

Processo fundamentado em Test Driven Development (TDD) para criação de jogo sério infantil: Um estudo de caso sobre a temática de cadeia produtiva

Maria I. S. Nascimento, marian@alunos.utfpr.edu.br, <https://orcid.org/0009-0002-3818-7088>

Simone N. Matos, UTFPR, snasser@utfpr.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-5362-2343>

Isabel C. Torrens, UTFPR, isa-torrens@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8249-5577>

Helyane B. Borges, UTFPR, helyane@utfpr.edu.br, <http://orcid.org/0000-0002-9153-3819>

Resumo. Este artigo apresenta um processo para criação de jogos sérios utilizando o desenvolvimento baseado em testes (TDD). Dividido em duas fases — *Design* do Jogo e *Test Driven Development* — o processo integra princípios de design de jogos sérios infantis e diretrizes essenciais para sua construção. O processo foi usado para modelar um jogo sobre cadeia produtiva, conteúdo ensinado a crianças em um projeto de extensão. Foram desenvolvidos aspectos como mecânica, cenários e testes, os quais foram implementados usando a linguagem Java e a biblioteca JUnity. O processo simplificou o desenvolvimento ao integrar testes desde a fase inicial do jogo, facilitando a avaliação e seu refinamento.

Palavras-chaves: engenharia de software, extensão, jogos digitais, aplicação.

Process based on Test Driven Development (TDD) for creating a serious game for children: A case study on the theme of the production chain

Abstract. This paper presents a process for creating serious games using test-driven development (TDD). Divided into two phases — Game Design and Test-Driven Development — the process integrates design principles for serious games for children and essential guidelines for their construction. The process was used to model a game about the production chain, a content taught to children in an extension project. Aspects such as mechanics, scenarios and tests were developed, which were implemented using the Java language and the JUnity library. The process simplified development by integrating tests from the initial phase of the game, facilitating evaluation and refinement.

Keywords: software engineering, extension, digital games, application.

1. Introdução

Os jogos sérios possuem um objetivo adicional, o aprendizado ou desenvolvimento de habilidades dos jogadores (DÖRNER et al. 2021). Sua eficácia se aplica a diversas áreas, como saúde, ciências sociais, engenharias e linguística (GAZIS; KATSIRI, 2023). Entretanto, não há um padrão de desenvolvimento para a criação de jogos sérios, existem modelos centrado em design (SANDÍ DELGADO; BAZAN, 2020) e outros com enfoque na sua avaliação como apresentado em (OLIVEIRA et al. 2022).

Práticas como o Test Driven Development (TDD) podem ajudar na construção dos jogos (Silva; Farias 2019), pois permite que uma funcionalidade seja testada, codificada e refatorada em ciclos. Os testes, aplicados juntamente com o código, permitem verificar se alterações afetam o comportamento esperado da aplicação (SHORE; WARDEN 2021).

A utilização do TDD nos contextos acadêmico e industrial contribui para aumentar a qualidade do software (BENATO; VILELA, 2021) e, na indústria de jogos, reduz a complexidade e a reescrita do código (BOEIRA 2021).

Este trabalho propõe um processo para o desenvolvimento de jogos sérios, fundamentado no TDD, devido à sua facilidade em adicionar novas funcionalidades. O processo se baseia no modelo conceitual de Pesantez *et al.* (2019) e nas diretrizes para jogos sérios infantis de Valenza *et al.* (2018), e contém como principais fases o *Design* do Jogo e a Aplicação do TDD.

O processo foi aplicado para identificar cenários de um jogo sobre a cadeia produtiva (PEROBELLI *et al.* 2018), destinado a crianças carentes com faixa etária entre 06 e 10 anos, atendidas pelo projeto de extensão de uma Universidade da região Sul do Paraná, na qual a autora deste trabalho participa e atua há aproximadamente um ano e meio. A participação no projeto auxiliou na identificação dos conteúdos abordados no jogo, bem como na definição dos tipos de atividades interativas mais atrativas para o público-alvo.

A cadeia produtiva foi escolhida por ser uma área pouco coberta pelos jogos da literatura e um tema abordado nos Objetivos do Desenvolvimento sustentável (ODS). O jogo sintetiza os principais aspectos da cadeia produtiva como trabalho no campo, produção, transporte, consumo, matéria-prima e indústria (EDUCAÇÃO, 2018), (PINHEIRO, 2021), (ATAIDE, 2022). Os testes da primeira fase do jogo foram implementados para validar o processo e colaborou para um desenvolvimento direto e seguro, o que possibilitou melhorias no código conforme as funcionalidades eram implementadas.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta a fundamentação teórica que nortearam o desenvolvimento da pesquisa relatada neste artigo.

2.1. Jogos Sérios

De modo geral, jogos sérios são jogos cujo objetivo principal não é o entretenimento, sendo utilizados em diversos contextos e áreas (Lima *et al.* 2021). Existem subgrupos como simulações, simulações de treinamento e jogos educacionais (MONTEIRO, 2020). No contexto educacional, eles ajudam no desenvolvimento de habilidades, engajando alunos com situações práticas reais (ALMEIDA; SIMOES, 2019).

Pesantez *et al.* (2019) propôs um modelo para desenvolvimento de jogos fundamentado em um *design* conceitual, e Valenza *et al.* (2018) explicam como os recursos identificados em jogos sérios devem se comportar. A fim de melhorar a compreensão entre os dois trabalhos, foram identificadas semelhanças e complementações dos principais elementos de jogos abordados pelos autores e estão apresentados na Tabela 1.

