



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA

Espaço Matemático: jogo adaptativo de matemática

KARINA MARTINS MARTINEZ

Orientadora

Geiza Maria Hamazaki da Silva

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JULHO DE 2016

Espaço Matemático: jogo adaptativo de matemática

Karina Martins Martinez

Projeto de Graduação apresentado à Escola de
Informática Aplicada da Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO) para obtenção do
título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada por:

Prof.^a Geiza Maria Hamazaki da Silva, D.Sc. (UNIRIO)

Prof.^a Adriana Pimenta de Figueiredo, D.Sc. (UNIRIO)

Prof.^a Adriana Cesário de Faria Alvim, D.Sc. (UNIRIO)

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL.

JULHO DE 2016

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre iluminar o meu caminho e me dar motivação para terminar este ciclo da minha vida. Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais por sempre me apoiarem e estarem sempre por perto.

Agradeço à minha orientadora Geiza, pela paciência, por todos os conselhos que me ajudaram a seguir em frente e por ter sido a primeira professora a me apresentar a programação. A Bruno Baère, por me inspirar a estudar sobre adaptatividade em jogos e por todos os comentários feitos a este projeto. A todo o corpo discente da Unirio, por todos os conhecimentos transmitidos que me permitiram chegar até aqui.

Agradeço a todos da empresa PrimeUp que me instruíram e me ajudaram a crescer como pessoa e profissionalmente. Agradeço principalmente pela compreensão com os dias de trabalhos e provas da faculdade e por sempre me estimularem a concluir a graduação.

Por fim, agradeço a todos os amigos que trilharam este caminho junto comigo e compartilharam momentos dos quais eu nunca esquecerei.

RESUMO

Auxiliando no aperfeiçoamento do raciocínio lógico, a matemática é uma das áreas do conhecimento relevantes para a formação de um indivíduo. Todavia, os índices de sucesso na aquisição do conhecimento nesta disciplina são baixos no Brasil, sendo interessante a busca por novos meios que modifiquem esta situação. A apresentação da matemática deve ser feita de forma agradável na infância, onde a criança se encontra no momento mais propício ao desenvolvimento de novos conhecimentos. Dado que crianças tem se aproximado cada vez mais cedo da utilização de tecnologias através de dispositivos como *tablets* e celulares, é possível utilizar jogos eletrônicos para ajudar a despertar o interesse e reforçar os conhecimentos obtidos na sala de aula. Neste contexto, este projeto descreve a implementação de um sistema adaptativo para auxiliar no avanço do jogador em um jogo educativo e oferecer uma experiência diferente a cada aluno. O jogo Espaço Matemático foi desenvolvido para o sistema operacional Android e aborda as operações básicas da matemática, sendo voltado para crianças de oito a dez anos.

Palavras-chave: Matemática, jogos educativos, Android, adaptatividade em jogos.

ABSTRACT

Mathematics is one of the fundamental areas of knowledge relevant to an individual. However, the success rates in the acquisition of this knowledge are low in Brazil, so it is interesting to search for new ways to change this scenario. The study of mathematics should be pleasurable in the childhood. Because it is the proper time to the development of new knowledge. As children are introduced to devices, such as tablets and mobile phones, at their early ages and it can be a good idea to use games to develop the knowledge acquired in the classroom. In this context, this project describes the implementation of an adaptive Mathematic game. The game Espaço Matemático was developed for the Android operating system and covers the basic operations of mathematics and it is aimed at children from eight to ten years.

Keywords: Mathematics, educational games, Android, adaptively games.

Índice

| | |
|---|----|
| 1 Introdução | 10 |
| 1.1 Motivação..... | 10 |
| 1.2 Objetivos | 10 |
| 1.3 Organização do texto..... | 11 |
| 2 Estado da arte | 12 |
| 2.1 Estudos preliminares | 13 |
| 2.1.1 Análise individual..... | 14 |
| 2.1.2 Análise comparativa | 20 |
| 2.2 Escolha do conteúdo do jogo a ser desenvolvido..... | 21 |
| 3 Espaço Matemático | 23 |
| 3.1 Tecnologias escolhidas para o desenvolvimento | 23 |
| 3.1.1 Android..... | 23 |
| 3.1.2 Android Studio | 24 |
| 3.1.3 Java 7 | 24 |
| 3.1.4 API 14 do Android | 24 |
| 3.1.5 SQLite..... | 24 |
| 3.2 Espaço Matemático: Visão geral..... | 25 |
| 3.3 Adaptatividade | 26 |
| 3.4 Níveis e adaptatividade do sistema | 28 |
| 3.5 Comparação com outros jogos | 30 |
| 3.6 Arquitetura do sistema | 31 |
| 3.7 Domínio do sistema | 33 |
| 3.8 Casos de Uso | 34 |
| 3.9 Sons e imagens..... | 35 |
| 4 Instruções e questionário..... | 36 |
| 4.1 Manual de instalação do Espaço Matemático | 36 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2 | Manual do jogo Espaço Matemático..... | 36 |
| 4.2.1 | Como jogar | 36 |
| 4.2.2 | Acessando as configurações | 39 |
| 4.3 | Avaliação do jogo | 40 |
| 4.3.1 | <i>Learning Object Review Instrument (LORI)</i> | 40 |
| 4.3.2 | GameFlow | 41 |
| 4.3.3 | Critérios selecionados..... | 41 |
| 5 | Conclusão..... | 44 |
| 5.1 | Considerações finais..... | 44 |
| 5.2 | Limitações do projeto..... | 44 |
| 5.3 | Trabalhos futuros | 45 |
| | Referências Bibliográficas..... | 46 |
| | Apêndice I - Casos de uso. | 50 |
| | Apêndice II – Referências de imagens e sons utilizados no Espaço Matemático. | 52 |
| | Apêndice III - Manual de instalação do jogo Espaço Matemático..... | 53 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Comparação entre os jogos educativos. | 21 |
| Tabela 2 - Níveis das operações de adição, subtração e multiplicação. | 28 |
| Tabela 3 - Níveis da operação de divisão. | 29 |
| Tabela 4 - Comparação dos jogos educativos com o Espaço Matemático. | 31 |
| Tabela 5 - Questionário desenvolvido com os critérios selecionados das metodologias LORI e GameFlow. | 43 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Telas do jogo Dividindo a pizza. | 14 |
| Figura 2 - Telas do jogo Flower Power. | 15 |
| Figura 3 - Telas do jogo Macaco Matemático. | 16 |
| Figura 4 - Telas do jogo Monster Numbers. | 17 |
| Figura 5 - Telas do jogo Math Duel. | 18 |
| Figura 6 - Telas do jogo ZEUSvsMONSTERS. | 19 |
| Figura 7 - Tela inicial do jogo. | 25 |
| Figura 8 - Exemplo de fase. | 26 |
| Figura 9 - As oito dimensões da experiência. Adaptada por Araujo [8] de Cowley [9]. 27 | |
| Figura 10 - Máquina de estados finitos dos níveis do jogo. A letra P representa a pontuação do jogador. | 30 |
| Figura 11 - Estrutura do padrão MVC e relacionamento entre as camadas. | 32 |
| Figura 12 - Projeto do Espaço Matemático no padrão MVC. | 33 |
| Figura 13 - Modelo de dados do Espaço Matemático. | 34 |
| Figura 14 - Casos de uso. | 35 |
| Figura 15 - Nave espacial e setas de direção. | 36 |
| Figura 16 - Escolhendo a nave inimiga com a resposta correta. | 37 |
| Figura 17 - Atirando na nave inimiga com a resposta correta. | 37 |
| Figura 18 - Naves inimigas se aproximando da linha vermelha. | 37 |
| Figura 19 - Tela exibida ao perder uma fase. | 38 |
| Figura 20 - Tela exibida ao vencer uma fase. | 38 |
| Figura 21 - Tela inicial após a primeira fase jogada. | 39 |
| Figura 22 - Tela de configurações. | 39 |
| Figura 23 - Tela de desempenhos. | 40 |
| Figura 24 - Opção de Segurança nas configurações de dispositivos Android. | 53 |
| Figura 25 - Item Fontes Desconhecidas. | 53 |
| Figura 26 - Mensagem de confirmação exibida ao habilitar a opção Fontes Desconhecidas. | 54 |
| Figura 27 - Baixando o arquivo APK. | 54 |
| Figura 28 – Abrindo o arquivo e confirmando a instalação do jogo. | 55 |

1 Introdução

1.1 Motivação

A matemática é uma área do conhecimento que auxilia no desenvolvimento do pensamento lógico, sendo importante na formação de um indivíduo. Entretanto, estudos mostram que o aproveitamento de alunos nesta disciplina é menor comparado a outras [3]. É na infância o período mais propício ao estímulo do aprendizado e do início do interesse por novos assuntos. Para alcançar este público e abordar os conceitos da matemática de forma divertida, existem jogos disponíveis na internet. Porém esses jogos seguem, em sua maioria, uma linha de progressão fixa que força o jogador a utilizar de forma crescente as suas habilidades e conhecimentos. O aumento de dificuldade de forma padrão pode ser frustrante, pois cada indivíduo possui uma curva de aprendizagem diferente [10]. Deste modo, ao jogar o usuário experimenta um efeito contrário ao desejado, sentindo-se desestimulado continuar.

Neste contexto, surgiu a motivação para o desenvolvimento de um jogo educativo de matemática para aparelhos móveis que tenha a capacidade de realizar a adaptação da dificuldade de acordo com o desempenho do jogador, sendo reforçado e trabalhado o seu conhecimento. O jogo produzido neste trabalho tem como público alvo crianças cursando o quarto ano do ensino fundamental, que se encontram na faixa etária de oito a dez anos.

1.2 Objetivos

Este trabalho de conclusão de curso visa apresentar o estudo e o desenvolvimento de um jogo para Android de matemática que propõem realizar a adaptação do sistema ao jogador. Para isso, foram analisados alguns jogos educativos e levantados os conceitos a serem abordados. Em seguida, é apresentado o jogo desenvolvido através de um estudo sobre adaptatividade em jogos eletrônicos. Por fim, são estudadas as metodologias *Learning Object Review Instrument* (LORI) [14] e

GameFlow [15][16], tendo em vista a criação de um questionário que possibilite a avaliação de jogos educativos através dos usuários.

