

Uma proposta de análise de dados exploratória para um jogo educacional de Matemática

Luiz Alencar
ThinkTEd Lab

Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Amazonas, Brazil
lfba.lic17@uea.edu.br

Rafaela Melo
ThinkTEd Lab

Amazonas, Brazil
rmf.lic16@uea.edu.br

Fernanda Pires

Programa de Pós-graduação em Informática (PPGI) Programa de Pós-graduação em Informática (PPGI)
Instituto de Computação (IComp) Instituto de Computação (IComp)
Universidade Federal do Amazonas (Ufam) Universidade Federal do Amazonas (Ufam)
ThinkTEd Lab ThinkTEd Lab
Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Amazonas, Brazil Amazonas, Brazil
fpires@uea.edu.br mspessoa@uea.edu.br

Marcela Pessoa

Universidade Federal do Amazonas (Ufam) Universidade Federal do Amazonas (Ufam)
ThinkTEd Lab ThinkTEd Lab
Universidade do Estado do Amazonas (UEA) Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Amazonas, Brazil Amazonas, Brazil
mspessoa@uea.edu.br

Elaine Harada Teixeira de Oliveira

Instituto de Computação (IComp)
Universidade Federal do Amazonas (Ufam) Manaus, Brasil
elaine@icompu.ufam.edu.br

Abstract—This article presents an exploratory analysis of data extracted from the interaction of users in an educational game for learning mathematics, whose objective is to evaluate the educational game. Thereunto, an algorithm was implemented to collect data from players, non-invasively and in real time. For the experiments, data captured from twelve days were used, with 56 participants, generating 23,210 records. The data were analyzed and, with the results, it was possible to identify problems in the level design of the game, as well as some behavior patterns of players when they gave up playing.

Keywords - educational game, Game learning analytics, player behavior, level design.

Resumo—Este artigo apresenta uma análise exploratória de dados de registros de usuários, oriundos de um jogo educacional para aprendizagem em Matemática, cujo objetivo é avaliar o jogo educacional. Para isto, foi implementado um algoritmo para coletar dados dos jogadores, de forma não invasiva e em tempo real. Para os experimentos foram utilizados dados capturados de doze dias, com 56 participantes, gerando 23.210 registros. Os dados foram analisados e, com os resultados, foi possível identificar problemas no *level design* do jogo, bem como alguns padrões de comportamento de jogadores ao desistirem de jogar.

Palavras-chave - jogo educacional, análise de aprendizagem em jogos, comportamento dos jogadores, level design.

I. INTRODUÇÃO

Os jogos têm sido discutidos como possíveis abordagens educacionais devido à sua capacidade de gerar motivação, desenvolver habilidades analíticas e expor conteúdos curriculares em diferentes campos como Língua Portuguesa [1], [2], Ecologia [3], Pensamento

Computacional [4]–[6] e Matemática [7], [8] gerando impactos positivos para a aprendizagem [9]. Contudo, mensurar a aprendizagem nos jogos ainda é um campo controverso pois não existem provas que são de fato eficientes [10]. Para avaliar a aprendizagem do usuário em jogos, geralmente são utilizados testes heurísticos, como um pré-teste (antes de jogar) e um pós-teste (depois de jogar). Embora esses testes sejam eficazes para medir se houve melhora após usar o jogo, não é possível identificar como ocorreu a aprendizagem dentro do ambiente [11].

Por outro lado, as interações que o usuário tem com o jogo geram uma enorme quantidade de dados, que podem fornecer informações significativas sobre o processo de aprendizagem do jogador, como desempenho, curva de aprendizagem, conteúdos curriculares mais difíceis ou mais fáceis, entre outras [12]. Neste sentido, algumas técnicas permitem capturar esses dados de forma não invasiva, sem interferir diretamente na mecânica e *gameplay* do jogo [11], [12].

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma análise exploratória de dados de registros de usuários (*logs*) oriundos de um jogo educacional em que, a partir do processo de extração e análise do material coletado, é possível avaliar o *level design* e o comportamento dos usuários no jogo “Tricô Numérico” [13], desenvolvido para ajudar na aprendizagem das quatro operações básicas da matemática. O jogo passou por uma sessão de testes durante doze dias, com 56 pessoas, gerando 23.210 registros que foram armazenados na plataforma *Google Sheets*.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção II, são apresentados os trabalhos relacionados; a Seção III discute informações sobre o processo de captura de dados e sua importância para avaliar jogos educacionais; a Seção IV apresenta detalhes do design experimental aplicado; na Seção V, estão os resultados e discussões; e, na Seção VI, são tecidas as considerações finais.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Estudos relacionados à análise de dados gerados pelos usuários têm atraído a atenção de pesquisadores. Dentre eles, Cano et al. [14] investigam dados de 51 jogadores que jogaram “Downtown, A Subway Adventure”, desenvolvido para promover a autonomia dos jogadores com deficiência intelectual (DI). Os resultados do estudo indicaram que os usuários que jogaram regularmente, cometiam menos erros e concluíam as tarefas mais rapidamente quando comparado com as pessoas que não jogaram. Os dados dos usuários também mostraram problemas na *level design* do jogo, segundo os autores, o nível médio de dificuldade estava mais complexo que o nível avançado.

