

Um jogo de estratégia para avaliação de competências baseadas na Pedagogia da Inovação

Mayara Cechinatto
Área de Ciências Exatas e Engenharias
Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, Brasil
mcechinatto@ucs.br

Elisa Boff
Área de Ciências Exatas e Engenharias
Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, Brasil
eboff@ucs.br

Resumo— Para que se constituam pessoas capazes de se adequarem às mudanças da sociedade, ao mesmo passo em que participam delas como sujeitos ativos, é necessário que a educação também seja transformada e adequada a esse novo mundo. Atualmente, a ampla disseminação do conhecimento e a evolução tecnológica oportunizam espaços para a inovação. Neste cenário, áreas de pesquisa como a pedagogia da inovação, desenvolvem metodologias e ferramentas que visam o desenvolvimento e a avaliação de competências da inovação em estudantes. Além disso, está presente na Base Nacional Comum Curricular do Brasil habilidades, competências e atitudes que devem ser trabalhadas em todos os estudantes da educação básica do país. Este artigo apresenta um jogo desenvolvido com o objetivo de avaliar duas entre as diferentes competências da inovação em estudantes de séries finais do ensino fundamental, sendo elas: a criatividade e o pensamento crítico. O jogo desenvolvido é de gênero defesa de torres, no qual o jogador não pode permitir que inimigos ultrapassem uma determinada parte do mapa. O jogo foi validado por meio de testes com usuários reais. O jogo desenvolvido se mostrou adequado para o público-alvo, tanto em relação a dificuldade quanto em relação ao entendimento das suas mecânicas. Os escores obtidos demonstraram que a ferramenta possui potencial como instrumento de avaliação de competências.

Palavras-chave — *Competências da Inovação, INNOPEDA, Jogos para avaliação*

I. INTRODUÇÃO

A educação se apresenta como uma das mais enriquecedoras necessidades do ser humano. A educação envolve processos físicos, mentais e intelectuais do desenvolvimento de um indivíduo. Conforme a nossa sociedade se transforma, seja por meio de mudanças sociais, políticas ou econômicas, a educação precisa ser também modificada, para que sejam construídas pessoas e profissionais capazes de adequar-se a, e construir, essa nova era [1]. Para o atual cenário, no que diz respeito ao desenvolvimento de profissionais, um dos desafios da educação é desenvolver competências relacionadas à inovação.

O conceito de inovação vem sendo frequentemente utilizado no âmbito empresarial, sendo esta entendida pela Comissão Europeia como o carro chefe do crescimento econômico da União Europeia (UE) [2]. A inovação é vista como a chave para a sobrevivência de um negócio em um mercado como o atual, dinâmico e concorrido. Para empresas cujo foco é o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou tendências, a inovação se apresenta ainda mais necessária [3].

Butter e van Beest [2] definem a inovação como o surgimento de algo novo ou a melhoria substancial de algo já existente, que seja útil para organizações.

Visando o desenvolvimento de competências relacionadas à inovação em estudantes do ensino superior, foi originada na Universidade de Ciências Aplicadas de Turku (TUAS), na Finlândia, a Pedagogia da Inovação (INNOPEDA®), uma área de pesquisa aberta e compartilhada a todos os pesquisadores da educação [4]. Porém, para que competências como as da inovação sejam devidamente desenvolvidas, é necessário que essas não sejam trabalhadas apenas quando o estudante atinge o nível de graduação. Sendo assim, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Brasil define que valores, habilidades e atitudes, sejam elas voltadas à vida ou ao mercado de trabalho, devem ser exercitadas durante toda a educação básica [5].

Para que as diferentes metodologias de aprendizagem e ensino de competências sejam validadas é necessário que se possuam métodos para sua avaliação. No final de 2017, um projeto atrelado a Innopeda® lançou uma ferramenta para auxiliar no desenvolvimento e na avaliação das competências da inovação de alunos do ensino superior [4]. Para a utilização desta ferramenta é requerida uma familiaridade com o assunto. Portanto, os professores e alunos precisam ser preparados para que se obtenha um resultado confiável [4]. Desta forma, uma ferramenta de avaliação que possa ser utilizada de forma simples, sem a necessidade de treinamento prévio e que obtenha resultados confiáveis pode ser de grande valia no processo de aplicação de metodologias relacionadas a pedagogia da inovação. Além disso, uma vez que essas habilidades precisam ser desenvolvidas desde o ensino básico, apresenta-se também a necessidade de uma ferramenta para esse público.

Os jogos, se associados a técnicas de avaliação furtiva, avaliações que são adicionadas de forma imperceptível dentro de um jogo [6], podem ser capazes de atingir esse tipo de objetivo. Essa tecnologia permite criar cenários e colocar os estudantes frente a situações problemas que requeiram diferentes habilidades e competências, abrindo espaço para que as capacidades do estudante sejam mensuradas [6]. Além disso, possuem grande apelo e aceitação por parte de públicos mais jovens.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um jogo sério como ferramenta para avaliar a performance de estudantes da educação básica, séries finais, em duas competências: a criatividade e o pensamento crítico.

II. METODOLOGIA

A metodologia de design do jogo passou por duas etapas. A primeira foi a concepção das habilidades avaliadas e das ações dentro do jogo que refletem as capacidades do estudante frente a essas habilidades. Para alcançar os objetivos desta etapa foi escolhido utilizar a técnica de avaliação furtiva, ou oculta, que envolve também a utilização do Design Centrado em Evidências.

A avaliação furtiva é uma avaliação adicionada dentro de um jogo de forma que o jogador não perceba que está sendo avaliado [6]. Essa área de pesquisa é utilizada para avaliar diferentes desempenhos, atributos e habilidades [6, 7]. Podem ser citados diversos benefícios da utilização da avaliação furtiva, como a capacidade de se desenvolver avaliações em ambientes imersivos e originais, reduzindo o estresse proveniente de testes, medindo competências ao longo do tempo e recebendo feedbacks contínuos, podendo melhorar o instrumento de avaliação conforme o nível de compreensão e habilidade do jogador [8]. Desta forma, a avaliação torna-se mais fiel a realidade e livre de fatores de influência, potencializando a sua capacidade informativa em relação às capacidades e conhecimentos do estudante [8].

