

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CAMPUS PROF. ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LUCAS DA COSTA SILVA

**UM JOGO SÉRIO UBÍQUO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DO PLANO CARTESIANO**

PARNAÍBA

2018

LUCAS DA COSTA SILVA

**UM JOGO SÉRIO UBÍQUO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DO PLANO CARTESIANO**

Monografia submetida ao Curso de Bacharelado em
Ciência da Computação da Universidade Estadual
do Piauí — UESPI, Campus Prof. Alexandre Alves
de Oliveira, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em Ciência da
Computação.

Orientador: Prof. MSc. Átila Rabelo Lopes

PARNAÍBA

2018

S586j Silva, Lucas da Costa
Um jogo sério ubíquo no processo de ensino e aprendizagem
do plano cartesiano / Lucas da Costa Silva. – 2018.
73 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade Estadual do
Piauí – UESPI, Bacharelado em Ciência da Computação,
2018.

“Orientador Prof. MSc. Átila Rabelo Lopes.”

1. Jogos Sérios. 2. Plano Cartesiano. 3. Aprendizagem
Ubíqua. I. Título.

CDD: 004.07

LUCAS DA COSTA SILVA

**UM JOGO SÉRIO UBÍQUO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM
DO PLANO CARTESIANO**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Estadual do Piauí — UESPI, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira, como parte das exigências da disciplina de Estágio Supervisionado, requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

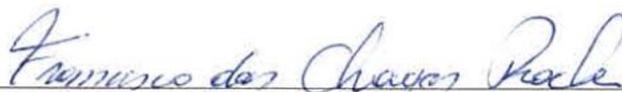
Orientador: Prof. Me. Átila Rabelo Lopes

Monografia Aprovada em: **27 de julho de 2018.**

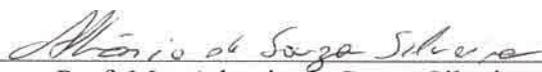
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Me. Atila Rabelo Lopes
Orientador – UESPI



Prof. Me. Francisco das Chagas Rocha
Avaliador – UESPI



Prof. Me. Athanio de Souza Silveira
Avaliador - IFPI

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em memória do meu pai, o senhor Enofre Gomes da Silva, apesar do pouco tempo que me foi oportunizado em tê-lo ao meu lado, este foi o suficiente para reconhecer todo o exemplo de ser humano e pai que tive a graça de ter.

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço à Deus, pois sem ele nada seria possível e à Maria por toda a intercessão nos momentos de dificuldade e tribulação. Agradeço aos meus familiares principalmente à minha mãe, a senhora Maria do Socorro, por todo seu exemplo e toda a sua árdua luta de ser pai e mãe de uma casa e ainda assim não deixar que os problemas e dificuldades da vida, tirem a fé, o sorriso, a bondade e gratidão de sua essência. Agradeço ao meu irmão João Pedro por todo apoio e carinho.

Agradeço ao meu orientador Átila Lopes por todo o conhecimento repassado, pela confiança, pelo acompanhamento, paciência e por ser um exemplo a ser seguido como pessoa, professor e pesquisador. Agradeço a todos os meus professores que tive ao longo da minha vida acadêmica, pois cada um deles de alguma forma deixou em mim seus ensinamentos, os quais contribuíram para fazer de mim quem sou hoje.

Agradeço à senhorita Meiriany Serejo, pelas orientações e ajudas relacionadas ao campo da pedagogia, agradeço ainda, pela compreensão de minha ausência e pelas palavras de incentivo, por todo companheirismo, apoio e carinho como amiga e como namorada.

Agradeço aos meus colegas, ou melhor, aos meus irmãos de curso, pelas alegrias que vivemos juntos, por todo apoio e motivação mútuo. Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram a percorrer o árduo caminho até a conclusão do curso de ciência da computação.

“Sê humilde para evitar o orgulho, mas voa alto para alcançar a sabedoria”.

(Santo Agostinho)

RESUMO

Os jogos sérios têm se mostrado um importante instrumento capaz de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de diversas áreas do conhecimento, aliado aos princípios da *U-learning*, os mesmos podem aumentar ainda mais os possíveis benefícios proporcionados à Educação como um todo. O plano cartesiano é uma relevante ferramenta matemática utilizada na resolução de diversos problemas presentes em diferentes áreas do saber e corresponde a um componente básico do currículo escolar, pois o mesmo é um conhecimento necessário que fundamenta o entendimento de outros conteúdos. O ensino e aprendizagem do plano cartesiano pode tornar-se um desafio para o aluno diante de modelos de ensino que se baseiam apenas em aulas expositivas que comprometem o interesse e a motivação dos discentes, tornando deficiente a construção de uma aprendizagem ativa. Os jogos sérios ubíquos podem representar uma alternativa para contornar esses problemas, pois são capazes de despertar o interesse e a motivação durante o processo de aprendizagem, beneficiando o mesmo com a ludicidade e adaptação ao meio e às necessidades individuais de cada aluno. Este trabalho tem como objetivo contribuir para o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano, por meio do desenvolvimento de um jogo sério ubíquo móvel sensível ao contexto de localização dos usuários, baseado no jogo batalha naval, utilizado como recurso didático de motivação e reforço dos assuntos ministrados em aula. O jogo foi construído a partir da arquitetura cliente-servidor onde foi utilizado o *framework* ionic para o desenvolvimento do aplicativo do jogo, o qual assume o papel de cliente da arquitetura, enquanto que para a criação do servidor foi usado o *framework* laravel. Foram realizados testes funcionais e aplicação de questionários com dois grupos de colaboradores, onde o primeiro foi composto por homens e mulheres de diferentes idades e o segundo constituído por crianças de idades entre 10 e 13 anos que frequentavam o 6º e 7º ano do ensino fundamental que serviu para validar a proposta. Os principais resultados obtidos refere-se à criação de uma metodologia de mapeamento ubíquo de coordenadas que objetiva a construção de tabuleiros sensíveis ao contexto de localização de dois usuários quaisquer e o desenvolvimento de um sistema de um jogo sério ubíquo voltado para o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano.

PALAVRAS-CHAVES: Jogos Sérios. Plano Cartesiano. Aprendizagem Ubíqua.

ABSTRACT

Serious games have proved to be an important instrument capable of assisting the teaching-learning process of several areas of knowledge, together with the principles of U-learning they can further increase the possible benefits provided to Education as a whole. The Cartesian plan is a relevant mathematical tool used to solve several problems present in different areas of knowledge and corresponds to a basic component of the school curriculum, since it is a necessary knowledge that bases the understanding of other contents. The teaching and learning of the Cartesian plan can become a challenge for the student who faces models that are based only on expository classes that compromise the interest and the motivation of the students, making the construction of an active learning deficient. Serious ubiquitous games can represent an alternative to overcome these problems, since they are able to arouse interest and motivation during the learning process, benefiting them with the lucidity and adaptation to the environment and the individual needs of each student. This work aims to contribute to the teaching-learning process of the Cartesian plan, through the development of a serious mobile ubiquitous game sensitive to the context of users' localization, based on the naval battle game, used as a didactic resource for motivation and reinforcement of subjects taught in class. The game was built based on the client-server architecture where the ionic framework was used to develop the game application, which assumes the client role of the architecture, while the laravel framework was used to create the server. Functional tests and application of questionnaires were performed with two groups of collaborators, where the first one was composed of men and women of different ages and the second one constituted by children between the ages of 10 and 13 who attended the 6th and 7th years of elementary school that served to validate the proposal. The main results obtained refer to the creation of a methodology of ubiquitous mapping of coordinates that aims at the construction of game boards sensitive to the location context of any two users and the development of a system of a serious ubiquitous game focused on the teaching-learning process of the Cartesian plane.

KEY-WORDS: Serious Games. Cartesian plane. Ubiquitous learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Quadrantes do Plano Cartesiano.	18
Figura 2 - Dispositivos utilizados nas pesquisas.	23
Figura 3 - Sensores utilizados nas pesquisas.	23
Figura 4 - Diagrama do banco de dados.	29
Figura 5 - Diagrama de caso de uso da partida.	29
Figura 6 - Diagrama de atividade da partida.	30
Figura 7 - Diagrama das principais classes a serem implementadas no jogo.	30
Figura 8 - Arquitetura do jogo.	31
Figura 9 - Protótipos das telas do jogo.	32
Figura 10 - Situação problema.	33
Figura 11 - Coordenadas combinadas.	35
Figura 12 - Eixos cartesiano e os pontos cardeais.	36
Figura 13 - Função de marcação de coordenadas.	39
Figura 14 - Coordenadas base.	40
Figura 15 - Mapeamento do tabuleiro.	41
Figura 16 - Translação das coordenadas dos jogadores.	42
Figura 17 - Tabuleiro construído.	43
Figura 18 - Comportamentos da tela de cadastro.	50
Figura 19 - Comportamentos da tela de login.	50
Figura 20 - Comportamentos e funcionalidades do jogo.	51
Figura 21 - Comportamentos da tela de listagem de adversários.	52
Figura 22 - Comportamentos da tela de batalha.	53
Figura 23 - Comportamentos de derrotas e vitórias da tela de batalha.	54
Figura 24 - JSON retornado pelo serviço <i>web</i>	55
Figura 25 - Marcas testadas.	60
Figura 26 – Perguntas do questionário de usabilidade.	61
Figura 27 - Gênero e idades.	62
Figura 28 - Perguntas contidas no questionário aplicado às crianças.	63
Figura 29 - Perguntas realizadas às crianças entrevistadas.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos funcionais e não funcionais.	28
Tabela 2 - Características dos <i>levels</i> presentes no jogo.	44
Tabela 3 - Divisão de complexidade dos desafios do jogo.	45
Tabela 4 - Parâmetros de acerto e forma de erro do jogador adversário.	47
Tabela 5 - Dados sobre as coordenadas testadas.	56
Tabela 6 - Valores e distâncias de interesses dos testes realizados.	57
Tabela 7 - Dados da sequência de composições consecutivas de 15 tabuleiros.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
ERUPI	Escola Regional de Informática do Piauí
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
QRCode	<i>Quick Response Code</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
U-Learning	<i>Ubiquitous learning</i>
UESPI	Universidade Estadual do Piauí
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UML	<i>Universal Transverse Mercator</i>
WGS84	<i>World Geodetic System in 1984</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 A MATEMÁTICA E O PLANO CARTESIANO	15
2.1.1 Matemática na Educação	15
2.1.2 A Geometria Analítica	16
2.1.3 O Plano Cartesiano	17
2.2 JOGOS SÉRIOS E A APRENDIZAGEM UBÍQUA.....	19
2.2.1 Aprendizagem Ubíqua.....	19
2.2.2 Jogos na Educação	21
2.2.3 Jogos Sérios	21
2.2.4 Jogos Sérios Ubíquos	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 ETAPAS DE COMPOSIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO	25
4 TESTES E VALIDAÇÃO DA PROPOSTA	49
4.1 TESTE FUNCIONAIS	49
4.2 TESTES DA CONSTRUÇÃO DO TABULEIRO.....	55
4.3 TESTES DE USABILIDADE	60
4.4 VALIDAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A – Questionário de usabilidade.....	72
APÊNDICE B – Questionário aplicado com as crianças	73

INTRODUÇÃO

É mais do que notória, a influência da computação em vários âmbitos da sociedade, desde as mais simples relações interpessoais cotidianas, até importantes questões envolvendo saúde, educação, segurança, política, entre outros aspectos. Para a Educação, a computação atua como uma ferramenta capaz de auxiliar e transformar os ambientes de formação, contribuindo de forma positiva para a construção do conhecimento.

Os jogos sérios ubíquos são um dos muitos recursos fornecidos pela área da Tecnologia da Informação. Os mesmos desempenham um papel com o objetivo de apoiar o processo de ensino-aprendizagem como um instrumento pedagógico capaz de ajudar na manutenção do interesse e da motivação dos alunos, adaptando-se aos contextos dos mesmos e criando ambientes sensíveis às características cognitivas de cada aluno, por meio dos princípios da computação ubíqua, buscando proporcionar aos discentes, atividades lúdicas que visam a simulação da realidade e possuem o propósito de conduzir os mesmos a aplicarem os conteúdos vistos em aula. A aprendizagem é vista por muitos como um “dever”, essa visão crítica leva a encarar o processo de aprendizagem como um cansativo trabalho (GROS, 2007; NETO; FONSECA, 2013). Os Jogos sérios ubíquos, podem representar para o aluno, uma atividade que envolve diversão e entusiasmo e por isso é capaz de despertar o seu interesse, estimulado pelo caráter descontraído como o jogo se apresenta, contrastando com os aspectos mais sérios e por vezes quase formais das aulas.

A Matemática é considerada como o conhecimento mais antigo descoberto pelo homem, desde os primórdios da humanidade a mesma tem desempenhado um importante papel auxiliador na construção do conhecimento e nos avanços tecnológicos. A Matemática representa um relevante componente para a formação de um indivíduo, não somente nos aspectos acadêmicos, mas também de forma social, visto que a mesma norteia várias situações do cotidiano de um cidadão e exerce um papel imprescindível para um bom relacionamento do mesmo dentro da sociedade. Dentre os muitos assuntos estudados pela Matemática encontra-se a geometria analítica, mais especificamente, o plano cartesiano, criado por René Descartes (1596-1650) no século XVII, o mesmo representa uma importante ferramenta matemática que é utilizada para resoluções de diversos problemas da área e de outras, como a física, a cartografia, a geografia. O plano cartesiano trata-se de um plano contendo duas retas enumeradas e perpendiculares entre si, denominadas de eixos das abscissas e das ordenadas, dispostos no plano de forma horizontal e vertical, respectivamente, que auxiliam na localização

de pontos dentro do mesmo e que desempenham uma importante função dentro da Matemática. Por meio do mesmo é possível estudar as relações existentes entre a álgebra e a geometria, compreender melhor conhecimentos comuns do cotidiano, estudar assuntos como o teorema de Pitágoras, o teorema de Tales entre outros.

Na literatura, pesquisas relatam diversos fatores que podem prejudicar o ensino-aprendizagem da disciplina de Matemática. Esses fatores são ocasionados por diferentes motivos e personagens do ambiente escolar, tais como o professor, o aluno, as metodologias ou recursos didáticos utilizados durante o processo (SILVA; RAMALHO; OLIVEIRA, 2016). Os modelos de ensino da Matemática, geralmente adotados na grande maioria das escolas brasileiras, ainda se referem aos moldes tradicionais de Educação, baseados em aulas expositivas que se atentam a simples transferência de informação e com recursos didáticos que não despertam a motivação e o interesse do aluno.

A metodologia utilizada nas aulas de Matemática, em especial para o ensino da geometria analítica, é uma das principais causas da insatisfação e desmotivação dos alunos (BEZERRA; SCARTAZZINI, 2005). O ensino da Matemática cada vez mais tem demandado formas de contornar o desinteresse e a desmotivação dos alunos. Considerada por muitos discentes, como uma matéria difícil, é necessário que os mesmos sejam conduzidos a enxergar a importância dos assuntos abordados em sala de aula nas relações do dia a dia. Segundo Cordeiro et al., (2015), como os alunos não conseguem fazer conexões entre os conteúdos explicados e o mundo em que vivem, disciplinas como a Matemática são vistas como difíceis e respondem por grande parte do fracasso escolar dos estudantes.

Este trabalho foi motivado pelos benefícios que os jogos sérios ubíquos podem oferecer à aprendizagem quando utilizados como recursos didáticos. Por meio dos jogos, o discente é levado a encarar os conteúdos lecionados em sala de aula de uma outra forma, focado, pronto para os desafios e motivados pela competição. Deve ser dado ao aluno o direito de aprender, não um aprender mecânico, repetitivo, de fazer sem saber o que faz e o porquê (FIORENTINI; MIORIM, 1990). Outras motivações são devidas às características do campo da aprendizagem ubíqua sensível ao contexto de localização relacionadas à possibilidade de uma aprendizagem com mobilidade e adaptável, por meio do uso de dispositivos móveis, onde o aluno pode estudar em qualquer hora e em qualquer lugar.

Esse trabalho possui como objetivo contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de geometria analítica, em especial do plano cartesiano, por meio do

desenvolvimento de um jogo sério ubíquo para dispositivos móveis *android*, sensível ao contexto de localização dos usuários, utilizado como recurso didático de motivação e reforço dos conteúdos visto em sala. Como objetivos específicos foram definidos: (a) aprofundar os conhecimentos nas áreas do domínio deste trabalho (b) desenvolver o aplicativo do jogo, o qual deve ser disponibilizado para o sistema operacional *android*. (c) desenvolver um servidor *web* que possa atender as requisições realizadas pelo aplicativo do jogo. (d) criar um serviço *web* que realize a construção de um tabuleiro baseado em um par de coordenadas. (e) validar as funcionalidades desenvolvidas no jogo e no servidor *web*. (f) elaborar e publicar um artigo científico.

O jogo desenvolvido por esta pesquisa foi embasado a partir do jogo batalha naval. Segundo o autor Martimiano (2013) apud Ortega (2016), o jogo batalha naval foi criado por soldados russos ao longo da Primeira Guerra Mundial. O mesmo é considerado um jogo de tabuleiro caracterizado pela necessidade de uso de estratégias para ser jogado e de classificação indicativa livre. Para a realização do desenvolvimento do jogo, foi utilizado o *framework* ionic, utilizando tecnologias originalmente voltadas para o desenvolvimento *web* para criação do aplicativo, disponibilizado para o sistema operacional *android*. O servidor *web* responsável por atender as requisições realizadas pelos usuários, por meio do jogo, foi desenvolvido na linguagem de programação PHP, através do uso do *framework* Laravel. O principal banco de dados da aplicação foi feito em MySQL, tratando-se, dessa maneira, de um banco de dados relacional. A arquitetura do jogo foi embasada no modelo cliente-servidor, caracterizando-se por ser um sistema distribuído, cuja as requisições são realizadas pelo protocolo HTTP e as representações dos dados trafegados é realizada no formato JSON.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos dispostos da seguinte maneira: o capítulo 1, apresenta os conteúdos introdutórios desta pesquisa, o capítulo 2, traz as investigações da literatura e realiza a fundamentação teórica que embasa este trabalho, o capítulo 3, apresenta os materiais e métodos utilizados ao longo da realização da pesquisa, o capítulo 4, descreve os testes e os resultados obtidos, além das discussões sobre os mesmos e, por fim, o capítulo 5, traz as considerações finais e os trabalhos futuros desta pesquisa.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo irá abordar as diferentes áreas do conhecimento que fundamentam este trabalho. Será explanado os importantes aspectos pertinentes à realização desta pesquisa, tais como o processo de ensino-aprendizado da Matemática nas escolas e a influência dos jogos sérios na Educação.

1.1 A MATEMÁTICA E O PLANO CARTESIANO

1.1.1 Matemática na Educação

A Matemática assume um papel elementar ao longo da narrativa do desenvolvimento humano como um arcabouço que permitiu a expansão dos limites do conhecimento. Essa ciência se correlaciona com diversas outras áreas do saber e torna-se um ponto fundamental de influência dentro das relações humanas. O conhecimento matemático mostra-se cada vez mais imprescindível na composição de uma participação ativa e crítica em meio a sociedade atual, auxiliando em aspectos envolvendo a compreensão do mundo e ajudando nas tomadas de decisões que se relacionam com diversas situações de variadas naturezas (PIACARRETA; CÉSAR, 2001 apud PREDIGER; BERWANGER; MÖRS, 2009). Apesar da indiscutível relevância da Matemática para o conhecimento humano e da sua notória presença na rotina dos indivíduos, desde os campos mais básicos, como as simples relações habituais, até o contexto dos últimos avanços da ciência, esse campo do saber gera desconforto, insatisfação e temor na maioria das pessoas, mesmo sendo esse uma importante ferramenta para a sociedade e utilizada nos mais diversos domínios em que a existência humana engloba, como o âmbito econômicos, científico e social.

Autores como Silva, Santana e Oliveira (2016), Prediger, Berwanger e Mörs (2009), Cunha (2017), Uliana (2009), Cabral (2006), entre outros, levantaram questionamentos a respeito dos motivos que acarretam tais reações e sentimentos nos indivíduos. Para responder a essas questões de pesquisa, foram realizadas investigações de como o conhecimento matemático é aplicado na Educação. Como principal indicativo capaz de levar às pessoas a desenvolverem uma contrariedade concernentes aos assuntos matemáticos, os autores apontam

para as metodologias utilizadas no processo de ensino-aprendizagem da Matemática nas escolas desde os primeiros anos do ensino infantil básico. Tais modelos de ensino podem gerar nos alunos um desinteresse em relação à disciplina, por não apresentarem de forma lúdica aos discentes os conteúdos pertinentes à mesma, o que representa um grande dano para a formação acadêmica e social do aluno, tendo em vista a importância da Matemática como um mecanismo complementar nas relações cotidianas, pois a mesma permeia diversas áreas da existência humana, além de interagir diretamente com inúmeros ramos do conhecimento, pois a Matemática permitiu alicerçar a construção e desenvolvimento de várias outras ciências.

Essa abordagem mecânica e pouco atrativa da Matemática baseada nos modelos tradicionais de ensino que se constituem em aulas expositivas de conhecimento, nas quais é possível notar lacunas entre o conteúdo teórico e a contextualização do mesmo no âmbito do mundo real, conduz ao aluno a formar uma percepção contraditória do ensino da Matemática. Encarando-a como um árduo obstáculo que possui como único objetivo tornar os dias letivos mais cansativos e desestimulantes e que deve, apenas, ser transpassado para permitir o prosseguimento de sua trajetória acadêmica e não como uma importante ferramenta do conhecimento presente em toda a extensão de sua rotina. Desse modo o aluno não é levado a reconhecer a real e concreta importância da Matemática em sua vida e o quanto a mesma faz-se presente de modo inerente em diversos tipos de interações corriqueiras. Para Bezerra e Scartazzini (2005) é muito comum encontrar alunos em sala de aula desmotivados, apáticos e aparentemente com a atenção voltada para aspectos que não possuem relacionamento com os conteúdos ali abordados.

1.1.2 A Geometria Analítica

A Geometria Analítica é um importante instrumento matemático que relaciona os estudos da Álgebra com a Geometria. Desse modo aspectos e conceitos geométricos são estudados e investigados à luz das concepções e princípios algébricos. Trata-se da parte da Matemática que combina de modo particular um relacionamento existente entre os enunciados geométricos e as proposições alusivas às equações, inequações e funções algébricas, buscando criar uma articulação que possibilite um estudo que concerne na união entre essas duas áreas do conhecimento (PAULA; BITTAR, 2011).

A geometria foi concebida por meio de conceitos, propriedades e noções primitivas do matemático grego Euclides. Esse ramo da Matemática possui uma grande importância para o desenvolvimento intelectual e social do homem, pois é capaz de auxiliar nas resoluções de diversos problemas e no raciocínio lógico visual, além de estar presente na arte, escrita, arquitetura, nas dimensões do próprio corpo humano, enfim, a geometria compõe as mais simples formas da natureza e pode ser facilmente observada no âmbito bidimensional e tridimensional (VALERIO; SOUZA, 2013).

A álgebra é uma vertente da Matemática que faz uso de diversas representações gráficas, tais como os números, as letras do alfabeto e uma variedade de sinais e símbolos e por meio destes realiza uma generalização da aritmética. Desse modo a álgebra utiliza-se de diversos conceitos e princípios da aritmética e os aplica em um campo da Matemática que não se limita apenas em cálculos envolvendo o universo dos números. Segundo os autores Veloso e Ferreira (2010), um dos principais propósitos no ensino da álgebra é conduzir o aluno a desenvolver um pensamento algébrico que transpassa a simples capacidade de manipular símbolos, mas que contempla a competência de interpretá-los e usá-los de forma criativa e crítica na tradução de situações e resoluções de problemas do mundo real.