Para avaliar as interações do usuário com o jogo “Quantum Spectre”, desenvolvido para auxiliar na aprendizagem de lentes planas, convexas e côncavas, Hicks et al. [15] realizam um estudo para verificar o desempenho dos alunos no jogo, dividindo-os em dois grupos: estudantes que jogaram em sala de aula, com a presença do professor (grupo *Bridge*) e estudantes que não jogaram em sala de aula (grupo *Game Only*). O resultado das análises não apresentou muitas variações entre os grupos. Porém, o grupo *Bridge* realizou menos ações ao longo de suas tentativas nesse jogo, sendo que os estudantes deste grupo também desistiram com menos frequência.

Alonso et al. [11] realizaram um estudo de caso para tentar prever o conhecimento dos estudantes através de técnicas de mineração de dados, que utilizam como entrada um pré-teste e o registro de dados de usuários de um jogo educacional. Participaram deste estudo 227 estudantes do ensino médio e a metodologia foi dividida em três momentos: no primeiro, um questionário antes de iniciar o jogo (pré-teste); no segundo, uma sessão completa do jogo; e, no terceiro, um questionário após o jogo (pós-teste). O modelo de regressão logística (*Logistic Regression*) obteve os melhores resultados, tendo a menor taxa de classificação incorreta (10,5%) e a maior taxa de *recall* (98,3%) ao prever a aprovação/reprovação no pós-teste.

Semelhante aos estudos apresentados anteriormente, este trabalho trata da captura e análise dos dados comportamentais dos usuários do jogo “Tricô Numérico” sendo 23.210 registros de dados gerados por 56 usuários. Assim como no estudo de Cano et al. [14], pretende-se avaliar o *level design* e analisar o desempenho no jogo, como feito com “Quantum Spectre” [15]. Um dos objetivos futuros deste estudo é disponibilizar o jogo “Tricô Numérico” em escolas públicas no território nacional e analisar a aprendizagem de estudantes do Ensino Fundamental, semelhante à proposta de Alonso et al. [11].

III. ANÁLISE DE APRENDIZAGEM EM JOGOS EDUCACIONAIS

Os jogos apresentam um complexo ambiente de aprendizagem envolvendo engajamento, motivação, percepção, memória e permitindo que os usuários pratiquem atividades mentais ao responder os seus desafios [10]. Jogos educacionais podem apresentar caminhos não lineares para os estudantes aprenderem através de mecânicas e *gameplay*, disponibilizando espaços para o jogador errar e aprender com o erro (*gracefull failure*) para então elaborar novas estratégias. Nesse sentido, os jogos podem ser considerados ambientes em que o próprio jogador auto-regula sua aprendizagem com base no seu desempenho dentro do enredo do jogo [10].

Analisar o comportamento dos usuários ao utilizar uma ferramenta ou tecnologia é uma alternativa para evoluir e melhorar os produtos. No contexto dos jogos educacionais, capturar estes dados e registros é importante para avaliar o percurso de aprendizagem do jogador, bem como as diferentes soluções que os estudantes podem construir para alcançar um objetivo, além de informações sobre a mecânica e jogabilidade do jogo, que podem exercer influência na motivação e engajamento dos jogadores. *Game Learning Analytics* (GLA) é uma área de pesquisa recente [16] que tem como foco entender melhor como ocorre o processo de aprendizagem dentro de um jogo, relacionando a jogabilidade com o objetivo educacional.

Existem algumas tecnologias e algoritmos para implementar captura de registros em jogos como a Experience API (xAPI)¹, que é um modelo popular para rastrear dados de interações de jogos educacionais [17]. Grande parte das estratégias existentes são semelhantes a xAPI, cujo formato é fragmentado em três principais campos: o “ator” que faz a ação, um “verbo” que é a própria ação e um “objeto” que é o alvo da ação. Esse modelo de rastreamento é semelhante ao modelo usado para rastrear a atividade do usuário nas redes sociais, definindo um conjunto comum de verbos, tipos de atividades e extensões [18].

