

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE ARTEFATOS E FERRAMENTAS USADOS NA PRODUÇÃO DE UM JOGO EDUCACIONAL

Guilherme Dias Belarmino

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal do ABC
g.dias@ufabc.edu.br | ORCID 0000-0001-7949-5584

Rháleff Nascimento Rodrigues de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal do ABC
rhaleff.nascimento@ufabc.edu.br | ORCID 0000-0001-6983-4896

Carla Lopes Rodriguez

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal do ABC
c.rodriguez@ufabc.edu.br | ORCID 0000-0002-1522-3130

Denise Hideko Goya

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal do ABC
denise.goya@ufabc.edu.br | ORCID 0000-0003-0852-6456

Rafaela Vilela da Rocha

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Universidade Federal do ABC
rafaela.rocha@ufabc.edu.br | ORCID 0000-0003-4573-3016

Resumo

Desenvolver jogos educacionais requer o envolvimento de uma equipe multidisciplinar, com conhecimentos em áreas diversas. Adicionalmente, é preciso seguir uma metodologia com processos bem definidos que consolidam todo o ciclo de produção de um jogo sério para garantir uma boa qualidade do produto. O objetivo deste trabalho é descrever e analisar o processo de produção de um jogo educacional e os seus impactos na sua qualidade com foco nos artefatos gerados, tecnologias e ferramentas necessárias. Para isso, são usadas as etapas de um método ágil e integrativo (como gerência, projeto iterativo, implementação incremental, verificação e validação), para descrever e analisar as decisões tomadas, os artefatos produzidos e suas implicações no projeto. Como resultados, relata-se a produção de um jogo, com destaque para os pontos positivos e negativos da escolha de ferramentas e tecnologias, além de apresentar artefatos que podem ser reutilizados no desenvolvimento de outros jogos.

Palavras-chave: Jogo Sério; Desenvolvimento de Software; Metodologia Ágil.

Abstract

Educational games development requires a multidisciplinary team, with knowledge in different areas. Additionally, it is necessary to follow some methodologies that have the processes well-defined to ensure a good quality of the final product. This paper aims to describe and analyze an educational game production process, focusing on the technology and tools used for game development and their impact on its quality. For this, the steps of an agile and integrative method are used (such as, management, iterative design, incremental implementation, verification and validation), to describe and analyze the decisions, the artifacts produced and their implications for the project. As a result, it is reported an educational game production, highlighting the positives and negatives aspects of a well done stage of choosing the correct tools and technologies, besides showing artifacts that can be reused on other games development.

Keywords: Serious Games; Software Development; Agile Methodology.

Introdução

Jogos educacionais são projetados com o objetivo de favorecer o processo de ensino-aprendizagem e, quando produzidos com objetivos pedagógicos e abordagens bem definidos, são eficazes para ensinar e treinar alunos de diferentes idades, contextos e público (pessoas com ou sem deficiência) (Abt, 2002; Chandler, 2012). Os benefícios desses jogos são evidenciados pelo fato de serem motivadores e fazerem com que os alunos assumam papéis realistas para resolver problemas, formular estratégias e obter *feedback* imediato e constante sobre as consequências de suas ações (Salas et al., 2009).

A produção de jogos educacionais é um processo multidisciplinar, que requer profissionais capacitados e possui um alto custo de recursos humanos, materiais, financeiros e tempo (Rocha et al., 2015; Santos & Isotani, 2018). Para oferecer suporte ao desenvolvimento de jogos, diversos métodos, processos e metodologias foram propostos, além dos existentes nas áreas inter-relacionadas. Entretanto, essas abordagens não descrevem o ciclo de vida completo, com requisitos e balanceamento de *design* instrucional (aspectos pedagógicos), *design* de jogo (principalmente jogabilidade), engenharia de *software*, gestão de projetos e avaliação (da aprendizagem



e do jogo) (Rocha et al., 2015; Santos & Isotani, 2018). Algumas abordagens são focadas em áreas específicas (Rodrigues et al., 2010; Battistella & Wangenheim, 2016) e outras unificam alguns elementos dessas áreas (Kirkley et al., 2005; Freitas & Jarvis, 2006; Becker & Parker 2012; Braga et al., 2013), mas em processos paralelos e sem abranger todos os requisitos necessários, o que cria uma lacuna entre estes domínios de conhecimentos. Isso pode impactar a qualidade do jogo educacional e a eficácia do seu uso (desmotivação, falta de engajamento, aprendizado insuficiente) (Trybus, 2015). Além disso, as ferramentas, para apoio do trabalho dos atores envolvidos, e artefatos, a serem produzidos em cada processo, nem sempre são descritas e especificadas (Rocha et al., 2016).

Outro desafio está no planejamento e execução de testes, verificações, validações e avaliações do jogo educacional (Rocha et al., 2015; Oliveira et al., 2020). As avaliações da aprendizagem e desempenho do jogador (com coleta de dados da interação com o jogo), muitas vezes são negligenciadas ou realizadas de modo não sistemático, com foco na satisfação e motivação do usuário em jogar (geralmente, realizadas com artefatos externos ao jogo) (Rocha et al., 2015; Oliveira et al., 2020). Além disso, testes, verificações e validações executadas ao longo do processo de produção podem contribuir para a melhoria do produto final. Dessa forma, trabalhos que descrevem e avaliam o processo de produção, além do jogo final produzido, podem contribuir para pesquisas futuras (Albarrassin et al., 2020; Valle et al., 2017).

O objetivo deste artigo é analisar e descrever os artefatos, ferramentas e tecnologias usadas para a concepção da missão “Baleias”, parte do jogo “Expedição Antártica” (“EA”), cujos processos de produção são descritos em Belarmino, Oliveira, Rodriguez, Goya & Rocha (2021). O “EA” possui o gênero RPG (*Role Playing Game*) e tem por princípio o ensino de conceitos da Ciência Cidadã ambientada na Antártica. Para alcançar o objetivo proposto, este trabalho usou o método AIMED (*Agile, Integrative and open Method for open Educational resources Development*) (Rocha, et al., 2017), para análise de processos, artefatos, ferramentas e papéis, e os quatro pilares que impactam a qualidade do jogo educacional (Aslan & Balci, 2015). Destaca-se que se trata de um jogo inclusivo às pessoas com deficiência visual, auditiva e intelectual, que também foram participantes do processo de desenvolvimento e avaliação do jogo. O relato apresentado neste artigo refere-se apenas à missão “Baleias”, porém, o jogo contém mais outras três missões: “Itens de Viagem”, “Paleontologia” e “Vegetação”.

Referencial Teórico e Trabalhos Relacionados

Nesta seção, são apresentados os principais conceitos relacionados aos desafios e abordagens de produção de jogos educacionais e sérios, além da descrição e análise de trabalhos que relatam (1) modelos, métodos e processos de produção de jogos educacionais e (2) protótipos de jogos educacionais e sérios.

Produção de jogos sérios e educacionais

Jogos educacionais e sérios são estratégias instrucionais que envolvem elementos, como regras, narrativas, desafios e *feedback* imediato, usados para atingir um objetivo educacional (Abt, 2002; Prensky, 2007). Esses jogos, além de promover o entretenimento, focam em ensinar, expandir e reforçar conceitos específicos, para auxiliar pessoas no processo de ensino-aprendizagem (Santos & Isotani, 2018). Entretanto, há desafios em suas produções, como a falta de detalhamento dos processos de produção (incluindo artefatos e ferramentas usadas) e métodos de avaliação bem definidos e falta de boas práticas de acessibilidade, que precisam ser superados (Araújo et al., 2020).

