



Laura Lobo de Farias

Utilização de Game Learning Analytics para Verificação do Aprendizado em Jogo Sérioo Voltado ao Ensino de Zoologia.

Recife

2019

Laura Lobo de Farias

Utilização de Game Learning Analytics para Verificação do Aprendizado em Jogo Sérió Voltado ao Ensino de Zoologia.

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Departamento de Estatística e Informática

Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

Orientador: Gilberto A. de A. Cysneiros Filho

Recife

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F224u Farias, Laura Lobo de
Utilização de Game Learning Analytics para verificação do
aprendizado em jogo sério voltado ao ensino de zoologia / Laura
Lobo de Farias. – Recife, 2019.
61 f.: il.

Orientador: Gilberto A. de A. Cysneiros Filho.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de
informação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Estatística e Informática, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Ensino auxiliado por computador 2. Jogos educativos
3. Aprendizagem - Jogos para computador 4. Software educacional -
Jogos para computador 5. Zoologia – Estudo e ensino I. Cysneiros
Filho, Gilberto A. de A., orient. II. Título

CDD 004.03

À minha família, em especial ao meu pai falecido no andamento desse projeto

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por ter me guiado com sabedoria e saúde durante os anos desta graduação.

Agradeço a minha mãe Luiza pelo carinho, paciência e por sempre confiar em mim. Obrigada a minha irmã Deborah que criou todas as peças gráficas deste projeto e mesmo estando em outro país sempre arrumou tempo para me ajudar.

Sou grata também ao meu namorado Rafael, que conheci durante a realização desta graduação, obrigada por todo amor e carinho durante estes anos.

E por último ao meu orientador Gilberto Cysneiros pela confiança e companhia nesse trabalho, guiando-me sempre ao longo dessa caminhada. Obrigada também a coordenação e professores do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação por todo auxílio e conhecimento passado durante todo o percurso da minha graduação.

*“O importante não é a magnitude de nossas ações, mas sim a quantidade de amor
que é colocada nelas.”
(Madre Teresa de Calcutá)*

Resumo

Jogos digitais são ferramentas capazes de auxiliar no aprendizado, jogos desenvolvidos exclusivamente com esse objetivo são chamados de Jogos Sérios. Jogos Sérios são utilizados em diversas áreas de aprendizagem inclusive no campo da Zoologia, que tem como objetivo formar pessoas que conhecem as características dos animais e se relacionam de forma ética com eles. Entretanto, Jogos Sérios enfrentam alguns problemas, uma dessas dificuldades é de entender como os jogadores interagem com o jogo e como o processo de aprendizagem ocorre. Com o uso de Game Learning Analytics é possível coletar e analisar os dados dos Jogos Sérios com o objetivo de melhorar sua aplicabilidade e assim desenvolver jogos educacionais mais efetivos. Nesse projeto foi desenvolvido um Jogo Sério capaz de auxiliar a aprendizagem em Zoologia e sua efetividade será analisada através da utilização de Game Learning Analytics.

Palavras-chave: game learning analytics, jogos sérios, zoologia, learning analytics, game analytics.

Abstract

Digital games are tools capable of aiding in learning, games developed exclusively for this purpose are called Serious Games. Serious Games are used in several areas of learning including in the field of Zoology, which aims to train people who know the characteristics of animals and relate ethically with them. However, Serious Games face some problems, one of these difficulties is to understand how players interact with the game and how the learning process takes place. With Game Learning Analytics it is possible to collect and analyze data from the Serious Games with the aim of improving their practical applicability and thus to develop more effective educational games. In this project, we developed a Serious Game capable of assisting learning in Zoology and its effectiveness will be analyzed through the use of Game Learning Analytics.

Keywords: game learning analytics, serious games, zoology, learning analytics, game analytics.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Um dos primeiro jogos educativos: <i>Number Munchers</i>	16
Figura 2 – Componentes de um Jogo Sérió	17
Figura 3 – Visão global de um processo de game learning analytics	24
Figura 4 – Arquitetura conceitual de um sistema de <i>game learning analytics</i>	27
Figura 5 – Fases do jogo sério	30
Figura 6 – Carta ZooVS	34
Figura 7 – <i>Screenshot</i> da tela da fase de estratégia do ZooVS	36
Figura 8 – <i>Screenshot</i> da tela da fase de prática do ZooVS	36
Figura 9 – <i>Screenshot</i> da tela da fase de domínio do ZooVS	37
Figura 10 – Fluxo de telas do ZooVS	38
Figura 11 – Ciclo de vida de um jogo digital	39
Figura 12 – Distribuição de jogadores por classificação de aprendizado	43
Figura 13 – Distribuição de jogadores por idade	43
Figura 14 – Distribuição de jogadores por sexo	44
Figura 15 – Percentual de acertos e erros na categoria peso	45
Figura 16 – Percentual de acertos e erros na categoria risco de extinção	46
Figura 17 – Percentual de acertos e erros na categoria longevidade	46
Figura 18 – Percentual de acertos e erros na categoria gestação	46
Figura 19 – Percentual de acertos e erros em todas as categorias	47

