de ECOS, 48,1% concordaram e 18,6% concordaram totalmente. 44,5% concordaram e 37% concordaram totalmente que o *quiz* ajuda a fixar os conceitos básicos. Os resultados do grupo 3 podem estar relacionados com a faixa etária e a frequência com que jogam jogos digitais. Sendo o jogo proposto muito fácil para eles, não tiveram interesse ou conseguiram imergir no jogo.

Um dos instrutores relatou que um dos alunos sugeriu que houvesse como pular os textos das *cutscenes*. Isso mostrou uma falta de interesse do aluno pelo tema ensinado, como pode acontecer em todo curso que tem diversos conteúdos, uma vez que a história contada nas *cutscenes* apresenta e reforça alguns dos conceitos de ECOS. É importante ressaltar que, embora o modelo utilizado seja baseado na percepção de aprendizagem do aluno, os instrutores relataram que muitos deles conseguiram visualizar o melhor final do jogo, o que depende diretamente da pontuação obtida no acerto dos *quizzes* e das escolhas realizadas ao longo do jogo (que estão relacionadas ao entendimento de alguns conceitos de ECOS).

Nos quesitos relacionados à diversão, imersão e jogabilidade, o jogo não se mostrou tão eficaz para o grupo 3 quanto para os grupos 1 e 2. Os alunos esperam jogos mais complexos, muito mais imersivos e que apresentem diversas mecânicas. Além disso, muitos foram indiferentes quanto a preferirem o jogo a outros métodos de ensino. O fato dos alunos jogarem com muita frequência fez com que fossem muito mais críticos sobre a diversão e a satisfação. O grupo 3 foi a que mais apresentou formas de melhorar o jogo, apresentando ótimas ideias, como a redução de textos e *cutscenes*, mais desafios, mecânicas e tarefas que substituam o *quiz*. Todas as considerações estão sendo levadas em consideração para a nova versão do jogo.

6 Conclusão

A evolução tecnológica tem afetado como o desenvolvimento de software tem acontecido (Meiros e Bonifácio 2015). Novos paradigmas e tendências têm surgido buscando atender às exigências de um mercado cada vez mais dinâmico, com sistemas complexos, de larga escala e de longo prazo, que se integram para satisfazer necessidades de clientes e usuários. Nesse sentido, a área de ES tem buscado lidar com uma gama de novos conhecimentos do mercado. Além disso, o constante surgimento de conceitos e os avanços e mudanças no processo de desenvolvimento de software tornam o ensino de ES desafiador. Dessa forma, a área tem buscado alternativas, entre as quais o uso de jogos educacionais. Embora os jogos sejam explorados de forma intensa na área, a grande maioria ainda foca em tópicos mais tradicionais de ES, deixando de lado temas emergentes como ECOS, foco desta pesquisa. Esse tema tem ganhado destaque na indústria e levantado diversas pesquisas na área. Além disso, como percebido por Coutinho *et al.* (2018), o ensino de ECOS na disciplina pode agregar valor às demais áreas da ES.

Nesse sentido, alinhando o uso de jogos educacionais em ES ao tema ECOS que, por ser novo, ainda é pouco explorado no ensino, este artigo apresentou a pesquisa referente a um jogo para auxiliar o ensino de conceitos básicos de ECOS, denominado Árvore de ECOS. Seguiu-se o processo de desenvolvimento de jogos educacionais ENgAGED. Após o desenvolvimento, ocorreu a etapa de avaliação. Esta etapa ocorreu em três turmas diferentes. Por meio da análise dos resultados, foi possível perceber que, na percepção dos alunos, o jogo consegue ensinar, por meio de suas metáforas e *quizzes*, alguns conceitos básicos de ECOS. Porém, o fato do jogo

apresentar mecânicas simples e tarefas fáceis fez com que fosse bem recebido por um público que não tem o costume de jogar, mas pouco atrativo para um público que joga com muita frequência. A usabilidade foi a dimensão mais bem avaliada, mostrando que o *design* do jogo é atraente, as regras são claras e é fácil de se aprender a jogar o jogo. Além disso, os alunos que não costumam jogar acharam que o jogo é um método de ensino adequado e divertido.