A avaliação dentro do jogo, ocorre de forma que as ações realizadas pelo jogador, as consequências dessas ações, as interações com o jogo e outros elementos da jogabilidade, sirvam de evidência para o que se pretende avaliar [6, 8]. Comportamentos como esses são registrados em arquivos de log e utilizados para medir e avaliar as competências e conhecimentos do estudante.

Para a aplicação da avaliação furtiva é necessário o desenvolvimento de modelos que evidenciem as competências a serem avaliadas, a forma como serão avaliadas dentro do jogo e a concepção do jogo. Para isso é utilizado a metodologia de Design Centrado em Evidências [6].

O Design Centrado em Evidências (ECD, ou Evidence-centered Design, em inglês), é um processo utilizado para desenvolver uma avaliação, respondendo a perguntas como o quê, quando e como determinadas competências ou conhecimentos serão avaliados, sendo essas respostas registradas em diferentes modelos [9]. Esses modelos são conceituais e computacionais e definem o que se precisa saber sobre as competências do aluno, estabelecendo evidências em formas de tarefas que demonstrem determinada competência [8]. O ECD pode ser utilizado para desenvolver diversas formas de avaliação, mas foca em desenvolver avaliações que envolvem modelos de competências complexos e dinâmicos em ambientes interativos, o que não pode ser alcançado com métodos tradicionais de avaliação [10].

O ECD possui uma série de camadas, de tal forma que Riconscente et al. [11] as definem da seguinte forma:

- Análise de domínio: pesquisa de informações sobre formas de avaliação do que se pretende avaliar e como esse conhecimento é aprendido e comunicado;
- Modelagem de domínio: expressa os argumentos de avaliação encontrados na análise de domínio em forma de narrativa;
- Estrutura de Avaliação Conceitual: expressa os argumentos de avaliação em modelos de tarefas ou itens;

- Implementação: implementa a avaliação, apresentando as tarefas, coletando e analisando respostas;
- Entrega: interações dos estudantes com as tarefas e comunicação dos resultados.

A segunda etapa envolveu a definição do tema, das mecânicas, dinâmicas e estéticas do jogo. Para isso foi utilizado um Documento de Design de Jogo. Vale ressaltar que essas etapas não foram lineares, visto que, as ações realizadas dentro do jogo, definidas na etapa um, estão diretamente relacionadas às mecânicas do jogo, definidas na etapa dois e as mecânicas do jogo, refletem as habilidades avaliadas, definidas na etapa um.

O jogo foi desenvolvido para plataforma windows, por meio da *engine* de desenvolvimento de jogos Unity3D, versão 2019.4, com a utilização da linguagem de programação C#. Foram utilizados pacotes de código e ferramentas desenvolvidas por terceiros. A arte e o som do jogo utilizam de componentes desenvolvidos por terceiros. Para o versionamento e organização do projeto foi utilizada a plataforma “gitlab.com”. Para a utilização do jogo não é necessário acesso à Internet, porém para sua obtenção é necessário realizar o download em “<https://mayaracechinatto.itch.io/tower-defense>”.

A validação do jogo ocorreu por meio de testes com usuários reais, realizados em duas etapas: pré-teste, realizado com três desenvolvedores de jogos e um único aluno de séries finais do ensino fundamental; e a etapa de teste final, que teve sete alunos, no total, sendo das séries finais do ensino fundamental, ensino médio e ensino superior.

III. DESENVOLVIMENTO

O referencial teórico que embasa este trabalho caracteriza-se como as etapas de análise e modelagem de domínio da metodologia de ECD. No referencial foram buscadas formas de avaliação das competências estudadas, definição das mesmas e habilidades que as compõem. Além disso, buscou-se conhecer como a Pedagogia da Inovação e a BNCC abordam essas competências, pois essas são as teorias base deste trabalho. Constatou-se que, em ambos os casos, a criatividade e o pensamento crítico estão diretamente ligados com a capacidade do estudante de resolver problemas, utilizando da sua habilidade de avaliar situações e utilizar recursos de maneira que atinjam seus objetivos da melhor forma possível.

Nesse cenário, foi considerado que um jogo de estratégia seria o mais indicado para a avaliação das competências de criatividade e pensamento crítico em estudantes do ensino fundamental, que tiveram seu ensino baseado nas diretrizes da BNCC. Uma vez que, o ponto principal desse gênero de jogo é envolver pensamento e planejamento [12]. O gênero de estratégia, no contexto de jogos, possui diversos subgêneros. Neste trabalho decidiu-se por um jogo de defesa de torres, popularmente conhecido pelo seu significado em inglês: Tower-Defense. Tendo em vista que, é o mesmo gênero do jogo utilizado como referência, “Use Your Brainz”, que tem como base o popular Tower-Defense “Plantz vs Zombies” [6]. Esse gênero se baseia na construção de torres automáticas, que visam manter os inimigos a uma determinada distância do que se pretende defender [12].

Após a revisão bibliográfica acerca das competências e a definição do estilo do jogo foram desenvolvidos os modelos de competência. No contexto da criatividade (Fig.1), das habilidades encontradas na literatura como suas componentes, apenas a originalidade foi deixada de fora, visto que, acredita-se que a única forma de avaliá-la no contexto do gênero de jogo escolhido, seria comparando as escolhas e estratégias seguidas pelos estudantes. Neste caso, as menos escolhidas seriam consideradas mais originais. A flexibilidade foi avaliada por meio da quantidade de torres e poderes diferentes utilizados, o que se caracteriza como a geração de diferentes ideias por parte dos alunos. A fluência foi avaliada por meio da quantificação do número de torres, poderes e espaços de torres utilizadas pelos estudantes, caracterizando a quantidade de ideias geradas por eles. Por fim, a elaboração foi avaliada quantificando o número de vezes que o estudante vendeu uma torre e a trocou por outra, ou seja, verificando quantas vezes ele variou sua ideia inicial. Ressalta-se que os números e quantidades precisaram seguir uma escala, que indica se o estudante obteve alto nível ou não nas habilidades avaliadas. Porém essa escala só pode ser definida após o jogo passar por uma fase inicial de testes, uma vez que, com recursos limitados pela característica de cada cenário, foram encontradas variáveis diferentes em cada fase.