Lista de tabelas

Tabela 1 – Distribuição de acertos e erros em cada categoria	45
Tabela 2 – Fase prática: Estatísticas de grupo por sexo	48
Tabela 3 – Fase de domínio: Estatísticas de grupo por idade	48
Tabela 4 – Fase pratica: Teste de amostras independentes por sexo	49
Tabela 5 – Fase de domínio: Teste de amostras independentes por idade	49
Tabela 6 – Fase prática: Teste de Kruskal-Wallis	50
Tabela 7 – Fase de domínio: Teste de Kruskal-Wallis	50

Lista de abreviaturas e siglas

API	Application Programming Interface
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
EN	Em perigo
GA	Game Analytics
GLA	Game Learning Analytics
IBM	International Business Machines
IoT	Internet das Coisas
LA	Learning Analytics
LC	Pouco Preocupante
MOOC	Curso Online Aberto e Massivo
MOODLE	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
NT	Quase ameaçada
REST	Representational State Transfer
SDK	Software development kit
SPSS	Statistical Package for the Social Sciencies
VU	Vulnerável

Sumário

	Lista de ilustrações	7
1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Motivações	12
1.2	Objetivos	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Ensino da zoologia	15
2.2	Jogos digitais e jogos sérios	15
2.2.1	Barreiras de entrada dos jogos sérios	18
2.3	Telemetria	19
2.4	Analytics	20
2.4.1	Learning analytics	20
2.4.2	Game analytics	22
2.4.3	Game learning analytics	22
2.4.3.1	Arquitetura de um sistema de <i>game learning analytics</i>	26
2.5	Questões Éticas	27
3	DESENVOLVIMENTO DO JOGO SÉRIO	29
3.1	Metodologia para criação e análise da eficácia de jogos sérios	29
3.1.1	Projeto e implementação do jogo sério	29
3.1.2	Coleta de observáveis	31
3.1.3	Análise dos resultados obtidos	31
3.2	Projeto do jogo sério	33
3.2.1	Gênero	34
3.2.2	Fases do ZooVS	35
3.3	Ferramentas de desenvolvimento do jogo	38
3.3.1	LibGDX	38
3.3.2	<i>Game loop</i> no LibGDX	39
3.4	Ferramentas de coleta e análise do jogo	40
4	ANÁLISE DOS DADOS	42
4.1	Efetividade do ZooVS	42
4.2	Percentual de acertos e erros por categoria e animal	44
4.3	Testes de hipóteses	47
4.4	Discussão dos resultados	50

5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	55
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	56
	REFERÊNCIAS	58

1 Introdução

O aprendizado pode ocorrer de várias formas, métodos tradicionais como as salas de aula através de aulas expositivas ainda são amplamente utilizados para a transmissão do conhecimento, porém, com o surgimento de novas tecnologias é possível expandir as ferramentas utilizadas para o aprendizado, como os jogos digitais. De acordo com [Salen e Zimmerman \(2004\)](#), um jogo digital é um sistema no qual os jogadores se envolvem em conflitos artificiais, definido por regras, que resultam em um resultado quantificável.

Os jogos digitais desenvolvidos para serem ferramentas educativas e de treinamento são chamados de Jogos Sérios. Com os jogos digitais os seus jogadores podem aprender de maneira lúdica e engajadora, complementando assim outros métodos tradicionais de ensino.

Jogos digitais educativos, em particular utilizados para o ensino da Zoologia podem ser uma ferramenta de aprendizado, pois, permitem um melhor engajamento, motivação, persistência e busca por novas informações por parte de seus jogadores. O ensino da Zoologia pode aproveitar-se dessa ferramenta engajadora e ensinar como é importante conhecer e preservar os animais no meio ambiente, principalmente para os jovens que têm mais afinidade por jogos digitais; afinal, quando os jovens estão jogando eles são persistentes, determinados e imersos nessa atividade.

Com o *Game Learning Analytics* (GLA) é possível que os dados gerados por Jogos Sérios sejam coletados a partir do próprio jogo e analisados para que seja verificado como o seu jogador aprende e se o jogo criado está cumprindo seu papel como ferramenta de aprendizagem.

1.1 Motivações

Na atualidade, videogames são umas das formas de entretenimento mais utilizadas pela população brasileira. Segundo pesquisas, estima-se que 75,5% da população no Brasil joga algum tipo de jogo, independente da plataforma escolhida ([PGB, 2018a](#)).

Esse número de jogadores continua crescendo, principalmente pela utilização massiva dos *smartphones*, que representa a plataforma mais utilizada pelos brasileiros para jogar ([PGB, 2018a](#)). Com o advento dos *smartphones* se permitiu que jogos digitais não sejam só atrelados a *consoles* de última geração, mas também a dispositivos do uso cotidiano, como são os *smartphones*.