Ambos os trabalhos destacam elementos essenciais como interação, personagens, regras, sequência lógica e ambiente adequado ao público-alvo. As diretrizes detalham e asseguram como essas necessidades devem ser atendidas, embora o “Objetos do Jogo” de Pesantez *et al.* (2019), destaque-se pela especificação detalhada dos personagens, em contraste com uma diretriz mais geral.

Tabela 1 - Semelhanças e/ou complementações entre o modelo de Pesantez *et al.* e as diretrizes de elementos de design de jogos sérios infantis

Elementos	Modelo de Pesantez et al (2019)	Diretrizes de Valenza et al (2018)
Cenário	Composto por interações que incluem o uso de teclado, comandos e sensor de movimento	Simplificar o uso dos dispositivos de interação
		Utilizar mecanismos eficientes de interação com os elementos
		Dar visibilidade aos elementos de interação
Objetos do Jogo	Possui personagens com características próprias	Utilizar personagens para interação
Mecânica do Jogo	Faz o uso de regras, utilizando pontuação, recompensas e interação	Recompensar o jogador
		Apresentar classificação e/ou pontuação claramente na tela
	Utiliza ferramentas para promover o envolvimento do jogador a partir de um fluxo claro até o objetivo final	Encadear logicamente o conteúdo
		Utilizar narrativas para engajar o jogador
Ambiente do Jogo	Construir o ambiente com base na definição do público-alvo	Definir objetivos claros
		Adequar a linguagem ao público-alvo
		Adequar o tempo de interação à idade
Sistema de Aprendizagem	Promover à aprendizagem e desenvolvimento de habilidades ao longo da experiência do usuário	Adequar ao nível de experiência do usuário
		Embutir o conteúdo alvo de forma "acidental"
		No caso de jogos acompanhados, prover controle ao educador

2.2. Test Driven Development (TDD)

O Test Driven Development (TDD) consiste no uso de testes antes da escrita do código. Os testes são escritos com base nos requisitos identificados, cujo desenvolvimento e execução estão contidos em passos pré-definidos \cite{moe2019}.

O processo de TDD se inicia com o passo *Think*, onde o desenvolvedor cria um teste inicial que falhe para o comportamento desejado, antes mesmo de escrever o código. Em seguida, escreve-se o código suficiente para atender ao comportamento esperado e executa-se, garantindo que falhe (*Red bar*). Depois, produz-se o código mínimo necessário para que o teste passe (*Green bar*). Segue-se com a refatoração (*Refactor*) para limpar o código sem adicionar novos comportamentos e sem causar falhas nos testes. Finalmente, os passos são repetidos (*Repeat*) para incluir novos comportamentos (SHORE; WARDEN, 2021).

A Figura 1 apresenta um fluxograma elaborado a partir da descrição dos passos citados anteriormente, explicitando como é realizado o ciclo do desenvolvimento guiado por testes. Observa-se que em cada passo os testes são verificados, sendo que somente seu êxito garante o avanço para a conclusão de todo o ciclo de desenvolvimento (STAEGEMANN *et al.* 2021).

Os benefícios do TDD estão relacionados à produção de códigos de qualidade, redução de esforços durante o desenvolvimento, controle do código desenvolvido, o que permite a inovação, refatoração e entrega contínua (ACOSTA; GAJDA, 2022).

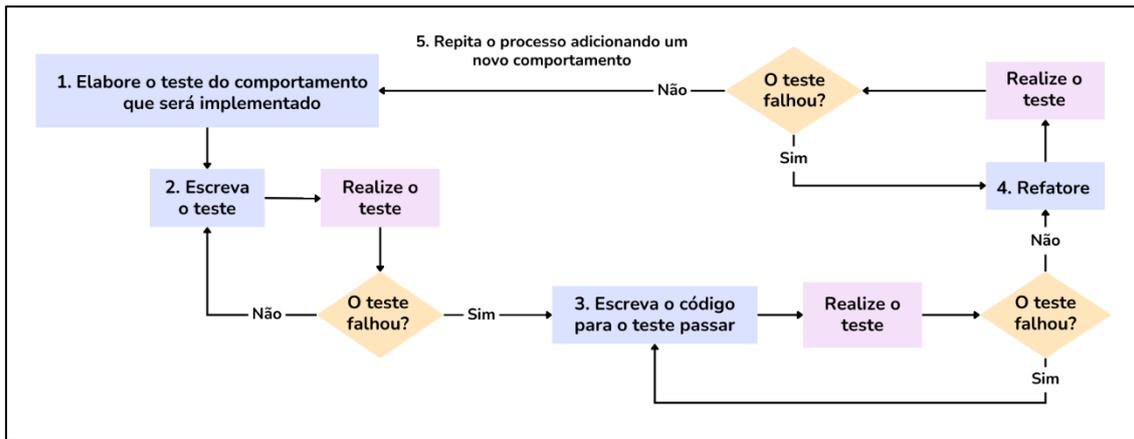


Figura 1 – Processo do TDD

3. Trabalhos Relacionados

A utilização da prática de desenvolvimento orientado a testes possui menor adesão no que se refere à indústria de jogos (BOEIRA, 2021). Trabalhos como o de Coelho Neto *et al.* (2015) e de Oliveira Neto *et al.* (2019), trouxeram, respectivamente, uma análise exploratória que verificou as abordagens dos desenvolvedores de jogos eletrônicos educacionais e uma pesquisa de opinião com desenvolvedores de jogos independentes. Em ambos, o TDD foi citado como um dos métodos de desenvolvimento utilizados.