Este trabalho apresenta limitações quanto ao desenvolvimento e à avaliação do jogo. Em relação ao desenvolvimento do jogo, foi considerado o entendimento dos conceitos de ECOS pelo pesquisador que desenvolveu o trabalho e o jogo. Para diminuir esta limitação, dois especialistas em ECOS avaliaram as definições utilizadas no jogo. Além disso, a falta de experiência com a produção de *assets* fez com que o tempo de elaboração dos cenários e *cutscenes* aumentasse, o que levou muito tempo no desenvolvimento. Em relação à avaliação, o grupo 1 (experiência moderada) consistia em apenas cinco (5) alunos, um número muito pequeno para uma validação mais consistente. Além disso, um dos três grupos avaliados não cursava disciplina que ensinava especificamente ECOS, ficando difícil avaliar as dimensões que relacionam o conteúdo do jogo com o conteúdo da disciplina. Outro fator importante é que, no grupo da 3 (baixa experiência), alguns alunos não levaram os fones de ouvido conforme orientado e não puderam escutar as músicas e efeitos sonoros do jogo. Os aspectos sonoros são essenciais para o envolvimento e imersão do jogo, ficando difícil analisar se isso afetou a dimensão atenção focada.

Como trabalhos futuros, pretende-se evoluir o jogo com base nos resultados obtidos na avaliação realizada. Adicionalmente, pretende-se adicionar novas mecânicas e desafios, além da substituição do *quiz* (quando possível) por situações no jogo que façam com que o jogador possa aplicar os conceitos aprendidos. Essa nova versão do jogo também deverá ser avaliada. Pretende-se realizar novas avaliações com outros grupos a fim de verificar a interferência de outros aspectos como características regionais, perfil do curso, estágio da turma e conteúdo da disciplina, além da utilização de outras formas de avaliação (não apenas o MEEGA+).

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro parcial da UNIRIO (Edital PPQ/2020), da FAPERJ (Proc. 211.583/2019) e da FAPEMA (UNIVERSAL-00745/19) para realização desta pesquisa.

Referências

- Andrade, R. V. C. L, Alves, C. F., Valença, G. (2015). An Analysis of Dynamic Strategies during the Lifecycle of Software Ecosystems: The DS-SECO Model, *In Proceedings of the 9th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems – WDES* (pp. 57-64). SBC. [[GS Search](#)]
- Battistella, P. E. e Wangenheim, C. G. Von. (2016). ENgAGED: Um Processo de Desenvolvimento de Jogos para Ensinar Computação, *In SBIE – Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE* (pp. 380-389), SBC. DOI: [10.5753/cbie.sbie.2016.380](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.380) [[GS Search](#)]
- Battistella, P. E., Wangenheim, C. G. Von e Fernandes, J. M. (2014). Como jogos educacionais são desenvolvidos? Uma revisão sistemática da literatura, *In Anais XXII Workshop sobre Educação em Computação – WEI* (pp. 1445-1454). SBC. [[GS Search](#)]
- Bosch, J. (2009). From Software Product Lines to Software Ecosystem, *In Proceedings of 13th International Software Product Line Conference – SPLC* (pp. 111-119). ACM. [[GS Search](#)]