O fenômeno dos jogos digitais voltados para entretenimento e uma maior aqui-

sição de *smartphones* pela população permitiram o advento de um campo de pesquisa, que tem como objetivo ensinar ou treinar seus jogadores sobre um certo tema. Essa ideia de usar jogos para melhorar a educação existe desde a publicação dos primeiros jogos digitais comerciais (MALONE, 1981).

Os benefícios potenciais dos jogos incluem melhor automonitoramento, reconhecimento e solução de problemas, tomada de decisões, melhor memória de curto e longo prazo e aumento de habilidades sociais, como colaboração, negociação e tomada de decisões compartilhada (KIRRIEMUIR et al., 2006).

Uma vez que os jogos digitais permitem que os seus jogadores obtenham habilidades necessárias em uma cultura baseada na informação e para aprender de forma inovadora, o interesse em jogos digitais voltados para aprendizagem cresceu consideravelmente na última década. Outro fator para a utilização de jogos para ensino e treinamento é o fato de que jogos digitais são bastante interativos podendo assim gerar uma grande quantidade de dados em uma curta e única sessão. Esses dados quando analisados podem gerar *insights* sobre o comportamento do jogador, como, por exemplo, quais fases e conceitos o jogador teve mais dificuldade em concluir.

O projeto inicial de criação de Jogos Sérios é essencial para sua real efetividade. Utilizar metodologias já validadas de criação de Jogo Sérios nos permite embutir de forma concreta os objetivos educacionais propostos e com a utilização do *Game Learning Analytics* podemos conhecer melhor os jogadores a partir da sua interação com o jogo, verificando assim seu comportamento e como ocorre seu processo de aprendizagem. Essa visualização dos dados obtidos pode ser em tempo real ou agregados para uma análise posterior, dependendo assim de qual tipo de análise que se quer obter.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral:

- Desenvolver um Jogo Sério que seja capaz de auxiliar no processo de aprendizagem sobre a Zoologia e com a utilização do *Game Learning Analytics* provar sua eficácia e analisar os seus jogadores.

E como objetivos específicos:

- Utilizar a metodologia de Serrano-Laguna et al. (2017) para o processo de criação dos Jogos Sérios.
- Desenvolver um jogo educativo utilizando a *framework opensource* LibGDX.

- Analisar estatisticamente a partir do *Game Learning Analytics* o perfil de aprendizado dos jogadores e a real efetividade do jogo desenvolvido.

2 Fundamentação Teórica

Esse capítulo tem como objetivo abordar os conceitos teóricos necessários para a realização desta pesquisa. Primeiramente demonstrando a importância do aprendizado da educação ambiental e depois conceituando os termos *Analytics*, *Learning Analytics*, *Game Analytics*, *Game Learning Analytics* e telemetria.

2.1 Ensino da zoologia

A zoologia é o ramo da Biologia que estuda os animais nos mais variados aspectos, como os ecológicos, fisiológicos, morfológicos e taxonômicos (SILVA; COSTA, 2018). O seu ensino permite que se conheça e valorize os animais e todo o ambiente necessário para sua existência. Esse tipo de educação participa de forma ativa em construir uma sociedade que conhece o ambiente em que vive e os problemas ligados ao desenvolvimento da sociedade, motivando assim seus estudantes a resolver problemas e realizar determinadas ações para preservar o ambiente e as espécies presentes nele. Sem esse conhecimento o estudante não tem vigilância sobre os efeitos gerados pelo homem no meio ambiente.

Quando se tem conhecimento, atua-se com mais responsabilidade, tendo assim uma melhor relação com a natureza. Pode-se assim a partir deste aprendizado, conhecer em cada espécie suas particularidades. Isso ajuda a conhecê-la como admirá-la, sendo assim um importante fator para a proteção dos animais para futuras gerações.

Aprender fatos e números sobre animais não é somente armazenar os dados na mente. Também faz perceber por que preservar e equilibrar a natureza é fundamental para a sobrevivência humana. Quando se estuda a vida e as características dos animais, aprendendo sobre seus hábitos, comida e comportamento se vê que tudo está integrado. Os seres humanos dependem de animais para alimentação, trabalho, companhia e para a própria manutenção do planeta, provendo assim conscientização a todos em uma sociedade.

2.2 Jogos digitais e jogos sérios

Jogos estão presentes na cultura da sociedade desde os tempos antigos. Com o advento dos computadores e sua posterior diminuição de preço, se deu o surgimento de um novo tipo de jogo, os jogos digitais.

Pessoas jogam jogos por diferentes razões. Alguns procuram uma fuga rápida e

casual do mundo real, e outros querem um desafio ou uma simulação de uma atividade do mundo real (BATES, 2004). Eles são ferramentas lúdicas nas quais os jogadores se voluntariam a realizar um determinado objetivo proposto pelo jogo.