1.3 Organização do texto

O presente trabalho está estruturado em capítulos e, além desta introdução, está desenvolvido da seguinte forma:

- Capítulo II: Estado da arte - Realiza uma análise de jogos educativos de matemática existentes, além de apresentar a definição do conteúdo do jogo desenvolvido.
- Capítulo III: Espaço Matemático - Apresenta o jogo Espaço Matemático desenvolvido para crianças do quarto ano do ensino fundamental, descrevendo as ferramentas utilizadas, a implementação da adaptatividade do sistema e dos demais elementos presentes.
- Capítulo IV: Instruções e questionário - Descreve o manual do jogo Espaço Matemático e as metodologias utilizadas para criar um questionário de avaliação do jogo.
- Capítulo V: Conclusões – Reúne as considerações finais do trabalho desenvolvido e descreve os possíveis trabalhos futuros em relação a ele.
- Apêndice I: Casos de uso - Casos de uso que descrevem as funcionalidades do jogo desenvolvido.
- Apêndice II: Referências de imagens e sons utilizados no Espaço Matemático - Contém as referências para todos os sons e imagens presentes no jogo Espaço Matemático.
- Apêndice III: Manual de instalação do jogo Espaço Matemático - Apresenta a descrição dos passos necessários para instalar o aplicativo Espaço Matemático em um dispositivo com o sistema operacional Android.

2 Estado da arte

Dentre as diversas áreas do conhecimento existentes, a matemática é considerada importante por estar sempre presente no cotidiano, tornando-se necessária para as ações mais básicas da vida, como fazer compras ou dividir algo com a família. A partir da linguagem matemática podemos estruturar nossas ideias sobre o mundo físico [1]. De acordo com Lorensatti [2], ela pode ser definida como "um sistema simbólico, com símbolos próprios que se relacionam segundo determinadas regras", além de ser precisa e universal.

Apesar da relevância dessa disciplina, o desempenho dos estudantes brasileiros em avaliações como a Provinha Brasil e a Prova Brasil tem indicado que o seu aproveitamento é menor do que nas demais disciplinas [3].

É na infância que despertamos a curiosidade, a imaginação e a busca de descobertas, sendo este, o momento mais propício ao estímulo do aprendizado e ao desenvolvimento do pensamento lógico. Logo, com a apresentação da matemática de forma agradável neste período da vida a criança terá uma capacidade cada vez maior de criticar e discutir sobre os assuntos que lhe forem apresentados. Assim, ao longo de seu desenvolvimento conseguirá aprimorar os conhecimentos obtidos.

A utilização de brincadeiras e jogos pode ser uma forma eficiente para trabalhar a matemática na educação infantil. Estas permitem que o processo de aprendizagem seja realizado despertando um maior interesse da criança [3]. Pode-se citar como exemplo a utilização dessas atividades no Projeto de extensão Visitas (Departamento de Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG) que beneficia alunos da educação básica do estado de Minas Gerais e tem conseguido mostrar uma nova face da matemática, sendo esta divertida e prazerosa. O projeto atende às escolas da rede básica do ensino e também tem como objetivo motivar os professores a utilizarem estas práticas na sala de aula [4].

A interação com a tecnologia tem aumentado dentro da sociedade e cada vez mais esta é iniciada nos primeiros anos de vida através de dispositivos como *tablets* e celulares. Estes aparelhos tem se tornado cada vez mais acessíveis e são, muitas vezes, utilizados por crianças com o fim de entretenimento através de jogos digitais. Entre os diversos tipos de aplicativos, existem os que recebem a classificação de jogos educativos. Aplicativos nesta categoria são, segundo Falkembach [5], "*softwares que apresentam conteúdo e atividades práticas com objetivos educacionais baseados no lazer e diversão. Nesses jogos a abordagem pedagógica adotada utiliza a exploração livre e o lúdico e como consequência estimula o aprendiz.*". Experiências utilizando este tipo de ferramenta dentro do ambiente escolar têm mostrado bons resultados, aumentando a motivação do aluno e auxiliando no desenvolvimento de habilidades e do raciocínio lógico. [6] [7]

2.1 Estudos preliminares

Com o intuito de ampliar os conhecimentos sobre os jogos educativos existentes, foram estudados softwares similares, direcionados ao público alvo escolhido. É apresentada uma análise individual de cada jogo, onde são descritos seus objetivos e suas características principais. Em seguida, é exibido uma tabela com a análise comparativa entre os softwares escolhidos.

2.1.1 Análise individual

2.1.1.1 Dividindo a pizza¹



Figura 1 - Telas do jogo Dividindo a pizza.

Este jogo tem como objetivo identificar e realizar operações com os números fracionários. As quantidades de fatias de pizzas destacadas correspondem ao numerador da fração, enquanto o total de fatias de uma pizza representa o denominador. Apresenta seis fases com perguntas e uma última onde deve-se controlar um motoboy e entregar as pizzas em casas. Ele aborda frações e a adição de números fracionários com o mesmo denominador, como pode ser observado na figura 1. Apesar de ser possível possuir poucas fases, consegue apresentar de forma rápida e clara os assuntos abordados. São dadas duas chances de erro por resposta. No terceiro erro a resposta para a pergunta é exibida. A entrega de pizzas finaliza o entretenimento. Um ponto negativo no jogo é a ausência de um relatório com a contagem total de erros ao final.

¹ <http://www.escolagames.com.br/jogos/dividindoPizza/> - acesso em 25 de julho de 2015.

2.1.1.2 Flower Power²



Figura 2 - Telas do jogo Flower Power.

O objetivo deste jogo é ganhar a maior quantidade de dinheiro possível cultivando e colhendo flores. Para isso, deve-se ordenar de forma crescente as flores de cada caule. A cada caule completo é possível escolher entre colher ou esperar que as abelhas o transformem em sementes, que farão crescer novos caules (ver figura 2). A velocidade em que as flores crescem sozinhas e que as abelhas destroem os caules faz com que o raciocínio tenha que ser cada vez mais rápido. Existem vários tipos de flores

² Fonte: <https://www.mangahigh.com/pt-br/games/flowerpower> - acesso em 25 de julho de 2015.

e cada uma tem um nível de dificuldade. Só é possível criar novas flores de dificuldade mais avançada criando um caule perfeito sem flores murchas. O jogo aborda ordenação, números decimais, números fracionários e porcentagem. Além disso, apresenta uma seção com explicações detalhadas dos assuntos acima citados e ao final um relatório de desempenho, no qual pode ser observado o tópico que deve ser aperfeiçoado.

2.1.1.3 Macaco Matemático³



Figura 3 - Telas do jogo Macaco Matemático.

Com assuntos como a adição, subtração, divisão e multiplicação de números naturais, o aplicativo é constituído por fases em que o jogador deve acertar o resultado das expressões matemáticas para destruir os inimigos e coletar as moedas na tela. O aplicativo possui uma resposta rápida aos erros e acertos do jogador, além de coleções de tesouros e de diferentes roupas para o personagem que contribuem para que o jogador se sinta estimulado a continuar jogando. Entretanto, a verificação e a aquisição de conhecimentos é lenta, dado que existe uma grande repetição de expressões dentro de uma mesma fase e a dificuldade das perguntas não é modificada nas próximas fases.

2.1.1.4 Monster Numbers⁴

³ Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.giggleup.MMJAFree> - acesso em 25 de julho de 2015.



Figura 4 - Telas do jogo Monster Numbers.

O aplicativo apresenta uma divisão de assuntos por idade: de quatro a cinco anos, de seis a sete anos e a partir de oito anos. Na faixa etária de quatro a cinco anos, são apresentadas fases contendo contagem de objetos, sequências de imagens e somas representadas por figuras. De seis a sete anos, contém sequências, somas com figuras e somas e subtrações com números. A partir dos oito anos tem como conteúdo adições de números de dois dígitos, subtração, multiplicação, divisão e séries lógicas. Neste jogo é possível escolher a fase desejada, não sendo necessário jogar uma fase para desbloquear a próxima. Em algumas delas, o desafio é controlar o personagem para passar pelos obstáculos. Em outras, é preciso resolver expressões matemáticas corretamente. Em cada fase é exibido um cronometro para cada questão e o jogador poderá errar duas vezes durante a partida. Um ponto negativo é a repetição de perguntas.

⁴ Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.playtic.monsternumbers> - acesso em 25 de julho de 2015.

2.1.1.5 Math Duel⁵



Figura 5 - Telas do jogo Math Duel.

O jogo contém expressões de adição, subtração, divisão e multiplicação de números naturais. O jogo é para dois jogadores, aonde ganha aquele que chegar a dez pontos primeiro. Para cada resposta correta, ganha-se mais um ponto e a cada resposta errada, perde-se outro. Apresenta um bom filtro do conteúdo, possibilitando a escolha das operações matemáticas que serão exibidas durante a partida e o nível de dificuldade. A ideia de competir com outro jogador é interessante e pode estimular a busca por um raciocínio mais rápido. Contudo, existe a necessidade dos dois jogadores estarem lado a lado, não sendo possível jogar contra algum adversário remoto (internet) ou contra o próprio sistema.

⁵ Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mathduel2playersgame.mathgame> - acesso em 25 de julho de 2015.

2.1.1.6 ZEUSvsMONSTERS⁶



Figura 6 - Telas do jogo ZEUSvsMONSTERS.

O jogo aborda as operações matemáticas (adição, subtração, divisão e multiplicação) e mitologia grega. Para vencer, o jogador precisa ajudar o herói grego a destruir os soldados e monstros inimigos resolvendo as expressões matemáticas para ativar seus poderes. Este jogo contém um filtro do conteúdo das fases por operações matemáticas e pelo intervalo dos números utilizados. Em cada partida, é exibido um indicador de distância para o seu término. Apesar de não ser exibido um cronometro de tempo para a resposta da questão, existe o tempo para o inimigo alcançar o herói. As perguntas não costumam repetir e abrangem corretamente os limites de números especificados. Ao errar uma resposta, o resultado correto não é exibido e a pergunta é alterada.

⁶ Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zeusvsmonsters.coolmathgamesforkids> - acesso em 25 de julho de 2015.