1.1.3 O Plano Cartesiano

Dentre as importantes concepções que a Geometria analítica envolve, inclui-se o Plano Cartesiano. O Plano Cartesiano, foi criado pelo francês René Descartes (1596-1650) no século XVII, por meio de seus estudos envolvendo a Álgebra e Geometria, o plano cartesiano tem uma vasta aplicabilidade no campo prático do cotidiano e nas mais diversas áreas da ciência como a geografia, a arte, a física, a cartografia, entre outras, o que evidencia a importância deste para a formação do indivíduo em múltiplos aspectos. René Descartes faz parte de um grupo composto por grandes pensadores como Pascal, Isaac Newton, Gauss, Pierre de Fermat, entre tantos outros, que dedicaram suas vidas aos estudos da Matemática buscando o progresso e o desenvolvimento da mesma, graças aos esforços desses homens a Matemática tornou-se com o decorrer do tempo mais completa e complexa (ULIANA, 2009).

Segundo Silva, Ramalho e Oliveira (2016), a concepção do Plano Cartesiano evoluiu por meio do estudioso René Descartes que é considerado como o “Pai da Filosofia Moderna”, por volta de 1637 Descartes publicou um tratado com o título de “Discurso do

Método”. Através desse tratado foi introduzido as primeiras percepções de coordenadas que se baseiam em dois eixos perpendiculares e que possuem um mesmo ponto originário, chamado de ponto de origem, esses conceitos se desenvolveram para o que hoje podemos chamar de Plano Cartesiano, porém o mesmo já se demonstrava presente, desde os tempo mais antigos, não de modo formal, mas inserido em diversas definições em várias áreas do saber.

Descartes elaborou o Plano Cartesiano para ser usado como um instrumento para auxiliar na demarcação e localização de pontos em um determinado espaço conhecido. O Plano Cartesiano é basicamente constituído por duas retas numéricas denominadas de eixo das Abscissas, ou eixo x , e o eixo das Ordenadas, também conhecido como eixo y . Essas retas cruzam-se de modo perpendicular entre si, formando dessa maneira um ângulo reto, ou seja, um ângulo de 90° . O eixo das abscissas (x) está disposto no plano de modo horizontal, enquanto o eixo das ordenadas (y) encontra-se verticalmente localizado no plano. Ambos os eixos possuem um ponto de partida, denominado de ponto de origem. O Plano Cartesiano é composto por 4 quadrantes, como é representado na Figura 1. No primeiro quadrante ocorrem apenas valores positivos tanto para x , como também para y . No segundo quadrante os valores de x são negativos e os de y são positivos. No terceiro quadrante os valores de x são negativos assim como também como os valores de y e no quarto quadrante os valores de x são positivos e os de y são negativos. No Plano Cartesiano um ponto é constituído por um par de coordenadas (x , y).

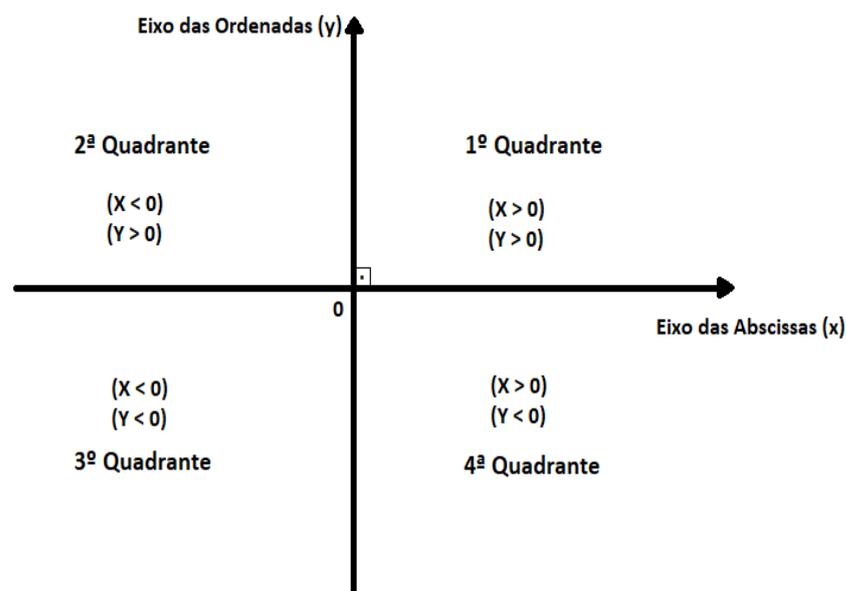


Figura 1 - Quadrantes do Plano Cartesiano. Fonte: o autor (2018).

Por meio do Plano cartesiano é possível realizar estudos envolvendo a localização de pontos no plano, sendo esse o assunto no qual este trabalho se atém, o cálculo de distância entre retas, a construção de gráficos de funções, a representação geométrica de números

fracionários, pode-se auxiliar os estudos dos teoremas de Pitágoras e de Tales. Apesar de toda aplicabilidade e importância do plano cartesiano para a vida cotidiana, mesmo sendo esse, parte constituinte em diversas áreas do conhecimento em que, facilmente, um indivíduo interage corriqueiramente ao longo do dia. Ainda assim os mesmos problemas pertinentes ao ensino da Matemática em um âmbito geral, também assola o processo de ensino-aprendizagem do Plano Cartesiano, problemas referentes às metodologias de ensino que acarretam deficiências associadas à compreensão do aluno em relação aos conteúdos, a dificuldade em correlacionar a teoria com a aplicação prática, a falta de interesse e motivação nos assuntos apresentados, entre outros aspectos negativos que influenciam a construção e modelagem das características cognitivas do aluno.

Para o ensino da geometria analítica, mais especificamente o ensino do plano cartesiano, tais problemas representam diversas dificuldades associadas ao não reconhecimento, por parte do aluno, da real aplicabilidade prática, o que impede o mesmo de perceber a utilidade do plano cartesiano em seu dia a dia nas mais diferentes áreas. Essa postura e visão em que o aluno é levado a apropriar-se, é capaz de tornar as aulas de Matemática em momentos cansativos e desinteressantes para o discente, nas quais o mesmo cria a impressão de se tratarem de momentos que servem para a simples memorização de conteúdos e cumprimento de carga horária, isso pode gerar uma deficiência no processo de formação do aluno, no que diz a respeito dos conhecimentos adquiridos sobre o Plano Cartesiano.

1.2 JOGOS SÉRIOS E A APRENDIZAGEM UBÍQUA

1.2.1 Aprendizagem Ubíqua

A computação ubíqua é um termo utilizado para descrever a onipresença da computação no cotidiano das pessoas, atuando de maneira proativa e invisível, em relação ao contexto em que o usuário se encontra inserido, para oferecer serviços e recursos computacionais, em qualquer lugar e a qualquer hora. O paradigma de computação ubíqua foi proposto por Weiser (1991) e atualmente é aplicado em diversas áreas, inclusive na Educação. De acordo com os autores Monteiro et al. (2017), os princípios da computação ubíqua surgem com o propósito de conceber um modelo computacional que possui como objetivo atender proativamente às necessidades individuais de cada usuário, de maneira que a atuação desse

modelo seja “invisível” e integre continuamente tecnologias e ambientes, de modo a auxiliar os usuários em suas tarefas cotidianas. Os ambientes criados pela computação ubíqua são caracterizados pela capacidade de reagirem ao contexto dos indivíduos que os compõem, sem que estes percebam, ou seja, realizam suas ações de forma transparente para os usuários, além disso tais ambientes são ainda característicos devido a heterogeneidade dos dispositivos que estão inseridos no mesmo.

A aplicação da computação ubíqua na Educação é chamada de aprendizagem ubíqua ou *u-learning* e consiste na proposta de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de diversas áreas do conhecimento utilizando um conjunto de tecnologias integradas, tais como dispositivos móveis, rede sem fio, sensores e equipamentos de geolocalização para promover um ambiente criado a partir de informações coletadas do meio no qual o usuário está inserido, um modelo de aprendizagem e recursos educacionais adaptados ao contexto de cada aluno (SACCOL; SCHLEMMER; BARBOSA, 2010).

Segundo Lopes et al., (2017), ambientes de *u-learning* sensível ao contexto, caracterizam-se pela capacidade de coletar informações pertinentes ao contexto do aluno e adaptar-se às características e necessidades de aprendizagem, utilizam-se de várias tecnologias para fornecer informações e conteúdos adaptados ao meio do aprendiz. A *u-learning* tem o objetivo de atuar como um recurso com o propósito de ser somado às práticas da Educação formal de modo que isso resulte em um agregado positivo e gerador de benefícios que contribuam para a formação do aluno.

Para o processo de ensino e aprendizagem, a *u-learning* pode contribuir como uma ferramenta pedagógica, capaz de criar ambientes de aprendizagem sensíveis às características cognitivas de cada aluno, com o objetivo de aumentar a eficiência da assimilação do conhecimento, possibilitando analisar e mapear as situações vivenciadas pelo discente, a partir de informações fornecidas pelo mesmo e por aquelas coletadas automaticamente, considerando-se as suas dificuldades de aprendizado e o seu ritmo próprio de compreensão do conteúdo. Segundo Saccol, Schlemmer e Barbosa (2010), a aprendizagem ubíqua possui características da aprendizagem móvel e a capacidade de detectar as informações de contexto do aluno, com o intuito de fornecer conteúdo educacional de forma personalizada. A adaptação e a sensibilidade ao contexto do aluno representam a capacidade de ambientes *u-learning* em identificar e reagir às modificações do meio no qual o aluno está inserido, onde por meio dessas características busca-se contribuir positivamente para o processo de aprendizagem do mesmo.

1.2.2 Jogos na Educação

Diversos autores relatam sobre os benefícios que os jogos podem fornecer para os ambientes de aprendizado independentemente da área do conhecimento em que os mesmos se relacionam, porém é preciso observar que os jogos educacionais tratam-se de um instrumento auxiliador que deve ser utilizado em situações propícias e condizentes, além de levar em consideração o contexto do que está sendo ensinado, adaptando-se à realidade particular de cada assunto. Autores como Fragelli e Mendes (2011), Focetola *et al.* (2012), Rapkiewicz *et al.* (2006), Pereira, Fusinato e Neves (2009), Diatel, Carvalho e Hounsell (2016) e Dourado *et al.* (2015), utilizaram-se dos jogos para auxiliar no processo do ensino-aprendizado de áreas distintas, o que evidencia a vasta aplicabilidade dos jogos na Educação. Os autores citados contribuíram para o ensino da Computação, Química, Física e Matemática e no auxílio do desenvolvimento cognitivo e motor de crianças com síndrome de *Down*, sendo essas apenas alguns dos exemplos das áreas que se beneficiam com a ludicidade proposta pelos jogos.

Ao Processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano pode-se também aplicar a utilização de jogos, buscando esses como alternativas às formas de ensino convencionais baseadas nos modelos tradicionais. O jogo de batalha naval vem sendo utilizado por autores como Martimiano (2013), Silva, Ramalho e Oliveira (2016), e Amaral *et al.*, (2006) como ferramenta pedagógica no auxílio do processo de ensino do plano cartesiano. O jogo batalha naval foi criado no século XX e consiste em um jogo de tabuleiro que é caracterizado principalmente pela necessidade do uso de estratégia para ser jogado.

1.2.3 Jogos Sérios

Os Jogos Sérios são jogos que vão além do simples entretenimento e diversão, pois os mesmos buscam alcançar objetivos ligados à uma atividade séria que pode estar relacionada à Educação, à saúde, ao ato de instruir pessoas em diferentes aspectos, entre outras possibilidades de relação.

Os autores Herph *et al.*, (2014), Rodrigues, Machado e Valença (2009), Lumpoon e Thiengburanathum (2017), Karlini e Rigo (2014) e Guimarães e Ribeiro (2010), aplicaram o conceito de jogos sérios em áreas como o ensino da Computação, mais especificamente da

disciplina de redes de computadores, na alfabetização de crianças, no turismo, com o intuito de contribuir na participação das pessoas no conhecimento da cultura da localidade, no âmbito da saúde bucal e na prática educacional de crianças com transtorno de déficit de atenção e/ou hiperatividade, esses são apenas alguns exemplos das áreas que os jogos sérios podem contemplar.

Os Jogos sérios podem ser definidos como uma atividade lúdica que é realizada em meio a um contexto de uma realidade simulada, na qual os jogadores tentam conseguir realizar ao menos uma meta arbitrária, agindo de acordo com as regras estabelecidas (ADAMS, 2010 apud HERPICH et al., 2013) Os jogos sérios têm se mostrado como uma grande ferramenta pedagógica para o auxílio do processo de ensino-aprendizagem, capaz de tornar mais atrativos os momentos de estudo, além de alcançar a atenção do aluno, e motivá-lo a perceber a importância do conhecimento transmitido e a sua aplicabilidade prática em um contexto real.

1.2.4 Jogos Sérios Ubíquos

Aliado ao conceito de jogos sérios pode-se acrescentar o paradigma da computação ubíqua, como uma busca de combinar duas importantes e atuais áreas que podem colaborar entre si com um único objetivo em comum: tornar mais lúdico e adaptável o processo de ensino-aprendizagem.

Os autores Silveira e Medina (2017), realizaram um mapeamento sistemático na área de jogos sérios ubíquos, buscando identificar os trabalhos que abordaram o tema, e a partir da análise dos mesmos, poder responder perguntas sobre a área para a construção de um panorama do que vem sendo estudado atualmente, quais as tendências e as características atuais dos jogos sérios ubíquos. A partir de um universo de 598 trabalhos, os autores selecionaram 90, por meio de critérios de inclusão e exclusão para serem analisados. Através dos mesmos, os autores puderam identificar e analisar, entre outros aspectos, como está ocorrendo a entrada de dados nos sistemas desenvolvidos de jogos sérios ubíquos. Para a realização dessa tarefa os autores buscaram mensurar os principais dispositivos e sensores utilizados nos trabalhos estudados.

A Figura 2, apresenta um gráfico dos dispositivos que estavam diretamente relacionados com as pesquisas investigadas ou que de um algum modo faziam menção, porém não abordavam de forma específica. É possível observar a predominância na utilização dos

dispositivos móveis que representou mais de 50% do montante, os autores consideraram *smartphones*, *tablets* e *notebooks* como dispositivos que poderiam ser classificados como tal.

Também foram analisados os sensores utilizados pelos autores dos trabalhos selecionados. Os sensores são recursos essenciais para o paradigma da computação ubíqua, e conseqüentemente também para a *U-learning*, pois os mesmos realizam o monitoramento de forma dinâmica do ambiente em que o aluno está inserido. Dessa forma é possível realizar adaptações mediante a ocorrência de mudança no contexto ou mesmo na mudança de contexto do aluno. A Figura 3, apresenta os resultados alcançados pelos autores, é possível perceber a variedade de tipos de sensores utilizados, dentre os quais, o GPS representa a principal escolha de uso em jogos sérios ubíquos com uma taxa de 27,8%, enquanto o QRCode ocupa a segunda colocação com 15,3%, seguido pelo RFID e o *Kinect* empatados com uma porcentagem igual à 6,9%. Os demais sensores pedômetro, acelerômetro, microfone, sensores neurais, *Wii* e o monitor cardíaco representam juntos 43,1% do total.

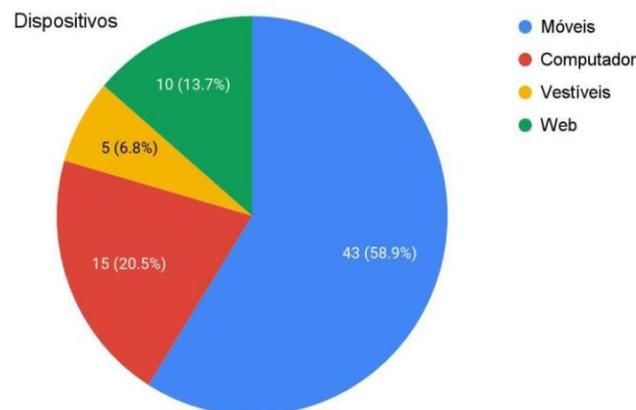


Figura 2 - Dispositivos utilizados nas pesquisas. Fonte: Silveira e Medina (2017).

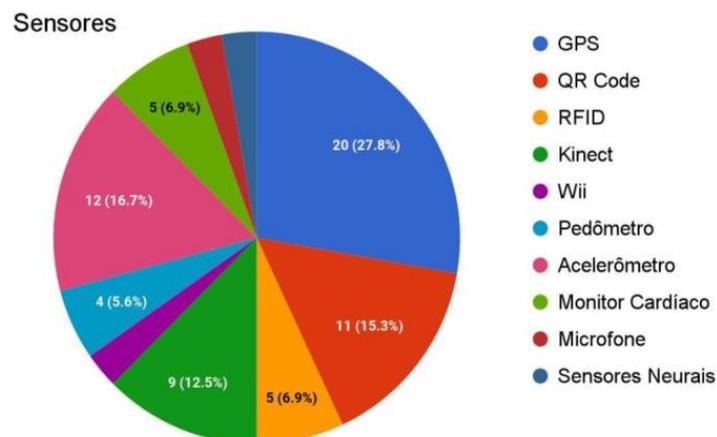


Figura 3 - Sensores utilizados nas pesquisas. Fonte: Silveira e Medina (2017).

Os resultados obtidos no estudo realizado pelos autores Silveira e Medina, (2017), ajudam a formar um arcabouço teórico e prático que contribui para fundamentar as escolhas realizadas por esta pesquisa, relacionadas às tecnologias, pois a mesma buscou focar em um jogo sério ubíquo disponibilizado para *smartphones* e *tablets* utilizando-se do GPS como principal sensor para captura do contexto de localização do aluno.

Segundo Klopfer et al., (2012), os jogos ubíquos devem ser desenvolvidos com o foco de exigir o mínimo possível de recursos computacionais para que os mesmos possam contemplar a maior quantidade de dispositivos. Os autores Buchinger e Hounsell (2013) e Silveira e Medina (2017) apontam que os autores dos trabalhos investigados durante a realização de revisões sistemáticas na área, tendem por preferirem o desenvolvimento de jogos 2D por funcionarem de forma satisfatória na grande maioria dos dispositivos. A partir dessas premissas é possível inferir que o desenvolvimento de jogos com motores gráficos 2D é preferível em relação aos jogos 3D, pois os gráficos 2D exigem menos recursos de *hardware* por parte dos dispositivos que os executam.

MATERIAIS E MÉTODOS

1.3 ETAPAS DE COMPOSIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO

A realização deste trabalho é caracterizada pela natureza de um projeto aplicado e prático, pois possui como objetivo auxiliar o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano, por meio do desenvolvimento de um jogo sério ubíquo para dispositivos móveis que desempenhe o papel de uma ferramenta pedagógica que motive o aluno e auxilia no reforço dos assuntos pertinentes explanados em sala de aula. Seu desenvolvimento seguiu as seguintes etapas metodológicas: Pesquisas Bibliográficas, Planejamento e caracterização da proposta, Análise e especificação do jogo, Implementação e Testes.

A primeira etapa consistiu em realizar pesquisas bibliográficas que permitiu o aprimoramento dos conhecimentos nas áreas envolvidas deste trabalho e a construção dos fundamentos teóricos para o desenvolvimento do mesmo. Desse modo, foi possível identificar as principais propostas voltadas para o uso de jogos sérios ubíquos como ferramenta pedagógica para auxiliar o ensino-aprendizagem do plano cartesiano, mais especificamente, abordando o jogo batalha naval como base, onde os autores buscaram preencher lacunas existentes no ensino, assim como identificar os problemas e soluções propostas na literatura, e todas as informações relevantes para alcançar os objetivos definidos para esta pesquisa. As pesquisas bibliográficas foram realizadas nos repositórios das principais universidades brasileiras (USP, Unicamp, UFRJ e UFRGS), revistas e anais de eventos (SBIE, SIIE, CSBC, SBGames, RENOTE), e nas principais bases de publicações internacionais, (IEEE, ACM DL, Scopus e *Web of Science*).

Na etapa de planejamento e caracterização da proposta, após a aquisição dos fundamentos teóricos, buscou-se delimitar o escopo e identificar as características, funcionalidades, padrões e tecnologias de desenvolvimento a serem adotados. De acordo com pesquisas realizadas pelo *W3Techs* em 2018, a linguagem de programação mais utilizada na web do lado do servidor, é o PHP, com 83,5% de uso. Para a implementação e codificação do servidor do jogo, foi escolhido o *framework* Laravel, o mesmo trata-se de um framework livre e de código aberto que utiliza o PHP como linguagem de programação. Enquanto ao banco de dados do jogo, refere-se a um banco relacional feito com MySQL.

O *framework* ionic foi escolhido como tecnologia adotada durante o processo de implementação do aplicativo do jogo, o mesmo trata-se de uma ferramenta de desenvolvimento híbrida gratuita e de código aberto, ou seja, é possível fazer o uso tecnologias originalmente voltados para web e aplica-las no desenvolvimento de aplicativos móveis com diferente plataformas, como o *android* e o *ios*, e ainda assim, poder utilizar todos os recursos de hardware e software pertinentes às mesmas. Os *frameworks* para o desenvolvimento de aplicações híbridas, são responsáveis por realizar o empacotamento do código-fonte, implementado utilizando linguagens *web*, para as diferentes plataformas, permitindo que as aplicações finais sejam instaladas nos dispositivos e utilizem os recursos nativos dos mesmos (PREZOTTO; BONIATI, 2014). De acordo com Silveira e Medina (2017), o desenvolvimento de jogos sérios ubíquos utilizando ferramentas híbridas vem aumentando de forma recorrente nos últimos anos, quando comparadas às ferramentas de desenvolvimento nativas.

Segundo as Matrizes Disciplinares do Ensino Fundamental da rede estadual de Ensino do estado do Piauí, o plano cartesiano é inicialmente ensinado a partir do 6º ano do ensino fundamental, no qual o mesmo compreende crianças com a faixa etária de idade de 10 à 12 anos, nesse primeiro contato com o plano cartesiano, os discentes aprendem a identificar e localizar as posições de coordenadas cartesianas e os seus respectivos deslocamentos no plano a partir de situações-problemas que devem ser apresentada aos mesmo em forma de plantas, croquis e mapas. Desse modo, foi definido que crianças a partir do 6º ano do ensino fundamental seriam o público alvo desta pesquisa. Este trabalho visa a criação de um jogo sério ubíquo sensível ao contexto de localização do usuário com o foco de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano em atividades relacionado à identificação de coordenadas no mesmo. Para tanto, durante a etapa de planejamento e caracterização da proposta, delimitou-se o escopo da mesma através da construção de um cenário apropriado e condizente para a aplicação do jogo, descrito a seguir.

Após o discente ministrar em classe os conteúdos referentes à geometria analítica envolvendo o ensino do plano cartesiano ou a utilização deste como ferramenta para solução de problemas relacionados, o professor poderá utilizar o jogo educacional, como uma ferramenta para auxiliar a fixação na localização de coordenadas no plano cartesiano, possibilitando aos mesmos fazerem uso do conhecimento adquirido em sala de aula em uma aplicação prática e lúdica. A atividade a ser desenvolvida, por meio do jogo, com o propósito de reforçar a aprendizagem do plano cartesiano, trata-se de uma atividade extraclasse que possui como instrumento necessário para a sua realização a utilização de dispositivos móveis como

smartphones ou *tabletes* que possuam sensor de geolocalização, porém cabe ao professor, observando, entre outros aspectos, a viabilidade de execução, realizar a atividade na forma de aula de campo se assim desejar.