IV. DESIGN EXPERIMENTAL

Essa seção apresenta o design de aprendizagem aplicado ao desenvolvimento e avaliação do jogo educacional “Tricô Numérico”, cujo protótipo funcional foi publicado na mostra de Software Educacional em trabalhos anteriores [13].

A primeira versão do jogo [13] foi desenvolvida na plataforma *Construct 2*, entretanto, passou por algumas mudanças em sua arquitetura, tais como, aumento no número de fases (de três para nove) e adição de novos elementos visuais, além disso, os desenvolvedores optaram por migrar para o *Unity*. O desenvolvimento seguiu um processo híbrido entre *design* instrucional e *game design* [2].

“Tricô Numérico” é um jogo educacional para exercitar as quatro operações matemáticas fundamentais. O *level design* foi projetado de tal forma que os jogadores podem aprender sozinhos, mas em cenário escolar pode ser usado como ferramenta de aprendizagem pelo professor com sua turma. Assim, a progressão do jogador ocorre de acordo com o seu desempenho em cada fase, ou seja, para jogar nas fases de multiplicação e divisão é necessário primeiro praticar a adição e subtração. A Fig. 1 apresenta, à esquerda, a tela de menu e, à direita, o *storyboard* do jogo.

Como forma de ilustrar como são exercitadas as operações matemáticas básicas, as Fig. 2 e 3 apresentam as fases um, quatro, seis e dez, representando em cada uma delas uma das operações básicas. É oportuno reforçar que o jogador só avança de fase quando consegue responder, corretamente, todas as questões da fase atual.



Fig. 1. Telas de Menu e *Storyboard* do jogo “Tricô Numérico”



Fig. 2. Telas da fase 1 e fase 4 do jogo “Tricô Numérico”

A Fig. 4 apresenta o mapa de navegação das treze fases, evidenciando como os níveis estão organizados. As fases do jogo estão divididas em quatro níveis de aprendizagem, sendo que, as fases um e dois tratam de adição, as fases de três a cinco tratam de soma e subtração, as fases de seis a nove tratam sobre adição, subtração e multiplicação e nas fases de dez a treze são exploradas as quatro operações juntas.

¹Disponível em: www.xapi.com



Fig. 3. Telas da fase 6 e fase 10 do jogo “Tricô Numérico”

Fig. 4. Mapa de navegação de fases que evidencia o *Level Design* do jogo.

A. O grande desafio de enfrentar zumbis com tricôs: o enredo do jogo

O jogo narra a história de Saara que procura um remédio milagroso para salvar sua avó que está doente. Contudo, o caminho até a cura é cercado de perigos sendo necessário atravessar lagos, florestas, desertos, cemitérios, regiões extremamente geladas e enfrentar zumbis com sua única proteção: as bolas de tricôs que ganhou de sua avó.

No jogo, as operações aritméticas são apresentadas no centro da tela, na área de HUD, e cada inimigo espalhado pela fase corresponde à solução de uma operação, por exemplo, na operação aritmética “3+2” significa que o inimigo correspondente é o número “5”, como ilustra a tela esquerda da Fig. 1. O jogador deve lançar tricôs nos inimigos que correspondem a expressão aritmética atual, caso acerte tricôs no inimigo errado, um percentual de sua vida é retirado.

O jogo possibilita estudar e praticar as quatro operações fundamentais, através de elementos lúdicos relacionando operadores e operações aritméticas. Além de ser uma alternativa ao educador como uma ferramenta de apoio à aprendizagem em sala de aula, pode ser usado como reforço escolar em casa.

B. O processo de captura de dados do usuário

No jogo “Tricô Numérico” existe um algoritmo que captura eventos (*logs*) do usuário sempre que alguma ação ou acontecimento é realizado. Os dados são enviados através dos eventos: i) clique de botão, ii) quando o jogador colide com algum inimigo e iii) quando o jogador lança tricôs nos inimigos. A Tabela I apresenta detalhes dos dados que foram capturados. A Fig. 5 mostra o código de envio desenvolvido em *C#*, no qual a documentação das classes e métodos podem ser acessados em: docs.unity3d.com/ScriptReference.

