

# Mathmare: um jogo de plataforma envolvendo desafios matemáticos do ensino médio

Charles Madeira<sup>1</sup> Lucas Câmara<sup>2</sup> Isaac Beserra<sup>2</sup> Rogério Tavares<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto Metr pole Digital, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Informática e Matemática Aplicada, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Artes, Brasil

## Resumo

Os jogos digitais existentes atualmente voltados para a área de matemática tratam na sua grande maioria conceitos do Ensino Fundamental. Poucos são aqueles que tratam conceitos matemáticos do Ensino Médio. Além disso, muitos destes jogos são considerados “chatos” pelos alunos. Este artigo apresenta Mathmare, um jogo de plataforma instigante e divertido, envolvendo desafios matemáticos do Ensino Médio com o objetivo de aumentar o interesse dos alunos pelas aulas de matemática neste nível específico da educa o. Mathmare foi experimentado e avaliado em diversas turmas de uma disciplina de nivelamento em matemática oferecida para alunos ingressantes do nível superior, obtendo resultados bastante positivos.

**Palavras-chave:** Jogos educacionais, desafios matemáticos, Unity

## Contato dos autores:

<sup>1</sup> charles@imd.ufrn.br

<sup>2</sup> {lucas\_tac18,hatake\_isaac}@hotmail.com

<sup>3</sup> rogeritavares@gmail.com

## 1. Introdu o

O ensino da matemática tem sido um desafio para os professores de todos os níveis da educa o no país pois os alunos geralmente consideram a matéria chata e sentem dificuldades em aprendê-la [Mattar 2010]. Uma das causas principais que levam a este problema está relacionada com o desinteresse dos alunos pelos estudos, causado em parte pelo uso de métodos de ensino tradicionais e metodologias consideradas ultrapassadas para uma era digital com experiências muito mais lúdicas e interativas.

Em consequência deste desinteresse temos a reprova o, a defasagem idade série e uma alta taxa de evasão escolar como problemas cr nicos do sistema educacional brasileiro. Além disso, grande parte daqueles alunos que conseguem resistir   evasão escolar avançam para os anos seguintes sem aprender os conceitos satisfatoriamente, o que faz com que tenham cada vez mais dificuldades em aprender novos conceitos. Isto   confirmado por dois relatórios bastante relevantes: 1) o relatório trienal do Programa Internacional de Avalia o de Alunos (PISA) que

revela que o Brasil continua muito abaixo da média mundial nos pilares educacionais da Leitura, Ciências e Matemática [OCDE 2013]; e 2) o relatório De Olho Nas Metas (MEC/Inep) que revela que cerca de 90% dos estudantes brasileiros chegam ao final do ensino médio sem aprender o suficiente em matemática [Todos Pela Educa o 2012].

Com o intuito de tentar ajudar a melhorar este quadro preocupante, observando a grande complexidade em tornar mais eficiente a qualidade da educa o básica na atual situa o do país, diversos pesquisadores têm fomentado mudanças radicais dentro das salas de aula para tentar solucionar o problema de motiva o e participa o dos alunos, e conseqentemente das baixas taxas de aproveitamento [Mattar 2010; Lucas 2014].

Neste contexto, os jogos digitais têm se mostrado como uma proposta diferenciada que ajuda a estimular os alunos a fim de levá-los a pensar, refletir, analisar e solucionar problemas com o intuito de adquirir as competências e habilidades necessárias. A principal ideia   que os jogos digitais, como ferramentas educacionais, podem ajudar para o desenvolvimento de conhecimento e habilidades cognitivas, como a resolu o de problemas, o raciocínio lógico, o pensamento estratégico, a tomada de decisão, entre outras, propiciando uma compreensão mais profunda de certos princípios fundamentais de determinados assuntos [Brom et al. 2011; Prensky 2012].

No que se refere   matemática, quase a totalidade dos jogos digitais existentes atualmente são voltados ao tratamento de conceitos básicos do Ensino Fundamental [Pietruchinski et al. 2011]. Pouquíssimos são aqueles que envolvem conceitos do ensino médio. Além disso, grande parte destes jogos são desenvolvidos com o intuito de que o jogador seja focado nos conceitos a serem aprendidos, dando pouca importância ao divertimento, um dos conceitos essenciais em Game Design [Tavares 2009]. Este   um dos fatores que torna muitos jogos para educa o chatos para os alunos pois na maioria das vezes eles se baseiam apenas em uma seq ncia de puzzles a serem resolvidos [Mattar 2010]. Além disso, quando existe alguma narrativa envolvida, ela   extremamente simples. Portanto, este trabalho propõe Mathmare, um jogo de plataforma instigante e divertido envolvendo

desafios matemáticos do ensino médio com o objetivo de tentar aumentar o interesse dos alunos pelas aulas de matemática neste nível específico da educação.