2.1.2 Análise comparativa

Após a análise individual dos jogos na seção anterior, é apresentada a tabela comparativa (ver tabela 1). Os jogos estão nas linhas e cada uma das colunas apresentam os seguintes critérios:

- Possui tempo para resposta: indica a presença de marcadores de tempo para a resolução de cada pergunta. Além de relógios, o tempo pode existir de acordo com as animações na tela. Em Macaco Matemático (seção 2.1.1.3), por exemplo, o tempo é marcado através da distância do personagem até o inimigo, que vai diminuindo gradualmente;
- Exibe a resposta correta: indica se a resposta da pergunta é exibida após o erro ou ao término do tempo;
- Repete perguntas: indica se a repetição de expressões é frequente dentro de uma mesma fase;
- Aumenta a dificuldade: indica se a dificuldade é aumentada automaticamente ao decorrer do tempo ou do passar de fases;
- Possui filtro de conteúdo: indica se o software possibilita que o conteúdo seja filtrado pelo jogador antes de começar uma partida;
- Sistema operacional: tipo de sistemas operacionais em que o jogo funciona;

| | Possui tempo para resposta | Exibe a resposta correta | Repete perguntas | Aumenta a dificuldade | Possui filtro de conteúdo | Sistema operacional |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|---|---------------------|
| Dividindo a pizza | Não | Sim | Não | Não | Não | Windows/Linux/OSX |
| Flower Power | Sim | Não | Não | Sim | Não | Windows/Linux/OSX |
| Macaco Matemático | Sim | Não | Sim | Não | Não | Android |
| Monster Numbers | Sim | Não | Sim | Não | Filtra de acordo com a idade do jogador | Android |
| Math Duel | Não | Não | Não | Não | Sim | Android |
| ZEUSvsMONSTERS | Sim | Não | Não | Não | Sim | Android |

Tabela 1 - Comparação entre os jogos educativos.

É possível observar que a maioria dos jogos não atende ao critério "Exibe a resposta correta". Isto pode ser considerado um ponto negativo, pois o retorno pode estimular o usuário a um maior aprendizado. Quatro dos seis jogos possuem tempo de resposta, o que desperta o raciocínio mais rápido do jogador. Apesar do jogo Math Duel não possuir tempo, o jogador compete para responder as perguntas corretamente antes do jogador adversário. Deste modo, a rapidez em que as questões devem ser resolvidas ainda é desenvolvida. Já o aumento da dificuldade não ocorre automaticamente em nenhum dos jogos. Entretanto, metade deles dispõe de um filtro de conteúdo que possibilita a modificação dos assuntos abordados.

2.2 Escolha do conteúdo do jogo a ser desenvolvido

Além dos softwares estudados e comparados, foi utilizado como referência o documento de orientações curriculares da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro⁷ para matemática do ano de 2016. Com estas informações, foi possível determinar os

⁷ <http://www.rioeduca.net/blogViews.php?id=5265> - Acesso em: 7 de junho de 2016.

conceitos a serem utilizados para compor o aplicativo mobile dentro da faixa etária de oito a dez anos. Definindo assim, que serão contempladas as operações matemáticas de adição, subtração, multiplicação e divisão, sendo estas restritas a expressões de números naturais por números naturais de até dois algarismos.

3 Espaço Matemático

3.1 Tecnologias escolhidas para o desenvolvimento

Desejou-se escolher uma tecnologia voltada para dispositivos móveis, pois estes tem se tornado cada vez mais populares e utilizados por crianças. Assim, foram escolhidas as ferramentas mais acessíveis de acordo com o custo e o tempo de aprendizado que possibilitariam a construção de um aplicativo mobile.

3.1.1 Android

Android é um sistema operacional baseado em Linux projetado, principalmente, para dispositivos móveis com a tela sensível ao toque. Adquirido pela Google em 17 de agosto de 2005, é disponibilizado em código aberto possibilitando a sua customização por diferentes marcas.⁸ Um ponto importante deste sistema operacional é a sua popularidade em comparação com os outros sistemas operacionais para mobile existentes no mercado. A partir de julho de 2014, o Android tornou-se o sistema operacional para mobile mais utilizado no mundo, permanecendo até hoje na liderança.⁹ Consequentemente, a quantidade de aparelhos disponíveis para teste que o utilizam é bem maior comparado com a quantidade disponível para outros sistemas.

⁸ <https://pt.wikipedia.org/wiki/Android> - Acesso em: 7 de junho de 2016.

⁹ <http://www.netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx?qprid=9&qpcustomb=1&qpct=4&qpsp=195&qnp=13&qptimeframe=M> - Acesso em: 7 de junho de 2016.

3.1.2 Android Studio

O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE - Integrated Development Environment) oficial para o desenvolvimento de aplicações Android¹⁰. Baseado no IntelliJ IDEA¹¹, contém um conjunto de ferramentas que aperfeiçoam o desenvolvimento. Entre elas, o gerenciador de dispositivos virtuais que possibilita a criação e configuração de emuladores das diversas versões do sistema operacional.

3.1.3 Java 7

Com a escolha do Android Studio, é utilizada a linguagem de programação Java na versão 7. Apesar de já existir uma versão mais recente da linguagem, esta foi escolhida por ser a mais estável.

3.1.4 API 14 do Android

A API 14, conhecida como *Ice Cream Sandwich*, foi lançada em 18 de outubro de 2011¹². Ao criar um novo projeto de aplicativo no Android Studio, ele informa na escolha da API mínima a porcentagem de dispositivos conectados a loja de aplicativos da Google que possuem uma versão do sistema maior ou igual à escolhida. Na versão 14, a IDE indica um percentual de 87.9% no momento de escrita deste trabalho. Esse percentual só é aumentado a partir da versão 10. Entretanto, quanto menor a versão da API, menor a quantidade de recursos disponíveis. Além disso, esta foi escolhida por ser a versão do sistema do dispositivo disponível para testes no desenvolvimento.

3.1.5 SQLite

O SQLite¹³ é o banco de dados nativo do Android que não necessita de instalação ou configuração. Apesar de existirem outras estratégias de persistência de

¹⁰ <http://developer.android.com/intl/pt-br/sdk/index.html>

¹¹ <https://www.jetbrains.com/idea/>

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history

¹³ <http://www.sqlite.org/>

dados, esta ferramenta foi escolhida por permitir o armazenamento de dados estruturado em um banco de dados que será privado e único para cada dispositivo¹⁴.

3.2 Espaço Matemático: Visão geral

O jogo Espaço Matemático é direcionado às crianças de oito a dez anos, tendo como finalidade estimular o processo de aprendizagem das operações matemáticas de soma, subtração, divisão e multiplicação. No jogo, o usuário deverá ajudar o ratinho astronauta a chegar até a lua de queijo com a sua nave espacial, derrotando o exército de gatos que aparecem nas naves inimigas para impedi-lo. Para isso, deve-se responder as perguntas acertando as naves inimigas com a resposta correta e, assim, eliminá-las antes que elas cheguem até o limite inferior da tela. Durante a partida, o jogador controla a nave espacial pressionando os botões de direção e atirar tocando o botão de tiro (ver figura 8).



Figura 7 - Tela inicial do jogo.

¹⁴ <http://www.devmedia.com.br/persistencia-de-dados-no-android/26947>

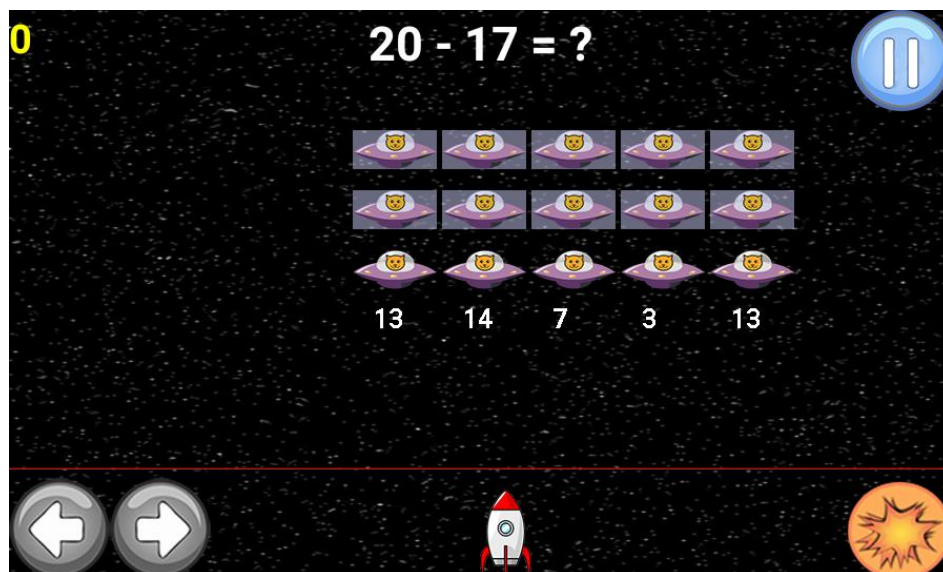


Figura 8 - Exemplo de fase.

As perguntas utilizadas em cada fase são geradas antes do início da mesma. Cada fase contém quinze naves inimigas e cada uma corresponde à resposta de uma pergunta. As naves movimentam-se para um dos lados (direita ou esquerda) até atingir o limite da tela. Toda vez que atingem uma das laterais da tela, as naves mudam de direção e descem um pouco, diminuindo a distância até a nave espacial do ratinho. A cada resposta correta, o jogador ganha cem pontos. Quando o jogador escolhe a opção errada, o jogo diminui em um a quantidade de perguntas realizadas na fase, reduzindo assim a pontuação máxima que poderá ser obtida. O usuário deixará de ganhar os cem pontos que poderia obter caso acertasse a questão na primeira tentativa. Caso o jogador acerte, a pergunta com a resposta é exibida com a cor verde e uma nova questão é exibida na tela. Caso ao contrário, a pergunta pisca na cor vermelha e a mesma é mantida na tela até que a nave inimiga com a alternativa correta seja atingida.

3.3 Adaptatividade

Todo jogo possui obstáculos que devem ser ultrapassados para que seja completado. Entretanto, para que o jogador fique focado e não perca o interesse, o jogo deve deixá-lo motivado a continuar o seu progresso. Desta maneira, a dificuldade não pode ser muito alta, de forma que o jogador se sinta desestimulado e desista, mas também não pode ser muito fácil, pois levará ao tédio. Contudo, a dificuldade é um termo relativo para cada um, pois é derivada da relação entre a habilidade e o desafio. Se o usuário possuir uma habilidade muito grande, o desafio torna-se mais fácil. Caso o

contrário, será mais difícil para ele atingir os objetivos. Desta forma, a complexidade dos obstáculos torna-se subjetiva à pessoa que os enfrentam.

Seguindo este raciocínio, existem mecanismos que podem ser utilizados para ajustar a dificuldade de acordo com a habilidade de cada usuário. Os jogos que possuem estes mecanismos são denominados adaptativos e com eles é possível dificultar ou facilitar o progresso do jogador, permitindo uma experiência personalizada a cada pessoa, sendo diferente nas diversas vezes que o jogar. As diversas experiências do usuário de acordo com as variações de habilidade e desafio podem ser observadas na figura 9.



Figura 9 - As oito dimensões da experiência. Adaptada por Araujo [8] de Cowley [9].