O jogo coletará informações relacionadas à localização do aluno, mais especificamente a latitude e longitude correspondentes à posição do mesmo, por meio da utilização do GPS, isso ocorrerá sempre que o jogador desejar batalhar em uma partida, dessa forma, após a coleta, não é necessário que o mesmo mantenha o GPS ativo, esse comportamento tem o objetivo de poupar o uso de bateria dos dispositivos dos jogadores. Os valores das coordenadas coletadas serão convertidos em números de menor escala, por meio de cálculos matemáticos, para facilitar o melhor entendimento do aluno. Além disso, também serão utilizados como variáveis em questões referentes à geometria analítica, em assuntos tais como a localização de pontos no primeiro, segundo, terceiro e quarto quadrante do plano cartesiano e para o posicionamento de embarcações que representarão as coordenadas geográficas dos jogadores em um plano cartesiano em tela que será montado baseada no contexto de localização dos mesmo, ou seja, para cada par de coordenadas será montado um plano cartesiano adaptado e ocasional.

O valor obtido referente à latitude da localização do usuário, será representado na reta correspondente ao eixo das ordenadas (y) do plano cartesiano e o valor que se refere à longitude, representado na reta corresponde ao eixo das abscissas (x), desse modo a localização do aluno será composta por duas variáveis: x e y , onde x será igual ao valor convertido da longitude e y ao valor convertido da latitude, representadas da seguinte maneira: (x, y) , conforme as regras do plano cartesiano.

Os jogadores serão divididos em cinco *levels* (níveis) onde cada *level* possui características e requisitos mínimos para ser alcançados. Os alunos realizarão batalhas entre si, no modo um contra um, porém as batalhas não ocorreram em tempo real, o servidor do jogo manterá uma base de dados da última localização coletada dos usuários. Desse modo, será apresentado ao jogador uma lista com os adversários que o mesmo pode desafiar. Ao escolher o adversário desejado, o jogo carregará as coordenadas do mesmo e se iniciará a partida.

O sistema de batalha ocorrerá em turnos, ou seja, cada jogador ataca por vez, sendo que os ataques do adversário escolhido, serão feitos pelo próprio jogo, por meio de cálculos de probabilidade de acerto e erro baseado no *level* do jogador adversário. Para o jogador sair vitorioso da partida, o mesmo terá que afundar a embarcação do adversário, para isso será

necessário identificar e informar as coordenadas do mesmo dentro de um intervalo de tempo, além de possuir uma quantidade limitada de chances de resposta.

O professor pode adotar diferentes formas para avaliar a execução da atividade pelos alunos, entre outras formas, pode-se exemplificar as seguintes situações: (a) o professor passa como exercício chegar ao *level 2* do jogo e trazer uma captura de tela como comprovação da realização da atividade. (b) o professor passa como exercício ao aluno realizar uma quantidade de 15 batalhas no jogo. (c) o professor passa como atividade o aluno alcançar a marca de 5 vitórias no jogo. Por meio dessas o docente poderá ter uma breve percepção de como está a assimilação do conteúdo pelos alunos.

Os resultados obtidos na etapa de planejamento e caracterização da proposta, foram importantes durante a realização da etapa seguinte, ou seja, a etapa de análise e especificação do jogo, a caracterização do cenário desenvolvido serviu para facilitar o levantamento e especificação dos requisitos necessários, uma vez que pelo mesmo foi possível criar uma abstração dos requisitos funcionais e não funcionais, onde são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Requisitos funcionais e não funcionais.

Requisitos	Descrição dos Requisitos
RF01	O jogo deve permitir o cadastro dos usuários
RF02	O jogo deve permitir a realização de <i>login</i> e <i>logout</i> dos usuários
RF03	O jogo deve identificar o contexto atual dos usuários
RF04	O jogo deve capturar a localização dos jogadores, por meio do GPS
RF05	O jogo deve permitir aos alunos buscar demais jogadores disponíveis
RF06	O jogo deve apresentar o posicionamento das embarcações dos jogadores em um tabuleiro em tela, baseado na localização real dos mesmos
RNF1	O jogo deve permitir acesso por meio de dispositivos móveis
RNF2	O jogo deve se comunicar com serviços web
RNF3	O jogo deve ser sensível ao contexto de localização do usuário
RNF4	O jogo deve prover suporte à sistemas operacionais <i>Android</i>
RNF5	O jogo deve prover suporte aos diferentes tipos de <i>hardware</i> dos dispositivos que operam os sistemas operacionais suportados.

Fonte: o autor (2018).

A partir da análise dos requisitos foi possível realizar a modelagem do banco de dados que é composto por três tabelas: *players*, *rematches* e *level*, apresentadas na Figura 4.

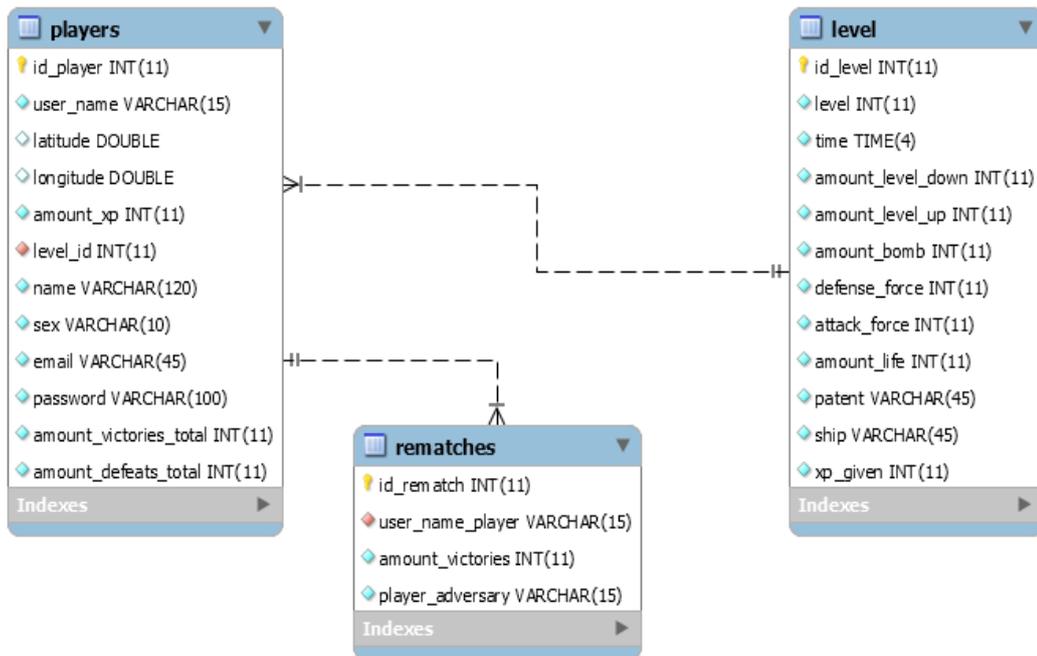


Figura 4 - Diagrama do banco de dados. Fonte: o autor (2018).

Na Figura 5, é exibido um diagrama UML de caso de uso, referente à batalha, para facilitar o entendimento e visualização do funcionamento da mesma.

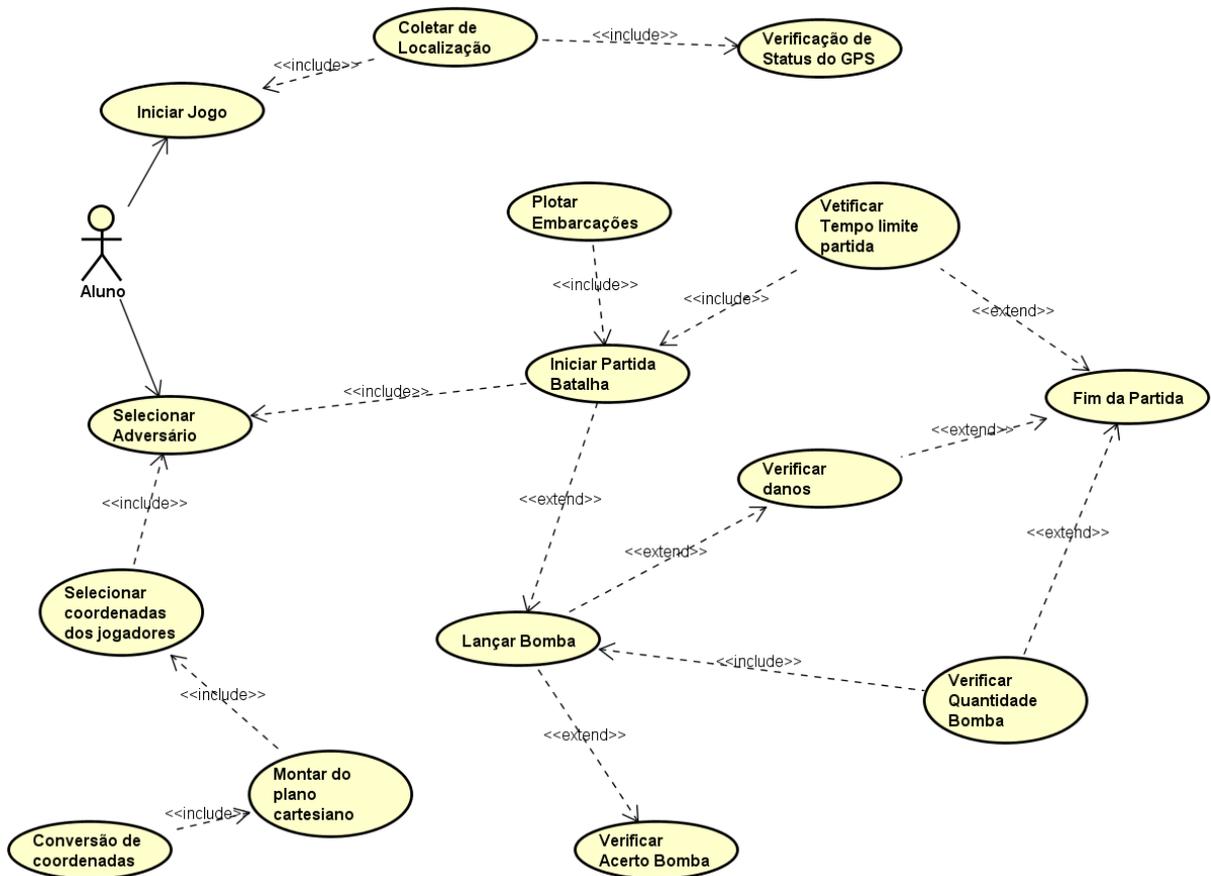


Figura 5 - Diagrama de caso de uso da partida. Fonte: o autor (2018).

Na Figura 6 é apresentado o digrama UML de atividade que corresponde ao início de uma batalha entre dois jogadores.

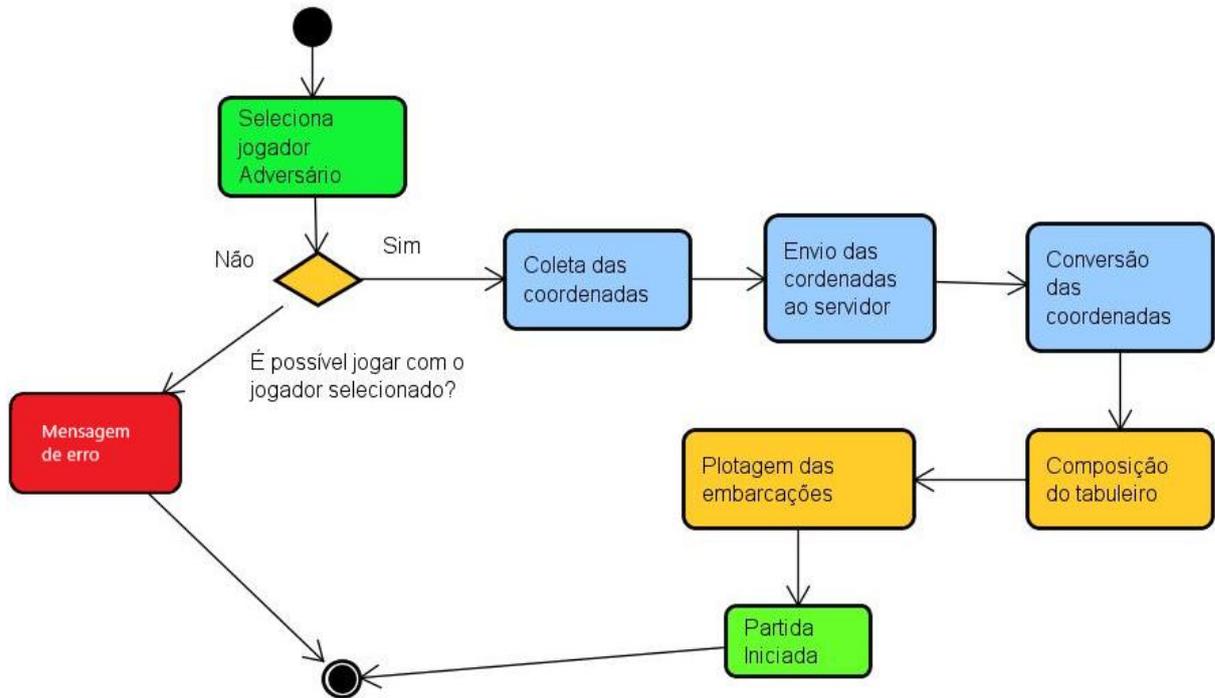


Figura 6 - Diagrama de atividade da partida. Fonte: o autor (2018).

A Figura 7 mostra o digrama de classe que corresponde às principais classes definidas durante a etapa de planejamento e caracterização da proposta a serem implementadas no jogo.

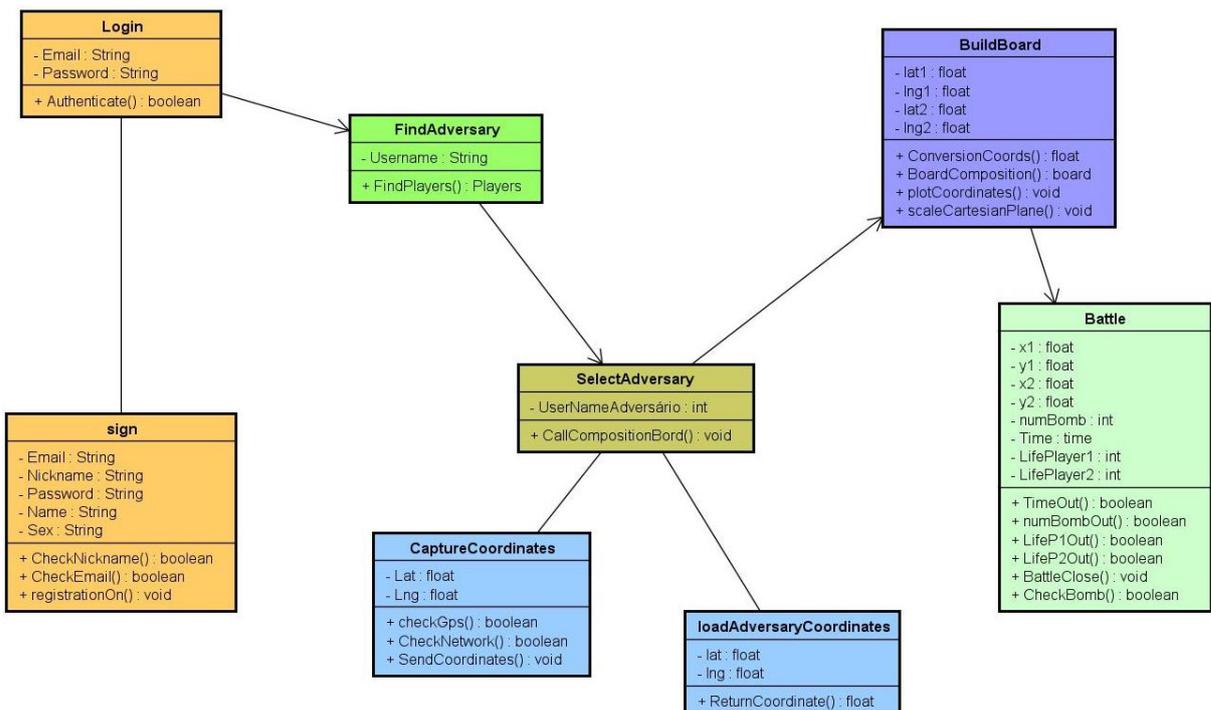


Figura 7 - Diagrama das principais classes a serem implementadas no jogo. Fonte: o autor (2018).

É possível observar, a partir do diagrama da Figura 5, que ao se iniciar o jogo, o mesmo realiza a coleta das coordenadas do jogador, porém antes de realizar a coleta, é verificado o estado de atividade do GPS. O aluno deve escolher um adversário para desafiar, logo em seguida é requisitado ao servidor a realização da operação de montagem do plano cartesiano baseado nas localizações envolvidas na partida, ou seja, os valores de latitude e longitude de ambos os jogadores. Para isso é necessário executar o processo de conversão das coordenadas, por meio de cálculos matemáticos, para permitir que ocorra a plotagem das embarcações e posteriormente o início da partida.

A construção da arquitetura do jogo foi baseada no modelo de arquitetura cliente-servidor, ou seja, trata-se de um sistema distribuído que possui os dispositivos dos alunos como os clientes da arquitetura e esses realizam requisições *web* a um servidor que possui como principal função, além de prover serviços, realizar as principais operações que requerem maior demanda de recursos computacionais, desse modo tentou-se diminuir ao máximo a necessidade de utilização de recursos de *hardware* dos dispositivos clientes.

A Figura 8, retrata uma representação da forma de comunicação adotada na arquitetura do jogo, os clientes realizam requisições HTTP ao servidor, esse faz um mapeamento da rota utilizada na requisição e em seguida faz uma chamada ao controlador responsável pela mesma, caso seja necessário realizar alguma persistência ou consulta ao banco, o controlador executa a operação por meio de um *model* que atua como uma espécie de intermediário no acesso ao banco de dados, ao final do atendimento da requisição a resposta do servidor ao cliente é realizada por meio de dados representados em JSON.

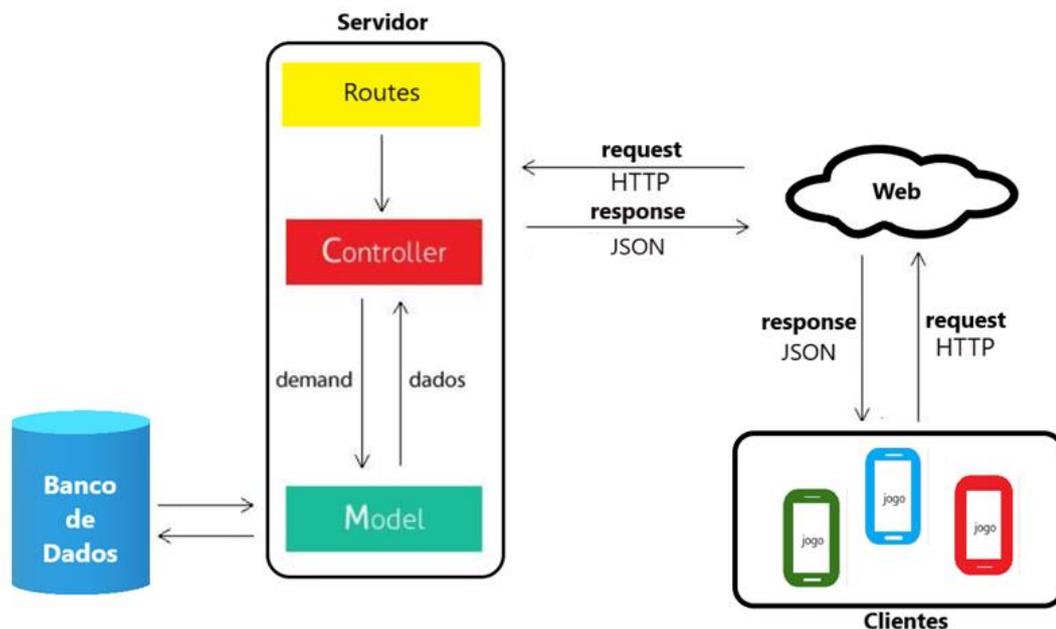


Figura 8 - Arquitetura do jogo. Fonte: Pelizza et al. (2017) adaptado pelo autor.

Além do mais foram produzidos alguns *layouts* do ambiente que ajudaram na implementação do jogo. Na Figura 9 é apresentado três protótipos de telas criadas na etapa de análise e especificação. A tela I, apresenta a tela inicial do jogo. A tela II mostra para o jogador os adversários disponíveis para desafio, são apresentadas algumas informações pertinentes sobre cada um dos possíveis adversários, tais como *level*, nome, quantidades de vitórias e derrotas, além dos valores de nível de ataque e defesa. A tela III, mostra o ambiente de batalha com um tabuleiro composto com os eixos do plano cartesiano, as embarcações dos jogadores posicionadas de acordo com as suas coordenadas reais, o tempo de partida disponível, a quantidade de bombas restantes e dois campos de entrada para os valores de x e y das coordenadas do jogador adversário que devem ser informadas pelo jogador para realizar o tiro contra a embarcação inimiga.

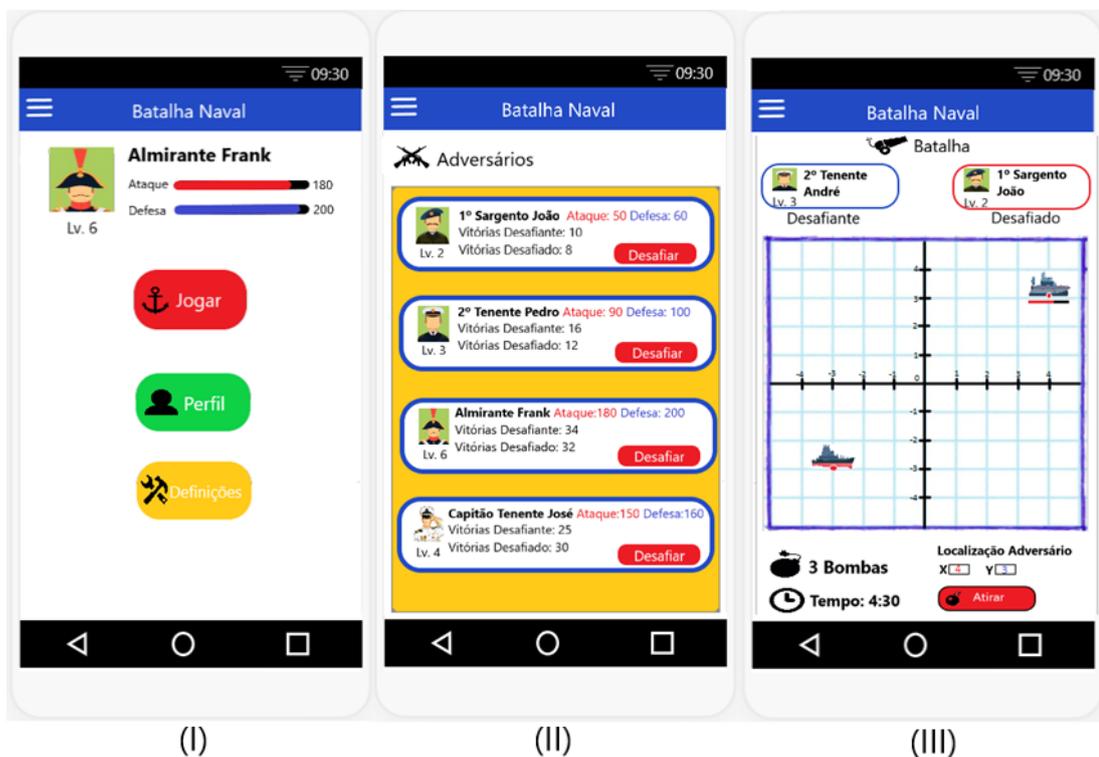


Figura 9 - Protótipos das telas do jogo. Fonte: o autor (2018).