Santori *et al.* (2019) desenvolveu seu estudo visando validar o uso da ferramenta de testes Selenium para demonstrar a adoção do TDD no desenvolvimento de um jogo para plataforma *web* correspondente à escalação de jogadores de futebol. No processo, ele nomeou as funcionalidades como tarefas, que são descritas por meio de histórias do usuário e que resultaram em casos de teste.

O trabalho de Pimenta (2022) propôs o desenvolvimento de uma arquitetura com componentes de jogos sérios reutilizáveis, utilizando o TDD para obter códigos com menores resquícios de más práticas de desenvolvimento. Já Moraes (2023) desenvolveu o jogo educativo *League of Warthropods* para conscientização ambiental, mencionando o uso de TDD, mas sem especificar um processo.

Os trabalhos citados anteriormente não tinham como foco a criação de um processo de desenvolvimento usando o TDD, mas sim sua aplicação. Quanto ao tema que o jogo proposto neste artigo contempla (cadeia produtiva), têm-se como estudos similares o *Food Force* (PETROS; GEORGIOS, 2011), que aborda temas como a fome, distribuição e produção de alimentos e o *World Rescue Game* que contempla conceitos como consumo responsável e poluição em diferentes regiões da Terra. Ambos trazem em seu núcleo o gerenciamento de atividades produtivas e de distribuição, destacando aquelas que tratam da alimentação. Esses jogos não focam nos aspectos principais da cadeia: campo, produção, transporte, consumo, matéria-prima e indústria.

4. Processo Fundamentado em TDD para Criação de Jogos Sérios Infantil

O processo é dividido em duas fases: a definição do *Design* do jogo e a Aplicação do TDD (Figura 2). A primeira fase envolve a modelagem do jogo, subdividida em Caracterização e Funcionamento, enquanto a segunda abrange o desenvolvimento do jogo, subdividido em Elaboração e Implementação.

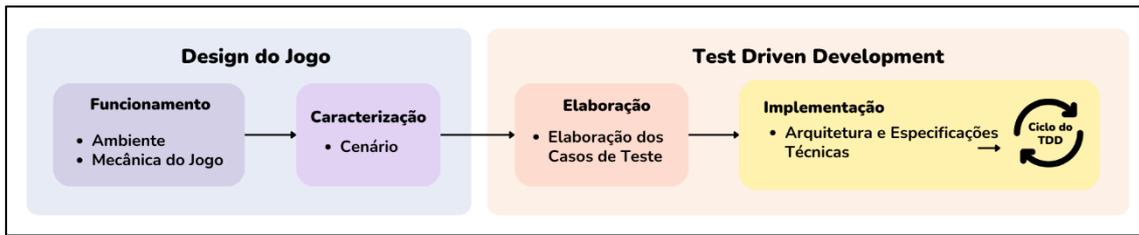


Figura 2 – Processo Proposto

Em relação à fase *Design* do Jogo, na etapa de Funcionamento são estabelecidos os aspectos essenciais para que o jogo funcione de acordo com seu propósito. A construção do ambiente do jogo envolve: definição do público-alvo, definição do gênero do jogo, definição do(s) objetivo(s) do jogo, definição do(s) objetivo(s) de aprendizagem do jogo.

Considerando a Mecânica do Jogo algumas definições foram necessárias como: definição do sistema de pontuação, definição do sistema de recompensa e a construção da história do jogo. Já para a etapa de caracterização é realizada a seguinte separação: caracterização de personagens e caracterização de itens de jogabilidade (definir o que aquele item representa e principal função no jogo). Com os objetos do jogo já definidos, a continuidade do desenvolvimento é dada com a definição dos cenários. A estruturação do cenário pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 – Modelo de Definição do Cenário

Cenário + Número do cenário + Nome do Jogo				
*Protagonista(s)				
*Objetivo				
*Objetivo de Aprendizagem				
*Conflito				
*Obstáculo				
*Resolução				
Cenas				
Número	Nome	Descrição	Ação	Evento

O cenário representa o ambiente do jogo onde a ação do jogador ocorre e é composto pela sua narrativa e cenas. Sua definição deve ocorrer a partir da interpretação da história do jogo descrita na etapa anterior, bem como de outros elementos levantados como os objetivos e personagens.

A narrativa descrita foi adaptada conforme o modelo proposto por Bryant e Giglio (2015), citado por Teixeira e Gonçalves (2017), que propõe os elementos para roteiro de jogos. A adaptação foi feita ao incluir o objetivo de aprendizagem e também na utilização, já que a narrativa dos autores é considerada para o jogo como um todo e neste trabalho foi utilizada para cada cenário levantado.

Na fase do de Aplicação do TDD, o primeiro passo é a etapa de Elaboração, que consiste na criação dos casos de testes. Esses casos de testes são elaborados a partir das cenas identificadas na fase anterior, um modelo é apresentado na Figura 3.