Em contra ponto, os jogos que não usufruem destes mecanismos oferecem ao usuário uma linha de aprendizado fixa e progressiva. Forçar o percurso deste caminho pode levar a frustração. De acordo com Gilleade [10], a frustração surge quando o progresso de um usuário ao alcançar um determinado objetivo é impedido. Ele também critica estes softwares, pois possuem uma visão de usuário "ideal" que pode não ser correspondida, deixando de atender satisfatoriamente parte dos jogadores.

Atualmente no mercado, existem jogos adaptativos que conseguiram se destacar. Pode-se citar como exemplo os jogos: **Mario Kart 64** da **Nintendo** e **Left 4 Dead** da **Valve**. O **Mario Kart 64**, por exemplo, é um jogo de corrida onde a velocidade dos adversários é ajustada de acordo com a posição do jogador. Enquanto **Left 4 Dead**, sendo um jogo de tiro *multi-player*, disponibiliza armas e itens de cura e posiciona os inimigos segundo a condição dos personagens [8].

Um sistema pode ser construído com base em diferentes métodos de adaptação. Dependendo do tipo de jogo e dos elementos presentes, o software poderá modificar propriedades, características de inimigos, aumentar ou diminuir a probabilidade de eventos ocorrerem ou de itens aparecerem. Para o Espaço Matemático, foi escolhida a tática de ajuste de parâmetros, onde as características das perguntas exibidas são ajustadas de acordo com o desempenho do jogador na fase anterior. Assim, foram definidos níveis que o aplicativo utilizará para modificar a dificuldade.

3.4 Níveis e adaptatividade do sistema

O Espaço Matemático apresenta doze níveis que implementam a adaptatividade do sistema. Na aritmética, a complexidade das operações pode ser modificada através da quantidade de algarismos dos números presentes nas expressões. Desta forma, os níveis foram divididos para as operações de adição, subtração e multiplicação iniciando por expressões de números de um algarismo por números de um algarismo, seguindo por expressões de números de dois algarismos por números de um algarismo e, por fim, números de dois algarismos por números de dois algarismos. Para acrescentar mais níveis ao jogo e tornar a progressão da dificuldade mais sutil, os números de dois algarismos foram divididos em quatro partes: de dez a trinta, de dez a cinquenta, de dez a setenta e de dez a noventa e nove.

| Nível | Primeiro número da expressão | Segundo número da expressão |
|-------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 ao 9 | 2 ao 9 |
| 2 | 2 ao 9 | 10 ao 30 |
| 3 | 2 ao 9 | 10 ao 50 |
| 4 | 2 ao 9 | 10 ao 70 |
| 5 | 2 ao 9 | 10 ao 99 |
| 6 | 10 ao 30 | 10 ao 30 |
| 7 | 10 ao 50 | 10 ao 30 |
| 8 | 10 ao 50 | 10 ao 50 |
| 9 | 10 ao 70 | 10 ao 50 |
| 10 | 10 ao 70 | 10 ao 70 |
| 11 | 10 ao 99 | 10 ao 70 |
| 12 | 10 ao 99 | 10 ao 99 |

Tabela 2 - Níveis das operações de adição, subtração e multiplicação.

Na operação de divisão, para que o resultado seja um número natural inteiro, o primeiro número da expressão deve ser maior ou igual ao segundo, além de ser um dos

seus múltiplos. Pensando nas propriedades específicas desta operação, foram desenvolvidos níveis separados. Na ordem de ensino das operações, a divisão é a última a ser apresentada para os alunos. Por este motivo, ela é inserida apenas a partir do nível cinco. Do nível cinco ao oito são utilizadas expressões de números de dois algarismos por um algarismo. Nos demais níveis os dois números são de dois algarismos. Os níveis de divisão podem ser observados na tabela 3 que junto com a tabela 2 completa a definição dos níveis.

| Nível | Primeiro número da expressão | Segundo número da expressão |
|-------|------------------------------|-----------------------------|
| 5 | 10 ao 30 | 2 ao 9 |
| 6 | 10 ao 50 | 2 ao 9 |
| 7 | 10 ao 70 | 2 ao 9 |
| 8 | 10 ao 99 | 2 ao 9 |
| 9 | 10 ao 30 | Maior do que 9 |
| 10 | 10 ao 50 | Maior do que 9 |
| 11 | 10 ao 70 | Maior do que 9 |
| 12 | 10 ao 99 | Maior do que 9 |

Tabela 3 - Níveis da operação de divisão.

Apesar de o jogo ter doze níveis, o número total de fases para se chegar ao último nível é variável e determinado através da adaptatividade do sistema. Dependendo do desempenho do jogador, este obtém uma pontuação que definirá o nível da próxima fase. O esquema implementado para realizar esta definição pode ser representado através de uma máquina de estados finitos.

Segundo Hopcroft [11], uma máquina de estados finitos é um modelo matemático de um sistema com entradas e saídas controladas. Ela permanece em apenas um estado por vez, sendo este chamado de estado atual. É chamada de transição a mudança de um estado para outro, onde cada uma é descrita por uma condição que necessita ocorrer para que a transição seja realizada.

Na figura 10, é apresentado o diagrama da máquina de estados dos níveis, onde cada estado representa um nível e as condições das transições dos estados são definidas com base na pontuação do jogador. O estado final da máquina é determinado pelo instante em que o usuário decide parar de jogar, sendo possível terminar em qualquer estado. Sendo o estado atual da máquina o nível 2, para que ocorra uma transição para o nível 1, a pontuação obtida ao final do jogo deve ser menor ou igual a 600 pontos. Para ir para o próximo nível, a mesma pontuação deve ser maior do que 900. Caso ela esteja entre 600 pontos e 900 pontos, o próximo estado da máquina será o mesmo nível. Os

demais níveis seguem o mesmo padrão com exceção do nível 12, que, por ser o último, não possui uma transição para um próximo nível.

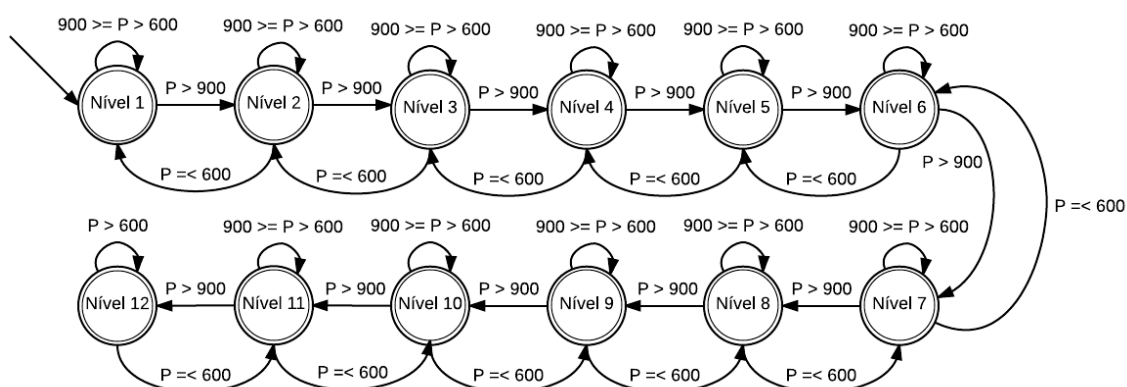


Figura 10 - Máquina de estados finitos dos níveis do jogo. A letra P representa a pontuação do jogador.

Os números de pontos para a transição não foram escolhidos ao acaso. Obter 600 pontos no jogo significa o mesmo que acertar corretamente seis perguntas na primeira tentativa. Como cada fase inicia com quinze perguntas, seis representa 40% das questões. Do mesmo modo, 900 pontos correspondem a nove perguntas acertadas corretamente de primeira, que representam 60% do total.

Seguindo o mesmo raciocínio, pode ser realizada uma analogia com o ano letivo de uma escola. Apenas aprendendo mais de 60% o aluno passará será aprovado na série. Ao obter menos de 40% de aproveitamento na disciplina o aluno repete o ano. Entre 40% e 60% é dada a chance de recuperação ou prova final.

3.5 Comparação com outros jogos

Utilizando os jogos apresentados no capítulo 2 foi reconstruída a tabela de comparação com os mesmos critérios de avaliação, inserindo desta vez o aplicativo desenvolvido.

| | Possui tempo para resposta | Exibe a resposta correta | Repete perguntas | Aumenta a dificuldade | Possui filtro de conteúdo | Sistema operacional |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|---|---------------------|
| Dividindo a pizza | Não | Sim | Não | Não | Não | Windows/Linux/OSX |
| Flower Power | Sim | Não | Não | Sim | Não | Windows/Linux/OSX |
| Macaco Matemático | Sim | Não | Sim | Não | Não | Android |
| Monster Numbers | Sim | Não | Sim | Não | Filtra de acordo com a idade do jogador | Android |
| Math Duel | Não | Não | Não | Não | Sim | Android |
| ZEUSvsMONSTERS | Sim | Não | Não | Não | Sim | Android |
| Espaço Matemático | Sim | Sim | Não | Sim | Não | Android |

Tabela 4 - Comparação dos jogos educativos com o Espaço Matemático.

No jogo Espaço Matemático, o critério de tempo para a resposta é atendido através do movimento das naves inimigas, que vão até o limite inferior da tela que marca o fim do jogo. A resposta correta é exibida toda vez que o jogador escolhe a opção correta. Como a pergunta não é modificada até isto ocorrer, o resultado da expressão é sempre exibido. O algoritmo responsável por gerar as expressões previne que perguntas repetitivas sejam utilizadas em uma mesma fase, gerando uma nova sempre que uma repetida for gerada. Não é disponibilizado um filtro de conteúdo, pois o seu foco é na adaptação dinâmica do sistema que atende ao critério de aumento de dificuldade.

3.6 Arquitetura do sistema

Em projetos para a plataforma Android é utilizado, principalmente, o padrão de arquitetura de software MVC (*Model-View-Controller*). Este padrão foi descrito pela

primeira vez por Burbeck [12], que separa os tipos dos componentes de sistemas em três camadas:

- modelo (*model*): administra o comportamento dos dados do domínio da aplicação, sendo responsável por alterar o seu estado;
- visão (*view*): disponibiliza uma apresentação gráfica ou textual dos dados contidos no modelo, realizando requisições a esta camada;
- controlador (*controller*): interpreta as entradas do usuário conduzindo o modelo e a visão a processarem as mudanças necessárias.

Uma das ideias essenciais do MVC é a separação de conceitos realizada a partir desta divisão. Deste modo, a lógica da interface é separada das regras de negócio, e permite a fácil reutilização de código e simplificação de manutenções. É importante destacar que as camadas de visão e de controlador são dependentes da de modelo, que é independente das outras duas. Deste modo, as informações do domínio do sistema podem ser criadas e testadas livremente [13]. Esta dependência entre as camadas pode ser observada na figura 11.