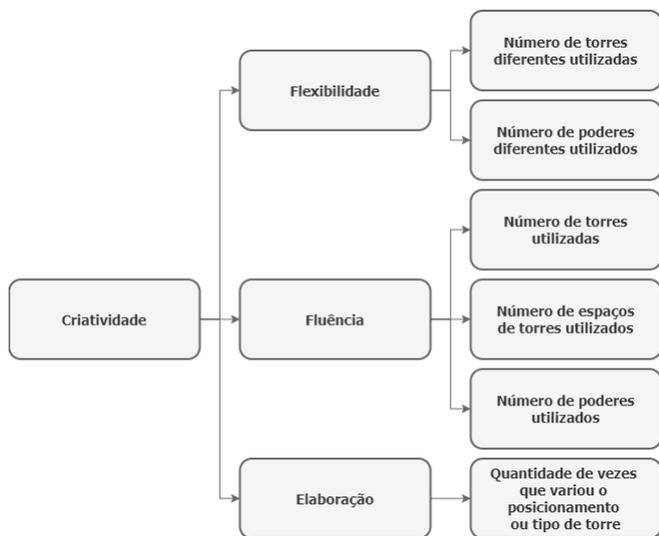


Fig. 1. Modelo de Competências da criatividade.

No âmbito do pensamento crítico (Fig.2), foram definidas as habilidades de raciocínio, avaliação e solução de problemas, pois acredita-se que essas são as habilidades que mais se evidenciam durante o processo de jogo do gênero escolhido. Neste cenário, o raciocínio está diretamente relacionado à capacidade do estudante de criar conexões e entender o relacionamento entre os componentes do jogo. Desta forma, decidiu-se avaliar o raciocínio por meio de evidências que demonstrem se o jogador percebeu que determinadas torres possuem mais efetividade contra certos inimigos e que torres de corpo a corpo, que interrompem a passagem do inimigo, são mais efetivas quando rodeadas por torres de ataque a distância. Já a habilidade de avaliação, foi avaliada constatando se as ações do jogador surgiram um impacto condizente com o número de recursos gastos. Desta forma, foi feito um cruzamento entre o dinheiro gasto em torres e a efetividade das mesmas, assim como foi feito um

cruzamento entre os poderes gastos e o número de inimigos atingidos por eles.

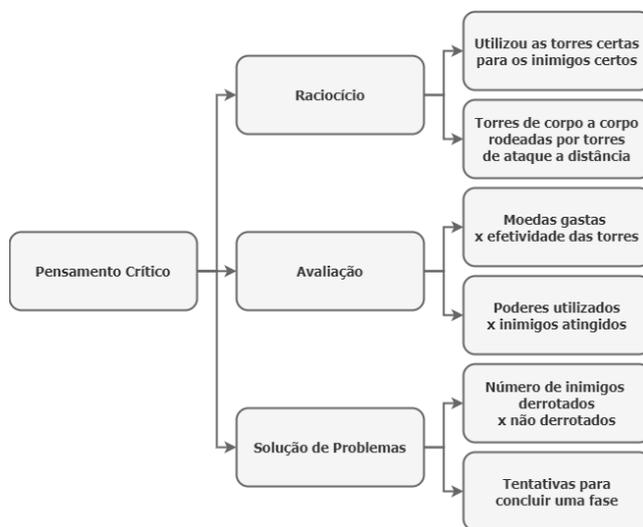


Fig. 2. Modelo de Competências do pensamento crítico.

Por fim, foi avaliada a capacidade de solucionar problemas, verificando se a estratégia seguida pelo aluno foi eficiente frente ao todo, ou seja, se ele conseguiu concluir a fase e se a concluiu de forma eficiente, derrotando o maior número de inimigos possíveis. Assim como no caso da criatividade, a escala da avaliação varia de acordo com as fases e foi definida a partir dos testes iniciais do jogo.

IV. MODELO DE COMPETÊNCIAS DO PENSAMENTO CRÍTICO

A. O Jogo

Assim como em outros jogos de gênero “defesa de torres”, o objetivo principal do jogo é não permitir que inimigos que invadam o mapa, por diferentes direções, ultrapassem a zona que se pretende defender. Para isso, o jogador deve utilizar torres, que podem ser adicionadas em diferentes espaços espalhados pelo mapa. Cada torre possui características distintas e pode ser mais efetiva contra diferentes inimigos ou em diferentes pontos do mapa. Os inimigos assim como as torres possuem características distintas entre eles. Caso o jogador se encontre em uma situação difícil ele ainda pode utilizar de poderes especiais, que atingem inimigos no ponto do mapa em que ele determinar.

Para limitar as ações do jogador, as torres custam moedas. Cada fase do jogo é iniciada com uma quantidade diferente de moedas, e mais moedas podem ser obtidas ao derrotar inimigos. Inimigos distintos também podem oferecer uma quantidade diferente de moedas, de acordo com a sua dificuldade. Além disso, os poderes especiais possuem tempo de recarga, o que não permite que sejam utilizados o tempo todo.

Para vencer o jogo, o jogador precisa sobreviver a todos os inimigos, que invadem o cenário em ondas, ou seja, completar a fase com alguma quantidade de vida restante. A cada onda o jogador será informado de qual inimigo está presente na onda e qual o caminho que essa onda percorrerá. Caso o jogador não consiga completar uma fase, ele não pode avançar para a fase seguinte, tendo que repetir a fase atual. Ao completar a fase, o jogador receberá uma pontuação de acordo com o seu

desempenho e uma série de *feedbacks* caso possa melhorar o seu desempenho na resolução da fase (Fig.3). Essa pontuação é em forma de estrelas e possui a seguinte escala:

- 0 estrelas: foi derrotado pelos inimigos;
- 1 estrela: terminou a fase com menos de ou com 50% da vida;
- 2 estrelas: terminou a fase com mais de 50% da vida;
- 3 estrelas: terminou a fase com 100% da vida;

O jogador ainda pode contar com um almanaque, que pode ser consultado a qualquer momento do jogo. Esse almanaque apresenta os diferentes tipos de torres, inimigos, poderes e suas características. Esse recurso é importante no jogo, pois permite que o jogador avalie as características do jogo antes de tomar suas decisões, refletindo diretamente no seu desempenho em relação ao pensamento crítico.