Sobre o detalhamento de processos de produção de jogos, a metodologia INTERA (Inteligência, Tecnologias Educacionais e Recursos Acessíveis) é composta por fases, papéis, artefatos e etapas iterativas e incrementais, que serve como um arcabouço de processos para o desenvolvimento de materiais instrucionais digitais (e.g. jogos educacionais, animações, simulações) (Braga et al., 2013; Melle et al., 2020). As fases podem ser inicial, intermediária e transição, e definem cada período da metodologia. Os papéis descrevem os comportamentos das pessoas e suas funções (e.g. analista, conteudista, desenvolvedores). Os artefatos contemplam os dados gerados pelas equipes envolvidas (e.g. documentos, imagens e código-fonte). As etapas definem um conjunto de atividades e artefatos de entrada e saída e práticas relacionadas a uma área de interesse principal. Como principais limitações, destaca-se a ausência de alguns papéis específicos e ausência das práticas e artefatos gerados no desenvolvimento de um jogo (Melle et al., 2020).

Um método usado para auxiliar a produção de recursos educacionais (e.g. jogos sérios e educacionais e simulações interativas) é o AIMED (*Agile, Integrative and Open Method for Open Educational Resources Development*), um método ágil que integra práticas de *design* instrucional, *design* de jogos, modelagem de simulação, engenharia de *software* e gerenciamento de projetos (Rocha et al., 2017). O AIMED engloba papéis,



atividades e artefatos bem definidos e está estruturado em 14 processos distribuídos em cinco macroprocessos. Além disso, Rocha et al. (2016) apresentaram uma descrição das decisões de seleção e um conjunto de artefatos de apoio e ferramentas de código livre, que servem de base para serem usados na produção de jogos sérios, em conjunto ou não com os processos do AIMED.

Em relação à acessibilidade, uma maneira de permitir que um jogo possa ser jogado pelo maior número possível de usuários (sobretudo pessoas com deficiência) é desenvolvê-lo com os princípios de *Design Universal* (Garcia & Neris, 2013). Os princípios resultam em um jogo com uso equitativo, flexível, simples e intuitivo, tolerante a erros, com tamanho e espaços apropriados e que possua um *design* com baixo esforço físico (Story et al., 1998). Além disso, a inserção dos usuários no processo de desenvolvimento do jogo é recomendado, por meio do *Design Participativo*, para validação de decisões importantes (Zabot et al., 2019).

Trabalhos relacionados

Há diferentes modelos, métodos e processos de produção de jogos educacionais e sérios, como o Processo baseado em RUP para a área da saúde (Rodrigues et al., 2010), Processo ENgAGED para ensinar computação (Battistella & Wangenheim, 2016), Modelo SG-iSD (Kirkley et al., 2005), Processo baseado no *design* centrado no usuário (Freitas & Jarvis, 2006), Processo Synergy (Becker & Parker, 2012), Metodologia INTERA (Braga et al., 2013) e Metodologia GAMED (Aslan & Balci, 2015). Entretanto, a maioria desses processos foca no *design* instrucional e desenvolvimento do jogo, porém sem integração detalhada no processo, e não apoiam a avaliação de jogo educacional. Em relação aos artefatos e ferramentas necessárias para a produção desses jogos, Rocha et al. (2016) apresentam um panorama de uma metodologia iterativa e integradora para desenvolvimento de jogos sérios focando na descrição de ferramentas de código livre, agrupadas em ferramentas de uso geral, sistemas de gerenciamento de banco de dados, motores de jogos, ferramentas para uso no projeto, e uso na implementação. Foram citadas alguns artefatos, como modelos de especificação de jogo e de arquitetura e banco de dados, e ferramentas, como *Argo UML*, *GIMP*, *MongoDB* e *Unity3D*.

Nos estudos que reportam protótipos de jogos educacionais e sérios, que foram desenvolvidos com o uso do método AIMED, também foram analisadas a qualidade do processo, projeto, pessoas e produto final (artefatos criados), descrita por Aslan e Balci

(2015), para analisarem e discutirem sobre os resultados, contribuições e desafios encontrados. Destacam-se três estudos em diferentes focos de uso (e.g., capacitação, *design* e desenvolvimento) e objetivos de jogos distintos (conscientização, treinamento e ensino). Motta et al. (2019) relataram a capacitação da equipe envolvida e a produção de um jogo para conscientização da adoção de animais, com o envolvimento de 18 acadêmicos, em parceria com a Subsecretaria de Defesa dos Animais de São Paulo. *Unity3D*, *Trello*, *Illustrator*, *GitHub* e documentação das formas de interação sobre as telas do jogo foram algumas ferramentas e artefatos usados. Albarrassim et al. (2020) focaram no *design* e desenvolvimento de um jogo para treinamento de contingência em parceria com o Núcleo de Operações de Controle da Polícia Militar de São Paulo (três especialistas), além de dois acadêmicos. Os autores descrevem o uso de artefatos e ferramentas, como *Google 3D Warehouse*, *IDE MonoDevelop*, *Unity3D* e fluxogramas de procedimentos. Valle et al. (2017) descrevem o desenvolvimento de um jogo para ensino de testes de *software*. O AIMED foi usado para apoiar a descrição e avaliação do jogo, que foi produzido sem uso de uma metodologia. *Bitbucket*, *Construct 2* e *Microsoft PowerPoint 2013* são algumas ferramentas usadas para desenvolvimento do jogo.

Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa deste trabalho é classificada de acordo com os critérios definidos por Mattar e Ramos (2021), que definem a natureza, objetivos, tempo, fonte, abordagem e procedimento. Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, por relatar a produção de uma missão de um jogo educacional realizada com o método INTERA (Braga et al., 2013), descrever e analisar essa produção a partir do método AIMED (Rocha et al., 2017), e discutir a partir da perspectiva dos 4Ps (Produto, Pessoa, Processo e Projeto) (Aslan & Balci, 2015). Quanto ao objetivo, qualifica-se como descritiva, por identificar, observar, registrar e analisar o ciclo de vida de desenvolvimento de um jogo. Em relação ao tempo, a pesquisa classifica-se como transversal, por realizar um recorte específico nas iterações do ciclo de vida de um jogo, visando registrar os artefatos e ferramentas utilizadas para o seu desenvolvimento. Como tipo de fonte, foi utilizada a pesquisa bibliográfica, por envolver a leitura e análise de artigos e outros documentos científicos para compor, sobretudo, o quadro teórico e trabalhos relacionados. Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, por adotar uma análise, discussão e interpretação dos resultados de maneira subjetiva. Por fim, em relação aos procedimentos, esta pesquisa utilizou um jogo educacional, como



material audiovisual, para ser analisado usando o método AIMED e discutido na perspectiva dos 4Ps, conforme especificado a seguir.

Este trabalho é uma versão estendida de Belarmino et al. (2021), que apresentou a descrição e análise dos processos de produção de uma missão de um jogo educacional, que incluiu a avaliação com pessoas com deficiência visual e auditiva. Neste trabalho, amplia-se a exploração do método AIMED para investigar sua capacidade integrativa ao abordar diferentes fases de produção (planejamento, execução e avaliação, além do *design* e desenvolvimento), com ênfase no suporte ao uso de ferramentas e artefatos em cada uma das fases. A descrição e análise de uso das ferramentas e artefatos do jogo foram concebidas com base no trabalho de Rocha et al. (2016), que define critérios de análise do uso de ferramentas de código aberto. Além disso, os quatro pilares que influenciam a qualidade (projeto, processo, produto e pessoas) de um jogo educacional (Aslan & Balci, 2015) são usados para análise e discussão dos resultados, contribuições e desafios encontrados na produção dessa missão do jogo e especificação do uso dos artefatos e ferramentas.