A etapa seguinte consistiu na implementação do jogo, a princípio deparou-se com alguns desafios a nível técnico, entre eles a principal dificuldade foi encontrar uma forma de construir um plano cartesiano a partir de um par de coordenadas quaisquer. Admitindo-se, para efeito didático, que se deseja montar um tabuleiro, no qual duas retas pertencentes ao mesmo, representam os eixos do plano cartesiano, ou seja, os eixos x e y, e que a interseção entre essas retas represente o ponto (0, 0) do plano. A partir do mesmo cada interseção contida em ambas as retas correspondam a uma unidade escalar das retas cartesianas e que os únicos pontos que podem ser marcados no tabuleiro estão contidos dentro do universo combinatório entre as

escalas dos eixos, pode-se concluir, dessa forma, que o conjunto dos pontos demarcados possíveis em dado tabuleiro corresponde aos pontos de interseção entre as retas que o compõem.

O tabuleiro que se deseja construir é formado por n linhas horizontais e n linhas verticais que estão espaçadas de forma uniforme entre si e contém $(n - 1) * (n - 1)$ quadrantes. Um tabuleiro 8×8 (8 por 8), por exemplo, possui 8 linhas horizontais e 8 linhas verticais e a quantidade de pontos possíveis a serem marcados no mesmo é igual a multiplicação entre os valores de linhas horizontais e verticais, ou seja, $8 \times 8 = 64$, enquanto o número de quadrantes que o tabuleiro contém é igual a 49.

Desse modo deparou-se com as seguintes questões: como conceber um tabuleiro que possa contemplar um par de coordenadas quaisquer? Considerando que essas coordenadas somente podem ser plotadas nos pontos de interseção entre as retas contidas nesse tabuleiro, como realizar essa plotagem?

A Figura 10, ajuda a perceber o porquê de tais questionamentos. Na mesma é possível observar um tabuleiro, dois marcadores vermelhos e dois marcadores azuis, ambos os marcadores representam coordenadas aleatórias no globo. Os marcadores vermelhos estão posicionados de forma correta no tabuleiro sobre um ponto de interseção do mesmo. Porém é notório que o par de marcadores azuis não são contemplados, apesar de um dos marcadores está dentro da área que é abrangida territorialmente pelo tabuleiro. Ainda assim a mesma não se encontra sobre um ponto de interseção, dessa forma, o tabuleiro apresentado contempla apenas 121 coordenadas geográficas.

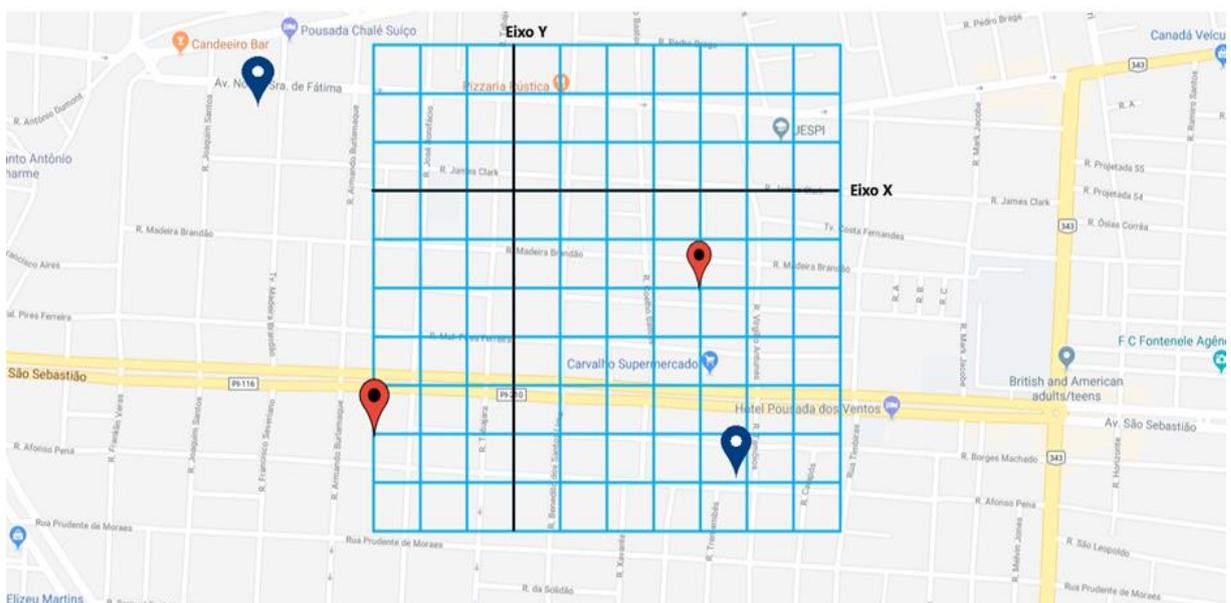


Figura 10 - Situação problema. Fonte: Google (2018) adaptado pelo autor.

Frente ao cenário de inúmeras possibilidades combinatórias entre pares de coordenadas dentro do globo, construir tabuleiros estáticos para abranger as diversas combinações possíveis torna-se inviável, desse modo, é necessário realizar uma construção dinâmica do tabuleiro, baseada no par de coordenadas que se deseja contemplar.

Para executar a criação dinâmica de um tabuleiro sensível ao contexto de localização dos jogadores envolvidos em uma dada partida, criou-se uma solução envolvendo conceitos cartográficos e procedimentos matemáticos que foram implementados no servidor. Após o jogador requisitar ao servidor o adversário que deseja desafiar, este proverá um serviço *web* de representação das coordenadas no tabuleiro para o início da partida entre os jogadores. A realização do processo de representação dos pontos geográficos dos jogadores constitui-se das etapas e procedimentos executados da seguinte maneira:

Inicialmente é realizada uma combinação entre as latitudes e longitudes das coordenadas dos jogadores. A latitude refere-se à distância de um ponto no globo terrestre até a linha do equador, sua variação ocorre sobre o meridiano de *greenwich*, este, por sua vez, pode ser relacionado no plano cartesiano ao eixo das ordenadas (y). A distância de um ponto no globo até o meridiano de *greenwich*, corresponde à longitude. A mesma varia sobre a linha do equador que representa, analogamente, o eixo das abscissas (x). Neste trabalho foi adotado o sistema de coordenadas geodésicas, expressas em graus decimais com precisão de 6 casas decimais, seguindo o modelo geodésico de referência WGS84, o qual, segundo o IBGE, é coincidente, para fins práticos, ao modelo SIRGAS2000, oficialmente adotado no Brasil.

As coordenadas de uma localização são constituídas por uma latitude e uma longitude e escritas normalmente na seguinte ordem: latitude, longitude. Considerando uma coordenada geográfica escrita da seguinte maneira: (lat, lng), e fazendo uma comparação a forma como é representado um ponto no plano cartesiano, ou seja, (x , y), onde x varia sobre um eixo horizontal, o eixo das abscissas, e y sobre um eixo vertical, o eixo das ordenadas, é possível observar que os valores de lat e lng são escritos de modo inverso à forma de escrita de um ponto cartesiano, ou seja, lat relaciona-se com y e lng com x . Esse é um ponto que pode causar dúvida e estranheza aos alunos e como o objetivo principal é auxiliar o ensino do plano cartesiano, isso será tratado de forma transparente para os usuários do jogo.

Considerando-se um jogador A com as coordenadas: (x_1 , y_1), e um jogador B com coordenadas: (x_2 , y_2), combina-se a latitude de qualquer um dos dois jogadores com a longitude do outro, ou seja, é possível conceber duas combinações possíveis: (x_1 , y_2) e (x_2 , y_1),

escolhe-se, porém, somente uma dentre as quais. Em seguida é realizado o cálculo de distância, utilizando a fórmula de *haversine*, assim como todos os cálculos de distâncias executados neste trabalho, entre as coordenadas dos jogadores e a coordenada obtida pela combinação das mesmas. Desse modo, é possível encontrar a distância entre as longitudes dos jogadores independentemente de suas latitudes, ou seja, a extensão longitudinal, assim como também a distância das latitudes independentemente das suas longitudes, a extensão latitudinal, por meio do auxílio da coordenada composta que permite traçar retas paralelas ou coincidentes à linha do equador e ao meridiano de *greenwich* e através dessas obter as distâncias de interesse. Independentemente da combinação escolhida entre as latitudes e longitudes dos jogadores para resultar na coordenada composta, é possível obter os mesmos resultados de distâncias. Se o cálculo de distância fosse realizado simplesmente entre os pontos (x_1, y_1) e (x_2, y_2) e esses não fossem paralelos, a linha reta traçada entre as duas coordenadas estaria disposta diagonalmente em relação a linha do equador e o meridiano *greenwich* o que não se deseja para o processo de criação do tabuleiro. Na Figura 11, é apresentada a representação gráfica do processo descrito anteriormente.

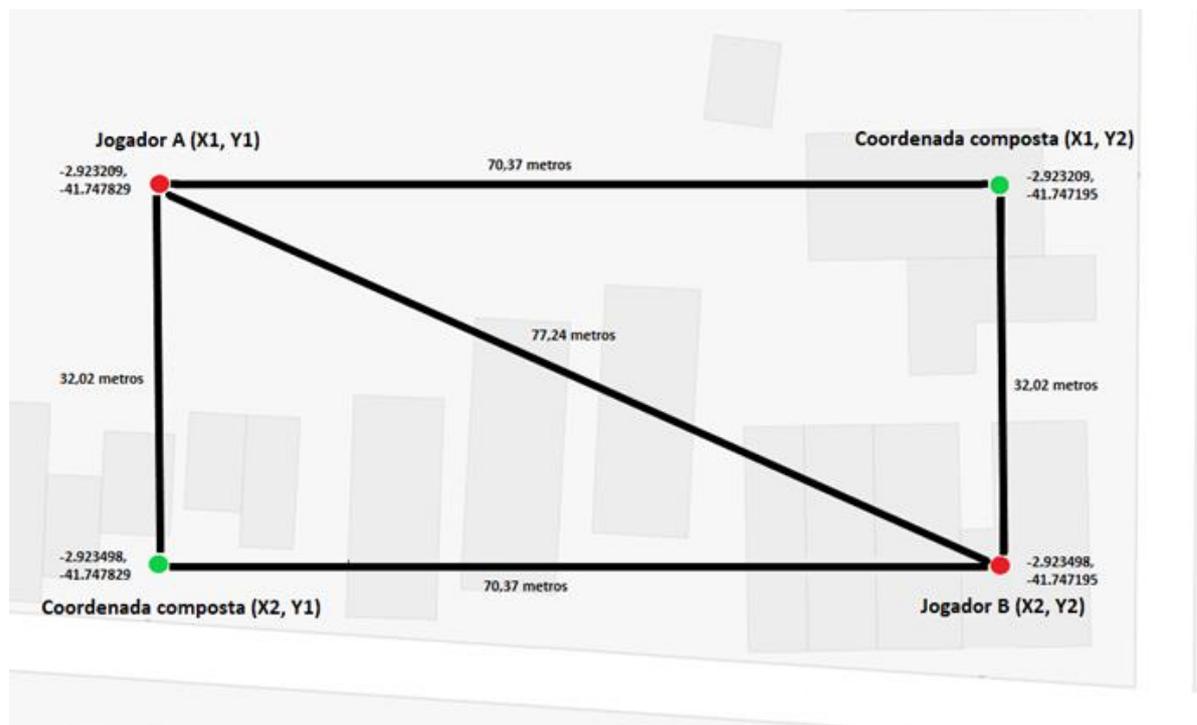


Figura 11 - Coordenadas combinadas. Fonte: Google (2018) adaptado pelo autor.

Segundo Ribeiro et al. (2013) e Nordin et al. (2012), a fórmula de *haversine* é uma função trigonométrica utilizada para calcular distâncias entre dois pontos de uma esfera onde a mesma é muito importante para a navegação. Para este trabalho sua precisão e resultados fazem-se satisfatórios. A fórmula é definida da seguinte maneira

$$d = 2R \arcsin \left(\sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

Onde: d é a distância entre os dois pontos, R é o raio da esfera, ϕ corresponde à latitude e λ à longitude.

De acordo com Choi (2007), a terra não possui a forma de uma esfera perfeita, pois a mesma apresenta achatamentos nas regiões polares, pode-se porém, para facilitar a execução de estudos, considerá-la como tal, o que representa um erro médio de 0,3% nos cálculos (Ribeiro et al., 2013). Desse modo, R foi assumido com o valor de 6371 km, o qual corresponde ao raio volumétrico da terra, segundo dados da NASA através do autor Williams (2017), o mesmo é obtido a partir do cálculo do raio de uma esfera que possui a mesma massa da terra. A Figura 12 mostra uma comparação entre os eixos do plano cartesiano e os pontos cardeais. Quando uma coordenada é deslocada em direção ao norte, ocorre uma adição ao seu valor de latitude, no caso de ocorrer uma deslocação para o sul, é realizada uma subtração na mesma. Ao ocorrer uma translação em direção ao oeste, a longitude é subtraída e quando deslocada em direção ao leste, uma adição ao valor da longitude da coordenada é realizada.

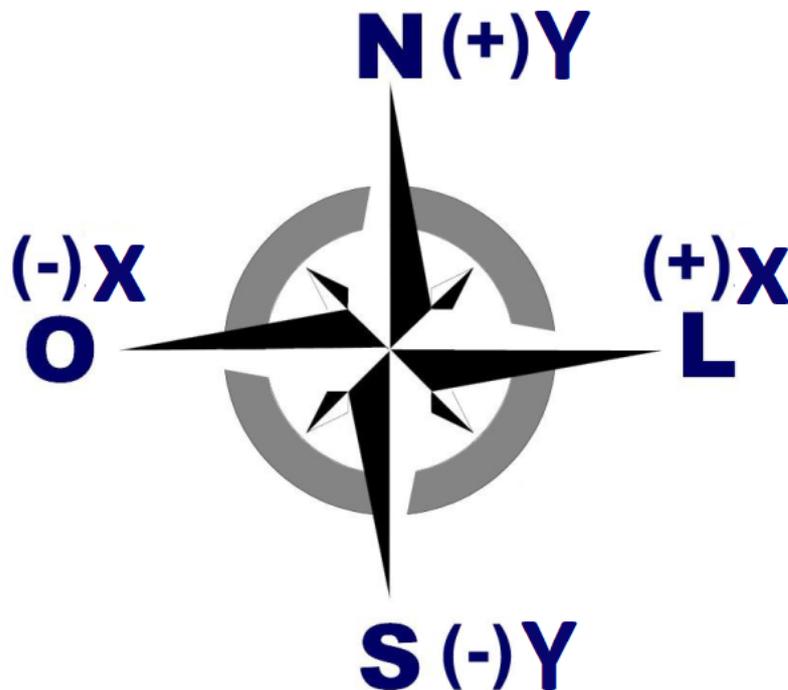


Figura 12 - Eixos cartesiano e os pontos cardeais. Fonte: Pitz (2015) adaptado pelo autor.

De posse das extensões latitudinais e longitudinais entre os jogadores, busca-se normatiza-las para valores múltiplos de 5, por meio da seguinte fórmula é realizado a normatização: $dist = dist - (dist \text{ mod } 5)$, onde $dist$ representa os valores das distâncias,

números que resultem, após a operação módulo, em valores iguais ou inferiores à 2,50 metros, são arredondados para o múltiplo de 5 imediatamente inferior, enquanto que os números que resultam em valores iguais ou superiores à 2,51 metros, são arredondados para o múltiplo de 5 imediatamente superior. Desse modo, o valor mínimo que as extensões latitudinais e longitudinais podem assumir é 2,51 metros.

Em seguida é feito uma comparação entre as extensões normatizadas em busca de obter-se a com maior valor. Definida a maior distância, dentre as extensões latitudinais e longitudinais, é escolhida a coordenada do jogador com a maior longitude, onde denomina-se para efeitos de estudo, como coordenada base. De modo aleatório escolhe-se um número disposto em um intervalo de 1 a 3 que multiplicará a maior extensão obtida, essa operação será realizada duas vezes e a cada vez o resultado será guardado. Para auxiliar no processo de entendimento, esses valores serão chamados de D1 e D2. Os valores de D1 e D2 possuem a função de auxiliar na demarcação de um par de coordenadas no globo, denominadas de coordenadas P1 e P2.

Em relação à coordenada base, P1 é demarcada D1 metros distantes, de modo que a sua latitude assuma o mesmo valor da latitude da coordenada base e deve resultar em uma coordenada com longitude inferior à longitude da mesma, ou seja, a coordenada P1 está à oeste da coordenada base. A coordenada P2 é constituída por uma longitude que possui igual valor à longitude da coordenada base e possui uma distância em relação à mesma de D2 metros, em que P2 possui uma latitude maior do que a latitude da coordenada base, desse modo, P2 localiza-se ao norte da mesma.

A implementação do serviço *web* de marcação das coordenadas P1 e P2 no servidor, baseou-se nas seguintes fórmulas matemáticas:

Sabe-se que o perímetro de uma circunferência é calculado da seguinte maneira: $P = 2\pi R$, desse modo, o perímetro da terra é dado por $P = 2 * 3,1416 * 6371$ que resulta em $P = 40.0030,27 \text{ Km}$

No sistema de geodésico expresso em graus (D), minutos (M) e segundos (S), têm-se as seguintes relações:

$$D = \frac{P}{360} \rightarrow \frac{40.0030,27}{360} = 111,20 \text{ km}$$

$$M = \frac{G}{60} \rightarrow \frac{111,20}{60} = 1,854 \text{ km}$$

$$S = \frac{M}{60} \rightarrow \frac{1,854}{60} = 0,0309 \text{ km}$$

Transformando S de quilômetros para metros obtém-se: $S = S * 1000 \rightarrow 0,0309 * 1000 = 30,90 \text{ metros}$. Deseja-se descobrir quantos graus decimais aproximadamente correspondem à distância de 5 metros, para isso realiza-se:

$$S = 30,90 \text{ metros}$$

$$X = 5 \text{ metros}$$

$$\rightarrow 30,90X = 5 \rightarrow X = \frac{5}{30,90} = 0,1620 \text{ segundos}$$

Para converter segundos em graus decimais deve-se fazer a seguinte operação $D_{dec} = \frac{S}{3600}$, dessa maneira para converter 0,1620 segundos calcula-se: $D_{dec} = \frac{0,1620}{3600} \cong 0,000045$. Desse modo têm-se que 5 metros correspondem aproximadamente à 0,000045 graus decimais.

Após testes utilizando a fórmula de *haversine*, observou-se que a cada 5 metros ocorre uma variação, para menos, de aproximadamente 0,00274 metros, para coordenadas que variam a longitude, apenas, ou seja, variam a extensão longitudinal em relação a uma coordenada de partida qualquer, optou-se por compensar essa variação de 5 km em 5 km, uma vez que para essa distância a variação é em média 2,74 metros, para menos, é somado uma compensação de aproximadamente 2,5 metros que correspondem à 0,000022 graus decimais.

Também a cada 5 metros ocorre uma variação, para mais, aproximada de 0,00377 metros, para coordenadas que variam apenas sua latitude, ou seja, variam a extensão latitudinal em relação a um ponto qualquer, optou-se por manter o padrão de compensação de 5 km em 5 km. A variação alcançada na marca de 5 km é de 3,77 metros, para mais, diante disso, realiza-se uma subtração de 4 metros aproximadamente, como compensação, que correspondem a 0,000036 em graus decimais.

É apresentado na Figura 13 a função *markingCoordinates* que é responsável por gerar e retornar coordenadas que estão, aproximadamente, a x metros distantes de um ponto de referência e que são demarcadas assumindo os valores de latitude ou longitude da coordenada

de partida de forma que seja possível traçar uma reta paralela à linha do equador ou ao meridiano de *greenwich* entre a coordenada desejada e a coordenada de referência. O primeiro parâmetro de entrada da função é um *array* com duas posições, em que a primeira guarda a latitude da coordenada de referência e a segunda a longitude da mesma. O segundo parâmetro corresponde à distância desejada expressa em metros e o terceiro representa a direção que a coordenada gerada deve assumir em relação ao ponto de partida. Desse modo, as coordenadas geradas à oeste (*west*) ou leste (*east*) da coordenada referência, variam sobre a linha do equador, ou seja, variam os valores da longitude, assumindo a latitude do ponto de partida, enquanto que as coordenadas geradas ao norte (*north*) ou ao sul (*south*) de um ponto de referência variam os valores de latitude sobre o meridiano de *greenwich* e assumem o valor de longitude da coordenada de referência. A função realiza também a compensação nos valores das coordenadas geradas.

```
public static function markingCoordinates($CRef, $dist, $direction){

    if(($direction == 'west') or ($direction == 'east')){

        $distDegreesDec = ($dist / 5) * 0.000045;
        $distDegreesDec += ( floor(( $dist / 5) / 1000 )) * 0.000022; //compensação

        $markCoord[0] = $CRef[0];
        //verificando de fato se a coordenada é ao OESTE(-) ou ao LESTE(+)
        $direction == 'west' ? $markCoord[1] = $CRef[1] - $distDegreesDec :
        $markCoord[1] = $CRef[1] + $distDegreesDec;

        return $markCoord;
    }else{
        $distDegreesDec = ($dist / 5) * 0.000045;
        $distDegreesDec -= ( floor(( $dist / 5) / 1000 )) * 0.000036; //compensação

        //verificando de fato se a coordenada é ao NORTE(+) ou ao SUL(-)
        $direction == 'north' ? $markCoord[0] = $CRef[0] + $distDegreesDec :
        $markCoord[0] = $CRef[0] - $distDegreesDec;

        $markCoord[1] = $CRef[1];

        return $markCoord;
    }
}
```

Figura 13 - Função de marcação de coordenadas. Fonte: o autor (2018).

A Figura 14 ilustra o resultado dos cálculos e procedimentos apresentados anteriormente, toma-se como base os mesmos dados contidos na Figura 11. A extensão

longitudinal entre as coordenadas dos jogadores era igual à 70,37 metros, enquanto a extensão latitudinal igual à 32,02 metros, após a normatização, obtiveram-se como resultado 70 metros e 30 metros. Dentre as distâncias resultantes, a extensão longitudinal mostra-se ser a maior. A Coordenada base, para esse exemplo, é a coordenada do jogador B por possuir a maior longitude. Os valores de D1 e D2 são iguais à 2 e 3, respectivamente, escolhidos de forma aleatória. As coordenadas P1 e P2, possuem a função de auxiliar a marcação da coordenada denominada ponto inicial ou A1. O ponto inicial trata-se da combinação entre a latitude da coordenada P2 e a longitude da coordenada P1, o mesmo assume o papel de iniciar a demarcação e mapeamento do tabuleiro construído a partir das coordenadas dos jogadores.



Figura 14 - Coordenadas base. Fonte: Google (2018) adaptado pelo autor.

Logo após, são somadas as distâncias D1 e D2, representadas na Figura 15, como as variáveis $\$distIP1$ e $\$distIP2$, o resultado da soma é guardado na variável $\$distTotal$ que é dividido por $\$numSquare$, um número que está compreendido no intervalo de 7 a 15, escolhido de modo aleatório e que determina o tamanho do tabuleiro construído, o resultado é atribuído à variável $\$sizeSquare$. A variável $\$board$ trata-se de uma matriz de vetores que representa um dado tabuleiro construído a partir de um par de coordenadas, $\$board$ armazena todas as coordenadas que correspondem aos pontos de interseção entre retas perpendiculares do tabuleiro, ou seja, retas que cruzam-se formando um ângulo reto.