Já se observava o potencial dos jogos para a educação desde os primeiros lançamentos de jogos comerciais, não demorou muito para que jogos fossem desenvolvidos com o objetivo central de serem ferramentas de ensino, pois se os videogames são tão cativantes ao ponto que os usuários dediquem várias horas neles, certamente os jogos podem ser usados para ensinar diversos assuntos. No entanto, a aprendizagem continua sendo aprendizagem, mesmo que seja embrulhada em embalagens eletronicamente assistidas e cativantes (BLUMBERG, 2014).

Um dos primeiros jogos que tinha como objetivo explícito o aprendizado foi o jogo lançado na década de 80 (HACKETT, 2016) chamado *Number Munchers*, que tratava do ensino de temas da matemática básica, a figura 1 mostra uma tela desse jogo. Apesar do uso esporádico de jogos digitais para aprendizado não existia um termo sucinto para exemplificar e catalogar esse tipo de jogo.



Figura 1 – Um dos primeiro jogos educativos: *Number Munchers* (HACKETT, 2016)

Ao longo dos anos, criou-se uma série de definições para jogos que tem como objetivo o ensino de alguma habilidade, os Jogos Sérios. Segundo Michael, Chen e ebrary (2006) Jogos Sérios são qualquer uso de jogos digitais para outros fins que não sejam o entretenimento, incluindo simulações de treinamento, jogos de crítica social e jogos *advergames* (jogos criados para promover um produto, um serviço ou uma empresa).

Já Zyda (2005) define de forma mais formal o conceito de Jogos Sérios como: uma disputa mental, jogado com um computador de acordo com regras específicas, que utiliza o entretenimento para fins de treinamento governamental ou corporativo, educação, saúde, políticas públicas e objetivos de comunicação estratégica.

Jogos Sérios apresentam os seguintes componentes: regras e jogabilidade, desafios, interações e objetivos (explícitos e implícitos) (WATTANASOONTORN; HERNANDEZ; SBERT, 2012). O Jogo Sérico contém um conjunto de regras e jogabilidades que moldarão quais os tipos de interação que o jogador poderá realizar nele, tendo o intuito de completar os desafios do jogo e atingir os objetivos propostos. Esses objetivos podem ser explícitos, que é o ato de completar o próprio objetivo do jogo, como também implícitos, que são os conhecimentos obtidos após sua realização. Esses componentes podem ser visualizados na figura 2

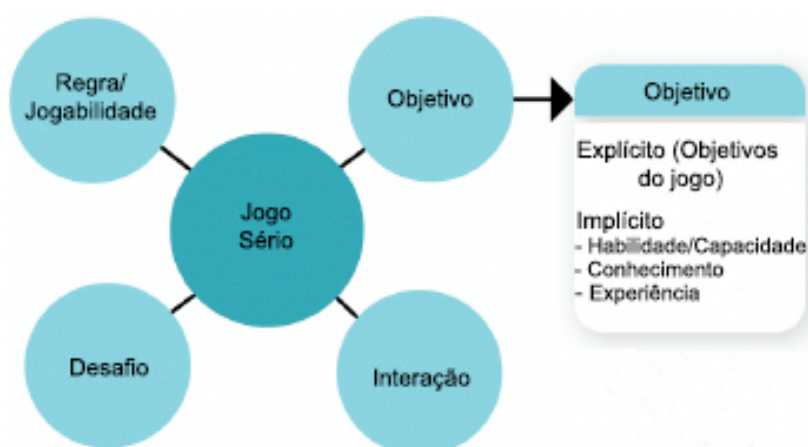


Figura 2 – Componentes de um Jogo Sérico
(WATTANASOONTORN; HERNANDEZ; SBERT, 2012)

A partir dessas definições pode-se extrair que esse tipo de jogo digital difere de outros, pois possuem atrelados a eles algum tipo de aprendizagem preestabelecida no seu projeto, ou seja, o jogo foi desenvolvido com o propósito de ser uma ferramenta capaz de melhorar as habilidades e desempenho de seus jogadores. Entretanto, jogos voltados para entretenimento também podem entregar aprendizado ao seu jogador, mesmo que não sejam projetados com esse intuito, como é o caso de jogos como *Civilization* e *Age of Empires* que ensinam história a seus jogadores mesmo não sendo criados com esse objetivo.

É importante diferenciar Jogos Sérios de Gamificação. Gamificação se refere ao uso de elementos presentes em jogos digitais em sistemas que não são jogos para melhorar a experiência e envolvimento do usuário (DETERDING et al., 2011). Com isso a Gamificação utiliza mecânicas presentes em jogos, como pontuação, placares de líderes e troféus, com o objetivo de aumentar a motivação do usuário de realizar uma determinada tarefa.