MODELO		EXEMPLO	
Casos de Teste + Número da Cena + Nome da Cena		Casos de Teste 1 – Reiniciar o Jogo	
"Cenário:" + Descrição do Cenário		Cenário: Com o jogo aberto o jogador poderá indicar a opção de reiniciar o jogo.	
Dado de Entrada	Dado de Saída	Dado de Entrada	Dado de Saída
		Clique no botão "Reiniciar Jogo"	Visualização do jogo recomeçado

Figura 3 – Modelo e Exemplo de Casos de Teste

Como os testes provêm das cenas, o título deve apresentar o número e nome correspondente a ela. O dado de entrada corresponde à ação da cena e o dado de saída ao evento. O exemplo dado anteriormente foi para a cena “Reiniciar o Jogo”.

Quanto à etapa de implementação do TDD é descrita a arquitetura, por exemplo, se ela é voltada à web, a dispositivos móveis ou para o ambiente desktop. Também são definidos o sistema operacional e as especificações técnicas tais como a linguagem de programação utilizada, banco de dados, ferramenta para os testes. Após isso, o item 2 “Escreva o Teste” do ciclo de testes do TDD pode ser iniciado, conforme apresentou a Figura 2.

Com todos os casos de testes elaborados, cada um será implementado com as ferramentas escolhidas, verificando seu funcionamento. Até que o teste obtenha êxito, ocorrerá a fase de escrita, execução e refatoração, quando necessária.

5. Resultados

Para a fase *Design* do Jogo, em sua etapa Funcionamento, foram realizadas as definições de público-alvo, objetivos, objetivos de aprendizagem do jogo, sistema de pontuação e recompensa, finalizando com a história do jogo. A Tabela 3 apresenta essas definições.

Tabela 3 - Definição das etapas para o jogo sobre cadeia alimentar

Design do Jogo		
Etapa	Elemento	Descrição
Funcionamento	Público-alvo	Crianças de 6 a 10 anos
	Gênero	Aventura
	Objetivo	Ensinar sobre cadeia produtiva através de um jogo de aventura
	Objetivos de Aprendizagem	Conhecer trabalhadores do campo e da cidade; conhecer meios de transporte; conhecer componentes naturais (solo, água, plantas, clima); reconhecer produtos do campo e da cidade e identificar setores da economia
	Sistema de Pontuação	Jogador ganha 5 estrelas por fase
	Recompensas	Atribuídas conforme objetivos de aprendizagem (e.g., crachá de estudante)
	História do Jogo (resumo)	O personagem principal se comunicará com o jogador ao longo do jogo, convidando-o para o auxílio na produção e entrega de uma determinada planta para que ocorra sua transformação na indústria.
Caracterização	Personagem Principal	Tomaz, trabalhador do campo
	Itens de Jogabilidade (exemplo)	2 coleções de 3 cartões de imagem referentes aos trabalhadores do campo e aos trabalhadores da cidade, a função de cada um é ser colocado no local correto;
	Cenários	1. Menu Inicial; 2. Seleção de Fases; 3. Fase 01: Trabalhadores do Campo e da Cidade; 4. Fase 02: Meios de Transporte; 5. Fase 03: Recursos Naturais; 6. Fase 04: Produtos do Campo ou da Cidade; 7. Fase 05: Setores da Economia

A finalidade de desenvolver para o público-alvo indicado é porque a autora deste trabalho participa de um projeto de extensão e vivência na prática as necessidades dos alunos. Com o jogo delineado foi possível definir os personagens e itens de jogabilidade e o total de sete cenários, essa é a etapa Caracterização, apresentada na Tabela 2.

Nesse artigo é apresentado o uso do processo para o Cenário 03 (Fase 01: Trabalhadores do Campo e da Cidade). Ele apresenta a jogabilidade, ou seja, elementos da narrativa de um jogo, diferentemente do Cenário 01 - Menu Inicial, que é um requisito para iniciar o jogo. A Figura 4 ilustra as informações sobre o Cenário 03, mostrando o personagem envolvido, objetivo, objetivo da aprendizagem, conflito, obstáculo e resolução.

Cenário 03 - Fase 01 do Jogo: Quem são os trabalhadores do Campo e da Cidade?
*Protagonista(s): Jogador, Tomaz.
*Objetivo: Realizar a combinação do cartão com a imagem do transporte com o cartão com a imagem descrevendo seu tipo.
*Objetivo de Aprendizagem: Conhecer e distinguir os trabalhadores do campo e da cidade.
*Conflito: As imagens dos trabalhadores não estão no local correspondentes à sua área de atuação.
*Obstáculo: Tempo de conclusão de 5 minutos.
*Resolução: Colocar todos os trabalhadores nas suas respectivas áreas de atuação antes do tempo limite.

Figura 4 – Modelo e Exemplo de Casos de Teste para o Cenário 03

Já a figura 5 corresponde às nove cenas identificadas para o Cenário 03 e os respectivos testes correspondentes a primeira cena.

Nesse cenário é possível visualizar, por meio das cenas levantadas, a interação do jogador com o personagem, bem como a contabilização de pontos e recebimento de recompensas, estes se repetiram em todas as fases do jogo. Quanto aos nomes das cenas, buscou-se também padronizá-los em cenas cujas atividades tinham o mesmo objetivo. A maioria das ações definidas estão relacionadas à interação com a interface a partir do clique do mouse e os eventos à mudança que o mesmo provoca na interface.