O sistema do jogo (*Unity*) captura os dados gerados pelo usuário de forma não invasiva e cria um objeto do tipo *formulário web* com os dados que são posteriormente enviados, em tempo real para a plataforma *Google Forms*², através de uma requisição HTTP do tipo POST. Com os dados na *Google Forms* é possível visualizar cada registro utilizando a plataforma *Google Sheets*³. A partir dos dados coletados foi realizada uma limpeza para remover os dados que não estivessem no período de datas estipulado (15/07/2020 a 27/07/2020), também foram removido os dados referentes aos testes

²Disponível em: docs.google.com/forms

³Disponível em: docs.google.com/spreadsheets

```

41 public static IEnumerator SendData(
42     string user_device_id,
43     string question,
44     string answer,
45     string hit_question,
46     string current_time,
47     string Level,
48     string died,
49     string collided_with_enemy,
50     string button_name){
51
52     WWWForm form = new WWWForm();
53
54     form.AddField("entry.808799102", user_device_id);
55     form.AddField("entry.2804769", question);
56     form.AddField("entry.367014298", answer);
57     form.AddField("entry.1238808604", current_time);
58     form.AddField("entry.2000138619", level);
59     form.AddField("entry.537631774", died);
60     form.AddField("entry.820955229", collided_with_enemy);
61     form.AddField("entry.182551275", button_name);
62     form.AddField("entry.930923805", hit_question);
63
64     byte[] dawData = form.data;
65     WWW www = new WWW(BASE_URL, dawData);
66     yield return www;
67 }
68
69 }

```

Fig. 5. Código desenvolvido para enviar os dados.

do jogo (gerados durante o processo de desenvolvimento). Com os dados limpos e datas filtradas, foi iniciado o processo de análise através da plataforma *Excel*⁴ e da biblioteca *Pandas*⁵ (fornecida pela linguagem de programação *Python*).

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O jogo foi disponibilizado na *Google Play*⁶ e os dados capturados entre os dias 15/07/2020 a 27/07/2020 referem-se a 56 pessoas de idades, áreas e gêneros diferentes. Os participantes geraram um total de 23.210 registros durante os doze dias.

Apesar do jogo possuir treze fases, a maior parte das pessoas só jogou até a fase três. A partir dos dados coletados, verificou-se um problema na mecânica do jogo, ao final da fase três, que impediu o progresso do jogador para as fases restantes. O problema encontrado foi um lago de grandes proporções no cenário, aumentando a complexidade do pulo e impedindo que a maior parte dos jogadores conseguisse atravessar, por consequência, não permitindo finalizar a fase. A Fig. 6 ilustra o lago que apresentou problema, entretanto, apesar do tamanho, alguns jogadores conseguiram atravessar.

No gráfico 7 é possível acompanhar o decréscimo do número de jogadores, de acordo com as fases.

As Fig. de 8 a 15 apresentam gráficos relacionados aos dados gerais dos usuários. Devido a um alto número de desistências nas fases 1 e 2, os gráficos foram gerados a partir de dois conjuntos de dados: (1) pessoas que jogaram as fases 1, 2 e 3; e, (2) pessoas que desistiram de jogar na fase 1 ou 2.

As desistências ocorridas nas fases 1 e 2, como ilustrado na Fig. 7, podem ter acontecido devido ao erro no *level design* do jogo. Outro motivo da desistência pode ser observado através dos gráficos, que mostram que as pessoas que não jogaram até a fase 3 tiveram mais dificuldade em ultrapassar os inimigos pois o número de colisões com inimigos é significativamente maior (300 a mais) na fase 1, por parte das pessoas que desistiram nas fases posteriores, conforme pode ser visualizado na Fig. 8 e discutido a seguir.

⁴Disponível em: office.live.com/start/Excel.aspx?ui=pt-BR

⁵Disponível em: pypi.org/project/pandas

⁶Disponível em: play.google.com/store/apps/details?id=uea.thinkted.trico

TABLE I
DADOS CAPTURADOS.

Dados	Descrição	Objetivo
Carimbo de data/hora	Registro da hora que o evento foi ativado	Acompanhar o tempo de chegada de todos os eventos
Identificador do dispositivo móvel	Registro do usuário (único para cada celular/tablet)	Identificar os dados de cada usuário
Expressão aritmética atual	Registro da expressão aritmética atual da fase (exemplo: $2+2=?$)	Verificar as questões em que os usuários tiveram mais dificuldade e facilidade em resolver
Valor do inimigo (caso o jogador tenha atacado ou vice-versa)	Registro do valor numérico do inimigo que pode ou não ser a resposta para a expressão aritmética atual	Verificar as questões em que os usuários tiveram mais dificuldade e facilidade em resolver
Número da fase	Registro do nome da fase atual que o evento foi enviado (exemplo: fase 1, fase 5, menu principal, etc)	Acompanhar as telas de origem dos eventos
Objeto que o jogador colidiu (rio ou inimigo)	Registro de objetos que o jogador entrou em contato	Acompanhar comportamentos do jogador
Nome de botão (caso o jogador tenha clicado)	Registro de nome de botão que o jogador clicou	Verificar informações relacionadas à quantidade de pulos e tiros realizados
Estado de vida	Registro do estado de vida do jogador	Verificar as fases em que o jogador morreu

A Fig. 8 mostra o número de registro de colisões com inimigos, separados por fase. O número de colisões está diretamente relacionado com o número de mortes. Nas Fig. 8 e 9, os desenhos dos gráficos são semelhantes, ambos mostram que a fase 1 teve mais mortes e mais colisões, sendo um possível fator para desistência. Um fato interessante foi o comportamento das pessoas que jogaram as três fases, pois apesar de serem a minoria foram os que acertaram e erraram mais questões aritméticas.