O documento está organizado como descrito a seguir: Na seção 2 serão apresentados os trabalhos relacionados; Na seção 3, o jogo Mathmare será introduzido; Na seção 4 serão apresentados experimentos realizados com Mathmare em uma disciplina de nivelamento em matemática ofertada para alunos ingressantes do ensino superior; Na seção 5 será feita uma análise dos resultados obtidos com os experimentos realizados; Finalmente, na seção 6, serão apresentadas conclusões e possibilidades de trabalhos futuros.

## 2. Trabalhos Relacionados

A matemática é uma das disciplinas nas quais os alunos têm geralmente a maior dificuldade. Estudos como os de Del Blanco et al. [2009] mostram que jogos digitais envolvendo conceitos desta disciplina ajudam a melhorar o progresso de aprendizagem, tornando-os uma possível alternativa motivante para os alunos na busca por propostas pedagógicas que sejam capazes de complementar o processo de ensino e aprendizagem.

Apesar disto, o tema ainda é pouco investigado e, conseqüentemente, poucas são as iniciativas de jogos desenvolvidos com este objetivo conforme demonstra a revisão sistemática feita por Pietruchinski et al. [2011] em artigos publicados nos anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE) entre 2001 e 2010. Além disso, mesmo após publicado este trabalho de revisão sistemática, o número de publicações sobre o assunto efetuadas nos últimos 4 anos ainda não foi capaz de alterar este quadro.

No contexto específico da matemática, encontramos alguns poucos trabalhos, a maior parte focada no tratamento de conceitos básicos do Ensino Fundamental. Pierini et al. [2012] propôs o jogo Brinquedos Numéricos focado no ensino dos conjuntos numéricos. Leitão et al. [2012] introduziu o jogo Terras das Cores voltado ao exercício do raciocínio lógico-matemático para crianças através de atividades que também trabalham a coordenação motora. Cardoso et. al. [2013] criou o jogo Tabuada Legal voltado ao ensino da multiplicação com o objetivo de ajudar na consolidação do aprendizado da operação de multiplicação de números naturais, com foco no cálculo mental. Barbosa Neto e Fonseca [2013] desenvolveu um jogo baseado na narrativa do livro “O homem que calculava” para trabalhar o conceito de frações. Santos et al. [2014] Propôs um jogo para trabalhar o conceito da divisão. Silva et al. [2014] desenvolveu um jogo para trabalhar operações aritméticas. Cezarotto e Battaiola [2014] propôs o jogo Number Catcher para ensinar conceitos básicos de numeração e aritmética para crianças com discalculia.

Além destes trabalhos citados, somente encontramos raros trabalhos, tais como o de Brito e Motta [2014] e o de Gama e Sperotto [2014], que apresentam uma proposta diferenciada referente ao estudo da matemática no contexto do ensino médio. No entanto, ao invés de propor algum novo jogo, o objetivo destes trabalhos foi de apresentar estratégias metodológicas do uso da recomendação de jogos já existentes baseando-se em um método da análise e avaliação efetuado com turmas de alunos do ensino médio.

## 3. Mathmare

Para desenvolver o projeto do jogo Mathmare, algumas decisões importantes precisavam ser tomadas. Primeiramente, precisávamos decidir o estilo do jogo. Para isso, foi feita uma enquete (<http://goo.gl/Cc0Ysr>) com alunos ingressantes no ensino superior, recém-egressos do ensino médio. De acordo com a escolha da maioria, o gênero RPG (Role-Playing Game) foi escolhido, tendo como cenário um mundo medieval com a possibilidade de presença de magias e monstros. Em segundo lugar, não tínhamos como objetivo principal abordar os conceitos matemáticos do ensino médio de forma isolada. Ao invés disto, o jogo deveria tentar fazer com que o jogador conseguisse entender melhor os assuntos vistos em sala de aula pelo fato de trabalhar mais na lógica da resolução do problema do que no cálculo em si. Tendo em mente estas decisões, as etapas de construção do jogo foram efetuadas.

### 3.1 História

Mathmare é um jogo que gira em torno do personagem Dave Laze, um garoto que sempre foi viciado em jogos digitais. Porém, Dave nunca considerou a matemática útil. Até que um dia, ele ganhou de um estranho um novo jogo chamado MathMare, do qual nunca tinha ouvido falar. Dave foi curiosamente jogar para conhecer o jogo e subitamente algo inesperado aconteceu. Dave desmaiou e acordou em um lugar estranho quando uma voz começou a dizer: “Você está preso dentro de MathMare... a única maneira de sair daí é conseguindo completar todo o jogo”. Nesse momento aparece uma mensagem em seu celular, de uma pessoa que afirma ser um ex-jogador de MathMare, e que está ali para ajudá-lo a sair deste pesadelo. Segundo a mensagem, o jogo foi feito para ser impossível de se completar, pois o real objetivo era fazer com que ninguém conseguisse se salvar. A única forma de conseguir sair do jogo seria trapaceando. Para isso, Dave precisaria hackear o sistema do jogo com o seu próprio celular. É a partir daí que ele começa a perceber que nos jogos que tanto gostava existia muito mais matemática do que ele imaginava. Um vídeo demonstrativo contendo um *teaser* do jogo Mathmare pode ser acessado através do seguinte endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=kKfqTnBSO-U>.