Ao leste do ponto inicial marca-se, por meio do uso da função *markingCoordinates*, uma coordenada que está *\$sizeSquare* metros distantes de A1, nomeia-se essa coordenada como A2, a partir de A2 é realizado a mesma operação, ou seja, é marcado um ponto *\$sizeSquare* metros distantes de A2, o que obtém o ponto A3, essa operação é repetida *\$numSquare* vezes. Denomina-se essa operação como cálculo de marcação horizontal. Posteriormente, torna-se ao ponto inicial e ao sul deste marca-se um ponto *\$sizeSquare* metros de distância de A1, a esse ponto dar-se o nome de B1. A partir de B1 realiza-se o cálculo de marcação vertical, ao final, torna-se ao ponto B1 e marca-se um novo ponto ao sul e *\$sizeSquare* metros distantes, o qual é denominado de C1 e partir do mesmo realiza-se mais um vez o cálculo de marcação vertical. Todo esse processo continua a se repetir sucessivamente até que se obtenha todos as coordenadas correspondentes aos pontos de interseção entre as retas de um determinado tabuleiro.

```

$distTotal = $dist1P1 + $dist2P1;

//Ponto inicial
$board[0][0] = array($coord1P2[0], $coord1P1[1]);

//definindo quantidade e tamanho dos quadrantes do tabuleiro
$numbSquare = mt_rand(7,15); // numbSquare+1 resulta em um tabuleiro numbSquare+1 por numbSquare+1
$sizeSquare = round($distTotal / $numbSquare);

//marcando pontos do tabuleiro
for($j = 1; $j<=$numbSquare+1; $j++){
    for($i = 1; $i<=$numbSquare; $i++){
        $board[$j-1][$i] = Helpers::markingCoordinates($board[$j-1][$i-1], $sizeSquare, 'east');
    }
    if($j!= $numbSquare+1){
        $board[$j][$i-1] = Helpers::markingCoordinates($board[$j-1][$i-1], $sizeSquare, 'south');
    }
}

```

Figura 15 - Mapeamento do tabuleiro. Fonte: o autor (2018).

Devido à grande quantidade de combinações possíveis entre as coordenadas dos jogadores envolvidos em uma partida e a dificuldade de se criar tabuleiros que se adequem exatamente a cada combinação, optou-se por transladar as coordenadas dos jogadores para o ponto de interseção mais próximo das mesmas. Um Tabuleiro é constituído por quadrantes ou quadrados, esses são formados e delimitados por quatro pontos de interseção e,

consequentemente, composto por quatro retas, cada aresta dos quadrantes possuem um tamanho de $\$sizeSquare$ metros. Um jogador sempre estará dentro da área de delimitação de um quadrante qualquer, considerando é claro que o mesmo pertence a um tabuleiro construído a partir das coordenadas desse jogador e o seu oponente, contudo, não basta apenas descobrir a qual quadrante o jogador pertence, mas sim qual ponto de interseção o jogador está mais próximo. Para isso é realizado um cálculo de distância entre a coordenada do jogador e os pontos de interseção do tabuleiro, ou seja, as coordenadas guardadas na matriz $\$board$, a coordenada do jogador é transladada para o ponto de intersecção que apresentar a menor distância, o mesmo é realizado para as coordenadas do jogador adversário. A Figura 16, ilustra um exemplo onde as coordenadas dos jogadores são transladadas para o ponto de interseção mais próximo.

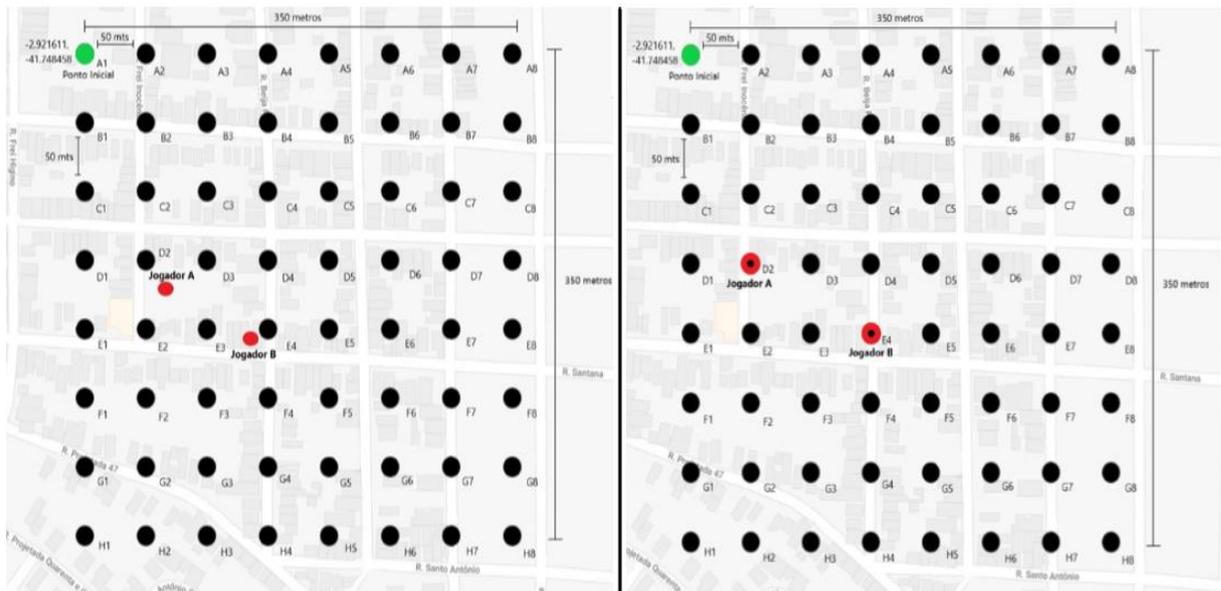


Figura 16 - Translação das coordenadas dos jogadores. Fonte: Google (2018) adaptado pelo autor.

Em seguida, é escolhido por meio de sorteio um ponto de interseção para representar a coordenada $(0, 0)$ do plano cartesiano. A latitude e longitude da coordenada escolhida é utilizada para determinar o traçado do eixo das ordenadas e do eixo das abscissas, respectivamente. Todas as coordenadas da matriz $\$board$ que possuem o mesmo valor de longitude do ponto 0, compõem o eixo das abscissas, enquanto aquelas que possuem o mesmo valor da latitude, constituem o eixo das ordenadas. No exemplo apresentado na Figura 17 a contagem das unidades no eixo das abscissas ocorre de 1 em 1, ou seja, trata-se de uma progressão aritmética com razão 1 em que o termo inicial é o ponto 0 e que dependendo do quadrante tal razão assume o valor negativo -1, entretanto, essa razão poderia ser de 2, 5, 20 entre outros valores, pois isso depende do *level* do jogador adversário, é possível ainda que a

razão da progressão aritmética assume valores decimais. O ponto F3 representa, no exemplo dado na figura 17, a coordenada (0, 0) do plano cartesiano.

Com os eixos x e y demarcados e devidamente enumerados é possível determinar os valores atribuídos a cada ponto de interseção no tabuleiro em relação aos eixos, inclusive os valores atribuídos às localizações dos jogadores, para o exemplo ilustrado na Figura 17, as coordenadas do jogador A são (-1, 2), enquanto que as do jogador B são (1, 1). É importante frisar que tabuleiro montado e os valores cartesianos das localizações dos jogadores são montadas sempre de forma ocasional, ou seja, dada duas coordenadas quaisquer, onde deseje-se realizar o mapeamento de um tabuleiro a partir das mesmas, a cada vez que o serviço *web* for requisitado para as dadas coordenadas, o mesmo retornará, possivelmente, valores e resultados diferentes, porém correspondentes os valores reais das coordenadas dos jogadores, buscando tornar o processo de aprendizado mais lúdico, dinâmico e simples para o aluno. Ao final a função responsável por realizar o mapeamento do tabuleiro, retorna um objeto JSON com a matriz $\$board$, os valores das coordenadas transladadas dos jogadores, os vetores $\$axisX$ e $\$axisY$ com as longitudes e latitudes que compõem os eixos x e y, respectivamente e os valores pontos cartesianos correspondentes às coordenadas dos jogadores

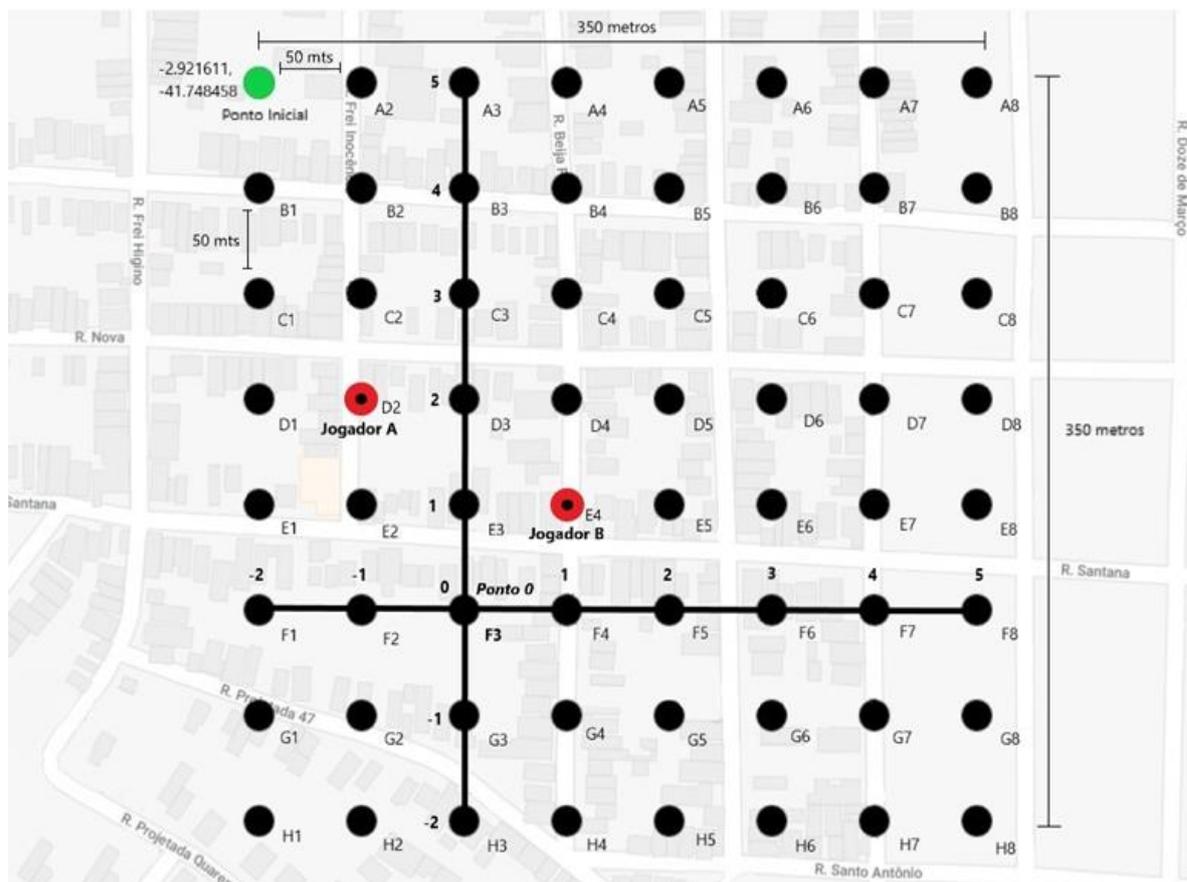


Figura 17 - Tabuleiro construído. Fonte: Google (2018) adaptado pelo autor.

Uma das formas exploradas neste trabalho para construção de um ambiente que proporcione ao aluno o interesse e a motivação ao longo da utilização do jogo, foi a aplicação de um sistema de *feedback*, ou seja, as ações e conquistas dos usuários geram benefícios e recompensas para os mesmos, buscando indicar aos jogadores o seu progresso no jogo e motivando-os a avançarem e quererem alcançar novas conquistas. Segundo os autores Johnson (2006) e Mendes (2011) a busca na concepção de jogos pedagógicos que instiguem ao aluno a continuar jogando, está centrada na diversão proporcionada pelo mesmo, pois os jogos possuem um grande potencial de diversão baseado na ideia de desafio-recompensa. Desse modo foi elaborado um conjunto hierárquico de *levels* que estipulam metas a serem atingidas pelos usuários para que os mesmos possam galgar entre os diferentes níveis até atingir o mais alto.

A Tabela 2, apresenta os 5 *levels* existentes no jogo, sendo o *level 1* o inicial e o *level 5* o final. Em busca de gerar um maior interesse e sensação de recompensa para o usuário, cada *level* possui uma patente e uma embarcação que foram definidos embasados no sistema real de patentes da marinha brasileiras e no real poder militar das embarcações, além disso cada *level* possui ainda um valor de poder de ataque e um valor de poder de defesa e vida, tais valores influenciam durante uma partida. Cada nível possui requisitos mínimos para serem alcançados, isso baseia-se na quantidade de xp que o jogador possui, ou seja, a quantidade de experiência do mesmo. Outro aspecto importante é a quantidade recompensada de xp que representa o valor de xp ofertado ao jogador que vence um outro jogador com um dado *level*.

Tabela 2 - Características dos *levels* presentes no jogo.

Level	Patente	Embarcação	Faixa de xp	Força de defesa	Força de ataque	Quantidade de vida	Quantidade recompensada de xp
1	Cabo	Corveta	0 - 500	20	30	100	70
2	Sargento	Fragata	501 - 1251	25	35	120	90
3	Tenente	Contratorpedeiro	1251 - 2252	30	40	130	120
4	Capitão	Cruzador	2253 - 3453	40	50	135	150
5	Almirante	Encouraçado	> 3453	50	60	150	170

Fonte: o autor (2018).

A definição e implementação de cada *level* do jogo foi constituída baseada no objetivo de proporcionar aos jogadores desafios que gradualmente vão aumentando a complexidade e desse modo permitir aos alunos interagirem com diferentes situações-problemas envolvendo a identificação de pontos no plano cartesiano.

Um dos fatores importantes na concepção de um jogo, apresenta-se na forma como o mesmo consegue envolver e atrair o jogador por meio de desafios e problemas, ou seja, o quanto o jogo é capaz de motivar os usuários a quererem vencer transpassando os obstáculos presentes. Observando tais aspectos foi construído um esquema de desafios que procurou contemplar as diferentes situações e complexidades na identificação de pontos no plano. A Tabela 3, demonstra a forma como os desafios são apresentados ao jogador ao longo do jogo, pode-se observar que dificuldade vai sendo elevada de acordo com o nível buscando proporcionar ao aluno a oportunidade de utilizar aquilo que foi visto em sala de aula para progredir e vencer no jogo.

Tabela 3 - Divisão de complexidade dos desafios do jogo.

Level	Quadrante	Razão constante da escala	Quantidade de bombas	Tempo de partida
1	1°	1	5	5 minutos
2	1 ^a	Um número par no intervalo de 2 a 10	4	4 minutos
3	1°, 2°, 3° e 4°	1	4	3 minutos
4	1°, 2°, 3° e 4°	Um número par no intervalo de 2 a 10	3	2 minutos e meio
5	1°, 2°, 3° e 4°	Números decimal com precisão de uma casa decimal	3	2 minutos

Fonte: o autor (2018).

Para a construção visual do tabuleiro contendo o plano cartesiano e a plotagem das embarcações que representam as posições geográfica dos alunos, foi escolhido utilizar a API do Google Maps em javascript como ferramenta auxiliadora para a elaboração gráfica do tabuleiro. Em um primeiro momento levantou-se a hipótese de utilizar apenas imagens estáticas previamente carregadas e escolhidas a partir do tamanho do tabuleiro retornado pelo serviço *web*, dessa forma o serviço desempenharia o papel de apenas descobrir os valores cartesianos

das localizações dos jogadores dentro de um tabuleiro qualquer, de modo que seria apresentado ao aluno apenas uma imagem de um tabuleiro em que no mesmo teriam sido posicionadas as embarcações dos jogadores nos pontos de interseção, porém optou-se por utilizar uma reprodução visual que proporcionasse uma maior percepção da sensibilidade ao contexto de localização que o jogo possui. Em outras palavras procurou-se tornar mais perceptível ao aluno que um tabuleiro de uma dada partida reflete diretamente as suas coordenadas e as do seu adversário e não apenas em um tabuleiro estático que não está relacionado com o contexto de localização dos alunos.

Por meio da API do Google Maps foi feita a construção visual do tabuleiro, onde o mesmo é desenhado por cima de um mapa, através da utilização dos dados das coordenadas retornadas pelo servidor *web*. Foi utilizado funções de desenho que a API disponibiliza para criar o tabuleiro, desse modo foi possível desenhá-lo sobre um mapa personalizado de modo que foi retirado alguns marcadores e rótulos para que o mesmo pudesse possuir apenas as informações necessárias para não atrapalhar na visualização e reconhecimento do tabuleiro e das embarcações por parte do aluno.

As embarcações são marcadas no mapa utilizando a localização translada retornada pelo servidor, o marcador padrão da API foi substituído pelas imagens das embarcações. Os eixos cartesianos foram destacados no tabuleiro por meio da diferenciação de cor, a escala numérica dos eixos foi adicionada por meio de marcadores posicionados nos pontos de interseção que compõem os eixos.

Por se tratar de um mapa comum, em que o mesmo permite a navegação por todo o globo e a alteração dos valores de *zoom* entre outros aspectos, foi tratada a forma como o usuário pode interagir com o mapa, restringindo o intervalo em que o *zoom* pode ser alterado e não permitindo que os pontos que constituem o mapa saiam totalmente da tela de visualização, caso isso ocorra automaticamente é alterado a visualização do mapa recolocando o tabuleiro no campo de visão.

Em relação ao sistema de danos presente no jogo durante as partidas, foi elaborado uma forma bem simplória para calcular o dano causado por um jogador. A Seguinte fórmula reflete o cálculo utilizado para obter o valor em porcentagem da quantidade de vida restante de um jogador após receber um ataque: $Lp1 = 100 - \frac{Dp2 * 100}{Lp1}$, onde $Lp1$ representa a quantidade de vida do jogador 1 e $Dp2$ a força de ataque do jogador 2. Foi implementado um sistema de revanches no jogo, onde cada jogador possui uma lista composta por jogadores que o

desafiaram e venceram. Esse artifício foi desenvolvido buscando aumentar o engajamento dos alunos no jogo por meio da competitividade.

O sistema de batalha do jogo consiste em turnos, ou seja, cada jogador realiza suas ações intercaladas com as ações do jogador adversário, sendo as ações deste controladas pelo próprio jogo. Cada jogador pode realizar um único tiro por vez, o local de queda de um tiro é representado no mapa por meio de um marcador animado, ou seja, o usuário informa as coordenadas cartesianas e as mesmas são correlacionadas às coordenadas geográficas, caso o jogador informe um valor fora do intervalo das escalas dos eixos, é indicando o erro cometido ao jogador, caso o tiro seja bem sucedido, o dano causado reflete-se na barra indicativa de vida do jogador atingido.

Optou-se por não realizar as batalhas *online* com o objetivo de economizar o consumo de dados e não requerer uma *internet* banda larga, além de simplificar a implementação. Dessa maneira as ações do jogador adversário são controladas pela própria aplicação baseada no *level* que o mesmo possui. Foi estipulado parâmetros estatísticos que definem a probabilidade de acerto do jogador adversário e a área estipulada de queda do tiro caso ocorra o erro, buscando criar uma coerência e uniformidade no comportamento das ações do adversário, por exemplo, um jogador que possui uma probabilidade de acerto alta, não deve realizar um tiro completamente distante do alvo, a Tabela 4 reflete os parâmetros estipulados.

Tabela 4 - Parâmetros de acerto e forma de erro do jogador adversário.

Level	Probabilidade de acerto jogador adversário	Probabilidade de erro do jogador adversário	Área de queda no tabuleiro em caso de erro
1	30%	70%	100%
2	40%	60%	Os 50% que contém o alvo
3	55%	45%	Os 50% que contém o alvo
4	75%	25%	Os 25% que contém o alvo
5	90%	10%	Os 25% que contém o alvo

Fonte: o autor (2018).

Foi implementado no jogo algumas outras funcionalidades tais como verificação de conexão à internet, verificação de estado de atividade do sensor GPS e de permissões concedidas, realização de novo cadastro, verificação de *ninckname* e *e-mail* disponíveis, realização de *login* o qual foi utilizado o algoritmo de criptografia *bcrypt* (PROVOS; MAZIERES, 1999), realização de *logout*, atualização de coordenadas, verificação de tempo restante, verificação de quantidade de bombas restantes, verificação de novo *level* alcançado, verificação de acerto e erro de coordenadas, verificação de vitória e derrota de uma partida, verificação de partidas possíveis a serem realizadas baseadas nos requisitos mínimos de distâncias de localização, adição de nova revanche e cálculo de batalhas realizadas.

TESTES E VALIDAÇÃO DA PROPOSTA

Neste capítulo são explanados os testes realizados com o propósito de validar os diferentes aspectos abordados ao longo desta pesquisa no que se refere às funcionalidades implementadas no jogo, às características de usabilidade da ferramenta, o objetivo do jogo em beneficiar o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano despertando o interesse e motivação dos discentes e reforçar os conteúdos ministrados em sala.

1.4 TESTE FUNCIONAIS

Os resultados dos testes obtidos por este trabalho consistiram em artefatos gerados pelo mesmo relacionados às telas e funcionalidades implementadas no jogo, além dos serviços *web* fornecidos pelo servidor desenvolvido, esses foram validados por meio de testes funcionais realizados, por meio da utilização de *smartphones* e *tablets* com o sistema operacional *android*, pelo próprio autor e com ajuda de colaboradores que se disponibilizaram a contribuir nas tarefas avaliativas desta pesquisa, onde buscou-se observar e validar os comportamentos apresentados pelo aplicativo do jogo e pelo servidor, atentando-se à possíveis inconformidades e erros durante a execução dos testes.

A Figura 18 apresenta os testes de funcionalidades da tela de cadastro, na mesma é solicitado ao usuário disponibilizar informações de nome, *email*, sexo, *password* e *nickname*, para este é necessário efetuar a verificação de disponibilidade do mesmo, pois cada jogador deve possuir um valor de *nickname* único, a tela III da Figura 18 apresenta um exemplo de verificação bem sucedida de *nickname*. Logo após o usuário preencher corretamente todos os dados referentes ao cadastro, o jogo realiza o envio dos mesmos ao servidor, o qual verifica a unicidade do *email* na base de dados, executa a encriptação do *password*, informado pelo usuário, por meio do algoritmo *bcrypt*, cujo o mesmo trata-se de um algoritmo de criptografia do tipo *hash*, proposto pelos autores Provos e Mazieres (1999) como uma forma de melhorar a segurança das senhas através de um algoritmo que pudesse se adaptar às características de *hardware* de um dado dispositivo mantendo um nível de segurança satisfatório, e em seguida o servidor realiza a persistência dos dados informados no banco. A tela IV da Figura 18 representa um exemplo de cadastro realizado com sucesso, no qual o jogo requer, em seguida, ao aluno a realização de *login* redirecionando-o para a tela apropriada.

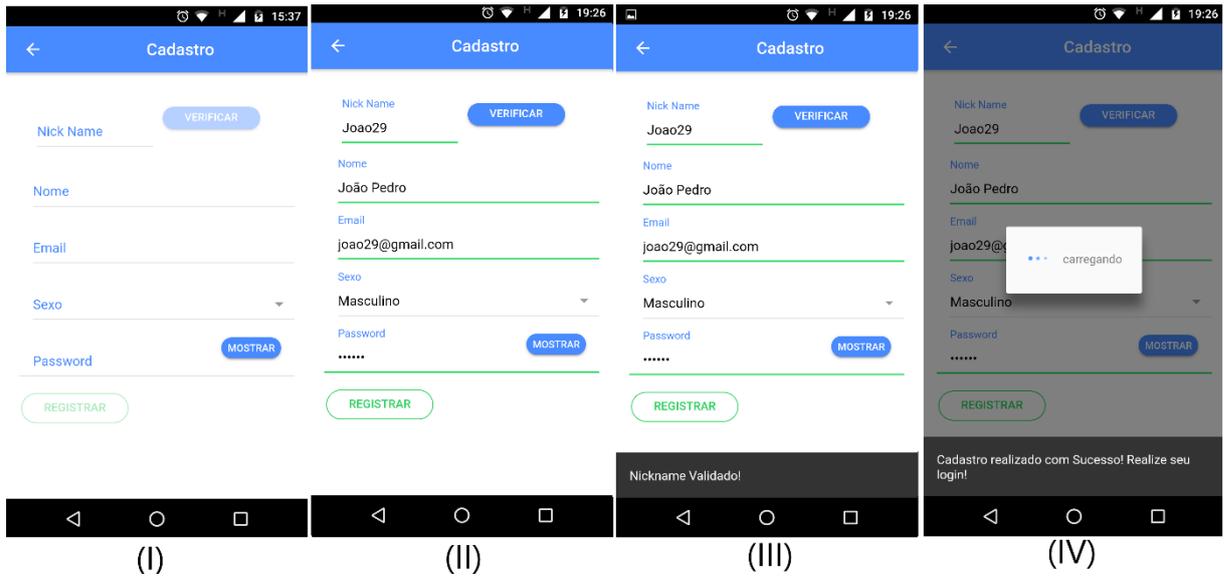


Figura 18 - Comportamentos da tela de cadastro. Fonte: autor (2018).