- Coutinho, E. F., Santos, I., Moreira, L. O. e Bezerra, C. I. M. (2018). Um Estudo Preliminar de Ecossistemas de Software na Disciplina Engenharia de Software, *In Anais do XXIV Workshop de Informática na Escola – WIE* (pp. 21-30). SBC. DOI: [10.5753/cbie.wie.2018.21](https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2018.21) [GS Search]
- Dhungana, D., Groher, I., Schludermann, E. e Biffel, S. (2010). Software ecosystems vs. natural ecosystems: learning from the ingenious mind of nature, *In Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume – ECSA* (pp. 96–102). ACM. DOI: [10.1145/1842752.1842777](https://doi.org/10.1145/1842752.1842777) [GS Search]
- Farias, F., Moreira, C., Coutinho, E. e Santos, I. S. (2012). iTest Learning: Um Jogo para o Ensino do Planejamento de Testes de Software, *In Anais do V Fórum de Educação em Engenharia de Software – FEES* (pp. 1-8). SBC. [GS Search]
- Ferreira, T., Viana, D., Fernandes, J. e Santos, R. P. (2018a). Identifying emerging topics and difficulties in software engineering education in Brazil, *In Proceedings of the XXXII Brazilian Symposium on Software Engineering – SBES* (pp. 230-239). ACM. DOI: [10.1145/3266237.3266247](https://doi.org/10.1145/3266237.3266247) [GS Search]
- Ferreira, T., Fernandes, J., Rivero, L., Viana, D. e Santos, R. P. (2018b). Quando os Desenvolvedores Desabafam: Análise de Sentimentos sobre os Comentários em Ecossistemas de Software de Duas Game Engines, *In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital – SBGames* (pp. 1559-1565), SBC. [GS Search]
- Ferreira, T. S. D., Fernandes, J., Viana, D., Rivero, L. e Santos, R. P. (2018c). AdventureSECO: Jogo Educacional para o Ensino de Conceitos sobre Ecossistemas de Software, *In Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE* (pp. 1798-1800), SBC. DOI: [10.5753/cbie.sbie.2018.1798](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.1798) [GS Search]
- Glasmann, M., Kanstrup, A. M. e Ryberg, T. (2010). Design and Exploration of a Mobile Game Scenario in a Diabetic Youth Camp, *In Proceedings of the IADIS International Conference Mobile Learning* (pp. 132-140). IADIS. [GS Search]
- Leite, D. R. A., Delfino, S. S., Mélo, C. B., Medeiros, Á. F. e de Andrade, H. G. R. (2015). GSPROJECTS - Ambiente para simulação da gestão de projetos de software, *In Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação – WEI* (pp. 256-265). SBC. [GS Search]
- Lima, T., Barbosa, G., Santos, R. P. e Werner, C. (2014). Uma Abordagem Socio-técnica para Apoiar Ecossistemas de Software. *iSys – Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, vol. 7, n. 3, pp. 19-37, DOI: [10.5753/isys.2014.255](https://doi.org/10.5753/isys.2014.255) [GS Search]
- Lino, J., Paludo, M., Binder, F., Reinehr, S. e Malucelli, A. (2015). Project management game 2D (PMG-2D): A serious game to assist software project managers training, *In Proceedings of the 2015 IEEE Frontiers in Education Conference – FIE* (pp. 1-8). IEEE. DOI: [10.1109/FIE.2015.7344168](https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344168) [GS Search]
- Manikas, K. (2016). Revisiting Software Ecosystems Research: A Longitudinal Literature Study. *The Journal of Systems and Software*, vol. 117, July 2016, pp. 84-103. DOI: [10.1016/j.jss.2016.02.003](https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.02.003) [GS Search]
- Martins, J. S. (2007). *Projetos de Pesquisa: Estratégias de Ensino e Aprendizagem em Sala de Aula*. Armazém do Ipê (Autores Associados), 2ª edição.
- Mattar, J. e Nesteriuk, S. (2016). Estratégias do Design de Games que podem ser incorporadas à Educação a Distância. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 19, n. 2, pp. 91-106. [GS Search]