As Fig. 10 e 11 apresentam o número de acertos e erros distribuídos pelas três fases. Ambas indicam que os jogadores que jogaram as três fases, acertaram e erraram mais questões aritméticas, o que significa que tiveram o maior número de tentativas (indicado pela quantidade de tiros, conforme mostrado no gráfico da Fig. 13). Isso é um ponto positivo pois indica que os jogadores ficaram motivados em resolver os problemas e avançar no jogo.

A Fig. 12 mostra a distribuição da quantidade de pulos dos jogadores em cada fase, sendo possível observar que o maior número de pulos pertence a fase 3. Um dos possíveis motivos talvez seja que, os jogadores tentaram passar do lago mal dimensionado que acarretou o erro no projeto, ilustrado na Fig. 6. Um outro fato interessante foi que o grupo que jogou as três fases (vinte pessoas) realizou um maior número de tiros (como evidenciado no gráfico da Fig. 13) do que as



Fig. 6. Problema detectado na Fase 3.

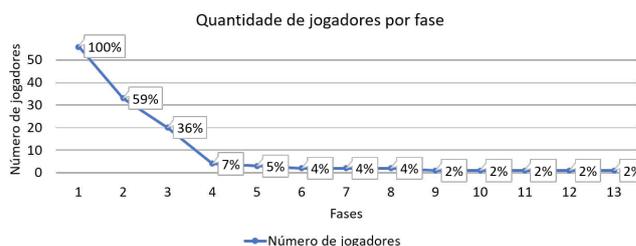


Fig. 7. Número de jogadores.

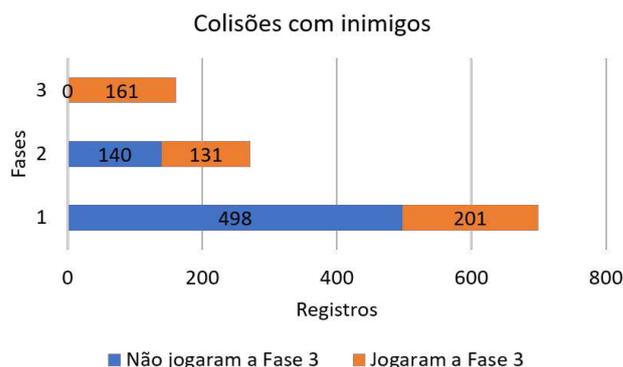


Fig. 8. Número de colisões com inimigos.

peças que não jogaram (36 pessoas). Isto pode ser um indicador de que esses jogadores ficaram mais engajados do que as pessoas que desistiram.

As Fig. 14 e 15 mostram a porcentagem geral dos acertos e erros das expressões aritméticas nas três fases. É possível perceber um maior número de acertos na fase um, pois a mesma teve o maior número de jogadores, ao contrário das fases dois e três onde houve muitas desistências.

A Tabela II apresenta as dez expressões aritméticas com maiores quantidades de erros e acertos, dentre todos os registros capturados. A quantidade de acertos e erros aparentemente não possui uma relação direta com o grau de dificuldade de matemática, mas pode possuir alguma relação com a mecânica do jogo. Por exemplo, o maior número de erros aconteceu na fase dois, com a operação de adição “ $2+2=?$ ”, que teve 193 erros, já o menor número de acertos aconteceu na fase um, também em uma operação de adição, “ $20 + 13$ ”, com um total de 57 acertos. A priori, a operação que teve o maior número de erros é menos complexa quando comparado com

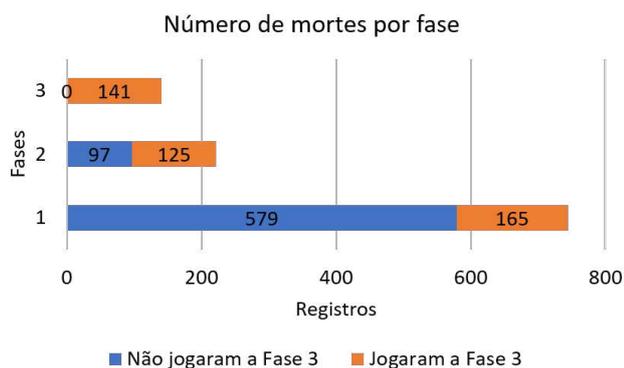


Fig. 9. Número total de mortes.