### 3.2 Cenário e Mecânicas

Para facilitar a visualização de alguns conceitos matemáticos (por exemplo, gráficos de funções), o cenário de Mathmare é composto por uma plataforma em 2D com movimentação lateral (ver Figura 1). O personagem possui apenas a movimentação básica de um jogo de plataforma (movimentação lateral e salto), de forma que ele não consegue destruir os inimigos de maneira direta, já que na história ele é apenas um ser humano comum, e não um personagem do jogo. Assim, Dave precisará raciocinar logicamente para poder enfrentar os monstros ou evitar os confrontos com eles.



Figura 1: Captura de tela da plataforma 2D do cenário do jogo Mathmare.

Portanto, para eliminar seus inimigos Dave tem que utilizar elementos do próprio jogo como canhões ou até mesmo os próprios monstros, hackeando a inteligência dos personagens para fazer com que eles lutem a seu favor. Dave também precisa modificar o posicionamento dos blocos dos cenários através de puzzles para poder conseguir criar possíveis caminhos para lugares visivelmente impossíveis de serem alcançados. Por exemplo, para criar uma passagem que permita chegar a um objetivo, ele precisa modificar o cenário. Porém, como ele poderia mudar a configuração do cenário sem entender o seu funcionamento? A única forma é aplicando conceitos matemáticos através de puzzles. Com essa perspectiva de resolver puzzles como um meio para atingir um determinado objetivo, o jogador que estará na pele do personagem Dave verá a matemática como uma importante ferramenta.

Cada puzzle modifica o cenário de uma maneira diferente, com sua respectiva lógica conforme o conceito matemático abordado. Desta forma, o jogo consegue criar uma dinâmica mais interessante que permite cativar o jogador mais facilmente e mantê-lo no jogo. Além disso, Mathmare possui vários elementos de RPG tais como gasto de mana (representado pela bateria do celular), HP (pontos de vida) e alguns ataques especiais que podem ser usados pelo jogador.

### 3.3 Desafios Matemáticos

O conhecimento matemático adquire um significado diferente quando estudantes se deparam com situações desafiadoras e divertidas e desenvolvem estratégias de resolução de problemas. Por isto, desafios foram desenvolvidos para Mathmare visando contribuir com o fortalecimento das habilidades de raciocínio lógico e matemática do ensino médio através da resolução de problemas.

Para prototipar os puzzles, precisávamos decidir quais conceitos matemáticos do ensino médio seriam empregados e de que forma. Logo, decidimos por experimentar inicialmente conceitos básicos de polinômios, matrizes, números binários e conjuntos. A fim de aumentar ao máximo a possibilidade de ganharmos a atenção dos jogadores, fizemos um estudo detalhado das mecânicas de diversos jogos comerciais de sucesso, tais como *The Ball*, *The Legend of Zelda*, *Watch Dogs*, *Castlevania*, *Harmony of Elements*, *Devil May Cry*, *Resident Evil*, entre outros. Neste estudo, foi percebido que os jogos de sucesso oferecem bastante puzzles lógicos, apesar do jogador não precisar resolvê-los todos incessantemente. Esses jogos sempre apresentam um intervalo de tempo entre a execução dos diversos puzzles existentes, e durante esse intervalo os jogadores se divertem evoluindo no próprio cenário do jogo. Outra característica desses jogos é que o jogador não é forçado a resolver puzzles somente por resolvê-los, mas pelo fato de necessitar atingir um objetivo maior como, por exemplo, desbloquear uma passagem, alcançar um item inalcançável, ou até mesmo adquirir uma nova habilidade. Nesse caso, resolver um puzzle não é o objetivo maior do jogador, mas um meio para permiti-lo alcançar um determinado objetivo. Portanto, decidimos seguir a mesma ideia destes jogos para a criação das mecânicas de Mathmare, os puzzles sendo sempre inseridos como meio para alcançar um objetivo maior, com intervalos de tempo entre eles que permitem ao jogador explorar o mundo do jogo para mantê-lo motivado.

Este processo ocorre da forma seguinte forma: em algum momento durante o decorrer do jogo, o jogador percebe que não consegue avançar até um determinado local do cenário, seja por não conseguir alcançar um nível mais alto ou mais baixo da plataforma ou por ter algo bloqueando a sua passagem. Nesse ponto ele deverá hackear o sistema do jogo para construir uma passagem. Mas para isto, é preciso que ele o faça da forma correta. Só assim ele será capaz de realizar o seu objetivo através da construção de uma ponte, abertura de uma porta ou destruição de um adversário. Desta forma o jogador utiliza a matemática como uma ferramenta para resolver seu problema.