O “Expedição Antártica” (“EA”) é um jogo educacional acessível a pessoas com deficiência (PcD) visual, cognitiva e surdez, que considera a exploração do processo de pesquisas científicas na Antártica. Para este trabalho, foi analisada a missão “Baleias”, relatada em três protótipos: (1) Protótipo do glossário de sons do jogo e missão inicial das Baleias, com a realização de testes com PcD visual (Oliveira et al., 2021a; Belarmino et al., 2019); (2) Dois Protótipos (A e B) da navegação e fase de fotoidentificação de baleias, com a realização de testes e comparação das duas versões criadas (Oliveira et al., 2019); e (3) Protótipo com a inclusão do minijogo de fotoidentificação e desafio de fotografar caudas de baleias (versão final da missão “Baleias” (Belarmino et al., 2021).

Descrição e Análise dos Artefatos e Ferramentas Usadas no Jogo “EA”

Nesta seção são apresentados os artefatos propostos e desenvolvidos da missão “Baleias” do jogo “EA”, a partir dos processos do método AIMED, bem como as ferramentas usadas para criação dos artefatos. A descrição dos artefatos e a análise do uso das ferramentas foram definidas de modo a garantir o sucesso do desenvolvimento do jogo, em relação ao custo, prazos e qualidade, por exemplo. Neste projeto, a escolha das ferramentas se deu de acordo com as necessidades dos artefatos que seriam criados em cada processo, apoiando os atores durante o seu uso. É apresentado na

tabela 1 um panorama dos processos, subprocessos, os papéis dos atores, os artefatos gerados e as ferramentas que foram selecionadas e usadas. Os processos Organizacionais e de Apoio são realizados ao longo de todo ciclo de vida de desenvolvimento. Em seguida, esses artefatos e ferramentas são descritos e especificados em cada processo do AIMED.

Tabela 1 – Artefatos gerados com uso de ferramentas e processos do método AIMED.

Processo/Subprocesso		Papéis	Artefatos de Saída	Ferramentas
Organiza- cional	Gerência	EG	Escopo do projeto (recursos humanos, orçamento e prazos)	Google Drive
	Licenciamento	EG	Políticas de licenciamento	
	Publicação	EC e EDv	Tutorial de instrução do jogo	Google Drive e Unity3D
		EDv	Documentação	Read the docs
			Repositório do código-fonte	GitHub
		Website	HTML, CSS e Apache 2	
Pré- produção	Planejamento Inicial	EC, EAc e EAn	Documento de game <i>design</i>	Google Drive
		EAn	Documentos de especificação de acessibilidade	
		EDv	Quadro de análise de motores de jogos	
Produção	Análise e planejamento da iteração	EAc, EDv e EAn	Protótipo de glossário de sons	Unity3D
		EDv	Catálogo de baleias	Google Drive
	Projeto iterativo	EDv	Modelo de arquitetura	Google Drive
		EDv e EAv	Modelo de banco de dados e servidor	MySQL , PHP , XAMPP e Apache 2
		EDv	Fluxo de telas	Google Drive
		EDv	Modelo de autômatos	JFLAP
		EAv	Documento de planejamento de avaliação da aprendizagem	AvaliaJS e Google Drive
	Implementação incremental	ED e EDv	Arte (cenários 2D/3D, imagens, animações, <i>design da interface</i>)	NE
		ED, EC e EAc	Multimídia (sons, áudios, vídeos)	Audacity
		EDv	Diálogos	Twine e VIDE Dialogues
		EDv	Programação (classes, componentes, módulos e dados)	Unity3D , Visual Studio
	Integração, teste e revisão da iteração	EDv	Protótipos do jogo	Ferramentas citadas anteriormente
		EAv e EAn	Protocolos e relatórios de testes	AvaliaJS e Google Drive
Pós- produção	Ambiente	EDv	Jogo final	Ferramentas usadas no processo de Produção
	Execução			
	Avaliação da aprendizagem	EAv e EAn	Relatórios de avaliação da aprendizagem	Jogo Final e AvaliaJS
Apoio	Verificação	EDv	Artefatos verificados e validados	Ferramentas citadas anteriormente
	Validação			
	Projeto Experimental	EDv, EAv e EAc	Publicação de artigos	Google Drive

Legenda: Equipes de Gestão (EG), de Desenvolvimento (EDv), de Acessibilidade (EAc), de Análise (EAn), de Conteúdo (EC), de *Design* (ED) e de Avaliação (EAv); NE - Não Especificado.



Processos organizacionais

Os processos organizacionais contêm atividades de gestão de projeto, definição das políticas de licenciamento e disponibilização do jogo desenvolvido. A gerência é executada durante todos os processos de pré-produção, produção e pós-produção. O licenciamento e a publicação são executados ao final do processo de produção.

No subprocesso de Gerência, o escopo foi definido contendo os requisitos necessários para o jogo, especificados no projeto submetido, aprovado e financiado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior no Brasil). O escopo do projeto é um conjunto de artefatos que especificam os recursos humanos, orçamento, prazo e documentação do projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa. A principal ferramenta usada pela Equipe de Gestão foi o *Google Drive* ©. Trata-se de uma ferramenta de armazenamento na nuvem que oferece um conjunto de aplicativos, como *Google Docs* (edição de texto), *Slides* (apresentações), *Spreadsheets* (planilhas), *Forms* (formulários), *Gmail* (e-mail) e *Meet* (videoconferências), que podem ser usados gratuitamente. Tal ferramenta foi usada, ao longo dos processos de desenvolvimento, não apenas pela Equipe de Gestão, mas também pelas demais equipes, sobretudo a Equipe de Desenvolvimento, se apropriando do caráter colaborativo e *online* oferecido por ela.

Sobre o Licenciamento, foi usada a licença CC-BY-NC-SA 4.0 (*Creative Commons*, sob a versão Atribuição - Não Comercial - Compartilha Igual 4.0 Internacional). Os artefatos gerados nesse subprocesso definiram as políticas de licenciamento, com o objetivo de garantir os direitos de propriedade intelectual e o compartilhamento do jogo desenvolvido. Além disso, contém também os créditos com a especificação das equipes e dos nomes de todos os envolvidos no projeto. A principal ferramenta usada foi o *Google Drive* ©. Sobre as demais ferramentas usadas no projeto, destaca-se o uso do motor de jogos *Unity3D* e o programa de construção de diálogos *Twine* e o *asset VIDE Dialogues* (do *Unity3D*) para implementação dos diálogos, todas em suas versões gratuitas. Também foram usados alguns bancos de imagens, ícones, sons e vídeos com licença gratuita.

No subprocesso de Publicação, foram propostos artefatos relacionados aos tutoriais de instruções dentro do jogo, concebidas pelas Equipes de Conteúdo e Análise e implementadas pela Equipe de Desenvolvimento. Antes da missão do jogo, são apresentadas as instruções necessárias para se jogar, entretanto não foram produzidos

guias ou manuais para uso em sala de aula com os estudantes. Com relação ao compartilhamento em repositórios, foi selecionado o *GitHub* (<https://github.com/Projeto-Game-Antartica/>), pois garante o versionamento do código de forma remota, além de suportar a ferramenta *online Read the Docs*, que permite realizar a documentação tanto técnica quanto de uso do jogo. Quanto à disponibilização, o jogo foi publicado e pode ser acessado gratuitamente em <http://acessivel.ufabc.edu.br/antartica/>. O site foi implementado pela Equipe de Desenvolvimento usando as linguagens HTML e CSS e disponibilizado para *download* em um servidor Apache 2.

Processo de pré-produção

O processo de pré-produção está relacionado às definições do Planejamento Inicial, que especifica os requisitos pedagógicos e técnicos. As necessidades pedagógicas foram de responsabilidade das Equipes de Conteúdo, Acessibilidade e Análise e as técnicas de responsabilidade da Equipe de Desenvolvimento.