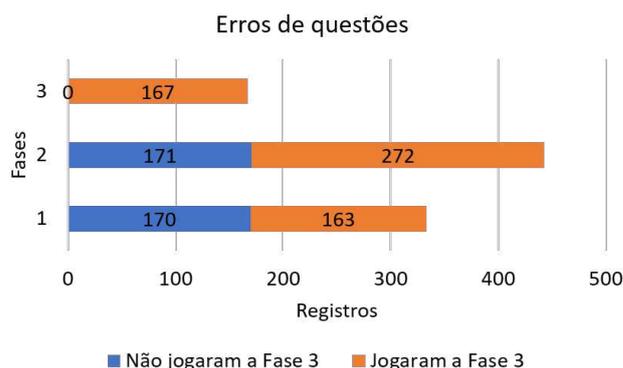


Fig. 11. Número de erros de questões.

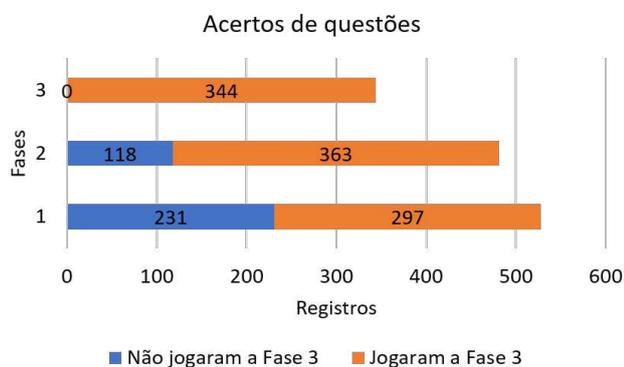


Fig. 10. Número de acertos de questões.

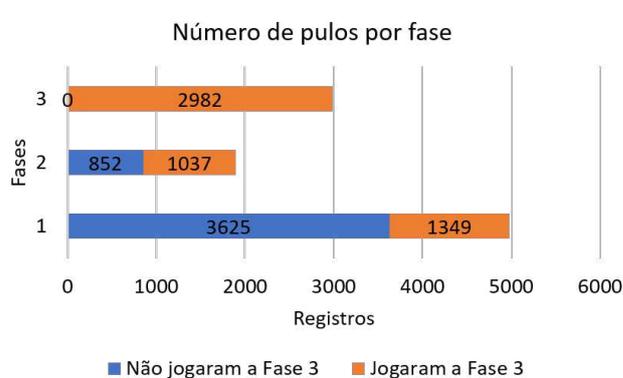


Fig. 12. Número de pulos.

a operação que ocorreu o maior número de erros, isto pode ser uma evidência de que pode ter havido uma falha na mecânica.

TABLE II
RELAÇÃO DE EXPRESSÕES ARITMÉTICAS, ACERTOS E ERROS.

Fase	Expressão aritmética	Acertos	Erros
2	2+2+2=?	166	193
1	3+?=8	124	57
1	?+3+2=12	112	49
2	2+5+6=?	111	157
1	?+13+1=21	86	62
2	2+8+2=?	79	44
3	8-3=?	68	14
3	10-?-1=2	65	14
1	2+3=?	60	38
1	20+13=?	57	55

A. Lições aprendidas

O processo de análise de dados realizado, identificou, além do problema no *level design* do jogo, problemas relacionados à seleção dos dados capturados. Com os dados capturados não foi possível mapear características importantes do perfil do usuário, como gênero e idade. Estas informações são importantes para identificar, entre outras coisas, se os usuários fazem ou não parte do público-alvo do jogo, que são crianças com idade acima de 8 anos. Neste sentido, levando em consideração somente os dados capturados, não é possível determinar se o público-alvo fez uso do jogo. Outro problema

identificado foi a ausência de dados informando o horário que o jogador começou a jogar ou quanto tempo ele levou para vencer uma fase. Estas informações são importantes para definir a distribuição de tempo que os jogadores passam em uma determinada fase, sendo também uma métrica interessante para validar o *level design*. Os dados atuais informam somente a data/horário/minuto/segundo de determinados eventos, conforme apresentados na Tabela I.