Para facilitar o processo de prototipagem dos puzzles, foi criado um padrão de como abordá-los. Este padrão funciona da seguinte forma: o usuário envia

para o puzzle um vetor (uma lista de valores) através da interface do jogo (na história seria o celular do personagem) e o puzzle interpreta essa lista de valores da forma como lhe foi programado (podem ser coordenadas geográficas, coeficientes de polinômios, índices de objetos, entre outros). Em seguida, o sistema do jogo é modificado de acordo com a entrada e, caso o jogador tenha resolvido o puzzle corretamente, ele conseguirá alcançar seu objetivo. Assim, o jogador sempre encontrará um padrão que o permitirá perceber que a mesma estrutura de dados (lista) poderá ser interpretada de várias maneiras.

### 3.3.1 Ponte Polinomial

Muitos alunos apresentam dificuldades em entender como funciona o gráfico de uma função polinomial, e assim não sabem exatamente o que significa encontrar as raízes e interpretar de maneira clara as suas características. Por exemplo, se quiséssemos modificar o gráfico de uma função no eixo Y, qual dos coeficientes da função deveria ser alterado? Além disso, o valor deste coeficiente deveria ser aumentado ou diminuído? São perguntas que precisam ser respondidas para resolver este tipo de problema.



(a)



(b)

Figura 2: Ponte polinomial que pode ser configurada através de três coeficientes no celular. O coeficiente mais a direita corresponde ao grau zero do polinômio, o do meio é o coeficiente de grau 1 e o mais a esquerda é o coeficiente de grau 2: (a) ponte correspondendo a um gráfico de uma função de 1º grau; (b) ponte correspondendo a um gráfico de uma função do 2º grau.

Portanto, o primeiro puzzle de Mathmare é a Ponte Polinomial, que consiste em configurar os coeficientes de um polinômio para gerar o gráfico de uma função polinomial (ver Figura 2). Isto ocorre porque o jogador chegará em pontos do cenário onde a plataforma à frente não possibilitará a sua passagem, seja por estar muito alta, muito longe ou com obstáculos. Porém parte da plataforma que se encontra em formato de ponte é capaz de ser modificada conforme o gráfico de uma função polinomial. Portanto, a única forma que o jogador tem para possibilitar a sua passagem é modificar os coeficientes do polinômio no celular para que o gráfico da função seja refletido na plataforma. Mesmo que o jogador modifique inicialmente os coeficientes apenas de maneira aleatória, com o passar do tempo ele perceberá alguns padrões, conforme descritos a seguir: o coeficiente mais a direita corresponde ao grau zero do polinômio e permite subir e descer a ponte; o coeficiente do meio corresponde ao grau 1 do polinômio e permite inclinar a ponte; e o coeficiente mais a esquerda corresponde ao grau 2 do polinômio e permite curvar a ponte.

Este desafio ajuda os alunos a praticarem de maneira mais divertida esse conceito matemático, não focando apenas no cálculo, mas na compreensão de como funciona as características de uma função e como esse conhecimento pode ser usado para atingir um determinado objetivo no jogo.

### 3.3.2 Plantas Binárias

As Plantas Binárias são um puzzle tem como objetivo ajudar os alunos a praticar os conceitos de conversão de base (de decimal para binário), e ao mesmo tempo mostrar que o número binário resultante não é apenas um outro número que representa o mesmo valor, mas que ele pode ser interpretado de uma maneira diferente.

Durante as fases de Mathmare, o jogador se deparará em locais onde a passagem vai estar bloqueada por plantas. Essas plantas podem estar levantadas (valor 1), ou abaixadas (valor 0) (ver Figura 3a). Acima das plantas terão símbolos que seguem o mesmo padrão (pequenas barras). Esses símbolos servem como dica para informar como as plantas devem estar para que a passagem seja desbloqueada. O jogador deve informar ao sistema um número decimal, que será convertido para binário, alterando assim a configuração das plantas no cenário. Por exemplo, se tiverem 4 plantas bloqueando a passagem, e o jogador enviar o número 11, o número binário resultante será 1011, portanto a segunda planta (da esquerda para direita) ficará abaixada, enquanto que as 3 restantes ficarão levantadas (ver Figura 3b). Caso as plantas fiquem da mesma forma indicada pela dica, elas se recolherão abrindo a passagem para permitir que jogador siga em frente.