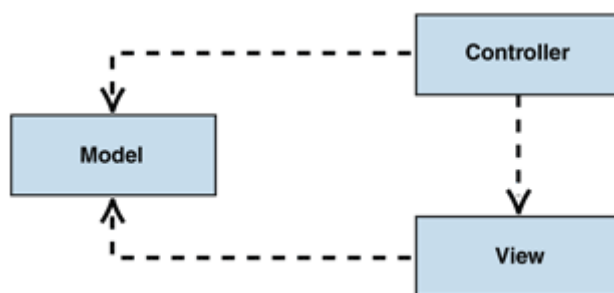


Figura 11 - Estrutura do padrão MVC e relacionamento entre as camadas.

Os elementos de um programa podem ser dispostos de maneiras diferentes dependendo das tecnologias utilizadas. Em aplicações Android, as classes Java que controlam o domínio da aplicação são dispostas na camada de modelo, enquanto as que manipulam os elementos gráficos pertencem ao controlador. Já a visão, é representada pelos arquivos XML que definem e posicionam os componentes da interface gráfica. Na figura 12 são exibidos os objetos presentes no Espaço Matemático e a divisão deles de acordo com o padrão MVC. Pode ser observado que existem subdivisões em algumas camadas. Na de modelo, as classes foram organizadas em duas categorias: aquelas que representam o domínio da aplicação e as que realizam operações do banco de dados. Já no controlador, as classes são divididas de acordo com a superclasse de que herdam as

suas propriedades, sendo estas as classes *Activity*, *Fragment* e *View*, implementadas pela própria API do Android.

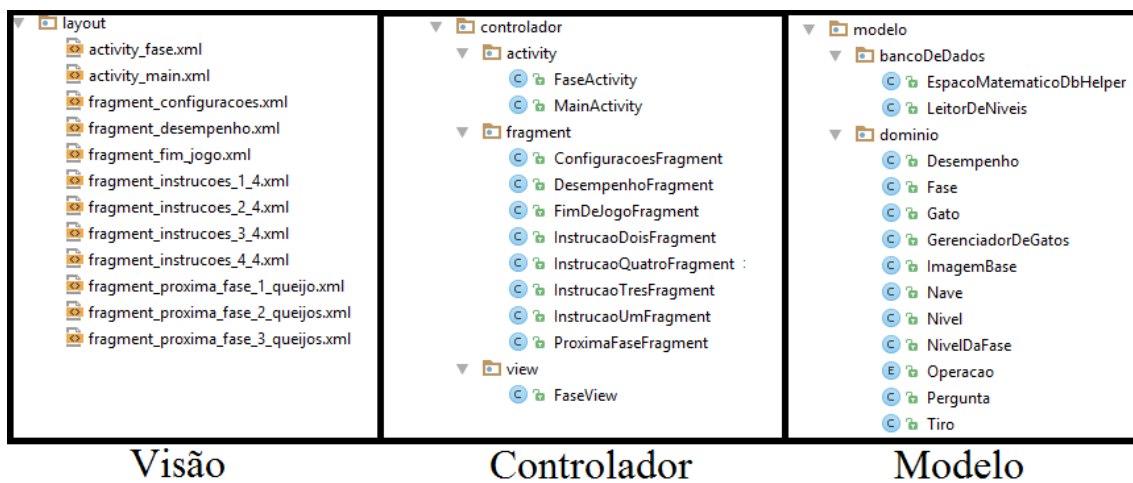


Figura 12 - Projeto do Espaço Matemático no padrão MVC.

3.7 Domínio do sistema

Para que o software funcione de forma correta e coerente, foi necessária a definição do seu domínio. Sendo um jogo, a maioria das informações giram em torno de uma fase. Cada uma possui um nível, a ordem em que foi jogada, a pontuação do jogador e as perguntas respondidas pelo usuário. Uma pergunta pode ser ou não respondida corretamente na primeira tentativa e possui apenas um tipo de operador: soma, subtração, divisão ou multiplicação. Os níveis das fases possuem um número de ordem e valores mínimos e máximos para os dois números utilizados para formar as expressões das perguntas. Todas estas informações foram analisadas e organizadas em um banco de dados, no qual o modelo pode ser observado na figura 13.

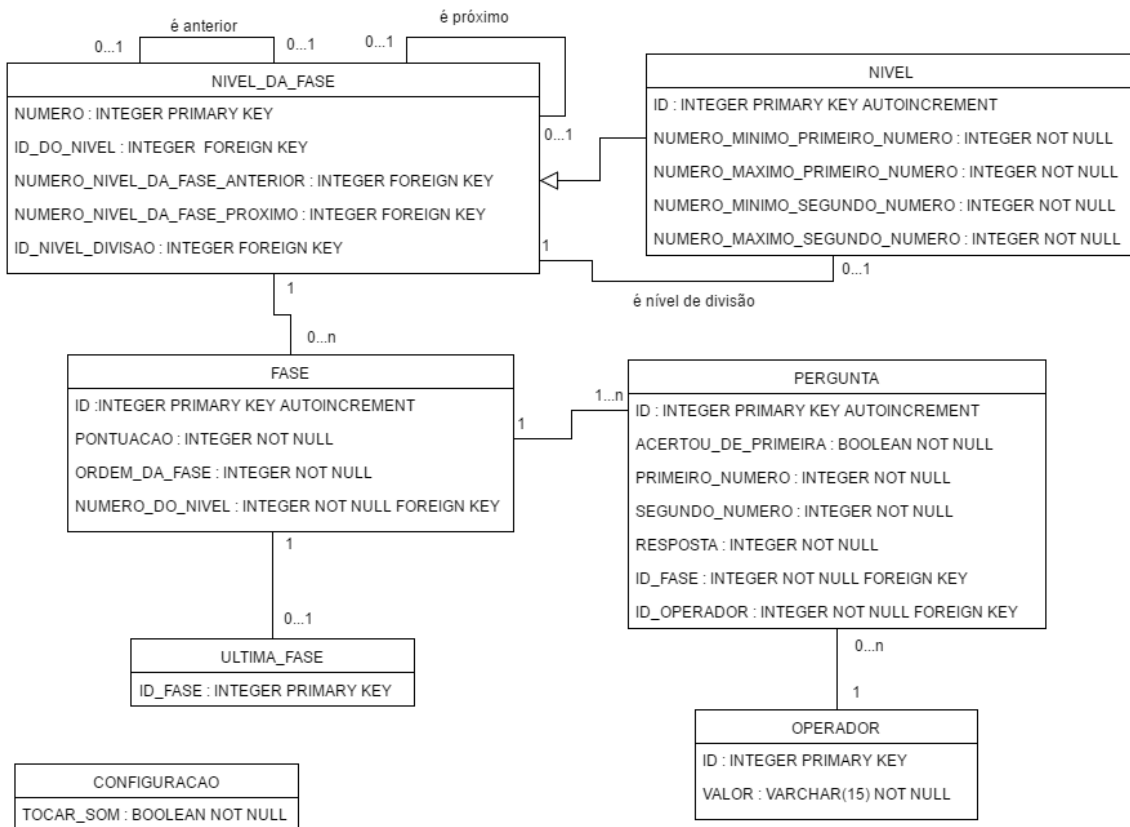


Figura 13 - Modelo de dados do Espaço Matemático.

3.8 Casos de Uso

A fim de registrar todas as funcionalidades do software, estas foram descritas através de dois casos de uso:

- Acessar configurações: descreve o fluxo que deve ser seguido para visualizar e modificar todas as configurações disponíveis para o usuário;
- Jogar: descreve o início de uma partida e apresenta todas as escolhas que podem ser feitas durante e ao final dela;

A figura 14 resume todas as interações que podem ser realizadas. A descrição detalhada de cada um dos casos de uso se encontra no Apêndice I deste documento.

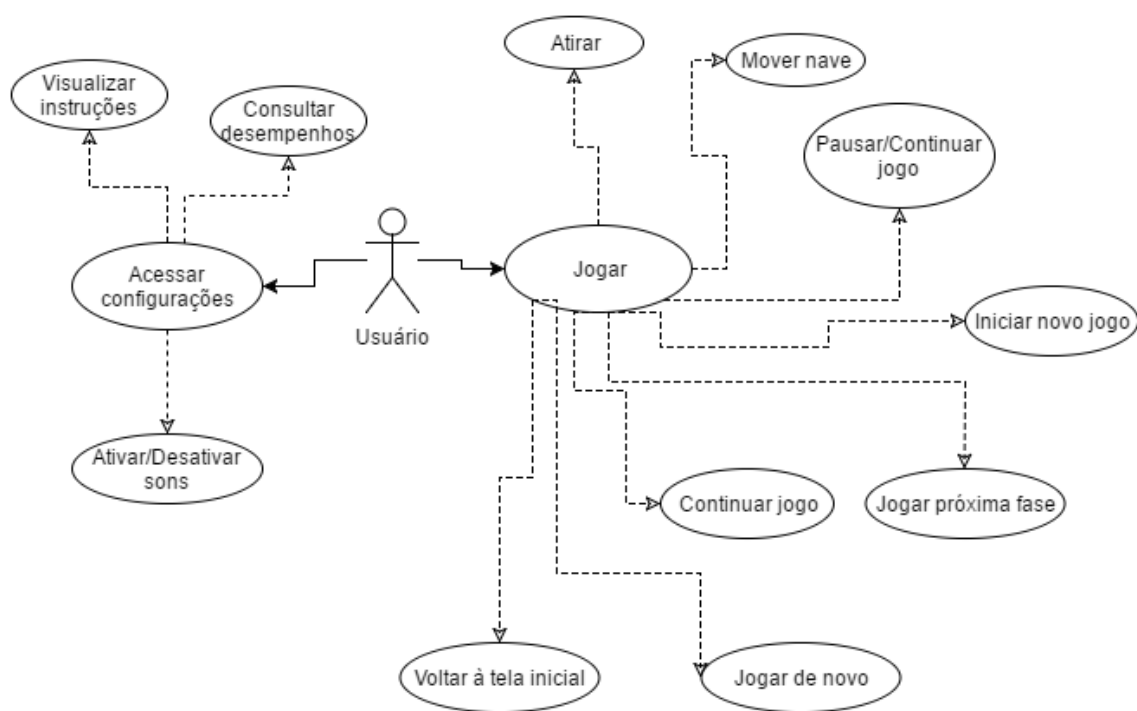


Figura 14 - Casos de uso.