- Meireles, M. A. C. e Bonifácio, B. A. (2015). Uso de Métodos Ágeis e Aprendizagem Baseada em Problema no Ensino de Engenharia de Software: Um Relato de Experiência, *In Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE* (pp. 180-189). SBC. DOI: [10.5753/cbie.sbie.2015.180](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.180) [GS Search]
- Petri, G., Wangenheim, C. G. Von e Borgatto A. F. (2017). Evolução de um Modelo de Avaliação de Jogos para o Ensino de Computação, *In XXV Workshop sobre Educação em Computação – WEI* (pp. 2327-2336). SBC. [GS Search]
- Potter, H., Schots, M., Duboc, L. e Werneck, V. (2014). InspectorX: A Game for Software Inspection Training and Learning, *In Proceedings of the IEEE 27th Conference on Software Engineering Education and Training – CSEET* (pp. 55-64). IEEE. DOI: [10.1109/CSEET.2014.6816782](https://doi.org/10.1109/CSEET.2014.6816782) [GS Search]
- Ribeiro, N., Vasconcelos, R., Viana, D. e Rivero, L. (2017). Avaliando a Viabilidade do BlackBox em Sala de Aula: Um Jogo Sério para Ensino de Teste Funcional de Software, *In Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE* (pp. 817-826). SBC. DOI: [10.5753/cbie.sbie.2017.817](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.817) [GS Search]
- Santos, R. (2017). Ecossistemas de Software no Projeto e Desenvolvimento de Plataformas para Jogos e Entretenimento Digital, *In Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames* (pp. 1327-1337), SBC. [GS Search]
- Silva, R. T., Gustavo, F. L., Audacio, E. D. e Genvigir, E. C. (2017). Identifying Actors to Support Software Ecosystem Health, *In Proceedings of the 2017 IEEE/ACM Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems – SESoS/WDES* (pp. 76-77). IEEE. DOI: [10.1109/JSOS.2017.8](https://doi.org/10.1109/JSOS.2017.8) [GS Search]
- Šmíd, A. (2017). *Comparison of Unity and Unreal Engine*. Thesis. DCGI, Czech Technical University in Prague, Prague, Czech Republic. [GS Search]
- Souza, M. R. A., Veado, L., Teles, R. M., Figueiredo, E. e Costa, H. (2018). A systematic mapping study on game-related methods for software engineering education. *Information and Software Technology*, vol. 98, March 2018, pp. 201-218. DOI: [10.1016/j.infsof.2017.09.014](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.014) [GS Search]
- Tillmann, N., Halleux, J., Xie, T. e Bishop, J. (2014). Constructing coding duels in Pex4Fun and code hunt, *In Proceedings of the International Symposium on Software Testing and Analysis – ISSTA* (pp. 445-448). ACM. DOI: [10.1145/2610384.2628054](https://doi.org/10.1145/2610384.2628054) [GS Search]
- Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B. e Wesslén A. (2012). *Experimentation in Software Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [10.1007/978-3-642-29044-2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29044-2) [GS Search]
- Wouters, J., Ritmeester, J.R., Carlsen, A.W., Jansen, S. e Wnuk, K. (2019). A SECO Meta-model, In Hyrynsalmi S. et al. (eds) *Lecture Notes in Business Information Processing*, vol. 370. Springer, Cham. DOI: [10.1007/978-3-030-33742-1_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33742-1_4) [GS Search]
- Yamaguti, M., Oliveira, F., Trindade, C. e Smolenaars D. A. (2017). AGES: Na Interdisciplinary Space Based on Projects for Software Engineering Learning, *In Proceedings of the XXXI Brazilian Symposium on Software Engineering – SBES* (pp. 368-373). ACM. DOI: [10.1145/3131151.3131187](https://doi.org/10.1145/3131151.3131187) [GS Search]