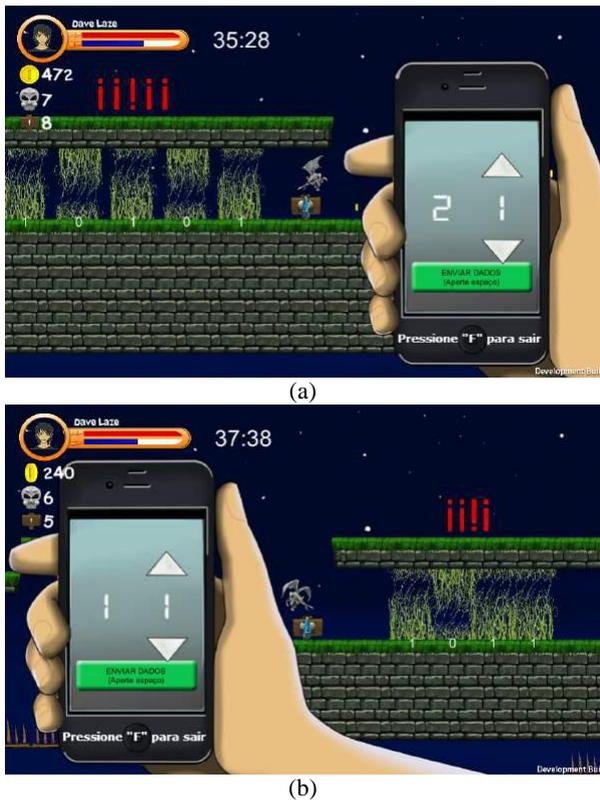


Figura 3: Plantas binárias que podem ser configuradas através de dois coeficientes no celular. Os coeficientes consistem no valor em decimal que o jogador deve informar em concordância com o valor em binário indicado no cenário: (a) puzzle composto por cinco plantas binárias com configuração 10101; (b) puzzle composto por quatro plantas binárias com configuração 1011.

### 3.3.3 Matriz de Blocos

Matriz sempre foi um conceito matemático do qual os alunos costumam mostrar dificuldades, talvez pelo fato que esse conceito é mostrado de maneira abstrata na sala de aula. Dentre os vários tópicos relacionados com matriz, um dos mais importantes é o do seu escalonamento, já que é um método utilizado para resolver problemas de sistemas de equações. O objetivo do puzzle Matriz de Blocos é fazer o aluno exercitar o algoritmo do escalonamento de maneira lúdica, já que seu objetivo não é somente resolver uma questão em uma lista de exercícios. Ao contrário disto, ele deve atingir um objetivo no jogo utilizando esse conceito matemático, como é o caso da Figura 4a onde o jogador precisa chegar até a plataforma de cima, mas os blocos não permitem sua passagem.

Certas vezes o jogador chegará em um local do cenário no qual ele precisa alcançar uma outra plataforma, mas a passagem estará bloqueada por vários blocos alinhados em formato de matriz. Portanto, o jogador precisará usar seu celular para hackear os blocos que exibem números representando valores relacionados com a matriz. Para modificar os valores dos blocos, o jogador precisará informar uma lista com 3 números: o primeiro é o fator multiplicativo, o segundo o identificador da linha de

origem, e o terceiro o identificador da linha de destino. O algoritmo consiste em multiplicar o fator por cada um dos valores da linha de origem e somar cada um dos resultados desta multiplicação com os valores das respectivas colunas na linha de destino. Caso algum bloco fique com valor zero, ele será destruído permitindo ao jogador passar por ali (exemplo de escalonamento na Figura 4b).



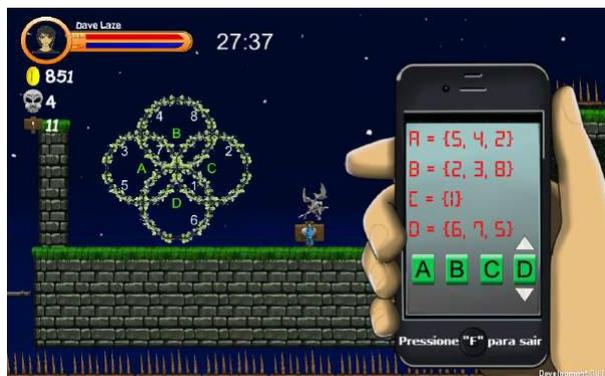
Figura 4: Matriz de blocos que pode ser escalonada através de três coeficientes no celular. Da esquerda para a direita, os coeficientes consistem respectivamente ao fator multiplicativo, ao identificador da linha de origem, e ao identificador da linha de destino na matriz: (a) configuração da matriz inicial, com blocos bloqueando a passagem do personagem; (b) configuração da matriz escalonada, sem blocos bloqueando a passagem do personagem.

Dependendo da situação no jogo, o jogador poderá abrir caminho eliminando apenas uma linha da matriz ou até mesmo montando uma escada (que seria o escalonamento total). Para realizar essa tarefa de maneira eficaz, o jogador terá que utilizar o algoritmo do escalonamento.

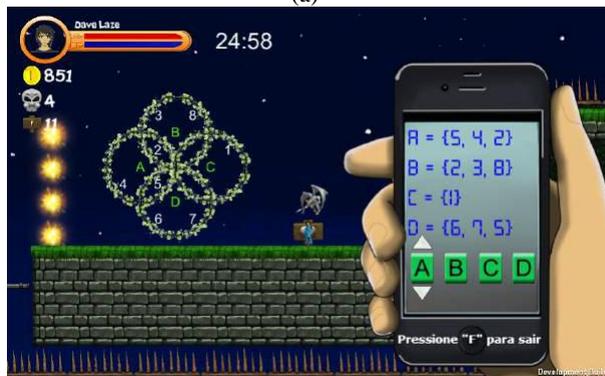
### 3.3.4 Conjuntos Giratórios

O puzzle dos conjuntos giratórios mostra uma forma gráfica de representar conjuntos e suas interseções (ver Figura 5a), através de círculos com elementos dentro deles. Porém o objetivo desse puzzle não é somente exercitar o conceito de conjuntos, mas também o raciocínio lógico do jogador para resolver problemas, utilizando uma abordagem parecida com a de um cubo mágico simplificado.