Cenas					Casos de Teste 01 - Explicação do conteúdo	
Numero	Nome	Descrição	Ação	Evento		
1	Explicação do conteúdo	Após selecionar a fase 01 o jogador informará a execução da explicação do assunto correspondente.	Efetuar o clique em "Começar"	Exibir a explicação.	Cenário: Após selecionar a fase 01 o jogador informará a execução da explicação do assunto correspondente.	
2	Instrução ao Jogador	Após a explicação do jogo, o personagem irá instruir o jogador quanto à situação-problema da fase correspondente	Efetuar o clique em "Começar Jogo"	Exibir a fala do personagem.	Dado de Entrada	Dado de Saída
3	Indicar Tipo de Trabalhador	Após a instrução o jogador irá indicar se a imagem contida no card pertence à área trabalhador do campo ou da cidade.	Efetuar o clique e arrastar o card para o local desejado.	Exibir card no local arrastado	Efetuar o clique em "Começar"	Imagens: campo e a cidade, seta para prosseguir; Falas: "O campo e a cidade são lugares diferentes que estão interligados! Vamos ver como?", "Clique na seta abaixo para prosseguir".
4	Finalizando a Situação-Problema	Com as ações de resolução do jogo finalizada, o jogador irá indicar que concluiu a proposta da situação-problema.	Efetuar o clique em "Finalizar"	Feedback informando as respostas corretas.	Efetuar o clique para prosseguir com a parte 1 da explicação:	Imagens: Pessoa trabalhando, seta para prosseguir; Falas: "O trabalho é a ação de realizar uma atividade por meio de esforço físico ou intelectual por um tempo determinado e com o recebimento de um valor em dinheiro.", "Clique na seta abaixo para prosseguir".
5	Pontuar Jogador	Jogador ganhará os pontos para ganhar a recompensa	Efetuar o clique na opção "Ver Pontuação".	Exibir a pontuação recebida e a opção de "Receber Recompensa".	Efetuar o clique para prosseguir com a parte 2 da explicação:	Imagens: Campo, seta para prosseguir; Falas: "O campo pode ser compreendido como local que possui áreas verdes, produção de alimentos e poucos habitantes.", "Clique na seta abaixo para prosseguir".
6	Recompensar Jogador	Jogador ganhará a recompensa para finalizar a fase	Efetuar o clique na opção "Receber recompensa".	Exibir a recompensa recebida e a opção de "Finalizar a Fase".	Efetuar o clique para prosseguir com a parte 3 da explicação:	Imagens: Trabalhadores do campo, seta para prosseguir; Falas: "Os trabalhadores do campo são: Agricultor, Técnico em Agropecuária, Tratorista, Piloto de Drones, Gestor Ambiental.", "Clique na seta abaixo para prosseguir".
7	Finalizar a Fase	Com a fase finalizada o jogador irá para a próxima fase.	Efetuar o clique em "Próxima Fase"	Exibir a tela correspondente à próxima fase do jogo.	Efetuar o clique para prosseguir com a parte 4 da explicação:	Imagens: cidade, seta para prosseguir; Falas: "A cidade é o local com estrutura de ruas, grande concentração de casas, edifícios e serviços especializados como hospitais e escolas", "Clique na seta abaixo para prosseguir".
8	Recomece a Fase	Jogador informará a opção de recomeçar a fase 01 do jogo.	Efetuar o clique na opção "Recomeçar".	Exibir a tela do inicial da fase 01 jogo.	Efetuar o clique para prosseguir com a parte 5 da explicação:	Imagens: Trabalhadores da cidade, seta para prosseguir; Falas: "Os trabalhadores da cidade são: Comerciantes, Segurança de Shopping, Mecânico, Porteiro", "Clique na seta abaixo para finalizar a explicação"
9	Retorne ao Menu Inicial	Jogador informará a opção de retornar ao menu inicial do jogo.	Efetuar o clique na opção "Menu Inicial".	Exibir a tela do menu inicial do jogo.	Efetuar o clique na seta	Botão: "Começar"
					Sem ação de clique por 5 minutos	Mensagem: "Clique (na seta/botão) para prosseguir com a explicação"

Figura 5 – Cenas e Casos de Teste da Cena 01 do Cenário 03

Para a fase do *Test Driven Development*, na etapa de elaboração foram criados os casos de teste e posteriormente realizada a etapa de implementação por meio da arquitetura e especificações técnicas definidas. A Figura 5 apresenta como uma única

cena gerou múltiplos casos de teste. Para a etapa de implementação (Figura 6) foi considerada apenas o cenário apresentado nas Figuras 4 e 5.

```

1 private GameApplication app;
  no usages
  @Start
  private void start(Stage stage) throws IOException {
    app = new GameApplication();
    app.start(stage);
  }

  @Test
2 void telaInicialExplicacaoExibida(FxRobot robot) {
  verifyThat(robot.window( stageTitleRegex: "Os Trabalhadores do Campo e da Cidade"), isShowing());
  robot.clickOn( query: "#comecar");
  verifyThat( nodeQuery: "#img_campocidade", isVisible());
  verifyThat( nodeQuery: "#menu", NodeMatchers.isVisible());
  verifyThat( nodeQuery: "#seta", NodeMatchers.isVisible());
  robot.sleep( milliseconds: CampoCidadeController.DURACAO_FALA * 1000);
  assertTrue(verificarReproducaoFala());
}

```

Figura 6 – Implementação do Primeiro Caso de Teste 01 do Cenário 03

Para a etapa de implementação foi considerada apenas o cenário apresentado nas Figuras 5 e 6. O jogo foi escolhido para ser executado no sistema operacional *Windows*, para o ambiente *desktop*. A linguagem utilizada foi o Java, versão 19, utilizando o JavaFX, e a ferramenta *Scene Builder*, para a elaboração da interface gráfica. Para a construção e execução de testes foram utilizadas as bibliotecas JUnit 4 e TestFX 4.