3.9 Sons e imagens

Todas as imagens utilizadas no Espaço Matemático foram criadas ou tem como base imagens presentes em repositórios de licença livre. Os sons tocados ao acertar uma nave inimiga e ao disparar o tiro da nave foram obtidos em repositórios que possuem a licença de domínio público ou Creative Commons (CC BY 3.0). As referências para estes recursos estão presentes no Apêndice II.

4 Instruções e questionário

4.1 Manual de instalação do Espaço Matemático

O jogo Espaço Matemático não foi lançado na loja de aplicativos da Google. Logo, é necessário seguir alguns passos para completar a sua instalação que estão detalhados no manual de instalação presente no Apêndice III deste trabalho.

4.2 Manual do jogo Espaço Matemático

4.2.1 Como jogar

Para iniciar o jogo o usuário deverá iniciar o aplicativo Espaço Matemático e na tela inicial selecionar a opção "*Jogar*". Ao iniciar um novo jogo, são exibidas as telas de instruções que explicam os seguintes passos necessários para vencer uma fase:

1. Controle a nave espacial pressionando as setas de direção (figura 15).



Figura 15 - Nave espacial e setas de direção.

2. Calcule a pergunta e procure a nave inimiga com a resposta correta (figura 16).

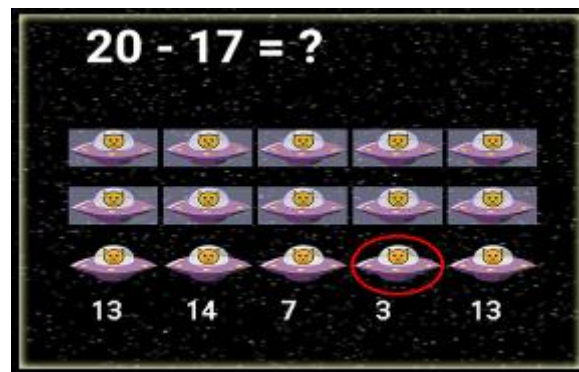


Figura 16 - Escolhendo a nave inimiga com a resposta correta.

3. Ande com a nave espacial até a direção da nave inimiga e atire pressionando o botão de tiro para responder a pergunta (figura 17).

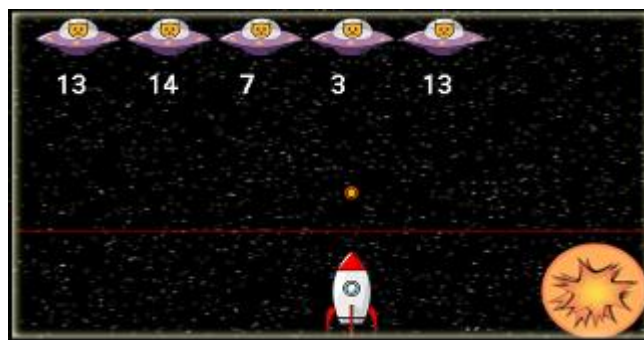


Figura 17 - Atirando na nave inimiga com a resposta correta.

4. Destrua todas as naves inimigas antes que elas atinjam a linha vermelha (figura 18).

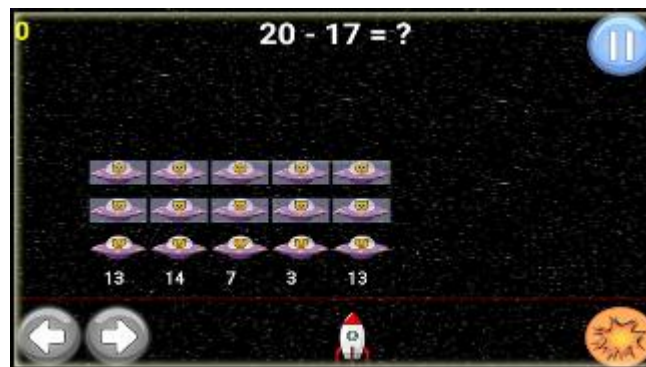


Figura 18 - Naves inimigas se aproximando da linha vermelha.

As telas com as instruções poderão ser acessadas novamente nas configurações do jogo. Caso o jogador perca a fase, o jogo exibirá a tela de fim de jogo e poderão ser escolhidas as opções "tela inicial" ou "jogar novamente" (figura 19).



Figura 19 - Tela exibida ao perder uma fase.

Ao vencer a fase é possível continuar o jogando ao selecionar a opção "*próxima fase*" ou retornar a "*tela inicial*" (figura 20).



Figura 20 - Tela exibida ao vencer uma fase.

Após o término da primeira fase, a tela inicial muda deixando de ter a opção "Jogar" e apresentando as opções "*Continuar jogo*" e "*Novo jogo*" (figura 21). Ao selecionar a opção "*Novo Jogo*" o sistema irá deletar as fases armazenadas para iniciar um novo conjunto de fases. Já a opção "*Continuar jogo*" inicia uma nova fase de acordo com a última jogada.



Figura 21 - Tela inicial após a primeira fase jogada.

4.2.2 Acessando as configurações

O jogo contém uma tela de configurações que pode ser acessada através da tela inicial. Após selecionar a opção "*configurações*" são exibidas as opções "*Desempenho*" e "*Instruções*", além de ser possível ligar ou desligar os sons do jogo (figura 22). A opção "*Instruções*" exibe a explicação do jogo conforme descrito na seção 4.2.1. A opção de "*Desempenhos*" apresenta as perguntas que apareceram em cada fase jogada, contendo as suas respectivas respostas e se o jogador acertou na primeira tentativa (figura 23). O desempenho da fase desejada pode ser visualizado selecionando as opções na caixa de seleção da tela.



Figura 22 - Tela de configurações.

| Desempenhos | | |
|-----------------------|----------|-------------------------------|
| Fase 1 | | |
| Total de perguntas: 6 | | |
| Pergunta | Resposta | Acertou na primeira tentativa |
| 9 - 8 = ? | 1 | Sim |
| 6 * 7 = ? | 42 | Não |
| 9 - 2 = ? | 7 | Não |
| 8 - 6 = ? | 2 | Não |
| 4 * 9 = ? | 36 | Sim |
| 7 - 2 = ? | 5 | Sim |

Figura 23 - Tela de desempenhos.

4.3 Avaliação do jogo

Para estabelecer um instrumento de avaliação do jogo desenvolvido foram pesquisados métodos que analisassem os aspectos educativos do *software*, assim como a experiência de diversão do jogador. Desta forma, foram estudadas duas técnicas e a partir delas foram selecionados alguns critérios, os quais foram utilizados para gerar um questionário voltado para os usuários.

4.3.1 Learning Object Review Instrument (LORI)

O LORI é um guia para facilitar a avaliação de informações ou softwares interativos utilizados na aprendizagem online [14]. Segundo Medeiros [15], este guia dispõe de nove itens de avaliação:

- Qualidade do Conteúdo: Veracidade e apresentação equilibrada das ideias com nível apropriado de detalhes, enfatizando os pontos chaves e ideias significantes.
- Alinhamento do Objetivo da Aprendizagem: Alinhamento entre as metas de aprendizagem, atividades, avaliações e características dos alunos.
- Feedback e Adaptação: Conteúdo adaptável e feedback de acordo com as características específicas do aluno.
- Motivação: Capacidade de motivar o interesse de um público-alvo.
- Design da Apresentação: Referente a informação visual, gráficos, tabelas, animação, entre outros.
- Usabilidade: Facilidade de navegação, previsibilidade da interface do usuário, e qualidade dos recursos de ajuda da interface.

- **Acessibilidade:** Facilidade do acesso independente de plataforma.
- **Reusabilidade:** Habilidade para usar em diferentes contextos de aprendizagem e com alunos de diferentes origens.
- **Aderência a padrões:** Adesão às normas e especificações internacionais.

4.3.2 GameFlow

O GameFlow é um método de avaliação voltado para jogos eletrônicos visando o seu potencial de entretenimento. Os seguintes critérios são propostos por ele:

- **Concentração:** jogos devem levar o jogador a se concentrar e manter a sua atenção desde o início. Devem ser evitados elementos que o distraia da tarefa principal.
- **Desafio:** jogos devem propor desafios que correspondam ao nível de habilidade do jogador.
- **Habilidade do Jogador:** jogos devem ajudar o desenvolvimento das habilidades do jogador.
- **Controle:** jogos devem proporcionar a sensação de controle ao jogador de acordo com as suas ações.
- **Objetivos Claros:** as metas a serem alcançadas devem ser apresentadas de forma clara ao jogador.
- **Feedback:** as ações do jogador devem gerar reações que indiquem o andamento do progresso no jogo.
- **Imersão:** jogos devem envolver os pensamentos e emoções jogador de forma natural, sem que este necessite dispor de muito esforço para que isto ocorra.
- **Interação Social:** jogos devem apoiar e possibilitar a interação social, como a competição e a cooperação entre os jogadores. [15] [16]

4.3.3 Critérios selecionados

Após o estudo das técnicas LORI e GameFlow, foram selecionados apenas alguns dos critérios apresentados. A partir da LORI foram escolhidos seis dos nove critérios, sendo eles: qualidade do conteúdo, alinhamento do objetivo da aprendizagem, feedback e adaptação, motivação, design da apresentação e usabilidade. Já do

GameFlow, optou-se pelos critérios de concentração, desafio, habilidade do jogador, controle e objetivos claros. Os demais critérios das metodologias não foram escolhidos por não poderem ser utilizados para avaliação através da percepção dos usuários. O questionário desenvolvido a partir dos itens selecionados é apresentado na tabela 5. A coluna nota apresenta valores de um a cinco que devem ser marcados pelo usuário, seguindo as seguintes definições segundo a escala Likert [17] de cinco níveis: 1 = discordo totalmente, 2 = discordo parcialmente, 3 = não concordo, nem discordo, 4 = concordo parcialmente e 5 = concordo totalmente. Para calcular a nota final, em cada critério deverá ser realizada uma média aritmética com os valores das notas atribuídas as afirmativas.

| Critério | Afirmativas | Nota | | | | |
|--|---|------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Qualidade do Conteúdo (LORI) | Entendi as perguntas do jogo. | | | | | |
| | Percebi erro nas respostas das perguntas do jogo. | | | | | |
| Alinhamento do Objetivo da Aprendizagem (LORI) | Reforcei os meus conhecimentos sobre as operações matemáticas com o jogo. | | | | | |
| Feedback e Adaptação (LORI) | O jogo responde bem aos meus erros e acertos. | | | | | |
| | Senti a dificuldade do jogo modificar conforme a minha pontuação. | | | | | |
| Motivação (LORI) | Senti-me motivado a aprender matemática | | | | | |
| | Senti-me motivado a continuar jogando. | | | | | |
| Usabilidade (LORI) | Foi fácil navegar pelo jogo. | | | | | |
| | Entendi claramente o que cada botão do jogo faz. | | | | | |
| Design da Apresentação (LORI) | Os sons do jogo são agradáveis. | | | | | |
| | As imagens do jogo são agradáveis. | | | | | |
| | Consigo ler todos os textos do jogo. | | | | | |
| | Consigo entender de forma clara todos os textos do jogo. | | | | | |
| Concentração (GameFlow) | O jogo possui elementos que me distraem durante a partida. | | | | | |
| | Senti-me concentrado ao jogar. | | | | | |
| Desafio (GameFlow) | Senti-me desafiado pelo jogo. | | | | | |
| Habilidade do Jogador (GameFlow) | Foi fácil aprender a jogar. | | | | | |
| | Foi divertido aprender a jogar. | | | | | |
| Controle (GameFlow) | Senti que as minhas escolhas mudavam os acontecimentos no jogo. | | | | | |
| | Os botões correspondiam aos meus comandos. | | | | | |
| Objetivos Claros (GameFlow) | Entendi as regras do jogo. | | | | | |
| | As instruções foram suficientes para entender as regras do jogo. | | | | | |

Tabela 5 - Questionário desenvolvido com os critérios selecionados das metodologias LORI e GameFlow.