Determinar o motivo da morte dos jogadores também é uma informação relevante que não foi possível analisar com os dados e registros atuais, nesta perspectiva, não é possível saber se as mortes foram geradas por mais erros aritméticos ou mais colisões com inimigos. Além disto, a quantidade de pessoas que jogaram o jogo (56 pessoas) não é a ideal para realizar análises estatísticas mais profundas, visto que, ainda não é possível também conhecer os perfis desses usuários.

Neste trabalho não houve análise estatística para avaliar o processo de aprendizagem e padrões de comportamento dos jogadores, a seção resultados apresentou informações e sugestões importantes para ajudar a comunidade acadêmica a implementar a captura de dados.

VI. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo teve como objetivo apresentar uma análise exploratória de dados, coletados da interação de um conjunto de usuários com o jogo educacional “Tricô Numérico” e, com isso, ajudar a fomentar as pesquisas na área de análise de jogos educacionais.

Os dados coletadores foram gerados pelos usuários em doze dias, totalizando 23.210 registros, entretanto não foi possível determinar os perfis dos jogadores, como gênero e idade. Neste sentido, não foi

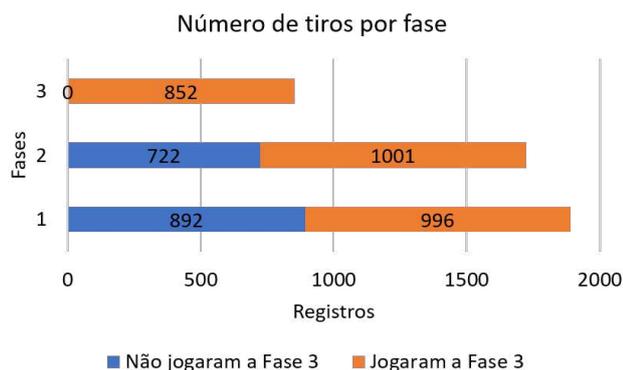


Fig. 13. Número de tiros.

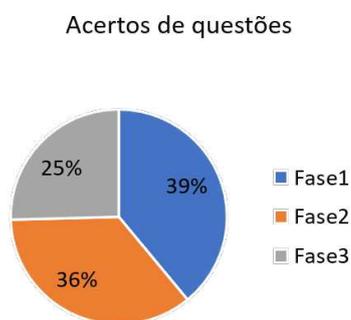


Fig. 14. Porcentagem de acertos nas fases.

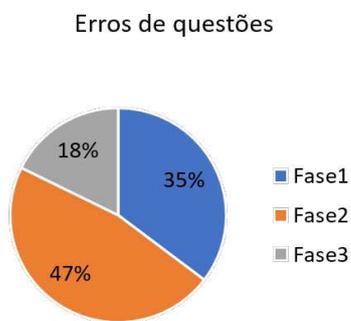


Fig. 15. Porcentagem de erros nas fases.

possível saber se o público-alvo do jogo (crianças com idade acima de oito anos) jogou ou não alguma partida.

Entre os resultados positivos do trabalho, está a automatização da avaliação, que em experimentos anteriores foi feita usando testes heurísticos. A captura de dados de forma implícita facilitou a jogabilidade para os jogadores e a avaliação para os pesquisadores. A inserção de estruturas de captura de dados em jogos educacionais pode facilitar a avaliação do jogo quanto a aprendizagem. Diversos estudos fazem uso de questionários de avaliação para analisar os benefícios dos jogos, a captura e análise de dados facilita essa prática. No jogo apresentado neste trabalho, tais artifícios auxiliaram

a detectar erros no *level design* e ajudaram a avaliar elementos da mecânica que fazem parte do processo de aprendizagem definido para o jogo.

Os dados apresentados nesse trabalho indicaram que o jogo possuía um problema na fase três, impedindo o progresso dos jogadores para as fases posteriores. A análise mostrou que houve uma desistência significativa durante o jogo, mesmo antes do erro da fase três. Um dos possíveis motivos talvez seja que os usuários não pertenciam ao público-alvo do jogo, crianças do ensino fundamental, e com isso o jogo pode não ter apresentado desafios suficientes para os usuários.

Para trabalhos futuros, serão feitos ajustes no jogo, conforme os erros encontrados durante o processo de análise, principalmente no *level design*. Pretende-se implementar a arquitetura de captura de dados, adicionando outras variáveis que podem auxiliar na compreensão do processo de aprendizagem durante a jornada do jogo, realizar testes com o público-alvo do jogo, em seguida realizar a distribuição do jogo para escolas de outros estados e com isso avaliar uma amostragem maior. Além disso, futuramente serão exploradas técnicas de análise de dados para a detecção de padrões buscando entender melhor como ocorre a interação e a aprendizagem dentro do jogo.