Fig. 3. Tela de conclusão de uma fase.

Em relação a dificuldade do jogo, foi planejado um grau de dificuldade intermediário, a ponto de um jogador ter que repetir uma fase muitas vezes, o que poderia causar desmotivação. Da mesma forma em que uma dificuldade muito alta pode não permitir que sejam capturadas informações sobre a capacidade dos alunos de solucionar os problemas no jogo, uma vez que todos teriam dificuldade. Nesse contexto, esperou-se que as fases do jogo fossem facilmente completadas, porém que fossem sempre completadas de forma perfeita. Sendo assim, cada fase pode ter diferentes níveis de dificuldade, nos quais determinadas ondas são consideradas difíceis naquele contexto e outras são consideradas fáceis, possibilitando que os jogadores menos habilidosos, completem a fase, mesmo que com bastante perda de vida e ainda sejam oferecidos desafios aos jogadores mais habilidosos. A cada fase a dificuldade do jogo é aumentada.

B. Mecânicas

O jogo se baseia em quatro mecânicas base. Essas mecânicas estão listadas abaixo:

- Adicionar torres em diferentes locais: clique com o botão esquerdo do mouse em um local de adição de torres, que irá apresentar os diferentes tipos de torres disponíveis e seu custo. Clique com o botão esquerdo do mouse no ícone da torre desejada.
- Vender torres: clique com o botão esquerdo do mouse em uma torre existente, que irá apresentar a opção de venda, clique com o botão esquerdo do mouse na opção de venda.
- Ativar poderes especiais: clique no ícone do poder, clique no local do mapa onde o poder deve ser ativado. A ativação do poder pode ser cancelada ao clicar o botão direito do mouse ou ao clicar novamente com o botão esquerdo do mouse no ícone do poder.
- Ver informações de inimigos, torres e poderes: clique com o botão direito do mouse no ícone do almanaque.

C. Torres e Poderes

O jogador pode contar com quatro tipos diferentes de torres: torre de arqueiro, torre de soldados, torre de magos e torre de explosivos. O jogador também pode contar com três tipos diferentes de poderes: poder de gelo, poder das pedras e poder do raio. A Figura 4 apresenta as características de cada torre e poder exibidas no almanaque.



Fig. 4. Apresentação das características das torres e poderes no almanaque.

D. Inimigos

O jogo conta com seis tipos de inimigos: Ogro, Ogro Chefe, Voador, Ninja Fantasma, Curandeiro e Esqueleto Rei (chefão). As características de cada inimigo estão presentes no almanaque do jogo e apresentadas na Figura 5.



Fig. 5. Apresentação das características dos inimigos no almanaque.

E. Fases

O jogo inicia com uma fase tutorial. Durante o tutorial o jogador deverá entender todos os aspectos do jogo, ao mesmo tempo em que conhece a sua narrativa. Para isso, é explicado ao jogador sobre como adicionar uma torre, utilizar poderes e sobre os diferentes tipos de inimigos. Também há uma explicação sobre o almanaque, a importância de conhecer seus inimigos antes de enfrentá-los e de um correto posicionamento das torres. A Figura 6 apresenta um esquema da fase tutorial.

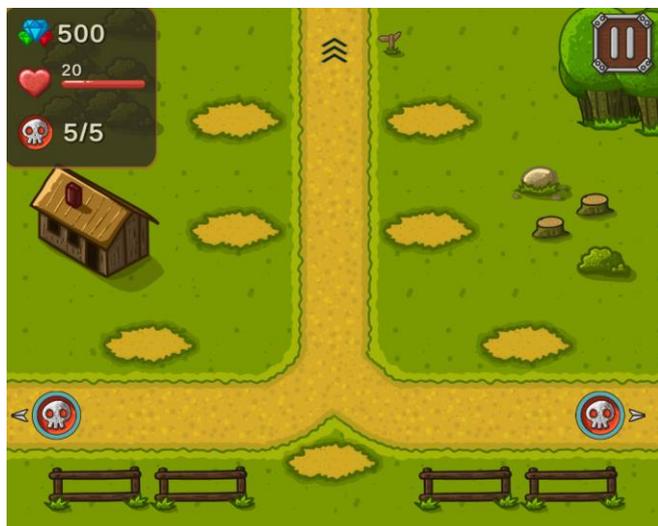


Fig. 6. Fase tutorial.

Após o tutorial, o jogador ingressa na primeira fase na qual é avaliado. A fase 1 possui uma gama maior de possibilidades, para que o jogador possa explorar as mecânicas e dinâmicas do jogo, e conseqüentemente compreender com mais profundidade o funcionamento do jogo. Nesta fase os inimigos se comportam da seguinte maneira: inimigos Ogros saem de ambas as saídas, inimigos Ogros Chefe saem da direita e é apresentado um novo tipo de inimigo, o inimigo Voador, que sai da esquerda. A Figura 7 apresenta um esquema da fase 1.



Fig. 7. Fase 1.

Na segunda fase em que o jogador é avaliado, o jogador deve se sentir mais desafiado. Desta forma, é introduzido um novo inimigo, o inimigo Ninja Fantasma. Esse inimigo inicia seu percurso pela saída da direita, junto a inimigos Voadores e Ogros. A característica de ataque a distância faz com que esse inimigo ataque as Torres de Soldados a uma distância que eles não possam contra-atacar. Inimigos Ogros também saem pela esquerda, junto a Ogros Chefe. A Figura 8 apresenta um esquema da fase 2.