O jogador chegará em um local do cenário em que possui uma torre bloqueando o caminho, e perto dela círculos com números dentro deles. Ao enviar a informação para o jogo rotacionar algum círculo (utilizando a identificação do conjunto), ele rotaciona também todos os elementos dentro dele. Esses rotacionamentos podem fazer com que elementos que estavam em um conjunto sejam transferidos para outros conjuntos. Os conjuntos sempre rotacionam 90 graus no sentido horário.



(a)



(b)

Figura 5: Conjuntos giratórios que podem ser rotacionados, um a um, no sentido horário, através de seleção da letra correspondente no celular: (a) configuração inicial na qual os círculos não contém no seu interior os elementos indicados no celular; (b) configuração final, após rotacionamentos, na qual cada círculo contém internamente exatamente os elementos indicados no celular.

O objetivo é fazer com que todos os elementos nos círculos respeitem uma configuração dada aos conjuntos. Quando os elementos estão todos posicionados corretamente de acordo com a configuração desejada, a torre que bloqueia a passagem do personagem é destruída, permitindo-o seguir em frente. O nível de dificuldade desse desafio se baseia apenas na quantidade de elementos que precisam ser organizados. O nível mais difícil possível, é com 12 elementos, pois assim todas as posições dos círculos ficam preenchidas.

Apesar desse puzzle não abordar de forma direta os conceitos relacionados a conjuntos, o jogador ainda pode fazer uso deles para ajudar a resolver o desafio. Por exemplo, uma tática poderia ser a de começar montando as posições das interseções entre os

conjuntos, já que são os únicos elementos que precisam de uma ordem específica. Os outros elementos tem posições mais livres, já que o conjunto  $\{1,2,3\}$  é equivalente ao conjunto  $\{3,1,2\}$ .

#### 4. Experimentos Realizados

Mathmare foi desenvolvido usando usando o motor Unity (<https://unity3d.com/pt>), tendo como objetivo inicial duas versões: web e desktop. Para verificar se ele estava atendendo aos objetivos propostos, era necessário experimentá-lo com os alunos. Para isso, foi elaborada uma fase de jogo contendo todos os puzzles desenvolvidos. Para cada um dos puzzles foram definidos 3 níveis que aumentam progressivamente em dificuldade. O tempo de duração estabelecido para o jogo foi de 45 minutos para permitir aplicá-lo durante um horário de aula.

Uma vez o jogo desenvolvido, definimos uma bateria de experimentos para ser realizada no contexto de quatro turmas de uma disciplina de nivelamento em matemática com alunos recém-ingressos no ensino superior, duas delas oriundas do turno da manhã e duas do turno da noite. Ao total, 97 alunos foram colocados para jogar o jogo livremente, cada um em um computador desktop com Windows 7. A versão de Mathmare que foi utilizada nos experimentos pode ser encontrada em <https://db.tt/KDTSsp7M>.

Segundo Godoi & Padovani (2011), jogos educativos podem ser avaliados através de diversas formas: checklists, diretrizes, escalas de avaliação, formulários, modelo conceitual, questionários, sistemas ou de forma híbrida. Dentre estas possibilidades de instrumentos avaliativos, para os experimentos com Mathmare escolhemos o questionário a fim de verificar o impacto do jogo em aspectos tais como usabilidade, eficácia das ferramentas de auxílio e aprendizagem alcançada, enfatizando tanto a avaliação orientada ao produto quanto a avaliação orientada ao usuário. Para isso seguimos os critérios definidos por Medeiros e Schimiguel (2012): qualidade do conteúdo, alinhamento do objetivo da aprendizagem, motivação, imersão, objetivos claros, feedback e adaptação, apresentação, interação social e reusabilidade.

Após jogar os 45 minutos da fase, ou completá-la antes mesmo do tempo máximo permitido, cada jogador foi convidado a responder um questionário (<http://goo.gl/BqRmto>) contendo diversos critérios para avaliar o jogo através de perguntas assertivas com as seguintes possibilidades de escolha: Discordo Totalmente (DT), Discordo (D), Indiferente (I), Concordo (C) e Concordo Totalmente (CT). Além disso, como o principal foco deste trabalho consiste na experimentação de desafios matemáticos, inserimos questões para verificar se os objetivos foram cumpridos. Os desafios tentam focar muito mais no algoritmo de resolução do problema que no cálculo, abstraindo assim o conceito. No entanto, o objetivo não

era abstrair demais a ponto do aluno não conseguir fazer a ligação entre o desafio que ele estava resolvendo e o conceito matemático.