VII. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Programa Institucional de Extensão da Universidade do Estado do Amazonas - (PROGEX /UEA).

REFERENCES

- [1] J. Macena, G. Melo, R. Lais, F. Pires, and M. Pessoa, “Gramática: um jogo educativo para praticar classificaç ao silábica através do pensamento computacional,” p. 977.
- [2] F. G. de Sousa Pires, M. S. P. Pessoa, R. M. Ferreira, J. R. S. Bernardo, and F. M. M. de Lima, “O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa,” *Revista Brasileira de Informática na Educação*, vol. 28, p. 436, 2020.
- [3] F. Pires, F. F. Honda, G. Silva, R. Melo, R. de Freitas, and M. Pessoa, “A game proposal to develop computational thinking and environmental awareness,” *Journal on Computational Thinking (JCThink)*, vol. 3, no. 1, p. 111, 2019.
- [4] M. Pessoa, L. F. Alencar, L. Araújo, R. Melo, and F. Pires, “Looking for pets: a game for the logical reasoning development,” in *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2019, pp. 1–4.
- [5] L. Alencar, F. Pires, and M. Pessoa, “Criação de um jogo para desenvolver o pensamento computacional percorrendo caminhos eulerianos,” in *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*. SBC, 2020, pp. 111–115.
- [6] F. Michel, F. Pires, and M. Pessoa, “Walgor: um jogo de tower defense para o desenvolvimento do pensamento computacional e apresentação de algoritmos computacionais,” in *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 8, no. 1, 2019, p. 514.
- [7] K. B. Teixeira, J. Duarte, J. da Silva Queroga, and F. G. de Sousa Pires, “Amazonmath: um jogo educativo voltado para alfabetização matemática,” in *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 7, no. 1, 2018, p. 280.
- [8] D. Melo, F. G. de Sousa Pires, R. Melo, and R. J. d. R. S. Júnior, “Robô euroi: Game de estratégia matemática para exercitar o pensamento computacional,” in *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, vol. 29, no. 1, 2018, p. 685.
- [9] V. M. dos Santos Silva, J. R. B. Diniz, and S. V. A. França, “Jogos digitais como estratégia para desenvolver o pensamento computacional nos anos finais do ensino fundamental,” in *Anais do IV Congresso sobre Tecnologia na Educação*. SBC, 2019, pp. 424–433.
- [10] J. L. Plass, B. D. Homer, and C. K. Kinzer, “Foundations of game-based learning,” *Educational Psychologist*, vol. 50, no. 4, pp. 258–283, 2015.
- [11] C. Alonso-Fernández, I. Martínez-Ortiz, R. Caballero, M. Freire, and B. Fernández-Manjón, “Predicting students’ knowledge after playing a serious game based on learning analytics data: A case study,” *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 36, no. 3, pp. 350–358, 2020.

- [12] C. Alonso-Fernández, A. Calvo-Morata, M. Freire, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, “Applications of data science to game learning analytics data: A systematic literature review,” *Computers & Education*, vol. 141, p. 103612, 2019.
- [13] W. David, L. Alencar, J. Duarte, and F. G. de Sousa Pires, “Tricô numérico: Um jogo para alfabetização matemática,” in *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 7, no. 1, 2018, p. 249.
- [14] A. R. Cano, Á. J. García-Tejedor, C. Alonso-Fernández, and B. Fernández-Manjón, “Game analytics evidence-based evaluation of a learning game for intellectual disabled users,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 123 820–123 829, 2019.
- [15] D. Hicks, M. Eagle, E. Rowe, J. Asbell-Clarke, T. Edwards, and T. Barnes, “Using game analytics to evaluate puzzle design and level progression in a serious game,” in *Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge*, 2016, pp. 440–448.
- [16] M. Freire, Á. Serrano-Laguna, B. Manero, I. Martínez-Ortiz, P. Moreno-Ger, and B. Fernández-Manjón, “Game learning analytics: learning analytics for serious games,” in *Learning, design, and technology*. Springer Nature Switzerland AG, 2016, pp. 1–29.
- [17] J. M. Kevan and P. R. Ryan, “Experience api: Flexible, decentralized and activity-centric data collection,” *Technology, knowledge and learning*, vol. 21, no. 1, pp. 143–149, 2016.
- [18] C. Alonso-Fernández, A. R. Cano, A. Calvo-Morata, M. Freire, I. Martínez-Ortiz, and B. Fernández-Manjón, “Lessons learned applying learning analytics to assess serious games,” *Computers in Human Behavior*, vol. 99, pp. 301–309, 2019.