Na etapa de definição dos *requisitos pedagógicos* foi especificado o planejamento inicial pedagógico. Foram gerados dois artefatos, o documento de *game design* (GDD) e modelo de especificação de acessibilidade. O GDD detalhou todas as características de um jogo, como os objetivos pedagógicos, *gameplay*, personagens, cenários, missões e minijogos, e foi referência para todas as equipes. Os documentos de especificação de acessibilidade são um conjunto de artefatos que detalhou os requisitos pedagógicos e técnicos sobre acessibilidade, como padronização de atalhos de teclas, audiodescrição, vídeos em Libras e áudio binaural.

Os *requisitos técnicos* objetivaram analisar as necessidades técnicas do jogo e fazer um planejamento inicial para a Equipe de Desenvolvimento. Foi realizada uma análise comparativa entre diversos motores de jogos (como *Unity3D*, *Cocos2D*, *Unreal Engine* e outros) analisando diferentes critérios, como suporte gráfico, sonoro, linguagem de *script*, participação da comunidade, entre outros, pois tais características eram importantes para um bom andamento do projeto. A pontuação do quadro de análise foi adaptada de Ali e Usman (2017) e está disponível em: https://bit.ly/quadro_comp_engines. De acordo com o quadro de análise, o motor *Unity3D* foi escolhido na sua versão gratuita, que permite o desenvolvimento de jogos com receitas ou fundos inferiores a US \$100 mil nos últimos 12 meses, e possui uma documentação atualizada e uma comunidade ativa para suporte de requisitos. O *Unity3D* é uma ferramenta que oferece a capacidade de criação de jogos em 2D e 3D



para diversas plataformas, principalmente para PC (*desktop*) com sistema operacional *Windows*. A principal linguagem de programação, usada nos *scripts* dos objetos do jogo, foi a *C#*. Além disso, como trata-se de um jogo do gênero *RPG*, são esperadas interações entre o protagonista e os *NPCs* (*Non-playable characters*), foram selecionadas duas ferramentas para diálogos: o *Twine*, escolhido pela equipe de Conteúdo, que permite a construção de narrativas, e o *Vide Dialogues* (da *Asset Store do Unity3D*), que permite a implementação dos diálogos dentro da *Unity3D*.

Processos de produção

Os processos de produção visam desenvolver o jogo, de modo iterativo e incremental, passando pelas etapas de análise e planejamento da iteração, projeto iterativo, implementação incremental e integração, teste e revisão da iteração. A etapa de Análise e Planejamento da Interação buscou identificar e planejar os artefatos que seriam produzidos a cada iteração, além de identificar as ferramentas usadas para criação de cada um dos artefatos. A Equipe de Desenvolvimento foi responsável pela seleção dos *softwares* e implementação das funcionalidades, com base nas demandas das Equipes de Acessibilidade e Análise. Para a missão “Baleias” foram geradas as versões 1, 2A, 2B e 3, que são descritas a seguir, junto dos artefatos, técnicas e ferramentas usadas durante cada processo.

Na versão 1, a missão “Baleias” consiste de um glossário de sons do jogo (vide Figura 1 (a)) adicionado da cena principal de navegação do turista (protagonista, numa visualização *top-down*) com uma interação com os mentores (*NPCs*) por meio do *VIDE Dialogues* (vide Figura 1 (b)), onde em um dos diálogos, o jogador é levado a um desafio inicial de fotografar baleias (Figura 1 (c)). Já na versão 2, foram desenvolvidos dois protótipos que possuem melhorias na navegação do protagonista e um menu de configurações (vide Figura 2 (a)). As duas versões diferenciam-se em: na versão 2A (vide Figura 2 (b)) tem-se o desafio de fotografar caudas de baleias com melhorias em relação à versão 1, além da criação de diálogos por parte da Equipe de Conteúdo; e a versão 2B (vide Figura 2 (c)), tem-se uma nova mecânica de fotoidentificação de caudas de baleias (para substituir o desafio de fotografar as caudas), na qual determinadas características das caudas eram comparadas dado um catálogo de fotos, e diálogos criados pela Equipe de Desenvolvimento. Na versão 3, têm-se o aprimoramento da mecânica e *interface* das versões anteriores, como o menu de configurações (vide Figura 3 (a)) e glossários de sons (vide Figura 3 (b)), adicionado da união das duas

mecânicas propostas na versão 2, isto é, o desafio de fotografar caudas de baleias foi refinado (vide Figura 3 (c)) e o desafio de fotoidentificação de baleias foi transformado em um minijogo da missão (vide Figura 3 (d)).

O catálogo das caudas de baleias, proposto pela Equipe de Desenvolvimento, teve o objetivo de apoiar a construção da narrativa do jogo e também do conteúdo. Para isso, foram selecionadas referências sobre identificação e caracterização de caudas de baleias no ambiente antártico [como os projetos de ciência cidadã *Whales as individuals*¹ e *Humpback Whales of Southeastern Alaska*² e os manuais de Portela (2013) e Kniest & Burns (2010)]. Esse catálogo também serviu de gabarito para o minijogo de fotoidentificação de baleias, que desafia o jogador a analisar e identificar as diferentes características de caudas, tais quais, borda, ponta, entalhe, manchas amareladas, riscos, marcas e pigmentação.



Figura 1 - Telas da versão 1: (a) glossário de sons do jogo; (b) navegação do protagonista no navio; (c) desafio de fotografar caudas de baleia.

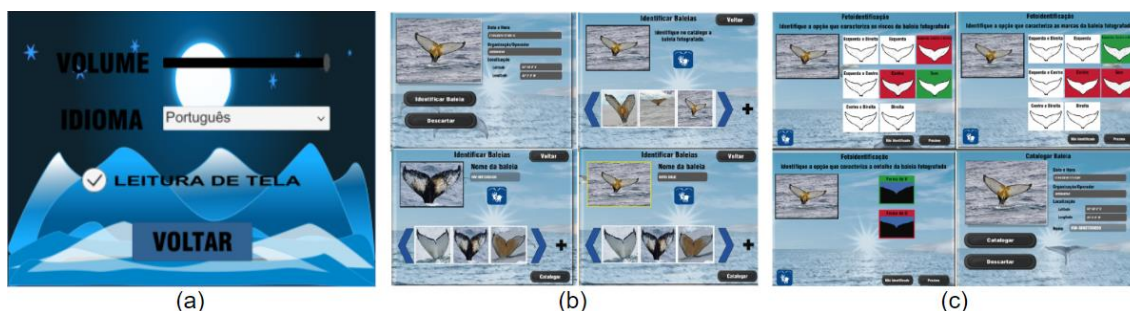


Figura 2 - Telas da versão 2: (a) configuração comum às duas versões; (b) versão 2A com o desafio de fotografar caudas de baleias; e (c) versão 2B com o desafio de fotoidentificação de caudas de baleias.

¹ www.zooniverse.org/projects/tedcheese/whales-as-individuals/

² www.alaskahumpbacks.org/matching.html



Figura 3 - Versão 3 (a) tela de configurações; (b) glossário de sons; (c) desafio de fotografar caudas de baleias; (d) minijogo de fotoidentificação de caudas de baleias.

A etapa de Projeto Iterativo buscou definir e modelar diversos artefatos, tecnologias e ferramentas usados para o desenvolvimento e implementação, de fato, da missão “Baleias” do jogo “EA”. Assim, dentro dessa etapa, destacam-se os artefatos de Modelo de Arquitetura, Modelagem de Banco de Dados, Modelagem do Fluxo de telas, Modelo de Autômatos e Documento de Planejamento de Avaliação, conforme descritos a seguir.

- Modelo de Arquitetura, Servidor e Banco de dados:

A parte do *back-end* do jogo “EA” foi desenvolvido utilizando ferramentas como *XAMPP*, *Apache 2* e *MySQL*. Essas escolhas se deram porque as tecnologias possuem fácil integração com o *Unity3D*. O servidor foi configurado com *Apache 2* em uma máquina com *Linux (Ubuntu)*, onde por meio do *XAMPP* (um ambiente de desenvolvimento com linguagem de programação PHP e conexão com servidores *Apache*) foi possível estabelecer uma conexão entre o jogo e o servidor.