## 5. Avaliação dos Resultados Obtidos

Para a análise dos resultados foi utilizado o método de frequência relativa em todas as questões objetivas do questionário aplicado aos participantes. As porcentagens de respostas para cada opção das questões são apresentadas na Tabela 1.

Os resultados obtidos pela aplicação do questionário apontam que 71% dos participantes achou o jogo criativo. Em relação às mecânicas do jogo, 74% sentiu a jogabilidade agradável, 68% gostou da interface gráfica, 73% respondeu de forma positiva sobre a usabilidade, 83% achou o jogo divertido, 75% gostou da forma como o jogo guia o jogador (percurso), 36% concordou ter dificuldade com os adversários automatizados e 94% concordou que os desafios evoluem gradativamente em dificuldade.

Dentre os entrevistados, 76% concordaram que os desafios ajudam a fixar os conhecimentos matemáticos explorados nos desafios, 45% tiveram dificuldade em entender as mecânicas dos puzzles, 85% concordaram que o jogo consegue testar as habilidades do jogador, 74% ficaram motivados com os desafios, 92% concordaram que jogos explorando conceitos matemáticos deveriam ser utilizados em sala de aula, 83% não acharam o jogo chato, 75% jogariam Mathmare novamente da mesma forma como ele era no dia do experimento, 80% dispuseram-se a jogar novas fases com níveis de dificuldades diferentes, caso fossem inseridos no jogo, 86% no caso de novos desafios serem inseridos e 84% jogariam outros jogos envolvendo conceitos matemáticos.

Por fim, quatro questões objetivas, que não estão presentes na Tabela 1, foram postas para os alunos identificarem os conceitos matemáticos abordados no jogo. Para cada desafio foi apresentada a sua imagem correspondente, solicitando ao aluno para marcar a opção correspondente. 85% dos participantes acertaram o puzzle da matriz, 87% o dos números binários, 97% o dos conjuntos e 94% o dos polinômios.

## 6. Conclusões e Trabalhos Futuros

A utilização de jogos educativos em ambientes escolares ainda é pouco explorada como forma de fixação e auxílio do aprendizado no Brasil. Essa constatação é ainda mais grave quando nos referimos a jogos focados em áreas críticas como é o caso da matemática. Enfim, dentre aqueles que aceitam enfrentar o mundo da matemática, quase não existem jogos tratando conceitos do ensino médio.

Tabela 1: Resultados obtidos pela aplicação do questionário submetido aos alunos. Os valores se referem à porcentagem das respostas para cada opção.

Pergunta	CT	C	I	D	DT
O enredo do jogo é criativo?	15	56	19	5	5
O jogo tem uma boa jogabilidade? Ou seja, é agradável de ser jogado?	9	65	16	7	3
A interface gráfica é intuitiva?	16	52	18	11	3
A interface de comandos de controle é intuitiva?	24	49	11	12	4
O jogo é divertido?	24	59	11	3	3
Os tutoriais rápidos no início ajudam no percurso do jogador, ou seja, ajudam a compreender mais facilmente as mecânicas do jogo?	19	56	11	10	4
Você teve dificuldade em passar pelos monstros e plataformas?	5	31	22	30	12
Os desafios evoluem gradativamente em dificuldade?	33	61	4	1	1
O jogo ajuda a fixar conhecimentos relacionados aos conceitos matemáticos explorados nos desafios?	17	59	16	7	1
Você teve dificuldades em entender como funcionava a mecânica dos desafios?	11	34	19	30	6
O jogo consegue testar as habilidades matemáticas do jogador?	31	54	9	5	1
Os desafios existentes motivam o uso do jogo?	23	51	16	8	2
Você acha que jogos explorando conceitos matemáticos de forma lúdica deveriam ser utilizados em sala de aula?	56	36	6	0	2
O fato de ter inserido desafios matemáticos no jogo Mathmare fez com que ele se tornasse chato?	2	3	12	49	34
Você jogaria novamente o jogo da forma como ele está atualmente?	16	59	15	6	4
Você jogaria novamente o jogo se novas fases fossem inseridas usando os mesmos desafios matemáticos com outros níveis de dificuldade?	29	51	15	2	3
Você jogaria novamente o jogo se novos desafios matemáticos explorando outros conceitos fossem inseridos?	31	55	7	3	4
Você jogaria outros jogos envolvendo desafios matemáticos que fossem desenvolvidos da mesma forma que Mathmare?	24	60	11	2	3

A principal contribuição deste trabalho é entrar no mundo da matemática do ensino médio e demonstrar que é possível desenvolver jogos digitais divertidos que fazem uso de conceitos matemáticos neste nível. Isso não quer dizer que a tarefa de criação de desafios matemáticos divertidos e estimulantes seja uma tarefa fácil. Para podermos desenvolver desafios para Mathmare, tivemos que estudar bastante as mecânicas dos jogos comerciais a fim de criar novas possibilidades que permitissem inserir conteúdo do ensino médio de forma divertida no jogo. Mas os resultados obtidos são bastante promissores pois conseguimos demonstrar que os alunos se interessam muito mais pela disciplina a partir do momento que atividades lúdicas são inseridas no seu dia-a-dia. Com esta abordagem construtivista, os alunos trabalham os conceitos aprendidos em sala de aula sob uma perspectiva diferente, uma vez que eles saem do habitualmente apresentados pelos professores em sala de aula. Isto desperta um maior interesse e, conseqüentemente, um melhor aproveitamento.