Apêndice I – Fases do ENgAGED instanciadas para o jogo *Árvore de ECOS*

Fase 1. Análise da Unidade Instrucional (UI)	
1.1 Especificar UI do jogo	O jogo é projetado para ser adotado em disciplinas de ES que explorem, entre os seus conteúdos, o tema ECOS. Como objetivos de aprendizagem, o jogo deve ser capaz de apresentar conceitos básicos de ECOS a alunos iniciantes no assunto e relembrar esses conceitos para aqueles que já tiveram contato com o tema. Por essa razão, não há pré-requisitos. Conteúdo programático: plataforma do ECOS, relacionamentos, atores e seus papéis, ciclo de vida e saúde do ECOS.
1.2 Caracterizar aprendizes	Alunos de graduação e pós-graduação de cursos superiores na área de Computação. Conforme informações coletadas junto ao público de potenciais usuários, alunos de graduação possuem faixa etária menor e jogam com mais frequência. Alunos de pós-graduação podem estar menos acostumados com jogos.
1.3 Definir objetivo(s) de desempenho	Os alunos devem ser capazes de compreender os atores de um ECOS e seus papéis (<i>keystone</i> , <i>dominator</i> , revendedor que agrega valor, cliente, desenvolvedor interno, desenvolvedor externo, evangelista, fornecedor); o conceito de plataforma do ECOS; as fases do ciclo de vida (nascimento, expansão, liderança, autorrenovação); e os indicadores de saúde (robustez, produtividade e criação de nicho). Ao final de cada etapa do jogo, um <i>quiz</i> é apresentado para medir o desempenho do jogador e alguns conceitos são relembrados ao longo do jogo.
Fase 2. Projeto da Unidade Instrucional (UI)	
2.1 Definir avaliação do aluno	A avaliação de desempenho será realizada durante o jogo, por meio de regras, <i>quizzes</i> e <i>feedbacks</i> quando o aluno acerta ou erra um determinado conceito. Além disso, o jogo possui dois finais: um em que o herói do jogo (o jogador) consegue fazer com que o ecossistema seja próspero e outro em que o herói não consegue e precisa da ajuda de outro personagem. O primeiro é obtido se o jogador prestou atenção aos conceitos apresentados e fez as escolhas corretas no decorrer da trama. O outro final é obtido se o jogador não conseguiu uma boa pontuação e seu objetivo é incentivar o jogador a jogar novamente para tentar melhorar.
2.2 Definir conteúdo da estratégia instrucional	A estratégia instrucional é Jogo Educacional. O conceito e as características da plataforma são os primeiros assuntos abordados no jogo, seguidos pelos atores e seus papéis (que vão sendo apresentados conforme o avanço na história do jogo), as relações entre os atores, o ciclo de vida do ECOS (que também vai sendo apresentado conforme o jogador avança no enredo) e, por fim, os indicadores de saúde do ECOS. O jogador aprende os conceitos por meio de metáforas entre os elementos do mundo de fantasia no qual se passa o jogo e os elementos de um ECOS, relacionados aos ecossistemas naturais. A Figura 4 apresenta o diagrama de telas e fluxo do conteúdo ensinado durante as fases.
2.3 Decidir pelo desenvolvimento ou utilizar jogo desenvolvido	Optou-se pelo desenvolvimento do jogo.
2.4 Revisar o modelo de avaliação do jogo	Foi adotado o MEEGA+, cujo objetivo é avaliar a qualidade dos jogos educacionais em termos de usabilidade e experiência do jogador na perspectiva dos estudantes no contexto da educação em computação (Petri <i>et al.</i> , 2017). O MEEGA+ é o modelo indicado no processo ENgAGED.
Fase 3. Desenvolvimento do Jogo Educacional	
Fase 3.1. Análise do Jogo	
3.1.1 Levantar requisitos do jogo	Requisitos não-funcionais: (i) o jogo deve ser executado nos navegadores Mozilla Firefox, Google Chrome e Microsoft Edge; (ii) o usuário pode interagir com o jogo por meio de teclado e <i>mouse</i> ; e (iii) o jogo deve ter suporte aos idiomas