Com os testes elaborados e ferramentas definidas, iniciou-se o ciclo de desenvolvimento da técnica de desenvolvimento orientado a testes. Para exemplo do funcionamento do ciclo de criação dos testes, foi registrada a implementação do caso de teste iniciado com o clique em “Começar” referente à “Explicação do Conteúdo” (Figura 5).

A classe principal nomeada como *GameApplication* (Item 1), foi prevista para o funcionamento do jogo. O item 2 é o teste propriamente dito, que verifica se a explicação inicial foi exibida, o que inclui os aspectos visuais e de áudio, que é a fala do personagem, posteriormente os objetos estipulados foram criados permitindo a execução do teste e sua esperada falha, decorrente da falta dos elementos de interface.

Tendo em vista a falha do teste, deu-se início à codificação necessária para que o teste obtivesse êxito em sua execução. Fez-se a utilização dos nomes dos componentes de interface previamente definidos nos testes para a codificação.

Com o teste executado com sucesso, reiniciou-se o ciclo com a construção de um novo teste. A partir da nova implementação foi verificada a repetição da tarefa de reproduzir áudio, cujo código foi escrito de modo idêntico.

Por meio da refatoração foi criada uma classe única nomeada “ReprodutorAudio” para a reprodução do áudio, cujo caminho de localização é passado como parâmetro, para o método “play”, no momento de reproduzi-lo. O método é representado na figura 7.

```

CampoCidadeController

private void reproduzirAudio(){
    ReprodutorAudio.getInstance();
    ReprodutorAudio.play( audioPath: "/com/example/cprodgame/audio/audio_test1.3.wav");
}

CampoController

@FXML
public void clickComecar(ActionEvent actionEvent) {
    ReprodutorAudio.getInstance();
    ReprodutorAudio.play( audioPath: "/com/example/cprodgame/audio/audio_test1.1.wav");
}

```

Figura 7 – Exemplo do Uso da Refatoração

Com a refatoração, as classes “CampoCidadeController” e “CampoController” puderam usufruir do mesmo método e executando áudios distintos. Novamente o teste foi executado com sucesso, demonstrando uma refatoração sem comprometimento com a correta execução da aplicação. A Figura 8 corresponde às interfaces gráficas geradas para o Cenário 03, sendo o item correspondente à cena 1; o item b à cena 3 e o item c às cenas 5, 6, 7, 8, cenas descritas na Figura 5.

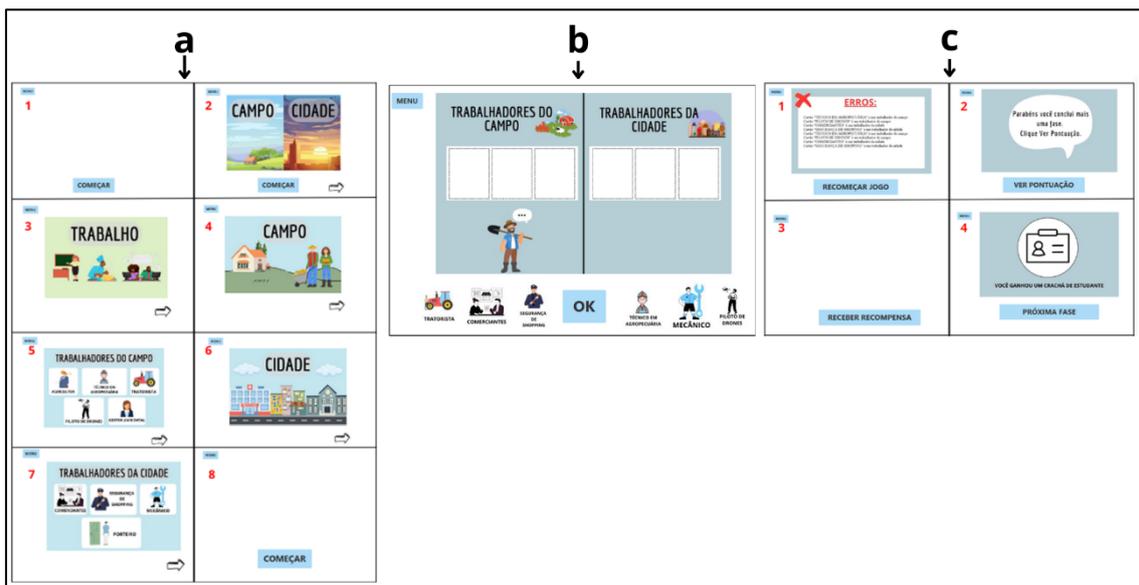


Figura 8 – Interfaces do Cenário 03

Em cada interface apresentada houve a verificação da exibição dos componentes da interface (imagens, botões) bem como o áudio explicativo correspondente a ela. A quantidade de cenários e suas respectivas cenas e casos de teste desenvolvidos estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Número de cenas e casos de teste gerados com o processo