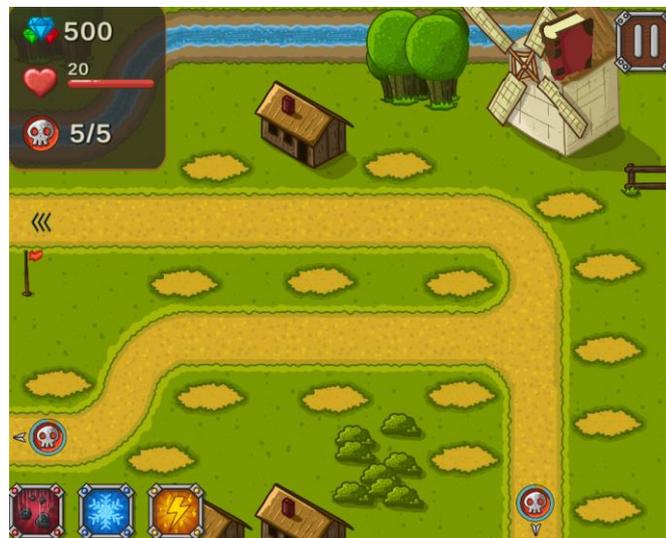


Fig. 8. Fase 2.

A terceira e última fase é a mais desafiadora de todas. Uma vez que dois novos inimigos são introduzidos. O inimigo Curandeiro e o Esqueleto Rei, chefe do jogo. O inimigo Curandeiro sai da saída superior esquerda, junto a Ogros e Ninjas Fantasma. Da saída superior direita, saem inimigos Voadores e Ogros. Da saída inferior, saem os Ogros Chefes, Ogros e o Esqueleto Rei. Além disso, o chefe invoca inimigos em pontos estratégicos do mapa. Além disso, ele dá três voltas no mapa, antes de se encaminhar ao ponto de defesa. A Figura 9 apresenta um esquema da fase 3.



Fig. 9. Fase 3.

F. Modelo de Tarefas e Modelo de Evidências

O modelo de tarefas ou ações, como anteriormente informado, apresenta como e quais ações do jogador refletirão as habilidades avaliadas. No contexto do jogo desenvolvido, são diversas as ações que ajudam no registro de logs e com informações do jogador em diferentes habilidades. Esses registros foram computados, etapa do modelo de evidências, e resultaram em doze escores, cada um representando uma habilidade presente nos modelos de competências da criatividade e do pensamento crítico. Esses escores são calculados para cada fase e a partir de uma média desses valores é calculado o escore final do estudante. Ressalta-se que a fase tutorial não entra no registro de escores, uma vez que durante a sua execução o jogador é induzido a realizar certas ações.

O registro dos valores computados é realizado diretamente pelo jogo, em uma planilha em formato Excel (*xlsx*). A Figura 10 apresenta uma imagem da planilha gerada.

	A	B	C	D
1	Tempo total	145		
2	Ondas Enfrentadas	2		
3	Diferentes torres adicionadas	4		
4	Poderes utilizados	7		
5	Diferentes poderes utilizados	2		
6	Torres adicionadas	6		
7	Torres vendidas	0		
8	Espaços de torres diferentes utilizados	6		
9	Dano das torres/Moedas gastas	0,096867464482784		
10	Inimigos Atingidos/Poderes utilizados	3		
11	Inimigos não derrotados	0		
12	Vida com que finalizou a fase	10		
13				
14	Histórico			
15	Tempo	Score do posicionamento de torres	Torres rodeando/Torres corpo a corpo	Número de torres
16	5	2	0	1
17	8	4	0	2
18	12	4	0	3
19	15	4	0	4
20	26	4	1	5
21	120	6	1	6

Fig. 10. Planilha de registro dos dados coletados com as ações do jogador.

No caso das habilidades relacionadas à criatividade, a *flexibilidade* é avaliada computando a quantidade de tipos diferentes de torres e poderes que o jogador utilizou em uma fase do jogo. O jogo possui quatro tipos distintos de torres, sendo assim, esse é o número máximo desse escore. Já para poderes, o jogo conta com três, porém houve um erro na computação de poderes diferentes e apenas dois foram computados. Desta forma, dois é o número máximo desse escore.

Já a *fluência* é avaliada por meio do cálculo da média para as três fases da totalidade de torres e poderes utilizados (independentemente do tipo de torre ou poder), além da quantidade de espaços de torres utilizados. Não há limite claro para a utilização de torres e poderes. As torres podem ser vendidas e trocadas por outras quantas vezes o jogador conseguir e desejar. Já o número de poderes depende do tempo que o jogador consegue se manter na fase, uma vez que cada poder pode ser utilizado após um determinado espaço de tempo. Por fim, os espaços de torres possuem um valor limitado em 16,66 que é a média máxima de espaços de torres nas três fases.

No caso da habilidade de *elaboração*, é registrada a quantidade de vezes que o jogador vendeu uma torre, ou seja, mudou de ideia quanto ao posicionamento ou tipo de torre utilizada. Esse escore também não possui um limite claro, pois

depende do desejo do jogador e da quantidade de vezes que ele consegue realizar a ação de trocar torres durante a execução do jogo.

O posicionamento das torres resulta em dois escores, os quais são parte do modelo de tarefas do pensamento crítico, mais especificamente os relacionados à habilidade de raciocínio do aluno, pois o posicionamento das torres é utilizado para avaliar se o jogador entendeu as relações entre elas, os inimigos e os pontos do mapa. Cada local de espaço de torres possui, para cada torre, um valor que representa o quão efetiva a torre é naquele local. Esse valor é dividido em três categorias:

- 0: Torre não recomendada naquele local;
- 1: Torre suficiente para aquele local;
- 2: Torre recomendada para aquele local.

Este valor varia de acordo com o local de saída dos inimigos, pois cada torre pode ser mais efetiva ou menos efetiva dependendo do inimigo que ela enfrenta. Como o Ogro e o Curandeiro devem ser derrotados facilmente com qualquer tipo de torre, o caminho percorrido por eles não tem importância nesse contexto.