Na figura 19 é apresentado os comportamentos pertinentes à tela de *login*, na mesma é exibido ao jogador os campos de *email* e senha e os botões *logar*, mostrar senha digitada e registrar novo usuário, este direciona o usuário à tela de cadastro. Na tela I da Figura 19 é demonstrado a tela de *login* sem nenhum dado inserido, conseqüentemente, o botão de *logar* encontra-se desabilitado, pois o mesmo somente é habilitado após o usuário informar um *email* válido e um *password* com no mínimo 6 caracteres. A tela II mostra os dados inseridos corretamente pelo usuário e o botão *logar* pronto para realizar a requisição de autenticação de usuário ao servidor. A tela III da Figura 19 mostra uma falha de autenticação devido informações incorretas de senha ou *email*, enquanto que na tela IV ocorre a validação de autenticidade de usuário e por consequência o jogador é redirecionado para a tela principal.

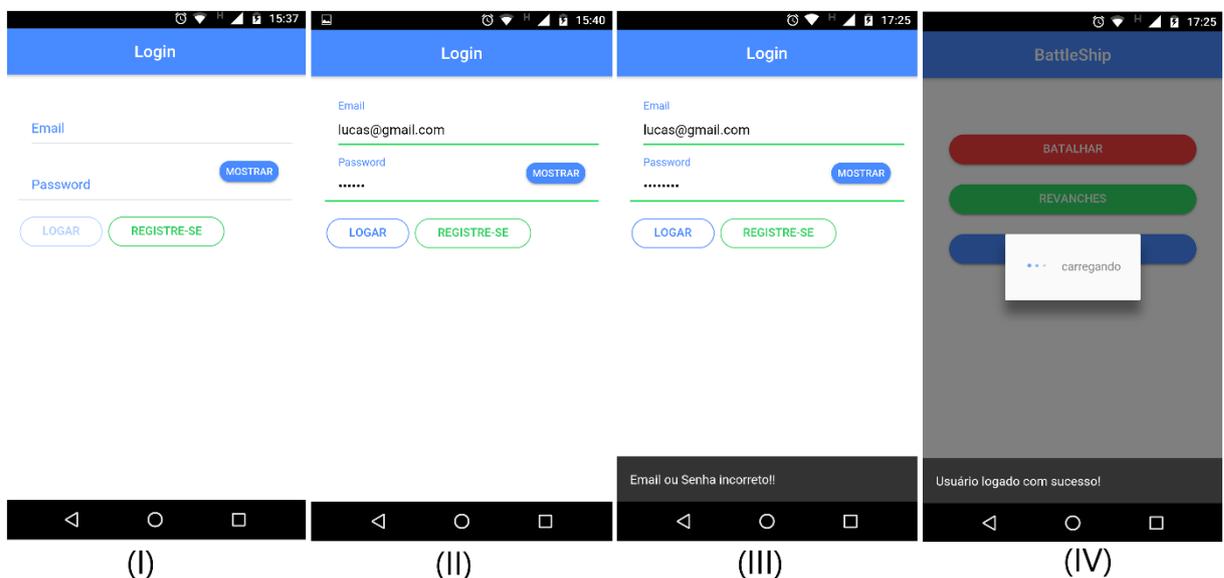


Figura 19 - Comportamentos da tela de login. Fonte: autor (2018).

Logo após o usuário realizar *login*, o mesmo é redirecionado para tela principal do jogo, a qual exibe informações sobre o jogador *logado* e os botões: “batalhar”, “revanches” e “perfil”. Na tela I da Figura 20 é demonstrado um exemplo da tela principal, onde a mesma exibe ao usuário informações gerais sobre o seu perfil, tais como a patente, *level*, *nickname* e valores de força ataque e defesa, ao clicar no botão de perfil o jogador é levado à tela de perfil que permite ao mesmo ter o acesso à informações mais detalhadas sobre seu progresso no jogo, além de poder realizar a ação de *logout*. Os botões de batalha e revanche possuem a função de exibir ao usuário a tela responsável por apresentar os adversários cadastrados na base, ou seja, os demais jogadores do jogo, a aba “batalhar” da tela III da Figura 20, exibe uma lista com todos os jogadores disponíveis para batalha, enquanto a aba “revanches” da tela IV, apresenta uma relação dos jogadores que venceram o usuário durante a realização de uma batalha, em ambos os casos o jogador pode visualizar informações básicas sobre os oponentes e, caso desejar, solicitar batalhar com o adversário escolhido.

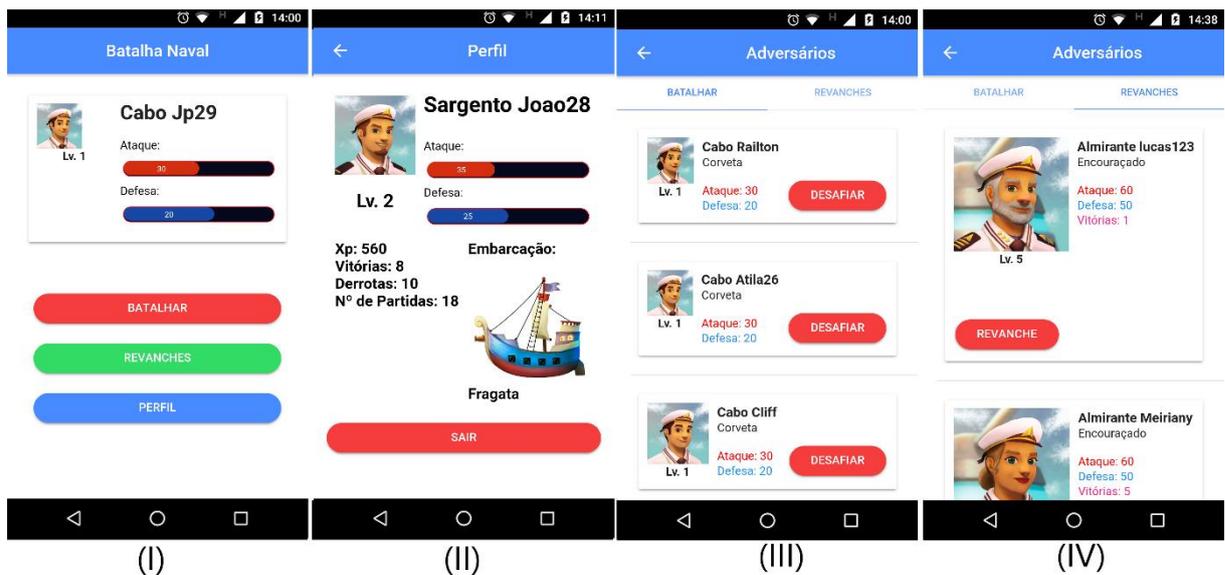


Figura 20 - Comportamentos e funcionalidades do jogo. Fonte: autor (2018).

Após o jogador escolher um adversário e solicitar a realização de batalha com o mesmo, o jogo verifica o estado de atividade do GPS do dispositivo móvel, caso o mesmo encontre-se desativado ou o jogador não tenha concedido as permissões necessárias de uso do sensor ao jogo, o mesmo exibe uma mensagem indicativa de erro ao usuário informando-o sobre a necessidade de efetuar as ações essenciais para que o jogador possa prosseguir com a solicitação de batalha, a tela mais à esquerda da Figura 21, demonstra tal situação em que o usuário deve realizar as configurações básicas relacionadas ao uso do GPS no jogo.

Todas as vezes que o jogo é iniciado uma rotina de verificação de permissões é disparada, caso a permissão de utilização do *hardware* do sensor de GPS não esteja concedida, o jogo requer ao sistema operacional que solicite ao jogador por meio de uma mensagem interrogativa a concessão da permissão necessária. Em um cenário que o usuário concedeu as permissões básicas à aplicação e o GPS do *smartphone* ou do *tablet* encontra-se no estado ativo, o jogo realiza a coleta das informações relacionadas à latitude e longitude do jogador e as envia ao servidor que persiste os dados banco atualizando as coordenadas do jogador, em seguida o jogo exibe ao usuário uma mensagem indicando que o mesmo pode desligar o GPS, pois o sensor não é necessário durante a execução da batalha entre os jogadores, na tela mais à direita da Figura 21, apresenta um exemplo da situação descrita, ao clicar no botão “vamos lá”, o jogador é redirecionado para a tela de batalha do jogo

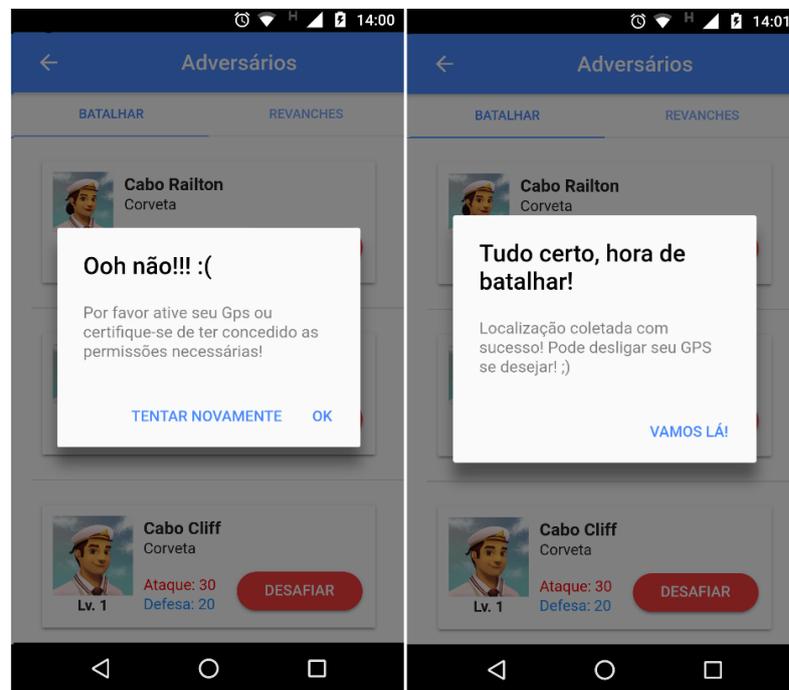


Figura 21 - Comportamentos da tela de listagem de adversários. Fonte: autor (2018).

A maior parte dos esforços realizados para a concepção deste trabalho, estão contidos na criação do serviço web responsável pela construção do tabuleiro e todas as nuances possíveis envolvidas em cada caso específico, porém esse serviço fornece, como resultado, apenas dados em forma de texto, ou seja, não há a composição visual de um tabuleiro de fato. A representação gráfica dos dados resultantes de todos os tratamentos, cálculos e procedimentos executados internamente pelo servidor, é feita pelo aplicativo do jogo, por meio do uso da API do Google Maps, de forma resumida, o servidor fornece informações sobre um dado tabuleiro e o jogo utiliza as mesmas para construí-lo visualmente.

A Figura 22, mostra algumas capturas de telas de testes realizados com intuito de avaliar os comportamentos apresentados pela tela de batalha, na mesma é exibido ao jogador dois *cards*, ambos com informações sobre patente, *nickname*, *level* e nível de vida, indicado por meio de uma barra de progressão, dos jogadores, sendo o *card* mais à direita o que compreende as informações do jogador adversário, logo abaixo dos *cards* localiza-se uma área destinada para a exibição do mapa contendo o tabuleiro e todos os dados pertinentes ao mesmo, tais como os eixos cartesianos, escala numérica dos eixos e as embarcações dos jogadores, na parte inferior da tela é exibido ao usuário um cronômetro regressivo indicando o tempo disponível até o fim da partida, a quantidade de bombas restantes, dois campos de entrada para os valores de x e y e um botão responsável por executar o lançamento de bombas nas coordenadas informadas pelo jogador. A Figura 22, apresenta diferentes tipos de tabuleiro, na tela I o tabuleiro gerado é a partir de um adversário com *level* 1 e por consequência apenas o 1º quadrante é exibido e a escala dos eixos possuem uma razão igual a 1, na tela II da figura, o adversário possui o *level* 3 o que ocasiona em um tabuleiro com a possível presença de todos os quadrantes do plano cartesiano, o que ocorre no exemplo, por fim, a tela III demonstra um adversário com *level* 5, o maior *level* do jogo, o que permite a possibilidade de construir um tabuleiro que possui todos os quadrantes do plano e com eixos que possuem escalas com razão decimal.

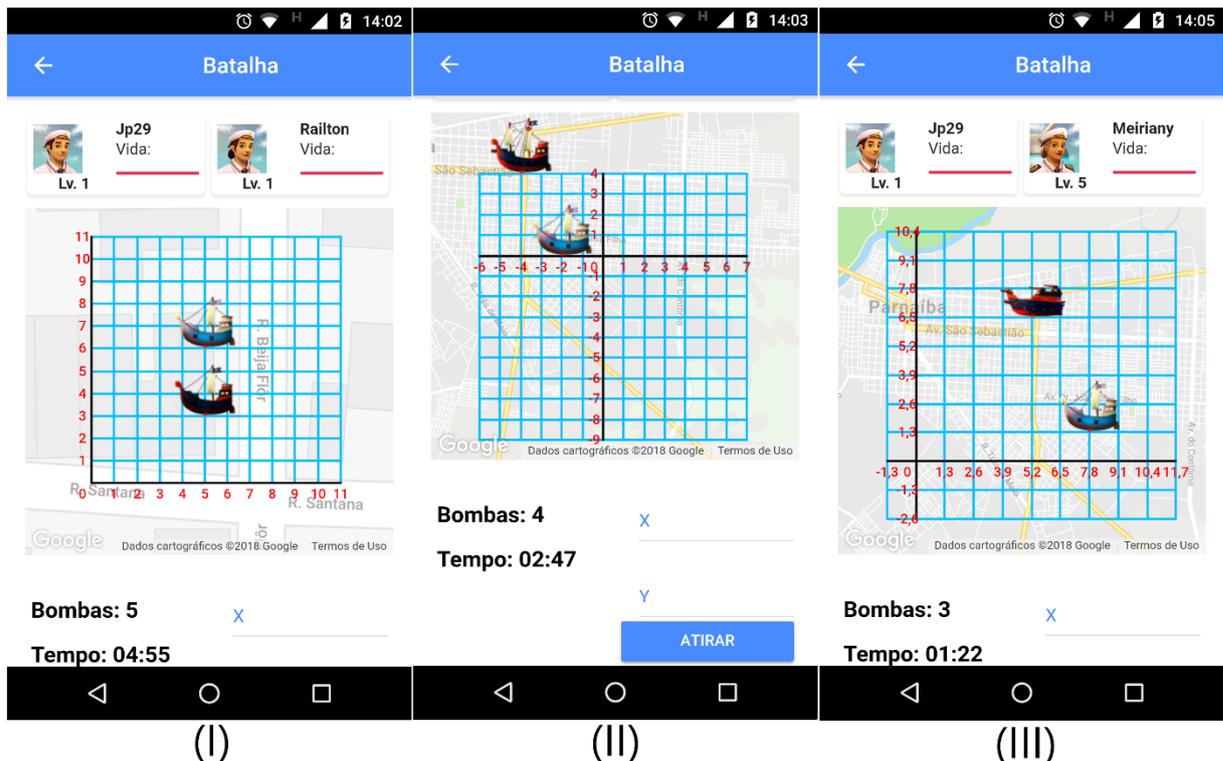


Figura 22 - Comportamentos da tela de batalha. Fonte: autor (2018).

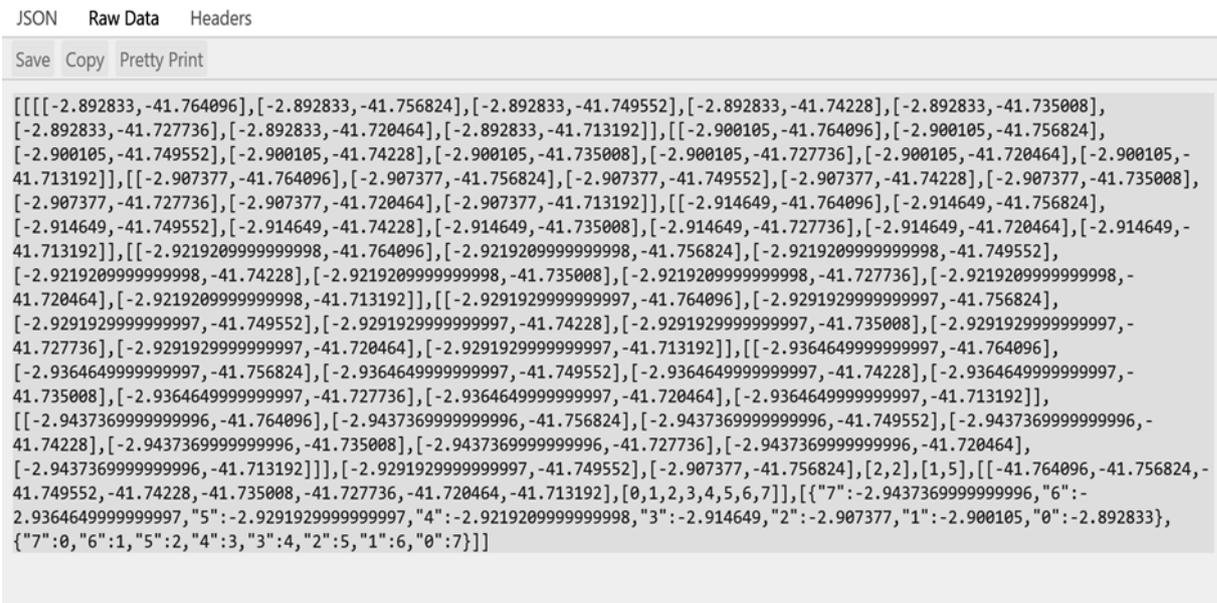
Há 4 formas de uma partida ser encerrada pelo jogo, exclui-se dentre essas a possibilidade do jogador poder abandonar a partida a qualquer momento, dentre as maneiras de finalização de uma dada partida, 3 são por derrota do jogador desafiante e apenas uma por vitória do mesmo. A Figura 23, apresenta todas as maneiras de conclusão de uma batalha, na tela I o jogador perde devido o esgotamento do tempo disponível para a partida, na tela II o jogador adversário afundou a embarcação do jogador desafiante e por consequência o mesmo saiu derrotado da partida, na tela III o jogador é derrotado, pois todas as bombas foram utilizadas e o barco adversário não foi afundado e na tela IV o jogador vence o adversário por conseguir afundar a embarcação do mesmo. Em relação as 3 formas de derrota que um jogador pode sofrer, duas são ocasionadas por seu próprio erro, pois o mesmo, ou não conseguiu administrar o tempo de partida ou errou muitos palpites sobre às coordenadas do adversário no plano, apenas uma é dada devido as ações do jogador adversário.



Figura 23 - Comportamentos de derrotas e vitórias da tela de batalha. Fonte: autor (2018).

A Figura 24 apresenta o JSON retornado pelo serviço *web* responsável pela composição e mapeamento do tabuleiro e a realização de adequações necessárias nas coordenadas dos jogadores envolvidos em uma dada partida, no exemplo demonstrado na figura, foi construído um tabuleiro 7 por 7 a partir das coordenadas -2.926763, -41.747131 e -2.909795, -41.753779, devido a precisão de números de ponto flutuante do padrão adotado pelo PHP para codificar esses em JSON, algumas coordenadas ultrapassam a precisão de 6 casas decimais, porém esse comportamento somente acontece no momento em que as mesmas são codificadas e retornadas via JSON, de maneira que os valores de latitudes e longitudes são tratados no servidor de forma correta, ou seja, com precisão de 6 casas decimais de acordo com

os valores recebidos no corpo da requisição realizada pelo aplicativo do jogo ao servidor. Após o jogo receber do servidor os dados codificados em JSON como resposta, os valores de coordenadas são arredondados com uma precisão de 6 casas decimais, de modo que após a realização de testes, concluiu-se que esse tratamento não representou nenhuma perda em relação aos dados gerados originalmente pelo serviço *web* antes da codificação.



```

JSON  Raw Data  Headers
Save Copy Pretty Print
[[[[-2.892833,-41.764096],[-2.892833,-41.756824],[-2.892833,-41.749552],[-2.892833,-41.74228],[-2.892833,-41.735008],
[-2.892833,-41.727736],[-2.892833,-41.720464],[-2.892833,-41.713192],[[-2.900105,-41.764096],[-2.900105,-41.756824],
[-2.900105,-41.749552],[-2.900105,-41.74228],[-2.900105,-41.735008],[-2.900105,-41.727736],[-2.900105,-41.720464],[-2.900105,-
41.713192]],[[[-2.907377,-41.764096],[-2.907377,-41.756824],[-2.907377,-41.749552],[-2.907377,-41.74228],[-2.907377,-41.735008],
[-2.907377,-41.727736],[-2.907377,-41.720464],[-2.907377,-41.713192]],[[[-2.914649,-41.764096],[-2.914649,-41.756824],
[-2.914649,-41.749552],[-2.914649,-41.74228],[-2.914649,-41.735008],[-2.914649,-41.727736],[-2.914649,-41.720464],[-2.914649,-
41.713192]],[[[-2.9219209999999998,-41.764096],[-2.9219209999999998,-41.756824],[-2.9219209999999998,-41.749552],
[-2.9219209999999998,-41.74228],[-2.9219209999999998,-41.735008],[-2.9219209999999998,-41.727736],[-2.9219209999999998,-
41.720464],[-2.9219209999999998,-41.713192]],[[[-2.9291929999999997,-41.764096],[-2.9291929999999997,-41.756824],
[-2.9291929999999997,-41.749552],[-2.9291929999999997,-41.74228],[-2.9291929999999997,-41.735008],[-2.9291929999999997,-
41.727736],[-2.9291929999999997,-41.720464],[-2.9291929999999997,-41.713192]],[[[-2.9364649999999997,-41.764096],
[-2.9364649999999997,-41.756824],[-2.9364649999999997,-41.749552],[-2.9364649999999997,-41.74228],[-2.9364649999999997,-
41.735008],[-2.9364649999999997,-41.727736],[-2.9364649999999997,-41.720464],[-2.9364649999999997,-41.713192]],
[[[-2.9437369999999996,-41.764096],[-2.9437369999999996,-41.756824],[-2.9437369999999996,-41.749552],[-2.9437369999999996,-
41.74228],[-2.9437369999999996,-41.735008],[-2.9437369999999996,-41.727736],[-2.9437369999999996,-41.720464],
[-2.9437369999999996,-41.713192]],[[[-2.9291929999999997,-41.749552],[-2.907377,-41.756824],[2,2],[1,5],[[-41.764096,-41.756824,-
41.749552,-41.74228,-41.735008,-41.727736,-41.720464,-41.713192],[0,1,2,3,4,5,6,7]],[{"7":-2.9437369999999996,"6":-
2.9364649999999997,"5":-2.9291929999999997,"4":-2.9219209999999998,"3":-2.914649,"2":-2.907377,"1":-2.900105,"0":-2.892833},
{"7":0,"6":1,"5":2,"4":3,"3":4,"2":5,"1":6,"0":7}]]]

```

Figura 24 - JSON retornado pelo serviço *web*. Fonte: autor (2018).