Inicialmente, foi desenvolvido um diagrama lógico de banco de dados para o jogo como um todo, ou seja, contando com uma autenticação do jogador, diálogo com mentores (*NPCs*) e minijogos/desafios. Porém, na última versão da missão (versão 3), foi implementada apenas a autenticação do jogador. A modelagem do banco de dados

foi desenvolvida usando o MySQL, que é um sistema de gerenciador de banco de dados relacional de código aberto. A comunicação com o servidor do banco foi realizada com o *phpMyAdmin*, uma ferramenta que possibilita administrar o MySQL pela internet, sendo possível criar, remover, alterar e manter bases de dados além de executar códigos SQL por meio de um ambiente integrado com o *XAMPP*.

A arquitetura da comunicação, ilustrada na figura 4, entre o servidor e o jogo “EA” funciona da seguinte maneira: o jogador tem duas opções iniciais, de (1) criar usuário e (2) iniciar sessão no jogo, com esses dados inseridos no jogo (via Unity3D) é feito o tratamento desses dados (como a encriptação, visando uma comunicação segura) para que as (3) credenciais sejam enviadas ao servidor. Recebida as credenciais, o servidor é responsável pelas ações de consulta e/ou armazenamento no banco de dados para, então (4) retornar o status da operação, seja (5) sucesso ou falha, que é apresentado ao jogador por meio do Unity3D.

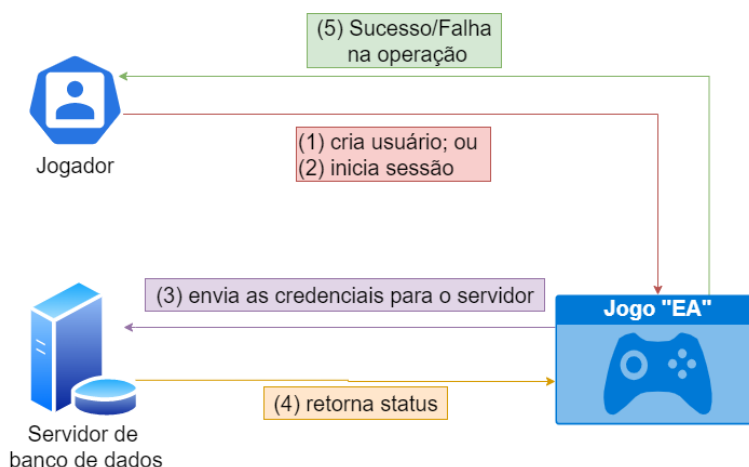


Figura 4 - Arquitetura da comunicação entre o jogo “EA” e o servidor.

- Modelagem do fluxo de telas

O fluxo de telas é como um guia para o desenvolvimento da dinâmica e mecânica do jogo, pois fornece uma visão linear das cenas e telas em função das ações do jogador. Como técnica utilizada para tal, foi selecionado o protótipo *lo-fi* (baixa fidelidade), que consiste de um esqueleto ou um protótipo de uma versão primitiva de um projeto. Esse protótipo *lo-fi* foi desenvolvido para a missão das baleias da versão 2A (fotoidentificação de caudas de baleias), ou seja, foi feito uma apresentação no *Google Slides* representando a sequência de telas que devem ser seguidas na implementação da missão, conforme Figura 5.

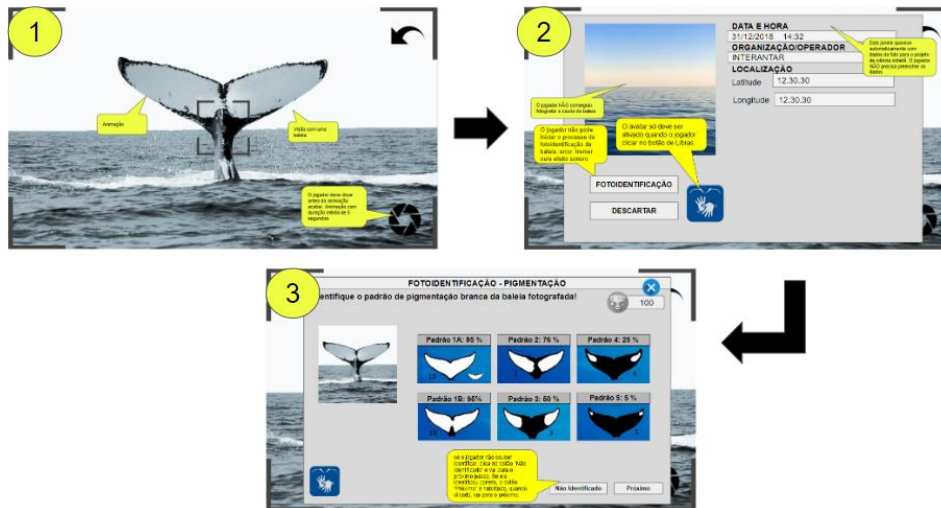


Figura 5 - Exemplo de um protótipo *lo-fi* da missão de fotoidentificação de caudas de baleias.

- Modelo de autômatos finitos

Um autômato finito determinístico, na teoria da computação, é uma máquina de estados que rejeita e aceita uma cadeia de símbolos, gerando uma resposta para cada entrada (Hopcroft et al, 2001). Para o caso da missão “Baleias”, pode-se realizar a analogia dos autômatos finitos determinísticos para formalizar a execução das ações do jogador e prever todos os possíveis casos de aceitação. Assim, foi construído um autômato de estado finito para a missão de fotografar caudas de baleias, que contribuiu com a implementação e prevenção de erros e de estados não previstos. Na Figura 6 é possível identificar os estados (q0 a q4), ações do jogador (A1 a A6) e as transições possíveis. Observa-se que duas sequências corretas para o autômato são “A1A4” e “A1A5A6”. No primeiro caso, você tira corretamente uma foto e a identifica dentro de um catálogo para realizar a missão. No segundo caso, você também tira uma foto correta, mas não a encontra no catálogo de caudas, sendo preciso cadastrá-la, inserindo um nome, e então finaliza a missão. Para o desenho do autômato, foi utilizado o *JFLAP*, uma ferramenta gráfica de edição e visualização do processamento de autômatos formais. Por ser executada como um aplicativo Java, funciona em qualquer sistema operacional.

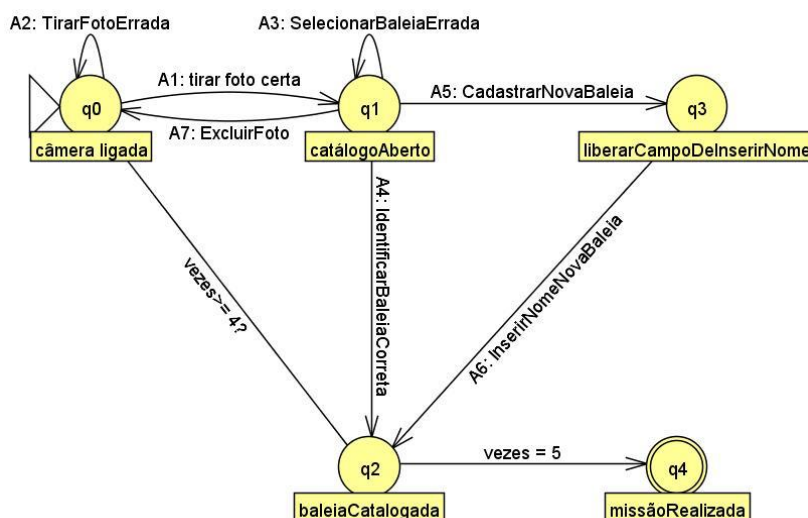


Figura 6 - Autômato finito que representa os estados e ações referentes à missão de fotografar caudas de baleias.