Já, os Ogres Chefe devem ser derrotados com Magos, pois estes possuem a capacidade de atravessar armaduras, portanto, espera-se que os jogadores adicionem mais Torres de Magos ao lado do mapa que sairão Ogres Chefes. Os inimigos Voadores possuem mais velocidade de movimento, porém possuem menos vida. Portanto, espera-se que o jogador utilize de Torres de Arqueiros para os derrotar, pois essas torres possuem mais velocidade de ataque e poderão atacar o Voador mais vezes durante o seu trajeto. Já os inimigos Ninja Fantasma, por atacarem Torres de Soldados de uma distância que esses não podem se defender, faz com que seja interessante que o jogador não coloque os Soldados muito próximo da saída desses inimigos.

Além disso, as Torres de Soldados são boas em locais nos quais podem ser rodeadas por torres de ataque a distância, uma vez que interrompem a passagem de inimigos, com exceção dos inimigos Voadores, fazendo com que as torres a distância consigam atingir os inimigos interrompidos com mais projéteis. Por fim, as Torres de Explosivos devem ser utilizadas em saídas nas quais a quantidade de inimigos é alta, uma vez que atingem vários inimigos ao mesmo tempo.

O cálculo do escore de posicionamento de torres é feito por meio da média para as três fases da soma dos escores das torres posicionadas dividido pelo total de torres adicionadas. O segundo escore da habilidade de raciocínio, está relacionado ao posicionamento de torres de ataque à distância ao redor de Torres de Soldados. Este valor é calculado dividindo o número de torres que cercam as Torres de Soldados pelo valor total de Torres de Soldados. O histórico presente na Figura 10 foi desenvolvido pensando nesses dois escores de posicionamento de torres. Pois assim, seria possível coletar o valor no momento em que o jogador consolidou sua estratégia.

A competência do pensamento crítico também conta com as habilidades de *avaliação* e de *solução de problemas*. As ações utilizadas para a habilidade de *avaliação* são a relação entre as moedas gastas e a efetividade das torres, além da relação entre os poderes gastos e os inimigos atingidos. Ou seja, é calculado o dano das torres e dividido pela quantidade de moedas utilizadas. Também é dividido o número de

inimigos atingidos por poderes pelo número de poderes utilizados. Desta forma, se obtém evidências sobre como o jogador utilizou os recursos presentes no jogo e se essa utilização foi efetiva. Por fim, a *solução de problemas* avalia a eficiência com que o jogador resolve os problemas apresentados pelo jogo, sendo calculados a porcentagem de inimigos derrotados e quantas vezes o jogador precisou jogar uma fase para concluí-la.

Neste trabalho, decidiu-se por usar um modelo de evidências que apenas demonstrasse os escores do estudante para cada habilidade analisada. Desta forma, não foi realizada nenhuma ponderação estatística entre os escores das habilidades para que estes gerassem um valor geral para a competência, como apresentado em alguns trabalhos que utilizam ou definem a técnica de ECD [6, 10].

V. TESTES, RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de testes, para cada participante, durante a utilização do jogo, foram coletados e registrados logs contendo informações a respeito das ações do usuário. Na segunda etapa, o participante respondeu a um questionário, o qual buscou relacionar os registros dos logs com uma auto interpretação do jogador quanto ao seu desempenho no jogo. Ressalta-se que os dados coletados são registrados em arquivos que ficam armazenados dentro do computador do usuário. Desta forma, nenhum dado é coletado sem que o jogador compartilhe esse arquivo e portanto sem o seu consentimento.

O formulário apresentado na Tabela 1 foi desenvolvido tendo como base o barômetro FINCODA. Para cada afirmação presente no barômetro uma nova afirmação foi criada, tendo como base as ações do usuário dentro do jogo. Decidiu-se por utilizar um formulário adaptado pois o barômetro FINCODA foi desenvolvido para alunos do ensino superior de escolas voltadas à inovação, o que torna o barômetro uma ferramenta muito complexa para o público-alvo deste estudo.

Ressalta-se também que as questões relacionadas à originalidade foram retiradas do formulário, uma vez que essa habilidade não é avaliada neste trabalho. Desta forma, o formulário desenvolvido constitui uma autoavaliação do jogador quanto a sua performance durante a execução do jogo. As respostas ao formulário, assim como o barômetro FINCODA seguem uma escala de seis pontos, sendo eles:

1. Muito Pouco;
2. Pouco;
3. Mais ou menos;
4. Suficiente;
5. Muito;
6. Não sei.

Inicialmente foram convidados a testar o jogo quatro profissionais desenvolvedores de jogos e um aluno de séries finais do ensino fundamental. Essa etapa de pré-teste teve duração de uma semana e objetivou avaliar o design do jogo, tanto estético quanto em relação à jogabilidade e também avaliar a dificuldade das fases. Os participantes do pré-teste também foram convidados a responder o questionário, para que este também pudesse passar por uma pré-avaliação.

TABELA I. RELAÇÃO ENTRE AS AFIRMAÇÕES PRESENTES NO BARÔMETRO FINCODA E AS DESENVOLVIDAS PARA O FORMULÁRIO DE AUTOAVALIAÇÃO.