Número	Cenário	Nº de Cenas	Nº de Casos de Testes
01	Menu Inicial	5	5
02	Seleção de Fases	7	3
03	Fase 01: Trabalhadores do Campo e da Cidade	9	9
04	Fase 02: Meios de Transporte	10	11
05	Fase 03: Recursos Naturais	8	10

06	Fase 04: Produtos do Campo ou da Cidade	9	10
07	Fase 05: Setores da Economia	9	10

Os cenários e casos de teste correspondentes aos cenários 04, 05, 06, 07 se assemelharam com as pertencentes ao Cenário 03, isso porque todas concedem ao jogador uma explicação particionada do assunto, diferenciando-se pelo tópico abordado e situação-problema proposta.

6. Discussões

Ao aplicar o processo ao desenvolvimento do jogo, notou-se facilidade, pois cada caso de teste tinha um objetivo específico, reduzindo a preocupação com o restante da implementação. A documentação do jogo por meio dos testes permitiu segurança nas refatorações e melhorias, já que os testes verificavam continuamente o sucesso das funcionalidades.

Devido à definição das especificações técnicas nas fases finais, os testes foram escritos sem considerar a aplicabilidade das ferramentas e linguagens, nem a arquitetura escolhida (*desktop*, *web*, *mobile*). Sugere-se uma adaptação para incluir dentro do processo uma fase de pesquisa das ferramentas de testes disponíveis, suas capacidades e o que pode ser testado. Isso orientaria o desenvolvedor sobre as opções de teste, permitindo maior flexibilidade e compromisso com os testes.

Outra necessidade é adicionar a prototipagem do jogo na etapa de *design*. A falta de visualização gráfica reduziu a percepção da necessidade de funcionalidades e seus respectivos testes, como ações de retorno, impedimento de cliques nas setas antes da conclusão das falas, e apresentação de informações sobre o progresso do jogador. Neste caso, o cenário deve ser elaborado posteriormente à prototipação e esta deve ser feita com base em todo o funcionamento previamente determinado. Ela é a fase em que as telas do jogo serão desenhadas com as ferramentas escolhidas pelo desenvolvedor.

Comparado os trabalhos relacionados encontrados na literatura que utilizaram o TDD para o desenvolvimento de jogos sérios, o processo apresentado neste artigo permite ao desenvolvedor visualizar como o TDD deve ser utilizado, como também integra às etapas iniciais como o levantamento de cenas do jogo, o que proporciona um norteamento para quem deseja aplicar testes ao construí-lo.

7. Conclusão

Diante do aumento no desenvolvimento de jogos sérios e a necessidade observada em pesquisa de metodologias que norteiam o atendimento conjunto de seus requisitos educacionais e de entretenimento com qualidade, este trabalho apresentou a um processo fundamentado em *Test Driven Development* (TDD), na adaptação dos trabalhos de Pesantez *et al.* (2019) e Valenza *et al.* (2018), que trazem um modelo conceitual do design de jogos sérios, ambos para o público infantil.

O processo foi aplicado para o projeto de um jogo educacional sobre o tema de cadeia produtiva destinado a crianças. Além disso, foi possível constatar como a criação do processo ajudou na definição de testes, visto que apenas uma cena do cenário do jogo resultou, em vários casos testes. Para trabalhos futuros o jogo será aplicado às crianças atendidas pelo projeto social para avaliar sua usabilidade.

8. Agradecimentos

Agradecemos as instituições parceiras por permitirem a aproximação dos graduandos com as crianças e as pessoas com deficiência intelectual. A parceria entre a universidade e as instituições torna-se fundamental para o desenvolvimento de um Engenheiro de Software que além de ter o conhecimento teórico e prático, pode colaborar para uma sociedade mais equalitária.

9. Referencias

- DÖRNER, R. et al. **Serious Games: Foundations, Concepts and Practice**. [S.l.: s.n.], 2021.
- GAZIS, A.; KATSIRI, E. Serious Games in Digital Gaming: A Comprehensive Review of Applications, Game Engines and Advancements. **WSEAS Transactions on Computer Research**, v. 11, p. 10–22, 2023.
- GEORGES, M. R. R.; ARAÚJO, K. Jogos sérios em sustentabilidade: uma análise exploratória nas plataformas GAMES4SUSTAINABILITY e LUDOPÉDIA. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 18, p. 184–197, mar. 2023.
- SILVA, D. A.; FARIAS, C. M. AMAEG, uma metodologia ágil para o desenvolvimento de jogos educacionais. In: **XVIII SBGames**, 2019. p. 1128–1131.
- SHORE, J.; WARDEN, S. **The art of agile development**. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2021.
- BENATO, G.; VILELA, P. Test-Driven Development: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 13, n. 1, p. 75–87, 2021.
- BOEIRA, J. N. **TDD para Games: Desenvolvimento guiado a testes para jogos digitais**. [S.l.]: Casa do Código, 2021.
- THOMPSON, S. et al. SnappySonic: An Ultrasound Acquisition Replay Simulator. **Journal of Open Research Software**, v. 8, n. 1, p. 8, 2020.
- PESANTEZ, D. A.; DELGADILLO, R.; RIVERA, L. Proposal of a Conceptual Model for Serious Games Design: A Case Study in Children With Learning Disabilities. **IEEE Access**, nov. 2019.
- VALENZA, M. V. et al. Guidelines para game design de jogos sérios para crianças. In: **Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment**, 2018. p. 169–178.
- PEROBELLI, F. S.; INÁCIO, J.; CASTRO, L. S. As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. **Nova Economia**, v. 28, p. 297–337, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- ATAIDE, E. B. **Projeto de intervenção pedagógica: os desafios do homem do campo**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022. Especialização em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica.
- PINHEIRO, R. **Estudo da cadeia produtiva da agricultura familiar a partir de produtores da feira agroecológica das Graças em Recife - PE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2021.