- Documentação de planejamento da avaliação da aprendizagem

A avaliação da aprendizagem é uma parte importante para a efetividade de jogos sérios e educacionais. A Equipe de Avaliação ficou responsável pela criação da documentação de planejamento da avaliação usando o AvaliaJS (Oliveira et al., 2021b), um modelo conceitual para estruturar, orientar e apoiar a concepção e execução da avaliação de desempenho do aluno em Jogos Sérios. O modelo oferece artefatos para planejamento e execução da avaliação, como o modelo canvas e documento de projeto, que descrevem as técnicas, teorias e ferramentas e instrumentos de uso interno e externo ao jogo (como protocolos de avaliação, questionários, roteiro de entrevista e observação). Com o AvaliaJS foi possível modelar o banco de dados visando o registro e coleta dos dados e estatísticas do jogo, para o acesso do educador a relatórios de desempenho do aluno. No entanto, essas funcionalidades não foram codificadas na versão final do jogo entregue. Alguns dos artefatos produzidos podem ser consultados em Oliveira et al. (2021b).

Na etapa de implementação incremental, foi realizada a criação, revisão, reúso e remixagem dos artefatos de arte, mídia, diálogos e programação. Com relação a arte e mídia, o *design* sonoro do jogo, os sons foram obtidos de repositórios públicos e gratuitos e editados por meio do *software Audacity* pela Equipe de Desenvolvimento. O Audacity é um *software* de edição de áudio gratuito e livre, disponível para *Windows*, *macOS* e *Linux*. O jogo teve tradução em Libras no formato de vídeos produzidos pela



Equipe de Acessibilidade, e também com conteúdos em vídeos (acessados via diálogos com os mentores) que foram selecionados pela Equipe de Conteúdo e disponibilizados dentro do jogo. As ferramentas usadas para a criação de outras artes e mídia, como cenários, imagens, vídeos em Libras e algumas animações, não foram especificadas pelas Equipes de *Design* e *Acessibilidade*.

Os diálogos foram concebidos pela Equipe de Conteúdo, por meio da ferramenta de código livre *Twine*, que permite a criação de histórias e diálogos entre os mentores (NPCs) e o turista (protagonista). O *Twine* está disponível para *Windows*, *Linux* e *macOS*, além de uma versão *web*. Porém, para a codificação destes diálogos dentro do *Unity3D* foi usado o *asset* *VIDE Dialogues*, disponível na *asset store* da *Unity3D*, que permite a transcrição dos diálogos em ações do jogo, que fornece uma estrutura robusta para facilitar a programação. O *Unity3D* foi usado em conjunto com a linguagem de programação *C#* e o banco de dados desenvolvido em *MySQL*, com acesso por meio da linguagem de programação *PHP*, conforme descrito anteriormente.

Na etapa de integração, teste e revisão da iteração, todos os artefatos foram integrados para o desenvolvimento de protótipos do jogo. Foram conduzidos testes parciais e avaliações dos artefatos desenvolvidos e da interação realizada. Cada iteração resultou em um protótipo do jogo. Um protocolo foi criado para orientar a Equipe de Desenvolvimento durante a execução dos testes e avaliações. Os relatórios dos testes e avaliações realizadas para cada protótipo do jogo possuem os resultados em relação à acessibilidade, usabilidade, jogabilidade e aprendizagem, coletados por meio de formulários, entrevistas e observação da interação do usuário com o jogo.

Processos de pós-produção

Neste processo, a versão final do jogo já pode ser usada no contexto educacional proposto, considerando a execução, ambiente e avaliação da aprendizagem. O jogo está disponível para *desktop* (*windows* 32 e 64 *bits*). Para ter acesso ao jogo não é necessária instalação, é preciso apenas extrair o arquivo *zip* com um programa descompactador e, em seguida, executar o arquivo “*ExpedicaoAntartica.exe*”. A avaliação da aprendizagem da versão final do jogo foi realizada por usuários finais (planejada pela Equipe de Análise e realizada com a Equipe de Avaliação). Os alunos seguiram um roteiro de avaliação com preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e questionários de pré e pós-testes (aplicados antes e após a interação com o jogo, respectivamente), como descrito em www.interaufabc.com.br/testes-do-

jogo. Entretanto, até o momento não há publicação sobre os relatórios de resultados dos dados coletados.

Processos de apoio

Os processos de apoio devem ser realizados ao longo de todo o ciclo de vida do jogo e estão relacionados com a verificação e validação dos artefatos e estudos experimentais. As validações e verificações avaliam as saídas dos processos de Pré-produção, Produção e Pós-produção. Dessa forma, os artefatos gerados foram avaliados com objetivo de assegurar que o jogo cumpra as suas especificações técnicas e pedagógicas (verificação) e atenda às necessidades e requisitos dos usuários (validação), para que sejam reusados em outras iterações. As verificações e validações foram realizadas por algumas das pessoas envolvidas no processo de produção do jogo, ou seja, tanto pela Equipe de Desenvolvimento, pelas outras equipes que forneciam os conteúdos (pedagógicos, de arte e acessibilidade), como especialistas de domínio e usuários finais com e sem deficiência. Ressalta-se que a Equipe de Desenvolvimento tinha reuniões periódicas entre os membros da equipe, além de reuniões mensais com as outras equipes (e pontuais para sincronização e verificações dos diferentes requisitos com os pesquisadores).

Além disso, como descritas no processo de Produção, foram realizadas avaliações e testes para validação e verificação dos protótipos do jogo, em relação à acessibilidade e usabilidade (Oliveira et al., 2021a; Belarmino et al., 2019) e aspectos de conteúdo, motivação, experiência do jogador e aprendizagem (Oliveira et al., 2019). Essas avaliações e testes foram planejados, executados e analisados, conforme reportados em Oliveira et al. (2021a), Belarmino et al., (2019), Oliveira et al. (2019) e Oliveira & Rocha (2020). Os resultados apontaram problemas que foram analisados e as soluções implementadas em versões atualizadas do jogo.

De forma geral, em relação ao projeto experimental, os principais resultados foram publicados em cinco artigos: Belarmino et al. (2019), Belarmino et al. (2021), Oliveira et al. (2019), Oliveira et al. (2021a) e Oliveira et al. (2021b).

Discussões

Esta seção analisa e discute, do ponto de vista da Equipe de Desenvolvimento, os principais pontos fortes (resultados e aspectos positivos) e fracos (oportunidades



futuras de melhoria, desafios e limitações) encontrados na produção dessa missão do jogo “EA”, sob a perspectiva dos 4Ps (i.e. Processos, Projeto, Produtos e Pessoas) que influenciam a qualidade de um jogo educacional (Aslan & Balci, 2015). Essa qualidade pode ser influenciada pelos Processos (usados para desenvolver os artefatos), por seu Projeto (etapas de desenvolvimento do AIMED), pelos próprios artefatos criados (Produtos gerados) e pelas Pessoas envolvidas (atores, papéis e suas competências para criar artefatos) (Rocha et al., 2016).

Processos

O jogo foi desenvolvido com a metodologia INTERA, no entanto, foram identificadas limitações e desafios na execução de seus processos, conforme já relatados por Melle *et al.* (2020). Nesse contexto, a análise dos processos e iterações da missão “Baleias”, por meio do método AIMED, ressaltou a importância de seguir processos, atividades e papéis bem definidos. Como resultados, houve o planejamento das necessidades pedagógicas e tecnológicas; implementação e integração dos recursos e artefatos dos protótipos resultantes das iterações; e realização dos testes, avaliações, verificações e validações ao longo dos processos. Ademais, os ciclos curtos e os testes em cada ciclo do método AIMED possibilitaram mais agilidade na implementação das versões do protótipo e identificação de desafios a serem resolvidos nas próximas iterações. Como limitação, identificou-se a falta de artefatos produzidos de forma integrada entre as equipes, de modo a contemplar, principalmente, as visões de conteúdo, jogabilidade e acessibilidade, o que gerou retrabalho na produção de *assets* e implementação do protótipo do jogo.