A Gamificação e os Jogos Sérios estão relacionados, pois ambos utilizam determinados aspectos de jogos para alcançar um objetivo. Jogos Sérios fazem isso através de um projeto real de jogo, já a Gamificação faz através de um conjunto mais amplo de ferramentas, como pontuação e a própria motivação inerente ao ato de jogar.

Jogos Sérios devem instigar seus jogadores, que devem sentir-se desafiados num nível de dificuldade adaptada a eles, a fim de aumentar o interesse do jogador a cerca do tema escolhido fazendo assim que o jogador busque outras formas de conhecimento sobre aquele tema. Ou seja, o Jogo Sério deve abrir barreiras aos seus jogadores para buscarem formas mais aprofundadas de conhecimento sobre o tema exposto.

2.2.1 Barreiras de entrada dos jogos sérios

Jogos Sérios apresentam vários benefícios a seus jogadores, eles o cativam e envolvem em um propósito específico de aprendizado em vastas áreas, como auxílio de treinamento militar, treinamento corporativo e educação. Existem barreiras que os Jogos Sérios devem atravessar para que sejam amplamente usados, uma delas é pelo fato de que Jogos Sérios recebem menos investimentos para sua produção, tornando-os assim mais deficitário em questão de jogabilidade e gráficos.

Outra barreira é que os desenvolvedores precisam aprender a criar jogos melhores e mais efetivos para a educação, porém, para isso acontecer precisa-se entender como os jogos digitais afetam a aprendizagem, para assim criar-se um jogo que aumente esse potencial educativo. Esta compreensão mais profunda forçosamente começa com uma melhor avaliação que pode ser abordada a partir de dois lados complementares: avaliar a eficácia educacional dos jogos (por exemplo, através de experimentos tradicionais de pré-pós teste) e usar os próprios jogos como ferramentas de avaliação ([FREIRE et al., 2016](#)). Os Jogos Sérios conseguem fornecer contextos para avaliar seus jogadores em um amplo grau de habilidades e conhecimento, em comparação com as abordagens tradicionais de avaliação.

Entretanto, uma das dificuldades que os Jogos Sérios têm é o fato que faltam evidências que os jogos funcionam como uma ferramenta de ensino, precisa-se garantir que as avaliações sejam válidas, confiáveis e discretas. Métodos de pesquisa podem avaliar o que os alunos sabem antes e depois de utilizarem o jogo, sendo assim ferramentas capazes de verificar a efetividade do jogo e trazendo inferências válidas sobre o que o estudante sabe sem interromper o fluxo do jogo ([STEINKUEHLER; SQUIRE; BARAB, 2012](#)).

Um dos mecanismos capazes de verificar a efetividade de um Jogo Sério de maneira discreta e confiável é a utilização de um campo de estudo, já muito utilizado tanto em jogos voltados para o entretenimento quanto em Curso Online Aberto e Massivo (MOOC), que é o ramo de *analytics* com o auxílio da telemetria. Jogos Sérios em ambientes de softwares digitais (em oposição a formas não digitais, como jogos de tabuleiro ou cartas) podem ser programados para capturar, armazenar e compartilhar grandes quantidades de dados do usuário ao longo do tempo por meio de sistemas

avançados e tecnologias inovadoras que vão além das tradicionais medidas de avaliação (KLERK; VELDKAMP; EGGEN, 2015).

2.3 Telemetria

O método tradicional para coleta de dados na indústria de jogos, até recentemente, tinha sido a observação de um jogador jogando o jogo em um laboratório de usabilidade, estudando os resultados de pesquisas ou alguma combinação dos dois. Estes dados podem, por si só, apresentar um quadro distorcido, a menos que a hipótese possa ser verificada pelo estudo dos dados recolhidos da jogabilidade. A análise de dados de jogabilidade pode provar ou refutar uma hipótese e descartar equívocos comuns de um designer de jogos, que pode ter uma visão distorcida da natureza de seu jogo (EL-NASR; DRACHEN; CANOSSA, 2013). Utilizar dados obtidos a distância, gerado da interação do usuário com o jogo são um mecanismo eficaz para resolver esses problemas de design como também conhecer seu jogador, tornando assim a telemetria um termo fundamental para *analytics*.

Telemetria são dados obtidos à distância. Como, por exemplo, dados quantitativos sobre como um usuário joga um jogo e sua pontuação em alguma fase. Com o uso da telemetria, os dados podem ser transformados em métricas, como “tempo total de jogo” ou “usuários ativos diários” — ou seja, medidas que descrevem um atributo ou propriedade dos jogadores.