1.5 TESTES DA CONSTRUÇÃO DO TABULEIRO

Foram realizados testes funcionais com um grupo de colaboradores para a avaliação das conformidades da construção do tabuleiro. Foi entregue a esses uma versão do jogo, que indicava, na parte inferior da tela de batalha, os dados retornados pelo servidor baseados nas coordenadas dos jogadores envolvidos em uma dada partida. Para a execução do teste, o JSON retornado pelo serviço *web*, responsável por compor o tabuleiro, foi alterado, de maneira que informações como a distância entre os jogadores, o tipo do tabuleiro, a distância de translação das coordenadas dos jogadores, o tamanho da aresta do tabuleiro e dos quadrantes do mesmo, foram adicionadas aos dados de retorno. foi requisitado aos participantes que anotassem ou realizassem uma captura de tela e posteriormente repassem as informações retornadas pelo servidor nas partidas jogadas.

Os principais dados resultantes dos testes realizados, foram divididos nas Tabelas 4 e 5, a primeira, a Tabela 5, apresenta informações gerais sobre as localizações dos jogadores

e sobre os tabuleiros correspondentes a cada partida, na mesma é assinalado os valores de latitude e longitude de cada jogador, além disso, o nome do local de referência correspondente às mesmas também é mostrado como uma forma de auxiliar na abstração dos posicionamentos dos jogadores, a tabela traz ainda informações relacionadas aos valores cartesianos gerados para cada localização dos jogadores e o tipo do tabuleiro criado.

Tabela 5 - Dados sobre as coordenadas testadas.

Coordenadas Jogador	Coordenadas adversário	Local jogador	Local adversário	Tipo do tabuleiro	Coordenadas cartesianas jogador	Coordenadas cartesianas Adversário
-2.905019, -41.758944	-2.908687, -41.754668	UESPI Parnaíba	UFPI Parnaíba	13 x 13	(-5,6; 1,4)	(0; 1,4)
-2.905019, -41.758944	-2.946673, -41.731166	UESPI Parnaíba	IFPI Parnaíba	12 x 12	(14, 24)	(18, 18)
-2.905019, -41.758944	-2.902267, -41.779185	UESPI Parnaíba	Igreja da Graça	11 x 11	(1, -6)	(-3, -5)
-2.908687, -41.754668	-2.946673, -41.731166	UFPI Parnaíba	IFPI Parnaíba	15 x 15	(56, 96)	(72, 72)
-2.903292, -41.775539	-2.902267, -41.779185	Fórum Parnaíba	Igreja da Graça	10 x 10	(1, -5)	(-1, -5)
-3.175379, -41.868926	-2.9054067, -41.7588766	Buriti dos Lopes	Balão do mirante	15 x 15	(-10,4; -5,2)	(-7,8; -1,3)
-3.932139, -41.712980	-2.904812, -41.759110	UESPI Piracuruca	UESPI Parnaíba	9 x 9	(-5, -6)	(-5, -3)
-2.923285, -41.749935	-2.916655, -41.780904	Igreja Santana	Igreja de Fátima	7 x 7	(8, 8)	(0, 8)
-2.923285, -41.749935	-2.946673, -41.731166	Igreja Santana	IFPI Parnaíba	11 x 11	(8, 88)	(24, 64)
-2.908687, -41.754668	-2.916655, -41.780904	UFPI Parnaíba	Igreja de Fátima	7 x 7	(16, 16)	(8, 12)
-2.904812, -41.759110	-2.904915, -41.759107	UESPI Parnaíba	UESPI Parnaíba	15 x 15	(0, 16)	(0, 10)
-2.904812, -41.759110	-2.905419, -41.758944	UESPI Parnaíba	UESPI Parnaíba	11 x 11	(5, 8)	(5, 6)
-2.904949, -41.758821	-2.904938, - 41.758840	UESPI Parnaíba	UESPI Parnaíba	-	-	-
-2.923435, -41.747154	-2.923429, -41.747161	Bairro Piauí	Bairro Piauí	-	-	-

Fonte: o autor (2018).

Na tabela 6, são mostrados dados que apontam como a construção do tabuleiro afetou de forma discrepante, ou não, a representação das coordenadas transladadas dos jogadores em relação às coordenadas reais dos mesmos. Nos testes realizados, procurou-se abordar as várias possibilidades de distâncias entre os usuários, de modo que foram executadas batalhas entre jogadores localizados em diferentes ruas, bairros e cidades, assim como também com jogadores que estavam em um mesmo ambiente, além disso, foi avaliado a recusa, por parte do servidor, na construção de tabuleiros com coordenadas com menos de 2,51 metros distantes, nos testes, o par de coordenadas -2.904949, -41.758821 e -2.904938, -41.758840 e o par -2.923435, -41.747154 e -2.923429, -41.747161, apresentaram, respectivamente, 2,44 metros e 1,02 metros, o que impossibilitou a composição do tabuleiro para ambas conforme o esperado, os usuários receberam uma mensagem indicando a impossibilidade da realização da batalha devido ao seu posicionamento em relação ao jogador adversário escolhido.

Observou-se, por meio dos resultados, que normalmente quanto maior a distância entre os jogadores, maior a distância de translação das coordenadas dos mesmos, mas esse comportamento não é apresentado em todos os casos, pois o tipo do tabuleiro também influi diretamente na distância translada, pois um tabuleiro 8 por 8, resultará em quadrantes com arestas maiores do que um tabuleiro 10 por 10, por exemplo, considerando-se obviamente a construção de ambos a partir de um mesmo par de coordenadas. Dependendo do posicionamento dos jogadores em relação aos pontos de interseção contidos no tabuleiro gerado, concluiu-se que pode haver casos em que os jogadores terão uma distância considerável entre si e os valores relacionados à distância de translação serão menores, do que um par de jogadores que estão há algumas centenas de metros, porém essa diferença pode ser considerada pequena. Tendo em vista a aplicabilidade do jogo, pois o mesmo tem o intuito de auxiliar um processo de ensino-aprendizagem, os valores de translação obtidos a partir dos resultados dos testes, não influenciam negativamente no objetivo principal.

Tabela 6 - Valores e distâncias de interesses dos testes realizados.

Coordenadas Jogador	Coordenadas adversário	Distância entre jogadores	Tamanho de aresta-quadrante	Tamanho de aresta-tabuleiro	Distância translação jogador	Distância translação adversário
-2.905019, -41.758944	-2.908687, -41.754668	474,86 metros	109,94 metros	1429,25 metros	42,14 metros	53,16 metros
-2.905019, -41.758944	-2.946673, -41.731166	5230,35 metros	1406,25 metros	16874,97 metros	270,41 metros	2,14 metros

-2.905019, -41.758944	-2.902267, -41.779185	2358,44 metros	613,69 metros	6750,63 metros	288,54 metros	102,75 metros
-2.908687, -41.754668	-2.946673, -41.731166	4963,33 metros	1406,29 metros	21094,41 metros	204,48 metros	6,29 metros
-2.903292, -41.775539	-2.902267, -41.779185	420,63 metros	242,87 metros	2428,74 metros	0 metros	139,74 metros
-3.175379, -41.868926	-2.9054067, -41.7588766	32411,33 metros	12001,91 metros	180178,64 metros	5791,43 metros	8475,79 metros
-3.932139, -41.712980	-2.904812, -41.759110	113916,97 metros	37958,18 metros	341623,56 metros	10,58 metros	5100,95 metros
-2.923285, -41.749935	-2.916655, -41.780904	3517,25 metros	1965,08 metros	13755,58 metros	688,8 metros	254,86 metros
-2.923285, -41.749935	-2.946673, -41.731166	3332,79 metros	944,48 metros	10389,30 metros	430,21 metros	332,37 metros
-2.908687, -41.754668	-2.916655, -41.780904	3044,66 metros	1665,19 metros	11656,30 metros	1173,61 metros	416,91 metros
-2.904812, -41.759110	-2.904915, -41.759107	11,46 metros	3,00 metros	44,98 metros	1,48 metros	1,00 metros
-2.904812, -41.759110	-2.905419, -41.758944	69,97 metros	23,99 metros	263,86 metros	12,67 metros	14,14 metros
-2.904949, -41.758821	-2.904938, -41.758840	2,44 metros	-	-	-	-
-2.923435, -41.747154	-2.923429, -41.747161	1,02 metros	-	-	-	-

Fonte: o autor (2018).

Por meio dos resultados dos testes relatados, pode-se constatar que o serviço web incumbido pela construção dos tabuleiros e a tela responsável por representar visualmente os mesmos, apresentaram um comportamento satisfatório mediante as diversas situações avaliadas, apesar da necessidade de se transladar as coordenadas reais dos jogadores, para que as mesmas possam ser adaptadas a um dado tabuleiro, as partes responsáveis pela construção e representação conseguiram atingir o seu principal propósito, mesmo com distâncias que superaram os 100 quilômetros, assim como também com distâncias de apenas poucos metros.

Buscando-se investigar mais sobre as conformidades na forma de construção de tabuleiros no jogo, foi executado mais um outro teste que consistiu na realização de uma sequência de 15 composições de tabuleiro consecutivas entre um jogador com as coordenadas -2.903292, -41.775539 e um jogador adversário com *level* 3 e localização de -2.92816, -41.753195, ambos os jogadores localizados na cidade de Parnaíba, mais especificamente, nos

bairros rodoviária e centro, a Tabela 7 demonstra as variações que as coordenadas dos usuários sofreram, a distância entre os mesmos era de 3715,36 metros, cálculo realizado por meio da fórmula de *harversine*. Esse teste buscou avaliar e evidenciar a capacidade do jogo de criar novos tabuleiros baseado nas mesmas coordenadas e ainda assim gerar uma variedade de situações correspondentes as localizações reais dos jogadores. Os resultados contidos na Tabela 7, reforçam os demais resultados obtidos quanto a capacidade de criação de tabuleiros ocasionais e com parâmetros satisfatórios em relação ao objetivo deste trabalho, observa-se na tabela que a cada batalha realizada novos valores cartesianos foram gerados para as coordenadas dos jogadores envolvidos, pois foram criados tabuleiros de diferentes tipos e com diferentes tamanhos. A média dos valores de translação das coordenadas dos jogadores foi de 369,77 metros, um valor satisfatório diante do propósito do estudo.

Tabela 7 - Dados da sequência de composições consecutivas de 15 tabuleiros.

Tipo do tabuleiro	Tamanho de aresta-quadrante	Tamanho de aresta-tabuleiro	Coordenadas cartesianas jogador	Distância de translação jogador	Coordenadas cartesianas adversário	Distância de translação adversário
15 x 15	736,64 metros	11049,62 metros	(-5, -3)	377,34 metros	(-2, -6)	264,83 metros
8 x 8	1727,16 metros	13817,27 metros	(-1, 0)	718,21 metros	(1, -2)	489,08 metros
12 x 12	690,62 metros	8287,79 metros	(-6, 2)	285,63 metros	(-2, -2)	4,87 metros
15 x 15	736,63 metros	11049,38 metros	(3, -3)	211,44 metros	(7, -6)	516,64 metros
11 x 11	753,62 metros	8289,78 metros	(-7, 4)	379,27 metros	(-3, 1)	352,89 metros
11 x 11	1507,27 metros	16579,93 metros	(-3, 7)	549,33 metros	(-1, 6)	1061,87 metros
7 x 7	1974,04 metros	13818,27 metros	(-2, -3)	412,50 metros	(-1, -4)	557,58 metros
9 x 9	613,67 metros	5523,07 metros	(-8, 1)	282,07 metros	(-3, -4)	431,38 metros
12 x 12	921,53 metros	11058,38 metros	(-2, 6)	283,65 metros	(1, 3)	6,02 metros
9 x 9	1842,10 metros	16578,93 metros	(-2, 5)	285,63 metros	(0, 4)	1298,78 metros

13 x 13	424,77 metros	5522,07 metros	(-4, 11)	142,60 metros	(2, 4)	297,01 metros
14 x 14	789,62 metros	11054,62 metros	(-6, 0)	284,64 metros	(-2, -3)	554,11 metros
12 x 12	460,76 metros	5529,07 metros	(-8, 9)	178,58 metros	(-3, 3)	1,41 metros
8 x 8	1382,27 metros	11058,19 metros	(-8, 3)	282,19 metros	(-6, 1)	1,50 metros
13 x 13	850,55 metros	11057,13 metros	(-5, 7)	282,19 metros	(-2, 4)	299,84 metros

Fonte: o autor (2018).

1.6 TESTES DE USABILIDADE

Avaliou-se a usabilidade apresentada pelo jogo a partir de um teste que consistiu na observação de usuários reais utilizando a ferramenta. O teste envolveu um grupo de 14 colaboradores que utilizaram o jogo e posteriormente responderam a um questionário, disponível no apêndice A, que objetivou identificar possíveis problemas, além de obter potenciais sugestões de melhoria. Lhes foram solicitados a instalação do jogo, o cadastro, o *login* e que jogassem ao menos 5 partidas e, posteriormente, relatassem por meio do questionário suas experiências de utilização, o grupo consistiu de homens e mulheres com idades variadas. Os testes ocorreram apenas com *smartphones*, uma vez que os colaboradores não possuíam *tablets*, a Figura 25 apresenta um gráfico com a relação das marcas testadas.

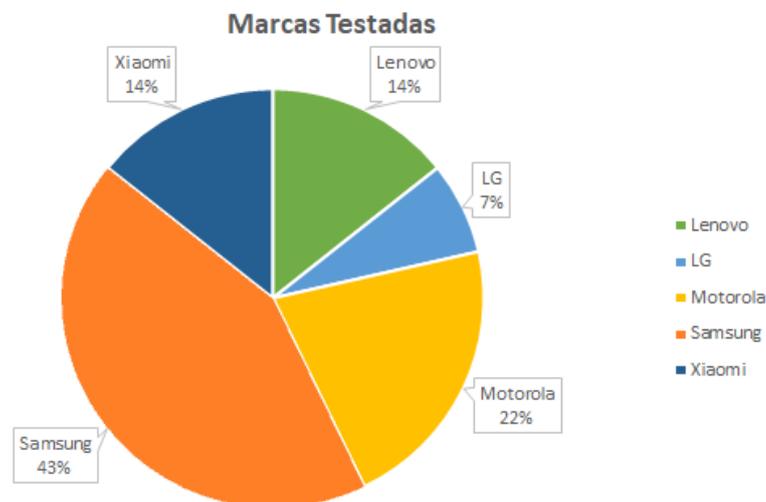


Figura 25 - Marcas testadas. Fonte: autor (2018).

Os participantes do teste, foram perguntados a respeito dos erros apresentados pelo jogo, sobre suas impressões em relação ao consumo de *hardware* utilizado pelo jogo, considera-se como tal os consumos relacionados à bateria, memória *ram*, processamento e o consumo de internet e se os mesmos possuíam uma experiência prévia com jogos móveis, essas questões foram postas no questionário através de perguntas objetivas. A Figura 26 mostra um gráfico sobre as repostas dos membros do grupo, observa-se, por meio das mesmas, que dentre o grupo mais da metade detinha alguma experiência prévia com jogos móveis e que todos os 14 participantes não consideram excessivo o consumo de recursos de *hardwares* requerido pelo jogo, além disso, quando perguntados sobre a ocorrência de algum tipo de erro durante o uso do jogo, 4 participantes relataram que houve algum problema durante a execução e outros 10 não assinalaram qualquer tipo de falha.

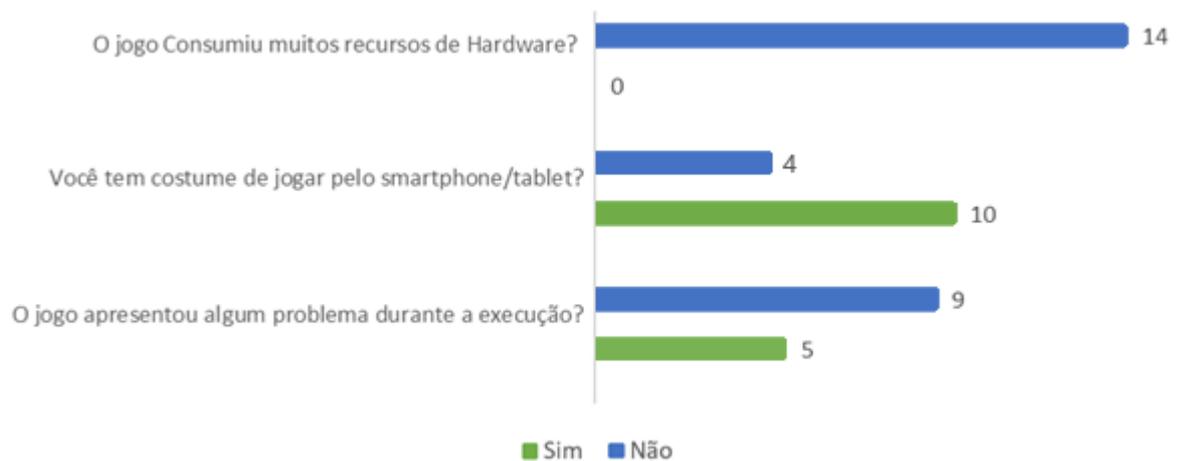


Figura 26 – Perguntas do questionário de usabilidade. Fonte: autor (2018).

Além das questões objetivas, os participantes do teste foram ainda indagados através de perguntas discursivas a respeito dos pontos negativos e positivos do jogo e levados a deixarem sugestões de melhoria. Em relação aos pontos negativos os colaboradores relataram questões como a falta de um tutorial no próprio jogo trazendo dicas de como o mesmo funciona, o mapa que acaba perdendo o foco no momento que as coordenadas são informadas, esse comportamento é devido a entrada dos valores das coordenadas ser feito por meio do teclado, onde o mesmo toma uma parte da visualização da tela, a falta de possibilidade de rotação da tela e alguns problemas de carregamento ocasionais. Sobre os pontos positivos apresentados pelo jogo, os participantes descreveram aspectos como a facilidade de interação, a boa jogabilidade, presença de uma interface limpa e intuitiva, usar o GPS para criar um ambiente de batalha, a possibilidade de utilizar a própria cidade como palco para jogar, o incentivo à aprendizagem da disciplina de Matemática e aplicação dos conhecimentos na área e

possibilidade do uso do jogo como uma ferramenta pedagógica no reforço do plano cartesiano. Os membros grupo de colaboradores deixaram como sugestões de melhoria, além de fortalecer os pontos considerados como negativos, a criação de um modo *multiplayer*, a criação de um *ranking* dos melhores jogadores, a possibilidade de personalizar os personagens e marcos e o desenvolvimento de uma aplicação voltada para o professor onde o mesmo poderia acompanhar o andamento dos alunos no jogo.

1.7 VALIDAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Por fim, foi executado um teste de validação com a proposta de verificar se o jogo realmente alcançou o objetivo de gerar ou aumentar a motivação dos alunos e reforçar o conteúdo aplicado em sala de aula, além de observar aspectos relacionados ao comportamento e as dificuldade das crianças ao manusearem o jogo, o teste foi realizado com um conjunto de 12 crianças, por meio da autorização dos pais ou responsáveis, com idades entre 10 e 13 anos, que frequentavam o 6º e o 7º ano do ensino fundamental de escolas públicas e particulares das cidades de Parnaíba, Bom princípio e Fortaleza. O teste foi executado da seguinte maneira: foi disponibilizado um *smartphone* com o jogo já instalado à criança e explicou-se previamente o que consistia a ferramenta, posteriormente, a criança manuseou o jogo durante um determinado período que a permitiu jogar algumas partidas, ao final, foi entregue um questionário, cujo uma cópia do mesmo encontra-se no apêndice B deste trabalho, e solicitado que as crianças deixassem sua opinião sobre o jogo, por meio do preenchimento do questionário. Na Figura 27 é possível observar a relação de gênero, idade e tipo de escola das crianças entrevistadas

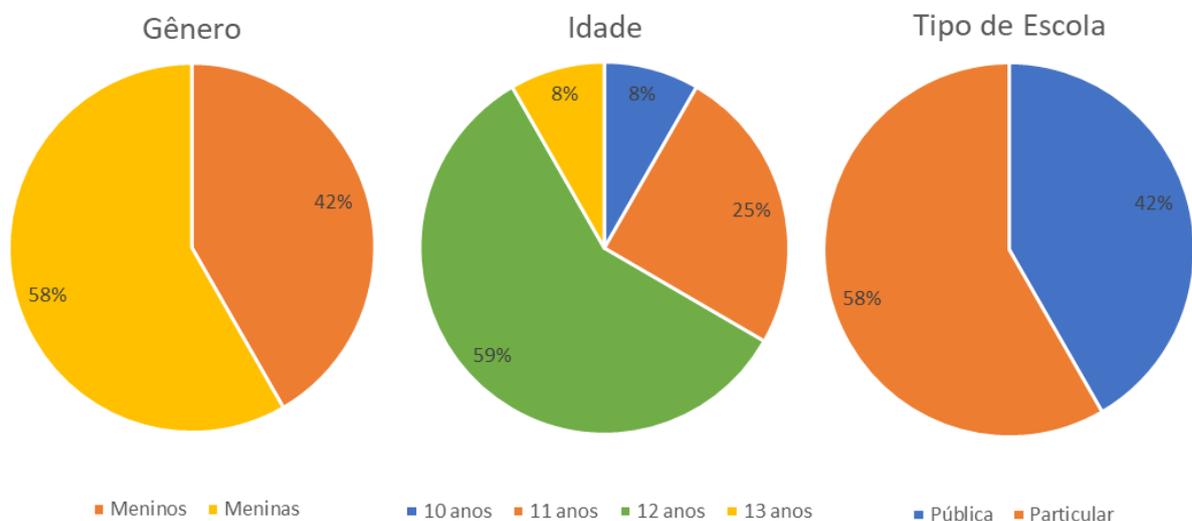


Figura 27 - Gênero e idades. Fonte: autor (2018).

A Figura 28 apresenta um gráfico das respostas de algumas das perguntas contidas no questionário, por meio do mesmo é possível realizar uma breve análise dos resultados obtidos através da avaliação. Mais de 50% das crianças afirmam que possuíam o costume de jogar jogos através de dispositivos móveis e ao serem perguntadas sobre a dificuldade presente no jogo, 7 crianças consideraram o mesmo fácil de jogar e 5 avaliaram como mediana a dificuldade apresentada, talvez esse cenário de respostas seja caracterizado pela maioria das crianças já terem uma prévia experiência com demais jogos, o que torna habitual para os mesmos a forma como esses se apresentam em relação às características e peculiaridades inerentes. Em relação às perguntas: “você gostaria de ter mais jogos como esse nas aulas?” e “você indicaria esse jogo aos seus amigos”, todas as crianças responderam que sim, isso evidencia uma provável simpatia pelo jogo e aprovação por parte das crianças que participaram do teste, além de permitir a observação de um possível desejo por mais ferramentas lúdicas de auxílio em outros assuntos e disciplinas.