Projeto

A produção do jogo foi iniciada em setembro de 2018 e encerrada em maio de 2020, com a publicação da versão final. A missão “Baleias” teve um maior número de testes com pessoas com e sem deficiência, planejados e executados pela Equipe de Desenvolvimento, Análise e Acessibilidade. O principal aspecto positivo está evidenciado na elaboração de conteúdos e recursos usados em todo o jogo, dado que o projeto possuía, principalmente, equipes com especialistas no domínio (pesquisa na Antártica) e acessibilidade (conteúdo para surdos e cegos). O principal aspecto negativo está relacionado ao escopo geral do projeto, que inicialmente previa 14 missões mas, por razões de prazo e dificuldades encontradas ao longo do processo, conseguiu

entregar uma versão final com quatro missões. Em relação ao cronograma, houve dificuldade de alinhar os prazos entre as diferentes equipes.

Produto

A versão final do jogo é resultado da validação e verificação de várias iterações. O produto final, que é um jogo *RPG*, possui quatro missões implementadas (Itens de viagem, Vegetação, Paleontologia, Baleias). Neste artigo, a missão “Baleias” é relatada e analisada. De forma geral, há indícios que o produto final pode ser usado no contexto no qual foi proposto e oferece aos licenciandos o entendimento de métodos e processos da Ciência Cidadã, como, a fotoidentificação e o catálogo de baleias no ambiente antártico. Os artefatos gerados durante todo o processo de produção do jogo foram criados usando ferramentas selecionadas de acordo com as necessidades das equipes, sobretudo a Equipe de Desenvolvimento. É importante entender e analisar as características das ferramentas antes de usá-las, pois ajuda os atores na diminuição de esforços, como tempo, recursos humanos e custo. Como aspectos positivos, destacam-se: as fases do jogo contém uma estrutura bem definida (com navegação, diálogos e conteúdos em cada desafio/minijogo) e são baseadas nos princípios do *design* universal (para produzir um jogo acessível que atinja pessoas com ou sem deficiência); o tutorial é um guia de uso apresentados para os estudantes no início da missão, dentro do jogo; o acesso ao jogo é realizado por meio de um *link* para *download*, sem a necessidade de instalação; e o código-fonte está disponível com licença CC-BY-NC-SA 4.0. Como limitação, destaca-se a ausência de registro de dados para coleta e análise interna do desempenho do jogador, apesar do seu planejamento com o modelo AvaliaJS ter sido concluído. Nesse sentido, como oportunidade de pesquisas futuras, é sugerido o uso de técnicas de IA, relacionadas a coleta e análises estatísticas de dados durante a interação com o jogo, como *log* de interação, trilhas de informação e *Learning Analytics*.

Pessoas

O projeto contou com atores e papéis distribuídos em uma equipe multidisciplinar (desenvolvimento, conteúdo, acessibilidade, análise, entre outras). Ainda como aspecto positivo, houve também o envolvimento de várias pessoas externas (e.g. especialistas e usuários finais com e sem deficiência) nos testes e avaliações dos protótipos, ao longo do processo de desenvolvimento, e isso foi essencial para a validação e verificação de decisões importantes. Esse envolvimento de pessoas de diferentes perfis é decorrente



dos conceitos adotados de *Design Participativo* e *Design Universal*: a opinião de todos em vários estágios contribuiu para a definição de mecânicas, minijogos e aspectos de interação, e colaborou com o objetivo de ter um jogo acessível a mais pessoas, com ou sem deficiência.

Entretanto, houve desafios na comunicação entre essas equipes multidisciplinares, visto que cada equipe tinha sua especificidade, experiências e conhecimentos distintos. Esses desafios eram principalmente relacionados à viabilidade técnica de implementação das demandas e requisitos entre as equipes (e.g., número total de missões, quantidade de minijogos com mecânicas distintas ou que não contemplavam recursos de acessibilidade). É importante destacar que, quando houve a entrada de um membro na equipe de Análise, o diálogo entre as equipes melhorou, pois mediou a comunicação entre as equipes, integrou os requisitos (pedagógicos, técnicos, de jogabilidade e acessibilidade), e especificou as demandas para cada uma. Como aspecto negativo, observa-se a falta de divisão de atores e papéis em relação às outras equipes, o que resultou em: (1) ausência de artefatos (e.g., falta do *layout* de telas, tipografia e catálogo de caudas de baleias) e (2) retrabalho para integrar *assets* que tiveram que ser melhorados (e.g., diálogos e novas *interfaces*). Os pontos fracos relatados poderiam ser superados com a capacitação de atores e comunicação constante entre as equipes.

Considerações Finais

Para garantir a qualidade de jogos educacionais, em relação a sua eficácia, é importante que o seu ciclo de vida de desenvolvimento seja apoiado por abordagens (e.g. métodos, metodologias e *frameworks*) que apresentem processos, tarefas, etapas, artefatos e ferramentas, atores, papéis e métodos de testes e avaliações bem definidos. Nesse contexto, este artigo teve como objetivo descrever e analisar os processos de produção de uma missão do jogo educacional “EA”, por meio do método AIMED e avaliação da qualidade a partir dos 4Ps, focando na análise das ferramentas selecionadas para criação dos artefatos gerados durante as etapas de desenvolvimento do jogo. Os principais resultados indicaram pontos fortes e fracos no desenvolvimento da versão final do jogo (abordados na seção de Discussões).

Como aspecto positivo, observou-se que as verificações e validações realizadas ao final das iterações contribuíram para a agilidade do avanço do projeto e auxílio nas decisões técnicas e pedagógicas (sobretudo em relação à acessibilidade e

jogabilidade). Como aspectos negativos, observou-se a falta de integração de alguns atores e papéis em atividades de Pré-produção, Produção e Pós-produção; falta de tutorial para uso em sala de aula; e falta de avaliação da aprendizagem (não houve a implementação de coleta de dados durante a interação com o jogo). Além disso, é importante planejar e analisar bem as ferramentas a serem usadas, pois elas podem impactar o sucesso do desenvolvimento do jogo, tanto quanto ao prazo, como custo e qualidade dos artefatos gerados, sobretudo o jogo final.

Como contribuições deste artigo, teve o relato do jogo educacional “EA” sob a perspectiva do método AIMED e a análise dos pontos positivos e negativos do processo de desenvolvimento, que servem de modelo para produções de novos jogos educacionais. Além disso, a análise e descrição dos artefatos gerados e ferramentas usadas podem auxiliar desenvolvedores de jogos a decidirem as ferramentas mais adequadas para o contexto de cada projeto. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar a descrição e análise do jogo “EA” como um todo, isto é, todas as missões e não somente a missão das “Baleias”.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Processos 88887.163248/2018-00, 88887.361026/2019-00 e 88887.473817/2020-00) e à Universidade Federal do ABC pelo apoio concedido a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Abt, C. C. (2002). *Serious Games*. University Press of America.
- Albarrassim, M., Rocha, R. V., & Campos, M. R. (2020). Um Relato do Design e Desenvolvimento de um Jogo Sério - a experiência de uso do método AIMED com um game para treinamento de contingência. In *Anais do SBGames*. Recife. 109-115. www.sbgames.org/proceedings2020/ArtesDesignFull/209778.pdf
- Ali, Z., & Usman, M. (2017). Framework for game engine selection for gamification and serious games. In *2016 Future Technologies Conference. San Francisco, USA*. 1199-1207. 10.1109/FTC.2016.7821753
- Araújo, M. C., Façanha, A. R., & Viana, W. (2020). Desafios para o Design, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Acessíveis. In *Anais do SBGames*. Recife. 1-3. www.sbgames.org/proceedings2020/WorkshopGrandGamesBR/209787.pdf
- Aslan, S., & Balci, O. (2015). GAMED: Digital Educational Game Development