Os sistemas de telemetria em jogos utilizam geralmente o modelo cliente-servidor. O jogo é jogado por um cliente, que envia dados selecionados para o servidor. Esses dados podem ser recolhidos através de várias plataformas, como consoles de mesa ou *smartphone*. Essa comunicação pode ser mantida continuamente ou pode ser aberta somente quando solicitada e depois fechada após o envio dos dados. O servidor após a coleta processa os dados, e os carrega para um banco de dados. Somente após esse processo é que os dados estarão disponíveis para serem analisados. Esses dados podem ser transformados em gráficos, tabelas e mapas de calor, com o objetivo de prover sua melhor visualização.

Jogos desenvolvidos que tem como finalidade o entretenimento usa os dados obtidos pela telemetria para avaliar o envolvimento e o prazer que os jogos oferecem. Já para jogos sérios, utilizam-se métricas para a análise do impacto do jogo no propósito específico escolhido. Esses dados são valiosos quando são analisados. A análise geralmente envolve combinar ou transformar dados em um gráfico, tabela, ou algum tipo de visualização, que é então usado para fornecer questões acerca da efetividade do jogo.

2.4 Analytics

Analytics é o processo de descobrir e revelar padrões nos dados, no sentido de resolver problemas nos negócios ou previsões para apoiar o gerenciamento de decisões corporativas, impulsionando ações e/ou melhorando o desempenho. Os fundamentos metodológicos para análise são estatísticas, mineração de dados, matemática, programação e pesquisa de operações, bem como a visualização de dados, a fim de comunicar as percepções aprendidas para as partes interessadas relevantes (EL-NASR; DRACHEN; CANOSSA, 2013).

Vive-se a era da datificação. Segundo Cukier e Mayer-Schöenberger (2013), a datificação é a conversão de todos os aspectos da vida (ou atividades da vida) em dados. Isso se deu principalmente por uma maior quantidade de dispositivos capazes de gerar dados, em especial os *smartphones* e *smartwatchs*. Esses dispositivos formam uma rede denominada Internet das Coisas (IoT), que permite a conectividade de qualquer objeto a qualquer momento para qualquer lugar (HENRY et al., 2016). Assim tudo que se pode imaginar está sendo datificado como atividades físicas, tempo de sono e quantidade de calorias perdidas. Esses dados de interações do usuário, sendo analisados a partir de técnicas de *analytics* podem gerar *insights* relevantes.

Por esse motivo *analytics* obteve uma quantidade enorme de atenção em diversos ramos de pesquisas: *Learning Analytics* (LA), *Game Analytics* (GA) e *Game Learning Analytics* (GLA). *Learning Analytics* são utilizados em ambientes virtuais de ensino. *Game Analytics* usados para jogos digitais focados em entretenimento com o intuito de melhorar a experiência do usuário. E o *Game Learning Analytics* aplicados em Jogos Sérios com o objetivo de validar a efetividade do Jogo Sério e como os jogadores interagem com ele.

A utilização de *analytics* nos Jogos Sérios evita a utilização de questionários e testes posteriores para verificar a real efetividade do jogo na aprendizagem do tema. Com técnicas de *analytics* e utilização de técnicas de visualização, pode-se de forma eficaz compartilhar resultados, a partir de gráficos, mostrando detalhes e relações de forma mais eficaz que outros métodos.

2.4.1 Learning analytics

Learning analytics (LA) é um campo emergente no qual ferramentas de *analytics* são usadas para melhorar o aprendizado e a educação em ambientes virtuais de ensino. Segundo Siemens e Long (2011), LA é a medição, coleta, análise e relato dos dados sobre os alunos e seus contextos, com o objetivo de entender e otimizar o aprendizado e os ambientes em que ele ocorre.

Esse campo tenta responder a questões como: i) Quão eficaz é um curso on-

line? ii) Esse curso atende às necessidades dos alunos? iii) Quais os conteúdos mais acessados pelo aluno no curso? iv) Como as necessidades dos estudantes podem ser melhor atendidas? v) Como os conteúdos podem ser melhorados? Sem a utilização do LA, para se achar a resposta a essas questões, seriam propostos questionários sobre a qualidade do curso, notas dos alunos e a própria percepção do professor sobre o curso. Esse tipo de abordagem gera primeiramente a demora em solucionar os eventuais problemas do curso, além de se obter análises rasas sobre o tema, gerando assim erros tanto em análise quanto demora em intervenções necessárias ao curso e alunos.

Um dos fatores para a popularização do LA foi o aumento dos ambientes virtuais de aprendizagem, como o Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (MOODLE), fazendo as instituições de ensino terem uma quantidade cada vez maior de dados dos seus alunos, que precisam ser analisados para futuros *insights* sobre o curso e seus alunos para otimizar o aprendizado online. Essas instituições de ensino, podem, por exemplo, como uma maneira mais simples de se utilizar *Learning Analytics* verificar quantidade de downloads de um determinado material, a quantidade de postagem de um aluno num fórum ou sua quantidade de acessos que realiza no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Uma vez coletados os dados, é necessário um processo de análise para serem transformados em informações úteis. Existem duas técnicas diferentes que podem ser utilizadas: Visualização da Informação que descreve os dados com uma abordagem estatística limitada, Mineração de Dados e *Machine Learning* que faz previsões baseadas em algoritmos complexos (CHAUDY; CONNOLLY; HAINEY, 2014).