5 Conclusão

5.1 Considerações finais

Após os estudos apresentados, percebe-se que o interesse por matemática pode ser incentivado através dos jogos educativos para dispositivos móveis e a utilização dessas ferramentas pode proporcionar uma visão diferente do conteúdo apresentado em sala de aula. Ao longo deste trabalho foram realizadas análises de seis jogos com diferentes conteúdos, nas quais foi possível levantar alguns pontos positivos e negativos. Esses fatores ajudaram na criação e definição das características do jogo desenvolvido, que aborda as operações da matemática básicas (soma, subtração, divisão e multiplicação).

O uso dos conceitos da adaptatividade no aplicativo Espaço Matemático, voltado para crianças de oito a dez anos, pode proporcionar uma experiência diferente para cada jogador. O *software* desenvolvido propõe o aumento do estímulo do aprendizado de acordo com os conhecimentos do jogador, característica que o diferencia dos jogos analisados na seção 2.1. Deste modo, conclui-se que a implementação da adaptatividade quando vinculada a jogos educativos pode ser interessante e deve ser explorada por atender aos alunos com diversos níveis de conhecimento.

Por fim, é importante ressaltar que a utilização de jogos para aparelhos móveis nas salas de aula deve ser considerada por educadores, transformando o processo de ensino em uma experiência mais agradável.

5.2 Limitações do projeto

Com a imensa variedade de dispositivos que possuem o sistema operacional Android não foi possível testar o aplicativo desenvolvido em todos os diferentes tipos. Além do tamanho do aparelho, cada empresa que produz celulares e *tablets* pode

realizar customizações para ter a sua própria versão do sistema operacional, o que pode impactar no funcionamento do jogo.

5.3 Trabalhos futuros

A utilização do jogo Espaço Matemático com crianças do quarto ano do ensino fundamental é um dos trabalhos futuros à serem realizados. Além disso, o questionário criado através das metodologias apresentadas no capítulo 4 poderá ser utilizado para avaliar este e outros jogos educativos. Com as informações obtidas através do preenchimento do questionário será possível identificar melhorias dentro do *software*, além de desenvolver uma análise mais detalhada dos resultados obtidos com a sua utilização.

Também é interessante a implementação uma versão do Espaço Matemático que não seja adaptativa, seguindo um único fluxo de progresso linear como os demais jogos. Desta forma, será viável realizar comparações com a versão adaptativa existente.

A inserção de um filtro de conteúdo por operações matemáticas, além de animações e elementos que entretenham o jogador também poderão ser desenvolvidos.

Referências Bibliográficas

[1] Pietrocola, M.. A matemática como estruturante do conhecimento Físico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.2: p.93-114, 2002.

Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165616>>

Acesso em: 7 de junho de 2016.

[2] Lorensatti, E. J. C.. Linguagem matemática e Língua Portuguesa: diálogo necessário na resolução de problemas matemáticos. Conjectura: filosofia e educação, v. 14, n. 2, 2009.

Disponível em:

<<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/viewFile/17/16>>

Acesso em: 7 de junho de 2016.

[3] Leonardo, P. P.; Miarka, R.; Menestrina, T. C.. A importância do ensino da matemática na educação infantil. I Simpósio Educação Matemática em Debate, 2014. v. 1, p. 42-54.

Disponível em:

<<http://www.revistas.udesc.br/index.php/matematica/article/view/4662/3426>>

Acesso em: 8 de Maio de 2016.

[4] Pinto, T. F.; Silva, M. E. L.; Rosa, T. G.; Freitas, A. C.; Campos, M. Q. L.; Matta, J. F. B., A importância da aplicação de jogos matemáticos para alunos da educação básica no projeto Visitas. I Simpósio Educação Matemática em Debate, 2014. v. 1, p. 335-345.

Disponível em:

<<http://www.revistas.udesc.br/index.php/matematica/article/view/4762/3446>>

Acesso em: 8 de Maio de 2016.

[5] Falkembach, G. A. M. . O LÚDICO E OS JOGOS EDUCACIONAIS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação.

Disponível em:

<http://penta3.ufrgs.br/midiasedu/modulo13/etapa1/leituras/arquivos/Leitura_1.pdf>

Acesso em: 8 de Maio de 2016.

[6] Silva, B. C.; Silva, P. P.; Luz, L. P.; Silva, E. G.; Martins, H. P.. Jogos digitais educacionais como instrumento didático no processo de ensino-aprendizagem das operações básicas de matemática. XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2014. p.677.

Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/2999/2510>>

Acesso em: 8 de Maio de 2016.

[7] Walkir, A. T. B.; Claudia L. R. M.. Recomendação de Jogos na Aprendizagem da Matemática baseado na Análise Diagnóstica e Teoria de Resposta ao Item. XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2014. p.934.

Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/3032/2543>>

Acesso em: 8 de Maio de 2016.

[8] Araujo, B. B. P. L.. Um estudo sobre adaptatividade dinâmica de dificuldade em jogos. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2012.

Disponível em: <[http://www.dbd.puc-](http://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/pbasbi2.php?codAcervo=200881&codBib=0&codMat=,&flag=&desc=&titulo=Publica%E7%F5es%20On-Line&contador=0&tipo=bd&letra=td&cod=&texto=&posicao_atual=7213&posicao_maxima=16425)

[rio.br/pergamum/biblioteca/php/pbasbi2.php?codAcervo=200881&codBib=0&codMat=,&flag=&desc=&titulo=Publica%E7%F5es%20On-Line&contador=0&tipo=bd&letra=td&cod=&texto=&posicao_atual=7213&posicao_maxima=16425](http://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/pbasbi2.php?codAcervo=200881&codBib=0&codMat=,&flag=&desc=&titulo=Publica%E7%F5es%20On-Line&contador=0&tipo=bd&letra=td&cod=&texto=&posicao_atual=7213&posicao_maxima=16425)>

Acesso em: 31 de Maio de 2016.

[9] Cowley, B.; Charles, D.; Black, M. ; Hickey, R.. Toward an understanding of flow in video games. Computers in Entertainment. ACM Computers in Entertainment, v. 6, nº 2, Artigo 20, Julho de 2008.

Disponível em: <<http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/amme/cowley-et-al-2008.pdf>>.

Acesso em: 29 de maio de 2016.

[10] Gilleade; K. M.; Dix, A. . Using Frustration in the Design of Adaptive Videogames. ACE - Advances in Computer Entertainment Technology, 3 a 5 de Junho de 2004.

Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.109.7426&rep=rep1&type=pdf>>

Acesso em: 29 de maio de 2016.

- [11] Hopcroft, J; Ullman, J. "Chapter 2 Finite Automata and Regular Expressions", Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation, 1979.
Disponível em: <https://archive.org/details/HopcroftUllman_cinderellabook>
Acesso em: 29 de maio de 2016.
- [12] Burbeck S.. Applications Programming in Smalltalk-80: How to use Model–View–Controller. Universidade de Illinois em Urbana-Champaign (UIUC), 1992.
Applications Programming in Smalltalk-80
(TM):
How to use Model-View-Controller (MVC
Disponível em:
<[https://www.researchgate.net/profile/Steve_Burbeck/publication/238719652_Applications_programming_in_smalltalk-80_how_to_use_model-view-controller_\(mvc\)/links/5575a00508ae7536375024c7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Steve_Burbeck/publication/238719652_Applications_programming_in_smalltalk-80_how_to_use_model-view-controller_(mvc)/links/5575a00508ae7536375024c7.pdf)>
- [13] Model-View-Controller, Microsoft Developer Network.
Disponível em: <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx>>
Acesso em: 29 de maio de 2016.
- [14] Nesbit, J.; Belfer, K.; Leacock, T. Learning Object Review Instrument (LORI) User Manual v.1.5.
Disponível em: <<http://www.transplantedgoose.net/gradstudies/educ892/LORI1.5.pdf>>
Acesso em: 5 de junho de 2016.
- [15] Medeiros, M. O.; Schimiguel, J. UMA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO DE JOGOS EDUCATIVOS: ÊNFASE NO ENSINO FUNDAMENTAL. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 10, n.3, 2012
Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/36378/23472>>
Acesso em: 5 de junho de 2016.
- [16] Neves, D. E.; Santos, L. G. N. de O.; Santana, R. C.;Ishitani, L.. Avaliação de jogos sérios casuais usando o método GameFlow. Revista Brasileira de Computação Aplicada, v.6, n.2, p. 45-59, 2014.
Disponível em: <<http://www.upf.br/seer/index.php/rbca/article/view/3244/2552>>
Acesso em: 5 de junho de 2016.
- [17] Júnior, S. D. S.; Costa, F. J. . Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia, v 15, Outubro 2014.

Disponível em:

http://www.revistapmkt.com.br/Portals/9/Volumes/15/1_Mensura%C3%A7%C3%A3o%20e%20Escalas%20de%20Verifica%C3%A7%C3%A3o%20uma%20An%C3%A1lise%20Comparativa%20das%20Escalas%20de%20Likert%20e%20Phrase%20Completion.pdf>

Acesso em: 12 de junho de 2016.