- Methodology. *Simulation*, 91(4), 307-319. <https://doi.org/10.1177/0037549715572673>
- Battistella, P. E., & Wangenheim, C. G. (2016). ENgAGED: um processo de desenvolvimento de jogos para ensinar computação. In *Anais do SBIE*. Uberlândia. 380-389. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2016.380>
- Becker, K., & Parker, J. (2012). Serious Instructional Design: ID for digital simulations and games. In *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. Austin, USA. 2480-2485.
- Belarmino, G. D., Oliveira, R. N. R., Rocha, R. V., & Goya, D. H. (2019). Planejamento e Desenvolvimento de um Jogo Educacional Acessível a Surdos e Pessoas com Deficiência Visual. In *Anais do III Workshop @NUVEM*. UFABC. 1-4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4273190>
- Belarmino, G., Oliveira, R., Rodriguez, C., Goya, D., & Rocha, R. (2021). Descrição e análise dos processos de produção de um jogo educacional e seus impactos na sua qualidade. In *Anais do SBGames*. Porto Alegre. 407-416. https://doi.org/10.5753/sbgames_estendido.2021.19673.
- Braga, J. C., Pimentel, E., & Dotta, S. (2013). Metodologia INTERA para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem. In *Anais do SBIE*. Campinas. 306-315. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2013.306>
- Chandler, H. M. (2012). *Manual de produção de jogos digitais*. Bookman.
- Engström, H., Ambring, E., Dahlin, C. J., Sjöstrand, E., & Håkansson, P. (2011). Making a Game of the Old Testament Balancing Authenticity, Education and Entertainment. *IADIS International Journal on WWW/Internet*, 9(1), 1-17.
- Freitas, S. D., & Jarvis, S. (2006). A Framework for Developing Serious Games to meet Learner Need. In *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*. Orlando, USA. 1-11.
- Garcia, F. E., & Neris, V. P. A. (2013). Design de jogos universais: apoiando a prototipação de alta fidelidade com classes abstratas e eventos. In *Anais Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. Manaus. 82-91. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2577101.2577120>
- Hopcroft, J. E., Motwani, R., & Ullman, J. D. (2001). Introduction to automata theory, languages, and computation. *ACM SIGACT News*, 32(1), 60-65. <https://doi.org/10.1145/568438.568455>
- Kirkley, S. E., Tomblin, S., & Kirkley, J. (2005). Instructional Design Authoring Support for the Development of Serious Games and Mixed Reality Training. In

- Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference*.
Bloomington, USA. 1-11.
- Kniest, E., & Burns, D. (2010). *Fluke Matcher v3.3.0*, User manual.
- Melle, L. F. O., Braga, J. C., Pimentel, E. P., & Dotta, S. C. (2020). Revisão da Metodologia INTERA e sua Aplicação no Desenvolvimento de um Jogo Educacional do tipo RPG. In *Anais do SBIE*. Natal. 602-611. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.602>
- Mattar, J., & Ramos, D. K. (2021). *Metodologia da Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas*. Edições 70.
- Motta, J. P. F., Oliveira, M. A., Rodriguez, C., Goya, D., Venero, M., & Rocha, R. V. (2019). Um Relato sobre a Capacitação e a Produção de um Jogo Sério: a experiência de um projeto de extensão com um game para conscientização da adoção de animais. In *Anais do SBGames*. Rio de Janeiro. 1086-1095. www.sbgames.org/sbgames2019/files/papers/EducacaoFull/198368.pdf
- Oliveira, R. N. R., & Rocha, R. V. (2020). Modelo Conceitual de Planejamento da Avaliação do Desempenho de Alunos em Jogos Sérios. In *Anais do SBGames*. Recife. 682-691. www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoFull/209743.pdf
- Oliveira, R. N. R., Belarmino, G. D., Rodriguez, C., Goya, D. H., Venero, M., Benitez, P., & Rocha, R. V. (2021a). Relato de Experiência do Desenvolvimento e Avaliação da Usabilidade e Acessibilidade de um Protótipo de Jogo Educacional Digital para Pessoas com Deficiência Visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 27(3). 847-864. <https://doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0190>
- Oliveira, R. N. R., Rocha, R. V., & Goya, D. H. (2021b). Planning the Design and Execution of Student Performance Assessment in Serious Games. *Journal on Interactive Systems*, 12(1), 172–190. <https://doi.org/10.5753/jis.2021.1907>
- Oliveira, R., Belarmino, G., Rodriguez, C., Goya, D., Venero, M. F., Oliveira Júnior, A. P., & Rocha, R. V. (2019). Avaliações em Jogos Educacionais: instrumentos de avaliação da reação, aprendizagem e comparação de jogos. In *Anais do SBIE*. Brasília. 972-981. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2019.972>
- Oliveira, W., Joaquim, S., & Isotani, S. (2020). Avaliação de Jogos Educacionais: Desafios, Oportunidades e Direcionamento de Pesquisa. In *Anais do SBGames*. Recife. 775-778. www.sbgames.org/proceedings2020/EducacaoShort/209344.pdf
- Portela, K.L.T. (2013). *Comparação do Padrão de Pigmentação da Nadadeira Caudal de Baleias-jubarte*. Monografia (Ciências Biológicas). UFBA.



<<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/11974>>.

- Prensky, M. (2007). *Digital Game-Based Learning*. Paragon House.
- Rocha, R. V., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2015). Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades. In *Anais do SBIE*. Maceió. 692-701. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.692>
- Rocha, R. V., Valle, P. H., Maldonado, J. C., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2017). AIMED: Agile, Integrative and Open Method for Open Educational Resources Development. In *IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies*. Timisoara, Romania. 163-167. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.104>
- Rocha, R. V., Zem-Lopes, A. M., Pedro, L. Z., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2016). Metodologia de Desenvolvimento de Jogos Sérios: especificação de ferramentas de apoio open source. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 24(3), 109-124. <https://doi.org/10.5753/rbie.2016.24.3.109>
- Rodrigues, H. F., Machado, L. D. S., & Valença, A. M. G. (2010). Definição e Aplicação de um Modelo de Processo para o Desenvolvimento de Serious Games na Área de Saúde. In *Workshop de Informática Médica*. Belo Horizonte. 1532-1541.
- Salas, E., Rosen, M. A., Held, J. D., & Weissmuller, J. J. (2009). Performance measurement in simulation-based training: a review and best practices. *Simulation & Gaming*, 40(3), 328–376. <https://doi.org/10.1177/1046878108326734>
- Santos, W. O., & Isotani, S. (2018). Desenvolvimento de Jogos Educativos? Desafios, oportunidades e direcionamentos de pesquisa. *Novas Tecnologias na Educação*, 16(2), 2018,1-10. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.89252>
- Story, M. F., Mueller, J. L., & Mace, R. L. (1998). *The Universal Design File: Designing for People of All Ages and Abilities*. NC State University, The Center for Universal Design. Revised Edition.
- Trybus, J. (2015). *Game-Based Learning: What it is, Why it Works, and Where it's Going*. NMI White Paper. New Media Institute. New York.
- Valle, P. H. D., Rocha, R. V., & Maldonado, J. C. (2017). Testing Game: An Educational Game to Support Software Testing Education. In *Proceedings of the 31st Brazilian Symposium on Software Engineering*. Fortaleza. 289-298. <https://doi.org/10.1145/3131151.3131182>
- Zabot, D., Andrade, S., & Matos, E. (2019). Game Design participativo com crianças surdas e com deficiência auditiva: uma experiência no ensino fundamental. In *Anais do Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento*



de Jogos. Vitória. 49-58. <https://doi.org/10.5753/wiplay.2019.7839>