A Visualização da Informação permite que os dados sejam organizados e descritos de maneira que seja possível obter conclusões sobre os dados disponíveis, a partir de uma melhor visualização dos dados. Já com a Mineração de Dados as conclusões são automáticas, realizando assim previsões através de algoritmos complexos com base nos dados coletados. Tendo assim um maior custo computacional quando comparados a abordagem de Visualização da Informação. Esse tipo de abordagem é chamada de Mineração de Dados Educacionais.

A análise mais profunda de tais registros podem identificar padrões de comportamento que se correlacionam com falhas acadêmicas (por exemplo, alunos que raramente acessam materiais de suporte ou com longos períodos entre cada login) para que as ações de correção possam ser buscadas por alunos que exibem esse comportamento. Embora o exemplo acima possa ser óbvio demais, quando o conjunto de dados é grande (por exemplo, milhões de alunos), isso se torna um problema de *big data* onde técnicas de mineração de dados podem detectar correlações menos óbvias (FERGUSON, 2012).

2.4.2 Game analytics

Game Analytics (GA) é a prática de analisar informações de jogos gravados para facilitar futuras decisões de design (MEDLER, 2009). Auxiliando assim seus desenvolvedores a conhecer como seus jogadores jogam o jogo, tendo o objetivo de melhorar a experiência do jogador através de uma abordagem objetiva e baseada em dados obtidos pelo próprio jogo.

A utilização de GA pode ocorrer em diversas fases do desenvolvimento do jogo, como na análise de *bugs*, tempo de desenvolvimento de cada conteúdo que o jogo possui e na fase de testes, onde se pode verificar falhas no design que serão corrigidas na versão final. Após a publicação do jogo, outras formas de análise podem ser realizadas, como a verificação do grau de dificuldade de um determinado nível, áreas populares de um jogo online, tempo de jogo médio de cada jogador e as horas que os jogadores mais utilizam o jogo. Todas essas análises têm como objetivo de se obter *insights* valiosos de como os jogadores jogam o jogo fornecendo assim uma visão geral com o objetivo de tomar decisões que melhoram a experiência dos jogadores com o jogo.

Essa coleta de dados é realizada através da telemetria, permitindo assim a agregação de todas as interações realizadas pelos jogadores nas diversas plataformas que ele foi publicado, transformando assim esses dados em métricas. Pelo fato que jogos são ambientes bastantes interativos, uma grande quantidade de dados pode ser gerado a partir de uma única sessão de jogo.

As métricas que serão obtidas através de um sistema de GA podem ser métricas genéricas, que podem ser utilizadas em todos os gêneros de jogos, exemplos de métricas desse tipo são o total de tempo jogado e taxa de retenção, como também variam de acordo com o gênero do jogo. Em jogos de ação, por exemplo, onde jogos são focados em reflexos e combates, métricas como quantidade de dano infligido, armas utilizadas e mapa escolhido são utilizadas. Já em jogos focados em exploração, os de aventura, métricas como progressão na história, áreas visitadas e itens usados são medidas.

O GA também é proveitoso para os gerentes de marketing, pois, pode fornecer uma visão para o quais itens e recursos do jogo são mais lucrativos. Essa inteligência é amplamente usada para planejar novos conteúdos de acordo com dados demográficos e psicográficos específicos (EL-NASR; DRACHEN; CANOSSA, 2013).

2.4.3 Game learning analytics

Um jogo (educacional ou não) pode gerar grandes quantidades de dados, de fato, muito mais do que outra forma de conteúdo, uma vez que as interações do jogo

são tipicamente construídas em torno de um ciclo de *feedback* muito curto de interação-reação (ECK, 2006).

Enquanto os jogos voltados para entretenimento utilizam ferramentas de GA para medir o quão divertido, engajador e rentável um jogo é, a utilização de ferramentas de GA em Jogos Sérios podem ser utilizadas para avaliar a aprendizagem do aluno através do jogo.

Ao criar um Jogo Sérico, os objetivos educacionais do *Learning Analytics* e as ferramentas e tecnologias do *Game Analytics* devem ser combinados, no que pode ser chamado de *Game Learning Analytics* (GLA) (FREIRE et al., 2016). Ao utilizar-se dessas ferramentas, pode-se por fim criar e analisar Jogos Sérios capazes de entender melhor a interação que o jogador tem com ele e medir assim o impacto causado no conhecimento do jogador com a sua utilização. Essa análise e visualização dos dados do comportamento de aprendizagem dos jogadores podem permitir uma comparação entre a intenção pedagógica do jogo e do comportamento real do jogo, verificando assim a real aprendizagem proporcionada pelo jogo, determinando assim se as escolhas realizadas no projeto tiveram o efeito educacional desejado.