Apêndice I - Casos de uso.

| | |
|---|---|
| Nome | Acessar configurações |
| Atores | Usuário do sistema. |
| Pré-Condições | Para acessar as configurações o sistema deve estar na tela inicial. |
| Fluxo Principal | <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica no botão de configurações; 2. O sistema exibe a tela com as configurações; 3. O usuário pode configurar os sons do sistema [Fluxo Alternativo 1]; 4. O usuário pode consultar o desempenho no jogo [Fluxo Alternativo 2]; 5. O usuário pode visualizar as instruções do jogo [Fluxo Alternativo 3]; 6. O usuário clica no botão voltar; 7. O sistema retorna a tela inicial; 8. O caso de uso é encerrado. |
| Fluxo Alternativo 1 - Configurar sons | <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica no botão de sons; 2. O sistema desativa os sons; 3. O sistema retorna ao passo 2 do fluxo principal; |
| Fluxo Alternativo 2 - Consultar desempenhos | <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica no botão desempenho; 2. O sistema exibe o total de perguntas respondidas na primeira fase e as suas estatísticas (pergunta, resposta e se foi acertada na primeira tentativa) 3. O usuário seleciona outra fase; 4. O sistema atualiza o desempenho para a fase selecionada; 5. O usuário clica no botão voltar; 6. O sistema retorna ao passo 2 do fluxo principal; |
| Fluxo Alternativo 3 - Visualizar instruções | <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário clica no botão instruções; 2. O sistema exibe as telas de instruções; 3. O usuário clica no botão fechar; 4. O sistema retorna ao passo 2 do fluxo principal; |

| | |
|--|--|
| Nome | Jogar |
| Atores | Usuário do sistema. |
| Pré-Condições | Para iniciar uma fase o sistema deve estar na tela inicial. |
| Fluxo Principal | <ol style="list-style-type: none"> 1. O usuário pode clicar no botão jogar [Fluxo Alternativo 1]; 2. O usuário pode clicar no botão continuar jogo [Fluxo Alternativo 2]; 3. O usuário pode clicar no botão novo jogo [Fluxo Alternativo 3]; 4. O sistema inicia uma nova fase do jogo; 5. O usuário pode vencer a fase [Fluxo Alternativo 4]; 6. O usuário pode perder a fase [Fluxo Alternativo 5]; |
| Fluxo Alternativo 1 - Iniciar primeiro jogo | <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema exibe as telas de instruções; 2. O usuário clica no botão fechar; 3. O sistema retorna ao passo 4 do fluxo principal; |
| Fluxo Alternativo 2 - Continuar jogo | <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema cria a próxima fase com o nível de acordo com a última fase salva; 2. O sistema retorna ao passo 4 do fluxo principal; |
| Fluxo Alternativo 3 - Iniciar novo jogo | <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apaga o registro das fases salvas; 2. O sistema retorna ao passo 4 do fluxo principal; |
| Fluxo Alternativo 4 - Fim de fase | <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema salva a última fase jogada; 2. O sistema exibe a tela de fim de fase; 3. O usuário pode clicar no botão próxima fase [passo 4 do Fluxo Principal]; 4. O usuário pode clicar no botão tela inicial [Fluxo Alternativo 6]; |
| Fluxo Alternativo 5 - Fim de jogo | <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema exibe a tela de fim de jogo; 2. O usuário pode clicar no botão jogar de novo [passo 4 do Fluxo Principal]; 3. O usuário pode clicar no botão tela inicial [Fluxo Alternativo 6]; |
| Fluxo Alternativo 6 - Retornar à tela inicial | <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema redireciona para a tela inicial; 2. O caso de uso é encerrado; |

Apêndice II – Referências de imagens e sons utilizados no Espaço Matemático.

Sons utilizados no jogo Espaço Matemático

Tiro da nave - <http://www.freesound.org/people/AlaskaRobotics/sounds/221560/>

Nave inimiga com a resposta correta acertada -

<http://www.freesound.org/people/Kastenfrosch/sounds/162473/>

Nave inimiga com resposta errada acertada -

<http://www.freesound.org/people/GabrielAraujo/sounds/242503/>

Imagens utilizadas no jogo Espaço Matemático:

Nave inimiga - <https://openclipart.org/detail/20150/ufo-in-cartoon-style>

Lua da tela inicial - <https://openclipart.org/detail/20299/moon-in-comic-style>

Botão de continuar - <https://openclipart.org/detail/164047/blue-play-button-pressed-down>

Queijo - <https://openclipart.org/detail/216864/small-cheese>

Nave espacial - <https://openclipart.org/detail/28806/a-cartoon-moon-rocket>

Gato da nave inimiga - <https://openclipart.org/detail/75877/cat-line-art>

Rato - <https://openclipart.org/detail/17558/simple-cartoon-mouse>

Setas de direção - <https://openclipart.org/detail/33595/architetto-pulsante-04>

Apêndice III - Manual de instalação do jogo Espaço Matemático.

Passo 1: Acesse as configurações do dispositivo e selecione o menu “*Segurança*” (figura 24).

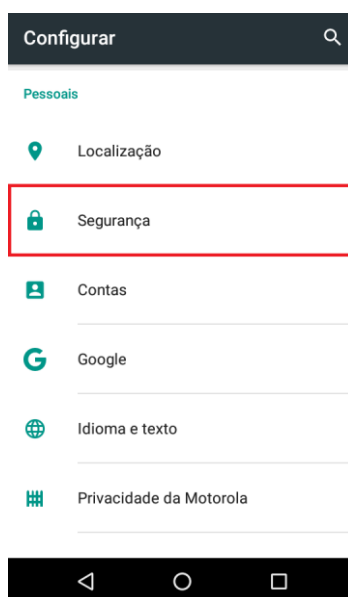


Figura 24 - Opção de Segurança nas configurações de dispositivos Android.

Passo 2. Localize o item “*Fontes desconhecidas*”, na seção “*Administração do dispositivo*” (figura 25).

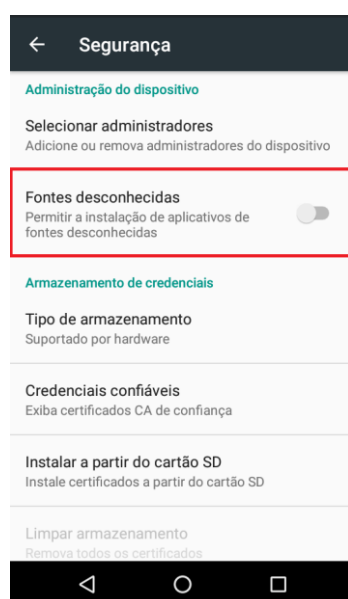


Figura 25 - Item Fontes Desconhecidas.

Passo 3. Habilite a opção “*Fontes desconhecidas*” para permitir a instalação de arquivos APK que não sejam da loja de aplicativos da Google. Ao realizar este procedimento o sistema do dispositivo irá disparar uma mensagem de confirmação conforme a figura 26.

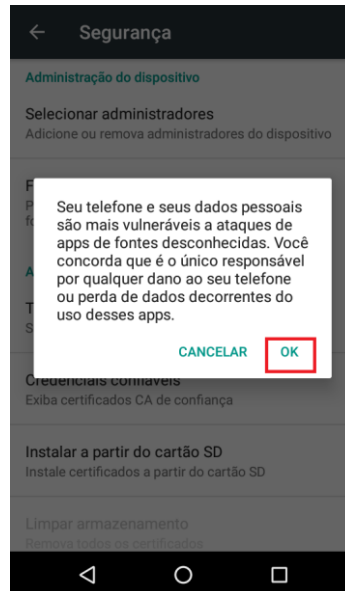


Figura 26 - Mensagem de confirmação exibida ao habilitar a opção Fontes Desconhecidas.

Passo 4. Faça download do arquivo APK do Espaço Matemático a partir da url:
<https://www.dropbox.com/s/7b0lljaxfs1g26u/EspacoMatematico.apk?dl=0> (figura 27).

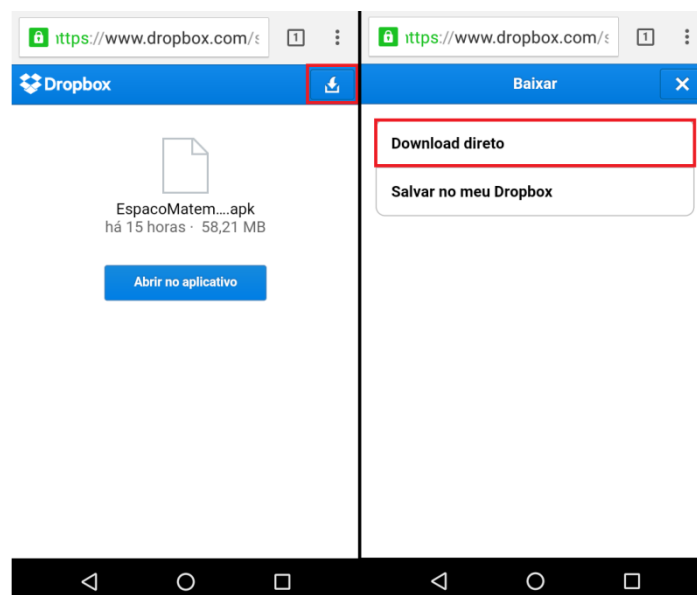


Figura 27 - Baixando o arquivo APK.

Passo 5: Abra o arquivo no dispositivo e confirme para iniciar a instalação (figura 28).

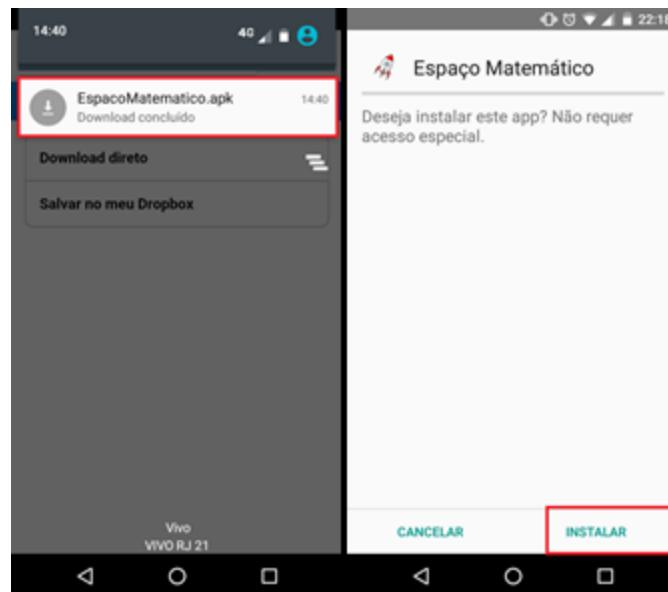


Figura 28 – Abrindo o arquivo e confirmando a instalação do jogo.