Competência	Barômetro	Pergunta equivalente adequada ao jogo
Criatividade	Pensa diferente e adota diferentes perspectivas	Utilizou diferentes torres e poderes para derrotar os inimigos
	Usa da intuição e do próprio conhecimento para iniciar ações	Utilizou o tutorial ou outras dicas oferecidas pelo jogo
	Encontra novas formas de implementar ideias	Utilizou diferentes maneiras para derrotar os inimigos
	Faz sugestões para aprimorar o processo atual de produção ou de serviços	Enxerga melhorias possíveis para o jogo
	Apresenta inventividade na utilização de recursos	Utilizou os recursos com criatividade
	Pesquisa novos métodos, técnicas ou instrumentos de trabalho	Utilizou o almanaque para pesquisar informações sobre os objetos do jogo
	Refina ideias em uma forma útil	Desenvolveu estratégias úteis
Pensamento Crítico	Utiliza de tentativa e erro para solucionar problemas	Utilizou da tentativa e erro para eliminar os inimigos
	Desenvolve e experimenta com novas formas de solucionar problemas	Explorou diferentes formas de eliminar os inimigos
	Desafia o status quo	Gostaria de utilizar torres e poderes de formas diferentes das que o jogo oferece
	Enfrenta desafios de diferentes pontos de vista	Utilizou diferentes recursos do jogo para derrotar o mesmo inimigo
	Prevê o impacto nos usuários	Pensou em como as suas ações poderiam servir para vencer o jogo
	Pergunta "Por quê?", "Por que não?" e "E se?" com um propósito	Se questionou por quê determinados inimigos são derrotados mais facilmente por algumas torres ou poderes

Após o jogo passar por uma etapa de readequação, a partir das informações coletadas nas etapas de pré-teste, foi então realizada a etapa final de testes. Essa etapa teve duração de duas semanas e consistiu em testes com sete alunos de

diferentes níveis da educação, três alunos de séries finais do ensino fundamental, dois alunos do ensino médio e dois alunos do ensino superior.

A partir dos resultados encontrados nos logs foram calculados os escores de cada aluno em relação às evidências presentes no modelo de competências da criatividade e do pensamento crítico. Para uma análise agrupada dos dados, decidiu-se agrupar os escores encontrados nos três grupos de escolaridade, gerando uma média desses escores para cada grupo.

Nas seções a seguir serão apresentados os resultados obtidos. Esses resultados serão analisados por meio da comparação dos escores presentes nos modelos de estudante e das autoavaliações entre os diferentes níveis de escolaridade.

A. Avaliação por Escores

Em relação a criatividade, tanto o ensino médio, quanto o superior, obtiveram resultados considerados satisfatórios para a resolução das fases no quesito flexibilidade. O ensino fundamental não conseguiu atingir os valores considerados ideais, o que pode apontar uma dificuldade desse público de gerar ideias diferentes ou de compreender os diferentes recursos presentes no jogo, portanto não os utiliza. Em relação à fluência o ensino fundamental demonstrou uma maior capacidade de gerar ideias, quando relacionadas a adição de torre e utilização de poderes. Porém, como veremos quando discutirmos a habilidade de elaboração, esta grande geração de ideias também está relacionada a uma dificuldade em se manter em uma única ideia. O destaque do ensino médio na utilização de poderes, também pode ter relação com a sua baixa utilização de espaço de torres, ou seja, uma maior utilização de poderes, diminui a demanda por torres em alguns espaços do mapa. Por fim, com os resultados de elaboração podemos perceber que o ensino fundamental possui uma grande tendência a mudar de ideia durante a execução de uma estratégia. Também fica evidente que dificilmente um jogador concluirá o jogo sem ao menos vender ou mudar uma torre de posição, mantendo-se sempre na mesma ideia.

Em relação ao pensamento crítico, o ensino médio foi a escolaridade que melhor pontuou em relação ao posicionamento de torres nos dois escores relacionados ao tema, portanto foi a escolaridade que mais apresentou capacidade de raciocínio dentro do contexto da avaliação do jogo. Já o ensino fundamental não atingiu nem os valores médios nem os considerados ideais em nenhum dos escores calculados para essa competência. Quanto a competência de avaliação, apesar de ter sido a escolaridade que apresentou maior entendimento no posicionamento das torres, o ensino médio foi aquele que causou menor dano por moeda gasta, obtendo resultados piores do que as outras escolaridades também na utilização eficaz dos poderes. Nesta categoria o ensino fundamental foi a escolaridade que melhor avaliou o impacto de suas ações, obtendo uma melhor efetividade na utilização de torres e poderes. Por fim, em relação a solução de problemas, o ensino médio foi o que mais derrotou inimigos, o que pode estar relacionado ao seu bom desempenho no posicionamento das torres e a alta taxa de utilização de poderes. Outro dado a ressaltar é que as escolaridades com maior número de tentativas obtiveram um valor maior de inimigos derrotados, o que pode demonstrar que um conhecimento prévio da fase auxilia no momento de traçar estratégias.

B. Autoavaliação

A análise da autoavaliação foi realizada a partir do agrupamento por escolaridade das respostas do formulário apresentada na Tabela 1. As sete primeiras questões são relacionadas à competência de criatividade e as demais à competência do pensamento crítico.

Os resultados obtidos por meio dos escores dos jogadores corroboraram com os resultados declarados pelos estudantes/jogadores no formulário de autoavaliação. Destacam-se as questões relacionadas à utilização de diferentes maneiras de derrotar os inimigos, à utilização de recursos com criatividade, ao desenvolvimento de estratégias úteis, à utilização de diferentes recursos para derrotar o mesmo inimigo, ao pensamento a respeito de ações para vencer o jogo e ao questionamento a respeito do porquê determinados inimigos são derrotados mais facilmente por algumas torres ou poderes. Baseado nestes resultados, podemos constatar que o jogo se mostrou capaz de apresentar dados que reflitam as capacidades do aluno, de acordo com a sua autoavaliação.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta inicial do projeto se demonstrou possível, uma vez que jogos sérios oferecem à educação uma série de recursos que permitem a construção de ferramentas de ensino, avaliação e reforço de conteúdo, aumentando a motivação e a aprendizagem significativa nos alunos. Além disso, os jogos se demonstraram uma ferramenta capaz de estimular diversas competências e habilidades, dentre elas as estudadas neste trabalho, principalmente por meio da solução de problemas. O que se relaciona diretamente com as habilidades e competências que um aluno deve possuir segundo a BNCC e frente às competências da inovação apresentadas pela Innopeda®.

A importância deste trabalho relaciona-se diretamente à importância da construção de um modelo educacional que busca desenvolver competências úteis tanto para o âmbito profissional quanto pessoal. Diversas pesquisas buscam desenvolver essas capacidades, porém o estudo das competências ainda não é tarefa trivial e nem é desenvolvido em todas as escolas, indiferentemente do nível educacional. Portanto, este trabalho buscou trazer novos conhecimentos para essa área de estudo, apresentando resultados por meio de um jogo que se demonstrou um possível ponto de partida para o desenvolvimento de um instrumento útil para avaliação de competências.