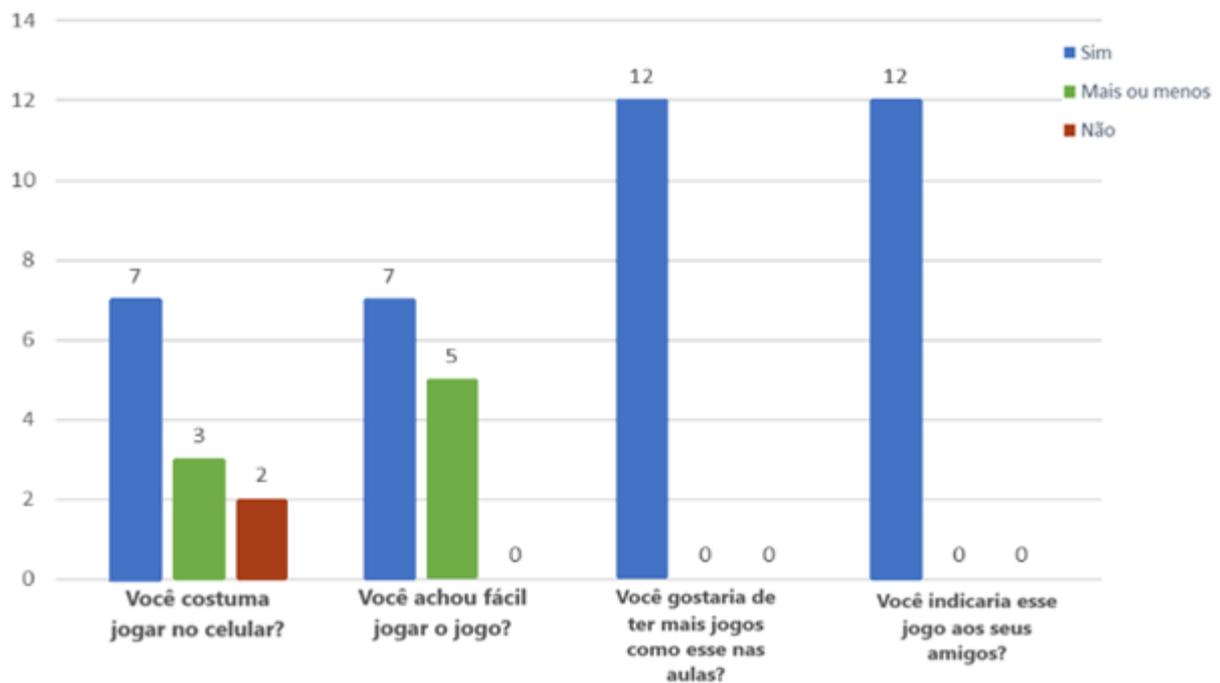


Figura 28 - Perguntas contidas no questionário aplicado às crianças. Fonte: autor (2018).

Continuando a apresentação e avaliação das respostas deixadas nos questionários, a Figura 29 exibe um gráfico das demais questões restantes. Apesar do curto período de contato das crianças com o jogo, pois assim como a grande maioria dos jogos em que os mesmos demandam do jogador um investimento de tempo, pois por meio deste, é que o jogador se envolve e cria laços, o jogo desenvolvido também apresenta tal necessidade, ainda assim, ao serem questionadas em relação à diversão proporcionado pelo jogo, 8 crianças, o que representa mais

de 60% dos entrevistados, afirmaram que se divertiram ao jogar, 3 consideraram mediano o nível de diversão e uma criança afirmou que não achou o jogo divertido. Em relação à motivação gerada pelo jogo nas crianças entrevistadas, o mesmo obteve uma taxa satisfatória, onde 7 crianças afirmaram ter se sentido motivadas ao jogarem, 4 consideraram terem se sentido mais ou menos motivadas e uma respondeu não ter sentido motivação. Ao serem indagadas pela pergunta: “o jogo te ajudou a entender melhor sobre a importância do plano cartesiano”, quase 70% das crianças afirmaram que sim, o jogo as ajudou a compreender mais sobre a relevância do mesmo, 3 crianças responderam que mais ou menos e apenas uma respondeu que não, esse cenário indica a possível influência positiva do jogo na percepção das crianças a respeito da importância do plano cartesiano e na contextualização do mesmo. Todas as crianças responderam “sim” para a pergunta: “você acha que é possível aprender jogando” isso caracteriza um anseio por mais formas de alternativas de ensino, por meio da utilização dos jogos, onde os mesmos podem beneficiar o processo de aprendizagem, dentro desse cenário o jogo desenvolvido mostra-se poder assumir um importante papel nesse processo.

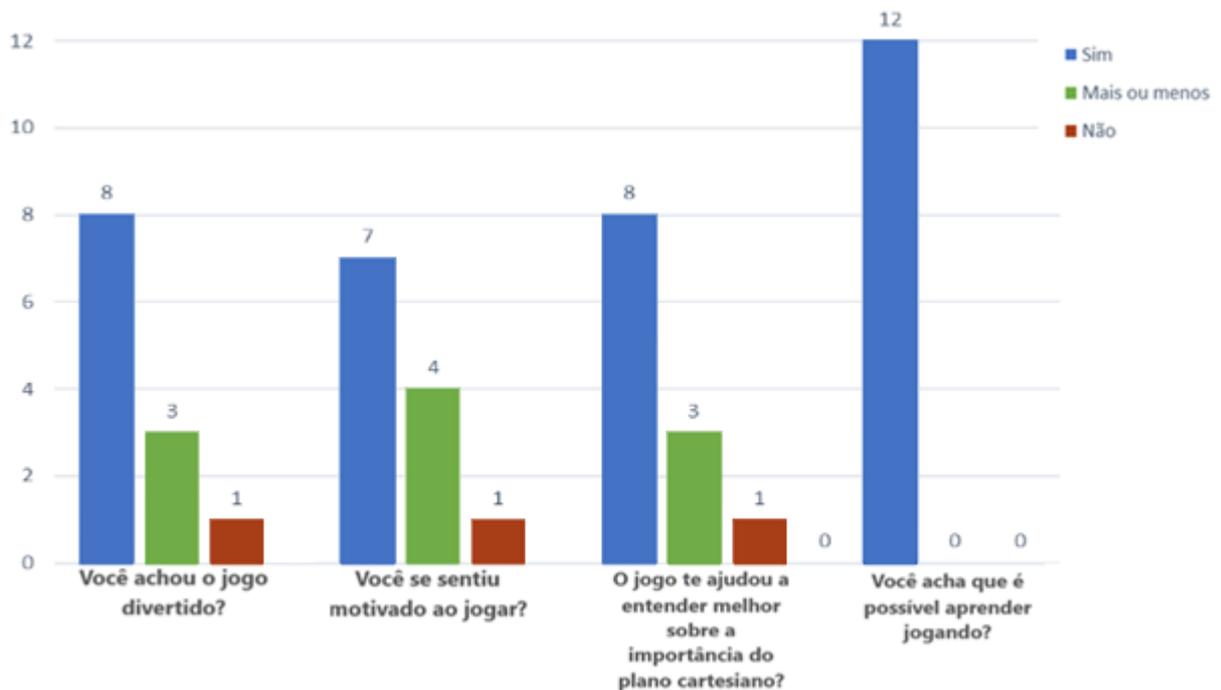


Figura 29 - Perguntas realizadas às crianças entrevistadas. Fonte: autor (2018).

Frente aos resultados alcançados e relatados ao longo deste capítulo, por meio dos testes executados pelo próprio autor e pelos grupos de colaboradores, observa-se que a ferramenta desenvolvida apresentou resultados satisfatórios mediante aos objetivos definidos ao longo desta pesquisa, onde a mesma conseguiu realizar as tarefas requeridas corretamente,

porém, naturalmente o jogo apresenta a necessidade de maturação em alguns aspectos, através de melhorias e correções.

A partir da análise dos resultados é possível concluir que a ferramenta conseguiu atingir o objetivo de motivar e despertar o interesse dos alunos, uma vez que 11 crianças de um grupo composto por 12, responderam que de alguma forma se sentiram motivadas a partir da utilização do jogo, isso representa uma taxa de 92% dos entrevistados. Ainda pode-se afirmar, por meio dos resultados alcançados, que o jogo contribuiu para o fortalecimento do aprendizado dos alunos, pois 11 crianças afirmaram que a ferramenta as ajudou a compreender melhor a relevância do plano cartesiano. O jogo buscou assumir o papel de atividade de reforço escolar, pois a ferramenta não tem o objetivo de ensinar o assunto de plano cartesiano, mas sim de ajudar e fixar os conhecimentos já adquiridos em aula.

Ainda como resultado desta pesquisa, foi escrito um artigo que foi submetido e aprovado no ERIPI 2018, intitulado como: “Um Jogo Educacional *U-Learning* no Processo de Ensino e Aprendizagem da Geometria Analítica”, tal artigo foi produzido nas etapas iniciais da construção deste trabalho. Os códigos da aplicação do jogo e do servidor, estão disponibilizados, respectivamente, nos seguintes endereços: <https://github.com/lucasdslj/projetoTcc> e <https://github.com/lucasdslj/serveProjetoTcc>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

São muitas as dificuldades apresentadas ao longo do processo de ensino-aprendizagem da Matemática, porém, cada vez mais a Educação e a computação estão próximas com o intuito de complementar as possíveis lacunas existentes nesse importante processo. Diante desse cenário os jogos sérios se apresentam como uma alternativa viável a esses problemas, assumindo o papel de um instrumento auxiliador disponível ao educador e ao educando. É importante que as escolas não formem apenas estudantes, mas também cidadãos capacitados e dotados de um senso crítico, capazes de enxergar ao seu redor os conhecimentos adquiridos ao longo de suas vidas acadêmicas de forma prática e clara.

O plano cartesiano é um importante assunto, não somente para a Matemática, mas para diversas outras áreas da ciência, tais como a Física, a Geografia e a Cartografia, além da sua evidente relevância e presença no cotidiano de um indivíduo. O processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano não deve se apresentar de forma carente de artifícios lúdicos, pois o mesmo deve buscar alternativas que possam ajudar na motivação e interesse dos alunos.

O objetivo deste trabalho consistiu em contribuir para o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano, por meio do desenvolvimento de um jogo sério ubíquo para dispositivos móveis *android* sensível ao contexto de localização dos alunos, que possa ser usado como um recurso didático com o propósito de motivar os discentes e tornar mais atrativo o processo de aprendizagem, além de assumir um papel de atividade de reforço dos conteúdos visto em sala de aula.

Por meio da realização desta pesquisa foi possível alcançar a concepção de uma metodologia de mapeamento ubíquo de coordenadas para a constituição de tabuleiros a partir da localização de dois usuários, a criação de um sistema de um jogo sério ubíquo que consistiu de uma arquitetura composta por um servidor e um aplicativo de jogo móvel, disponibilizado para o sistema operacional *android*. Através deste trabalho foi possível ainda observar os resultados dos testes feitos com os grupos de colaboradores e fazer uma avaliação sobre a opinião dos mesmos a respeito de um jogo sério ubíquo voltado para auxílio do processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano.

De maneira geral pode-se dizer que o trabalho obteve algumas contribuições tanto para a comunidade científica como para a comunidade acadêmica, assim também a nível pessoal. A nível científico este trabalho gerou alguns artefatos de *software* que podem auxiliar

novas pesquisas, tais como a lista de requisitos funcionais e não funcionais que podem apoiar a outros pesquisadores em trabalhos que abordem a mesma temática, facilitando o processo de coleta de requisitos, uma vez que existem um grupo comum de requisitos neste mesmo domínio, a arquitetura que pode ser utilizada como referência em outros projetos e a metodologia de mapeamento ubíquo para construção de tabuleiros, onde esta foi a maior dificuldade encontrada ao longo da realização deste trabalho, evitando que outros autores enfrentem as mesmas dificuldades e percam tempo na resolução do problema. A nível acadêmico foi realizado contribuições por meio do fornecimento do jogo como uma nova ferramenta pedagógica para o processo de ensino-aprendizagem do plano cartesiano e o favorecimento do aumento da motivação e interesse dos alunos, além do reforço dos estudos, o que diretamente pode refletir na possível melhoria do aproveitamento escolar dos discentes em relação ao assunto de plano cartesiano, outra contribuição refere-se ao artigo que foi publicado, onde tanto a comunidade científica como a acadêmica pode ter acesso ao mesmo. Apesar da construção do artigo ter ocorrido nas etapas iniciais deste trabalho, o mesmo foi aprovado, o que evidencia a relevância da pesquisa. A nível pessoal este trabalho contribuiu para o processo de iniciação científica uma vez que por meio do mesmo obteve-se um artigo aceito na escola regional de informática do Piauí e incentivou a continuidade de pesquisas e ingresso em cursos de pós-graduação.

Como trabalhos futuros, pretende-se, em primeiro lugar, realizar mais testes de validação da proposta com o objetivo de investigar o comportamento do jogo com grupos maiores de colaboradores, afim de reafirmar os resultados positivos obtidos, posteriormente, aprofundar as pesquisas já realizadas em busca de ampliar os conteúdos matemático contemplados pelo jogo, realizar a criação de um aplicativo para o professor, onde o mesmo possa acompanhar o desempenho dos alunos e, por fim, melhorar os valores relacionados às distâncias de translação das coordenadas dos usuários durante o processo de construção dos tabuleiros, além de inserir novas funcionalidades ao jogo relacionadas ao modo *multiplayer* e a maior personalização dos personagens e embarcações.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. L. DO et al. Um Aprimoramento do Modelo de Processo de Criação de Objetos de Aprendizagem do Projeto RIVED. **WIE-XII Workshop de Informática na Escola, Campo Grande**, v. 1, n. 1, p. 373–376, 2006.
- BEZERRA, N. J. F.; SCARTAZZINI, L. S. Ensino-Aprendizagem Da Geometria Analítica : Uma Proposta Utilizando O Gps (Sistema De Posicionamento Global) Como Recurso Didático E Fator De Motivação Da Aprendizagem. **V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências - V ENPEC - ATAS. Bauru: ABRAPEC**, 2005.
- BUCHINGER, D.; HOUNSELL, M. D. S. Jogos Sérios Competitivo-Colaborativos: Um Mapeamento Sistemático da Literatura. **II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)**, n. Cbie, p. 275–284, 2013.
- CABRAL, M. A. **A utilização de jogos no ensino de matemática**, 2006.
- CHOI, C. Q. **Strange but True: Earth Is Not Round**. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com/article/earth-is-not-round/>>. Acesso em: 5 jun. 2018.
- CORDEIRO, A. M. S. et al. **O Plano Cartesiano cartesiano dimensões práticas**. Disponível em: <<http://www.emdialogo.uff.br/content/o-plano-cartesiano-e-suas-dimensoes-praticas>>.
- CUNHA, C. P. A Importância da Matemática no Cotidiano A Importância da Matemática no Cotidiano. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 01, n. ISSN:2448-0959, p. 641–650, 2017.
- DIATEL, M.; CARVALHO, M. F. DE; HOUNSELL, M. DA S. MoviPensando : Um Jogo Sério para o Desenvolvimento Cognitivo e Motor de Crianças com Síndrome de Down. **XV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**, p. 421–429, 2016.
- DOURADO, J. B. et al. Desenvolvimento e avaliação de um jogo com tecnologia de RA para auxiliar no ensino de matemática. **XIV Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**, p. 846–853, 2015.
- FIORENTINI, D.; MIORIM, M. Â. Uma reflexão sobre o uso de materiais concretos e jogos no Ensino da Matemática. **Boletim SBM-SP**, 1990.
- FOCETOLA, P. B. M. et al. Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino em Química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 248–255, 2012.
- FRAGELLI, R. R.; MENDES, F. M. Batalha Naval dos Extremos Locais Jogos de Aprendizagem para o Ensino dos Cálculos. **International Symposium on Project Approaches in Engineering Education Challenges**, p. 91–97, 2011.
- GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 28 abr. 2018.
- GROS, B. Digital Games in Education : The Design of Games-Based Learning Environments. **Journal of Research on Technology in Education**, v. 40, n. 1, p. 23–38, 2007.

GUIMARÃES, M. D. S.; RIBEIRO, P. C. Utilização de Jogos Virtuais na Prática Educacional de Crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e / ou Hiperatividade. **IX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**, n. April, p. 261–265, 2010.

HERPICH, F. et al. Jogos Sérios na Educação: Uma Abordagem para Ensino-Aprendizagem de Redes de Computadores (Fase I). **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE 2013**, v. 9, n. Fase I, p. 617–620, 2013.

HERPICH, F. et al. Jogo sério na Educação : Uma abordagem para o Ensino-Aprendizagem de Redes de Computadores (Fase II). **XXII Workshop sobre Educação em Computação - WEI. Anais do XXXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - CSBC.**, n. Fase II, p. 2014, 2014.

IBGE. **Frequently Asked Questions - Perguntas Mais Frequentes**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm>>. Acesso em: 5 jun. 2018.

JOHNSON, S. **Everything Bad is Good for You : How Today ' s Popular Culture is Actually Making Us**. New York: Riverhead Books, 2006.

JÚNIOR, G. DA S.; MEDINA, R. D. Jogos Sérios Ubíquos : Um mapeamento Sistemático. **Novas Tecnologias na Educação**, 2017.

JÚNIOR, J. G. R. et al. Sistema para Monitoramento Descentralizado de Trânsito Baseado em Redes Veiculares Infraestruturadas. **31º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos – SBRC**, p. 863–876, 2013.

KARLINI, D.; RIGO, S. J. ABCLINGO: Integrando Jogos Sérios e Mineração de Dados Educacionais no Apoio ao Letramento. **XIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**, p. 1149–1152, 2014.

KLOPFER, E. et al. Ubiquitous games for learning (UbiqGames): Weatherlings, a worked example. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 28, n. 5, p. 465–476, 2012.

LOPES, Á. R. et al. Aprendizagem Ubíqua Sensível ao Contexto: Mapeamento Sistemático da Literatura Sobre Ambientes de Aprendizagem Ubíqua. **International Symposium on Computers in Education**, p. 58–63, 2017.

LUMPOON, P. N.; THIENGBURANATHUM, P. **Effects of integrating a mobile game-based learning framework in a cultural tourism setting**. SKIMA 2016 - 2016 10th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications. **Anais...2017**

MARTIMIANO, P. C. **Da batalha naval à geometria analítica**, 2013.

MENDES, T. G. Jogos Digitais como Objetos de Aprendizagem : Apontamentos para uma Metodologia de Desenvolvimento. **Anais do X Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames2011)**, p. 1–8, 2011.

MONTEIRO, B. DE S. et al. Youubi: Ambiente de Aprendizagem Ubíqua. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 25, n. 01, p. 94, 2017.

- NETO, J. F. B.; FONSECA, F. DE S. DA. Jogos educativos em dispositivos móveis como auxílio ao ensino da matemática. **Renote**, v. 11.1, n. Novas Tecnologias da Educação, p. 1–10, 2013.
- NORDIN, N. A. M. et al. Finding Shortest Path of the Ambulance Routing : Interface of A * Algorithm using C # Programming. **IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Research**, p. 1569–1573, 2012.
- PAULA, A. F. DE; BITTAR, M. Um Estudo Sobre a Mobilização e Articulação de Conceitos de Álgebra e de Geometria Plana em Estudos da Geometria Analítica: usando o Graphequation como Instrumento Didático. **V SESEMAT - Seminário Sul-Mato-Grossense de Pesquisa em Educação Matemática**, 2011.
- PELIZZA, A. C. et al. **Um estudo sobre Técnicas de Teste de Software no Framework Laravel**, 2017.
- PEREIRA, R. F.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 12–23, 2009.
- PIAUI. **Matrizes Disciplinares do Ensino Fundamental**. Disponível em: <http://www.seduc.pi.gov.br/arquivos/diretrizes/3-Matrizes_Disciplin角度res_do_Ensino_Fundamental.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- PITZ, M. V. **Mapa Virtual 3D da FURB na Plataforma Android**, 2015.
- PREDIGER, J.; BERWANGER, L.; MÖRS, M. F. Relação Entre Aluno e Matemática: Reflexão Sobre o Desinteresse dos Estudantes Pela Aprendizagem Desta Disciplina. **Revista Destaques Acadêmicos**, p. 23–32, 2009.
- PREZOTTO, E. D.; BONIATI, B. B. Estudo de Frameworks Multiplataforma Para Desenvolvimento de Aplicações Mobile Híbridas. **Encontro Anual de Tecnologia da Informação e Semana Acadêmica de Tecnologia da Informação - EATI**, p. 72–79, 2014.
- PROVOS, N.; MAZIERES, D. A future-adaptable password scheme. **USENIX Annual Technical Conference**, p. 1–12, 1999.
- RAPKIEWICZ, C. E. et al. Estratégias Pedagógicas no Ensino de Algoritmos e Programação Associada ao Uso de Jogos Educacionais. **Novas Tecnologias na Educação**, p. 210–224, 2006.
- RODRIGUES, H. F.; MACHADO, L. S.; VALENÇA, A. M. G. Uma Proposta de Serious Game Aplicado à Educação em Saúde Bucal. **Universidade Federal da Paraíba - UFPB**, n. October, p. 4, 2009.
- SACCOL, A.; SCHLEMMER, E.; BARBOSA, J. **M-Learning e U-Learning: Novas Perspectivas da Aprendizagem Móvel e Ubíqua**. São Paulo Person Ed., , 2010.
- SILVA, G. P. DA; RAMALHO, T. H. G.; OLIVEIRA, R. G. L. O jogo Batalha Naval: Uma experiência no estudo do Plano Cartesiano. **Revista Acadêmica Educação e Cultura em Debate**, p. 112–127, 2016.

SILVA, S. H. DA; SANTANA, L. E. L.; OLIVEIRA, R. M. DE. Saberes Docentes Sobre o Ensino da Geometria nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. **Encontro Nacional de Educação Matemática**, p. 1–15, 2016.

ULIANA, M. R. A Confecção de um Plano Cartesiano de Metal para Ensinar a um Deficiente Visual. **Anais Semana de Exatas - UNiR**, p. 120–128, 2009.

VALERIO, A. A. V.; SOUZA, L. DE F. R. DE. Ensino Da Geometria Analitica Com O Uso Do Software Geogebra. **Revista Eletrônica de Educação e Ciência** –, v. 3, n. 1, p. 7–14, 2013.

VELOSO, D. S.; FERREIRA, A. C. Uma Reflexão Sobre As Dificuldades Dos Alunos Que Se Iniciam No Estudo Da Álgebra. **Revista da Educação Matemática da UFOP**, v. I, p. 59–65, 2010.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American (International Edition)**, v. 265, n. 3, p. 66–75, 1991.

WILLIAMS, D. R. **Earth Fact Sheet**. Disponível em:
<<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>>. Acesso em: 3 jun. 2018.

APÊNDICE A – Questionário de usabilidade

Questionário – Teste de Usabilidade			
1	Seu dispositivo é um:	<input type="checkbox"/> Smartphone	<input type="checkbox"/> Tablet
2	Qual a marca do seu dispositivo?		
3	Qual o modelo do seu dispositivo?		
4	O jogo apresentou algum problema durante a execução?	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim
5	Você tem costume de jogar pelo <i>smartphone/tablet</i> ?	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim
6	Em relação a sua experiência de uso com outros jogos, este jogo consumiu uma quantidade excessiva de recursos de <i>hardware</i> (bateria, processamento, memória <i>ram</i>)?	<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim

7. Em sua opinião, quais os pontos negativos do jogo?

Resposta:

8. E quais os pontos positivos do jogo?

Resposta:

9. Deixe sua sugestão de melhoria para o jogo

Resposta:

Obrigado pela sua contribuição!

APÊNDICE B – Questionário aplicado com as crianças

Questionário				
1	Qual sua idade?			
2	Em qual ano/série você estuda?			
3	Qual o nome de sua escola?			
4	A escola que você estuda é pública ou particular?	<input type="checkbox"/> Pública	<input type="checkbox"/> Particular	
5	Qual o seu sexo?	<input type="checkbox"/> Menino	<input type="checkbox"/> Menina	
		Não 	Mais ou menos 	Sim 
6	Você costuma jogar no celular?			
7	Você achou o jogo divertido?			
8	Você se sentiu motivado ao jogar?			
9	O jogo te ajudou a entender melhor sobre a importância do plano cartesiano?			
10	Você gostaria de ter mais jogos como esse nas aulas?			
11	Você acha que é possível aprender jogando?			
12	Você indicaria esse jogo aos seus amigos?			

Obrigado pela sua contribuição!