	<p>português (Brasil) e inglês (EUA) e que a escolha do idioma deve ser feita no menu principal do jogo antes de iniciar.</p> <p>Requisitos funcionais (RF):</p> <p>RF01. Controlar áudio: O jogo deve possibilitar que o jogador possa controlar o áudio, ativando e desativando o som do jogo quando necessário. Em todas as telas do jogo, deve haver um botão que realize essa função.</p> <p>RF02. Ter menu principal: O jogo deve ter um menu principal com opções de “jogar”, “créditos”, mudar o idioma do jogo e controlar o áudio.</p> <p>RF03. Ter tela de créditos: O jogo deve disponibilizar os créditos, mostrando quem são os envolvidos no projeto e os sites de onde foram retirados os <i>assets</i>, i.e., recursos gráficos e de áudio utilizados em jogos (e.g., elementos do cenário e efeitos sonoros). Essa seção deve ser acessada tanto a partir do menu principal (por meio de uma opção) como ser mostrada após o final do jogo.</p> <p>RF04. Ter tela de <i>cutscene</i>: O jogo deve disponibilizar uma tela para contar trechos da história do jogo. Nesta tela, deve haver uma imagem de fundo (que condiz com o que está sendo contado) e uma caixa de diálogo que mostra o texto que conta a história.</p> <p>RF05. Ter tela de <i>quiz</i>: O jogo deve disponibilizar uma tela que apresente perguntas e respostas.</p> <p>RF06. Ter tela de fase: O jogo deve apresentar as telas das suas fases com os respectivos cenários, objetivos e obstáculos.</p> <p>RF07. Mostrar objetivo da fase: O jogo deve mostrar o objetivo da fase ao jogador. Esta mensagem deve aparecer tanto no início de cada fase, como deve haver uma opção para que o jogador possa abri-la e fechá-la quando bem entender (enquanto estiver jogando a fase).</p> <p>RF08. Ter HUD (<i>heads-up display</i>): O jogo deve mostrar o status do jogador (vida do personagem, pontuação etc.) nas telas do jogo quando necessário.</p> <p>RF09. Dar <i>feedback</i>: O jogo deve exibir <i>feedback</i> quando o jogador toma alguma decisão errada ou quando erra alguma pergunta do <i>quiz</i>.</p> <p>RF10. Correr (personagem): O jogo deve permitir que o jogador possa correr com o personagem para a esquerda e para a direita.</p> <p>RF11. Pular (personagem): O jogo deve permitir que o jogador possa pular com o personagem.</p> <p>RF12. Atacar (personagem): O jogo deve permitir que o jogador possa atacar com o personagem.</p> <p>RF13. Coletar objetos (personagem): O jogo deve permitir que o jogador possa coletar objetos com o personagem.</p>
Fase 3.2 Concepção do Jogo	
3.2.1 Conceber o jogo	<p>O jogo deve abordar conceitos básicos de ECOS, como definição, atores e seus papéis, conceito de plataforma, relações como competição e cooperação, ciclo de vida e, por fim, indicadores de saúde. O conceito e as características da plataforma são os primeiros assuntos abordados no jogo, seguidos pelos atores e seus papéis (que vão sendo apresentados conforme o avanço na história do jogo), as relações entre os atores, o ciclo de vida do ECOS (que vai sendo apresentado conforme o jogador avança no enredo) e, por fim, os indicadores de saúde do ECOS.</p> <p>Foi escolhido o gênero plataforma (i.e., jogador corre e pula entre plataformas e obstáculos, enfrentando inimigos e coletando objetos bônus), por ser um dos mais conhecidos e difundidos. Além disso, este gênero é caracterizado por ser simples e fácil de jogar, possibilitando que os alunos joguem e aprendam sem esforço adicional, mantendo-os motivados no processo de aprendizagem. Alguns exemplos de jogos de entretenimento baseados em plataforma são: <i>Super Mario Bros</i>, <i>Sonic the Hedgehog</i>, <i>Donkey Kong</i> e <i>Mega Man</i>.</p> <p>Quanto aos objetivos do jogo, o jogador deve completar as missões propostas, conseguindo assim pontos de reputação e avançando na narrativa que contará a história do jogo por meio de <i>cutscenes</i>. A quantidade de pontos define o final do jogo. O jogo possui dois finais, não só para medir o desempenho do jogador, mas também estimulá-lo a jogar de novo caso não tenha conseguido o melhor final.</p> <p>Decidiu-se criar um mundo fictício com uma árvore mágica que fornece serviços</p>