O jogo desenvolvido apresenta todas as funcionalidades necessárias para coletar os dados pré-estabelecidos nos modelos de competências. Fato constatado na etapa de pré-testes da ferramenta. Porém, a etapa de testes foi bastante desafiadora, tendo em vista que a pandemia de Covid-19, a qual ocorreu durante a realização deste estudo, impossibilitou que fossem realizadas visitas às escolas. Os estudantes que participaram deste estudo foram contatados diretamente pelos pesquisadores. Os resultados deste trabalho, apesar de não conclusivos, ajudaram a elucidar as capacidades atuais da ferramenta como instrumento de avaliação de competências, assim como possíveis melhorias que podem torná-la mais eficiente.

A dificuldade do jogo se mostrou de acordo com o público-alvo. Os alunos de séries finais do ensino fundamental, foram capazes de solucionar todas as fases em

uma tentativa e, portanto, obtiveram uma média de inimigos derrotados suficiente. Além de também demonstrar, que todos foram capazes de compreender o funcionamento do jogo e as mecânicas apresentadas nele. Nenhum participante do estudo solicitou ajuda para desempenhar alguma tarefa do jogo, o que demonstra que este é intuitivo e de fácil compreensão.

Os resultados demonstram que algumas questões da autoavaliação corroboram com os dados dos escores calculados a partir dos logs do jogo. Destacam-se as questões relacionadas à utilização de diferentes maneiras de derrotar os inimigos, à utilização de recursos com criatividade, ao desenvolvimento de estratégias úteis, à utilização de diferentes recursos para derrotar o mesmo inimigo, ao pensamento a respeito de ações para vencer o jogo, ao questionamento a respeito do porquê determinados inimigos são derrotados mais facilmente por algumas torres ou poderes. Desta forma, o jogo se mostrou capaz de apresentar dados que reflitam as capacidades do aluno, de acordo com a sua autoavaliação.

As possibilidades de trabalhos futuros são promissoras. Destacam-se a possibilidade do desenvolvimento de mais fases para o jogo, ou da adição da avaliação de outras competências. As competências atuais também apresentam características, além das já abordadas, que podem ser exploradas. A originalidade, por exemplo, componente da criatividade, apareceu em diversos estudos que serviram como referência para este trabalho. O barômetro FINCODA cita diversas características do pensamento do aluno que poderiam ser trabalhadas, como a criação de estratégias baseada na intuição ou conhecimento prévio, além do desafio do status quo por parte do aluno. Poderia-se, por exemplo, criar-se um novo escore, por meio do registro da quantidade de vezes que o aluno buscou ajuda no almanaque ou no tutorial, servindo de evidência para a busca por conhecimento prévio. Além disso, a utilização de Redes Bayesianas, em um estudo com mais tempo de duração, poderia também contribuir para a geração de estatísticas para as pontuações de cada aluno. Por fim, pretende-se desenvolver um banco de dados para armazenar as pontuações dos jogadores, e a partir disso desenvolver um painel para que professores pudessem consultar o resultado de seus estudantes.

REFERÊNCIAS

- [1] G. Batista, L. Novaes, and A. Farbiarz, “Jogos: desenvolvendo habilidades e competências,” in *Anais do VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*, [S.l.: s.n.], 2009, pp. 1–8.
- [2] R. Butter, and W. van Beest. “Psychometric validation of a tool for Innovation Competencies Development and Assessment.” <https://www.fincoda.eu/fincoda-blog/2017/3/27/psychometric-validation-of-a-tool-for-innovation-competencies-development> (accessed Aug. 1, 2021).
- [3] J. A. Martin-Garcia, M. A. A. Andres, L. Atares-Huerta, L. E. Aznar-Mas, A. Garcia-Carbonell, F. González-Ladrón-de-Guevara, B. M. Fleta, M. J. Perez-Peñalver, and F. Watts, “Proposal of a framework for innovation competencies development and assessment (FINCODA),” *Wpom-Working Papers On Operations Management, Universitat Politècnica de Valencia*, v. 7, n. 2, pp. 119–126, 2016.
- [4] T. Konst, and L. Kairisto-Mertanen, “Pedagogia da Inovação: Preparando Instituições de Ensino Superior para os Desafios Futuros,” 1. ed., Caxias do Sul: EDUCS, 2019.
- [5] R. Rico. “Nova Escola. Competências gerais da BNCC.” <https://novaescola.org.br/bncc/conteudo/1/conheca-e-entenda-as-competencias-gerais-da-bncc> (accessed Aug. 1, 2021).
- [6] V. Shute, M. Ventura, and M. Stealth, “Assessment: measuring and supporting learning in vídeo games,” Cambridge: The Mit Press, 2013.

- [7] M. Alcañiz, E. Parra, and I. A. C. Giglioli, “Virtual reality as an emerging methodology for leadership assessment and training,” *Frontiers in Psychology*, v. 9, pp. 1–7, 2018.
- [8] V. J. Shute, L. Wang, S. Greiff, W. Zhao, and G. Moore, “Measuring problem solving skills via stealth assessment in an engaging video game,” *Computers in Human Behavior*, v. 63, pp. 106–117, 2016.
- [9] R. J. Mislevy, R. G. Almond, and J. F. Lukas, “A brief introduction to evidence-centered design,” *ETS Research Report Series*, v. 1, pp. 1–29, 2003.
- [10] V. Shute, Y. J. Kim, and R. Razzouk. “ECD For Dummies.” <http://myweb.fsu.edu/vshute/ECD.pdf> (accessed Aug. 1, 2021).
- [11] M. M. Riconscente, R. J. Mislevy, and S. Corrigan, “Evidence-centered design,” In *Handbook of Test Development*, [S.l.]: Routledge, 2015, pp. 40–63.
- [12] S. Rogers, “Level Up: um guia para o design de grandes jogos,” São Paulo: Blucher, 2013.