SANDÍ DELGADO, J. C.; BAZÁN, P. A. A systematic literature review of methodologies used for the design of serious games. In: **International Conference on Education and New Developments**, Zagreb, Croatia, 2020.

OLIVEIRA, R.; GOYA, D.; ROCHA, R. Proposta de Metodologia para Avaliação da Aprendizagem de Alunos em Jogos Sérios. In: **XI Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Anais Estendidos**. Porto Alegre: SBC, 2022. p. 180–185.

JARAMILLO-ALCÁZAR, A.; VENEGAS, E.; CRIOLLO-C, S.; LUJÁN-MORA, S. **An Approach to Accessible Serious Games for People with Dyslexia**. *Sustainability*, v. 13, p. 2507, fev. 2021.

LIMA, W.; FREITAS, A.; LIMA, T. Design e desenvolvimento de um jogo sério para educação musical. In: **XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**. Anais Estendidos. Porto Alegre: SBC, 2021. p. 417–426.

MONTEIRO, F. E. P. **Classifiquei: um jogo sério para o ensino de requisitos de software**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Software) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Quixadá, 2020.

ALMEIDA, F.; SIMOES, J. Serious Games in Entrepreneurship Education. In: **Serious Games in Entrepreneurship Education**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1-11.

SPEELMAN, E. N.; RODELA, R.; DODDEMA, M.; LIGTENBERG, A. Serious gaming as a tool to facilitate inclusive business; a review of untapped potential. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 41, p. 31-37, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343519300570>.

VASCONCELLOS, M. S.; CARVALHO, F. G.; DIAS, C. M. **Proposta de um método descritivo formal de regras de jogos sérios**. 2017.

MOE, M. Comparative Study of Test-Driven Development TDD, Behavior-Driven Development BDD and Acceptance Test-Driven Development ATDD. **International Journal of Trend in Scientific Research and Development**, v. 3, p. 231-234, 2019. DOI: 10.31142/ijtsrd23698.

STAEGEMANN, D.; VOLK, M.; LAUTENSCHLÄGER, E.; POHL, M.; ABDALLAH, M.; TUROWSKI, K. Applying Test Driven Development in the Big Data Domain – Lessons From the Literature. In: **International Conference on Industrial Technology**, 2021. p. 511-516. DOI: 10.1109/ICIT52682.2021.9491728.

ACOSTA, J.; GAJDA, K. Test Driven Development. 2022. Disponível em: https://www.ibm.com/garage/method/practices/code/practice_test_driven_development/.

COELHO NETO, J.; REINEHR, S.; MALUCELLI, A. Processo de Desenvolvimento de Software: uma Análise Exploratória com Profissionais que Desenvolvem Jogos Eletrônicos Educacionais. In: **Congresso Brasileiro de Informática na Educação**, 2015. p. 289. DOI: 10.5753/cbie.sbie.2015.289.

SANTORI, R. P.; et al. **Avaliação da ferramenta de testes Selenium no desenvolvimento guiado por teste de uma aplicação web**. 2019.

PIMENTA, A. S. G. M. **Uma arquitetura de modularização de componentes para desenvolvimento de jogos sérios na Unity Engine**. 2022.

MORAES, E. G. League of Warthropods: jogo educativo através de chat. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2023.

PETROS, P.; GEORGIOS, F. Educational applications of serious games: the case of the game food force in primary education students. In: **7th European Conference on Management Leadership and Governance**, Ecgb1, 2011. p. 476.

ZU DIGITAL. **World Rescue Game**. 2023. Disponível em: <https://worldrescuegame.com/>.

DE OLIVEIRA NETO, J. N.; VIANA, D.; SÁ, E.; RIVERO, L.; LOPES, R. F.; SILVA, F. Is there time for software testing in the indie games development? a survey with practitioners of the game industry. In: **Brazilian Symposium on Software Engineering**, 2019. p. 37-46.

BRYANT, R. D.; GIGLIO, K. **Slay the dragon: Writing great video games**. 2015.

ORACLE. **Java**. 2023. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/java/>.

GLUON. **Scene Builder**. 2023. Disponível em: <https://gluonhq.com/products/scene-builder/>.

ORACLE CORPORATION. **OpenJFX**. 2023. Disponível em: <https://openjfx.io/>.

JUNITY. **JUnity 4**. 2021. Disponível em: <https://junit.org/junit4/>.

THE TESTFX CONTRIBUTORS. **TestFX**. 2017. Disponível em: <https://testfx.github.io/TestFX/>.

TEIXEIRA, D. C.; GONÇALVES, D. Uma proposta de roteiro para game educativo com base no design de narrativa digital interativa. **Revista Metamorfose**, v. 2, n. 1, p. 252-275, 2017.