	<p>a diferentes vilas e cidades visando aplicar metáforas entre elementos desse mundo (ecossistemas naturais) com elementos de um ECOS. Ao longo das fases, de diálogos com <i>non-player character</i> (NPC, i.e., personagem não controlado pelo jogador) e das <i>cutsscenes</i>, o jogador avança no enredo do jogo e aprende novos conceitos de ECOS. Em determinados momentos, é realizado um <i>quiz</i>. A cada pergunta correta, o jogador consegue certa quantidade de pontos de reputação. Ao longo do jogo, há dicas e <i>feedbacks</i> ao jogador por meio de diálogos com personagens e de <i>cutsscenes</i> que contam a história do jogo.</p> <p>Nessa fase, houve a elaboração do <i>Game Design Document</i> (GDD), contendo as informações do jogo, como mecânicas, controles, câmera, personagens, inimigos, cenários e os elementos de HUD. O GDD está sumarizado no <link omitido>.</p>
Fase 3.3 Design do Jogo	
3.3.1 Definir linguagem de programação ou <i>game engine</i>	A <i>game engine</i> Construct 2 foi escolhida para a implementação do jogo, devido à sua baixa complexidade, interface intuitiva, comunidade de desenvolvedores ativa, preço acessível (promoção), exportação em HTML5 (possibilitando que o jogo seja executado nos navegadores, conforme especificado nos requisitos não-funcionais) e pela ferramenta incorporar o <i>behavior platform</i> de forma simples, i.e., suporte para que um objeto possa se movimentar para direita/esquerda e pular.
3.3.2 Produzir ilustrações ou imagens dos elementos do jogo	Ilustrações foram selecionadas e/ou criadas para representarem os elementos do jogo (e.g., personagens, cenários, objetos, artefatos, menus e janelas de opções/configurações do jogo).
3.3.3 Modelar o jogo	Modelagem dos níveis do jogo, dos <i>feedbacks</i> educacionais e os diálogos dos personagens. Nessa etapa, foi criado o <i>script</i> do jogo contendo todos os diálogos e suas derivações dependendo das escolhas do jogador.
Fase 3.4 Implementação do Jogo	
3.4.1 Produzir elementos do jogo	Na fase de implementação, foram produzidos ou adquiridos os <i>assets</i> do jogo e feita a programação conforme as especificações e documentações anteriores. Todas as artes originais foram criadas utilizando o software para desenho vetorial <i>Inkscape</i> e alguns <i>assets</i> (personagens e ícones de interface gráfica) foram adquiridos dos sites Craftpix.net, Game Art 2D e itch.io. Os <i>assets</i> de efeitos sonoros foram adquiridos no site <i>Freesound</i> e a trilha sonora no site <i>Incompetech</i> .
Fase 3.5 Testes do Jogo	
3.5.1 Realizar testes do jogo	Foram realizados testes para detecção de erros e <i>feedbacks</i> para melhoria do jogo. Os testes foram realizados pela desenvolvedora do jogo em conjunto com dois especialistas no domínio de ECOS, permitindo testar os níveis e funcionalidades do jogo, além de verificar possíveis problemas antes de sua execução.
Fase 4. Execução da Unidade Instrucional (UI)	
4.1 Planejar a execução do jogo	Na etapa de planejamento, foram estabelecidos e definidos três grupos de alunos (43 no total) e professores no contexto de disciplinas que exploram ou não conceitos de ECOS. As avaliações foram conduzidas no período de aula ou extraclasse e contaram com um ou dois instrutores responsáveis por passar as informações necessárias aos alunos e tomar notas durante a avaliação. A primeira e segunda avaliações foram marcadas para o dia 25 de abril de 2019 e a terceira e última avaliação foi marcada para o dia 26 de abril de 2019. Todas as avaliações ocorreram em laboratórios de faculdades/centros educacionais. Os laboratórios possuíam computadores e acesso à Internet para permitir que os alunos jogassem o jogo e respondessem ao questionário online baseado no MEEGA+.
4.2 Instalar o jogo digital	O jogo não precisou ser instalado, apenas acessado por meio de um navegador.

4.3 Executar o jogo	Na primeira avaliação, o jogo foi executado em laboratório em horário extraclasse. Na segunda e terceira avaliações, o jogo foi executado em laboratório, em aula.
Fase 5. Avaliação da Unidade Instrucional (UI)	
5.1 Conduzir avaliação	A primeira e a segunda avaliação contaram com um instrutor e a terceira contou com dois instrutores. Os instrutores são responsáveis por conduzir a avaliação, passando as informações necessárias aos alunos, e por fazerem as devidas anotações enquanto os alunos realizam a avaliação. Assim, o instrutor pode perceber quais reações os alunos demonstraram enquanto jogavam e quais comentários ou <i>feedbacks</i> eles deram após a avaliação. Os dados foram coletados de forma <i>online</i> por meio do questionário MEEGA+.
5.2 Analisar dados da avaliação	Os dados foram analisados e discutidos pelos autores deste trabalho, tendo dois deles mais de dez anos de experiência no ensino de ES e desenvolvimento de jogos educacionais. O processo de avaliação é detalhado na Seção 5.