Para dar continuidade a este trabalho, visamos desenvolver novos desafios matemáticos para serem integrados na plataforma de Mathmare a fim de realizarmos novos experimentos. Além disso, já temos em mente o desenvolvimento de novos jogos com a mesma dinâmica envolvendo outras disciplinas nas quais os alunos também sentem atualmente bastante dificuldade em sala de aula.

## References

- BARBOSA NETO, J. E FONSECA, F. 2013. Jogos educativos em dispositivos móveis como auxílio ao ensino da matemática. *Revista de Novas Tecnologias em Educação*, v.11.
- BRITO, W. E MOTTA, C. 2014. Recomendação de Jogos na Aprendizagem da Matemática baseado na Análise Diagnóstica e Teoria de Resposta ao Item. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- BROM, C., PREUSS, M. E KLEMENT, D. 2011. Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 57(3), p.1971-1988.
- CARDOSO, A. GIRALDELLO, A. E BATISTA, N. 2013. Tabuada Legal: um jogo sério para o ensino de multiplicações. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p.376-385.
- CEZAROTTO, M. E BATTAIOLA, A. 2014. Motivação em jogos educacionais com foco em ensino de matemática para crianças com discalculia. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, p.11-19.
- DEL BLANCO, Á., TORRENTE, J., MORENO-GER, P. E FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. 2009. A General Architecture for the Integration of Educational Videogames in Standards-compliant Virtual Learning Environments. In: Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT, p.53-55.
- GAMA, R. E SPEROTTO, R. 2014. Uso de jogos digitais como estímulo para o aprendizado da matemática. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, p.691-694.
- GODOI, K. E PADOVANI, S. 2011. Instrumentos avaliativos de software educativo : uma investigação de sua utilização por professores. *Estudos em Design*, v.19, p.1-23.
- LEITÃO, A., GOLÇALVES, G., RIBEIRO, W., OLIVEIRA, B., SALGUEIRO, V. E MADEIRO, F. 2012. Terra das Cores: Uma Proposta de Jogo Educacional Infantil para o Exercício do Raciocínio Lógico-Matemático. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- LUCAS, M. 2014. Learning from gaming: Teachers' and students' perceptions. *Journal of Mobile Multimedia*, 10(3-4), p.206-217.
- MATTAR, J. 2010. *Games em educação: como os nativos digitais aprendem*. Pearson Prentice Hall.
- MEDEIROS, M. E SCHIMIGUEL, J. 2012. Uma abordagem para avaliação de jogos educativos: ênfase no Ensino Fundamental. *Revista de Novas Tecnologias em Educação*, v.10, n.3.
- OCDE. 2013. PISA 2012 Results in Focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know. Disponível em: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>.
- PIERINI, L., VALENTIM, M. E CARDOSO, A. 2012. Brinquedos Numéricos: um jogo para o ensino dos conjuntos numéricos. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*.
- PIETRUCHINSKI, M., COELHO NETO, J., MALUCELLI, A. E REINEHR, S. 2011. Os jogos educativos no context do SBIE: uma revisão sistemática de literatura. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática Educacional*, p.476-485.
- PRENSKY, M. 2012. *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. Senac São Paulo.
- SANTOS, W., SILVA, A. E SILVA JUNIOR, C. 2014. Conquistando com o Resto: Virtualização de um Jogo para o Ensino de Matemática. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p.317-321.
- SILVA, B., SILVA, P., LUZ, L., SILVA, E. E MARTINS, H. 2014. Jogos digitais educacionais como instrumento didático no processo de ensino-aprendizagem das operações básicas de matemática. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, p.682-691.
- TAVARES, R. 2009. *Fundamentos de Game Design para educadores e não especialistas*. In: Santaella e Feitoza. *Mapa do Jogo*. Cengage Learning, SP.
- TODOS PELA EDUCAÇÃO. 2012. De Olho nas Metas 2011: Quarto relatório de monitoramento das 5 Metas do Todos Pela Educação. Disponível em: [http://www.todospelaeducacao.org.br/arquivos/biblioteca/de\\_olho\\_nas\\_metas\\_2011\\_tpe.pdf](http://www.todospelaeducacao.org.br/arquivos/biblioteca/de_olho_nas_metas_2011_tpe.pdf).