Com o *Game Learning Analytics* os Jogos Sérios poderão então se tornarem o que foram originalmente planejados, sendo ferramentas que melhoraram as habilidades e conhecimento dos seus jogadores, e além disso, transformam as informações obtidas em *insights* (CUKIER; MAYER-SCHÖENBERGER, 2013).

Existem métricas que podem ser utilizadas tanto em jogos voltados para entretenimento quanto para jogos educativos, porém não se pode simplesmente utilizar uma ferramenta de GA sem as modificações necessárias num jogo sério, pois cada campo possui suas particularidades e objetivos finais. Para Jogos Sérios é necessário primeiramente selecionar quais ações dos jogadores devem ser coletadas como evidência do aprendizado e depois por meio de processos estatísticos ou mineração de dados, analisar essas ações e permitir visualizações dos resultados obtidos.

Segundo El-Nasr, Drachen e Canossa (2013), os objetivos da análise dessas métricas pode ser dividido em dois:

- **Avaliação Descritiva:** Fornece informações do jogador do Jogo Sérico. Essa avaliação mostra as características e variáveis demográficas (idade, sexo, escolaridade, etc) do jogador. A obtenção desses observáveis pode ser realizadas tanto em questionários antes da aplicação do Jogo Sérico, como também integrado ao jogo.
- **Avaliação avaliativa:** Mede algo que está diretamente influenciado pelo processo de aprendizagem realizado pelo Jogo Sérico. Pode ser dividido em:

- Avaliação Formativa: Acompanha a aprendizagem do aluno, fornecendo informações sobre o seu processo de aprendizagem.
- Avaliação Somativa: Normalmente realizada no final da aplicação de um Jogo Sériο, para avaliar o aprendizado do jogador após sua utilização. A combinação dessas duas avaliações permite verificar se o projeto do jogo está de acordo com os objetivos educacionais propostos.

Um sistema de GLA deve inspecionar a interação dos jogadores com o jogo, coletando informações acerca dessas interações e analisando-as para se verificar como, por exemplo, a efetividade do jogo e se o projeto do jogo provê um mecanismo efetivo à aprendizagem. Essa análise normalmente é feita fora do jogo, onde esses dados são coletados e enviados a um servidor central para que essa análise seja realizada, cada jogador envia informações para o servidor agregando assim o *gameplay* de vários níveis para essa análise. De maneira geral, esse processo ocorre como demonstra a figura 3.



Figura 3 – Visão global de um processo de game learning analytics
Fonte: Elaborado pela autora

O primeiro passo para realizar esse processo descrito na figura 3 é definir quais dados deveram ser obtidos para futuras análises. Isso permite que o servidor não fique sobrecarregado com uma quantidade desnecessária de dados, pois coletar grandes quantidades de dados não é tão importante como a coleta de dados relevantes. Sendo então só os que tem relação com o aprendizado que devem ser coletados. Esses dados então serão guardados em um servidor. A partir dos dados obtidos pela interação do jogador com o Jogo Sériο o GLA irá extrair as informações desses dados que irá revelar informações sobre o processo de aprendizagem do aluno. Após a finalização dessa análise, será gerada a visualização dos resultados a partir de gráficos e tabelas. Essa visualização pode ser utilizada em diversos propósitos. Ela pode ser em tempo real, em um contexto de uma sala de aula onde o professor pode visualizar aqueles alunos que tem mais dificuldades sobre um assunto. Como também para visualizações agregadas de todas as métricas presentes.

Através da análise dessas métricas se pode analisar resultados da aprendizagem que são os conhecimentos e habilidades adquiridos jogando o jogo. Essas avaliações podem ser incorporada dentro do ambiente do jogo, tornando desnecessário o uso de pesquisas, pois esses dados podem ser obtidos com base nos dados coletados

pelo jogo. Pode-se transformar traços do *gameplay* em visualizações, para verificar se os objetivos educacionais estão realmente sendo encaixados no Jogo Sérioso. A visualização desses dados podem permitir se verificar a intenção pedagógica embutida em Jogos Sérios, além de se verificar o comportamento do jogador com o jogo em questão. Além da questão da avaliação, a utilização de Jogos Sérios são importantes para o engajamento do jogador, fazendo o jogador ter mais motivação a aprender sobre determinado assunto.

Outro fato motivador para a utilização do GLA é conseguir auxiliar a criação de uma geração melhor de jogos sérios sendo tanto instigadores e capazes de melhorar o conhecimento do jogador. O GLA permite que se verifique erros de projetos no desenvolvimento do jogo, incrementando assim sua jogabilidade como também na verificação da real efetividade do jogo.

Um sistema de *Game Learning Analytics* requer múltiplas tarefas sendo realizadas, que vão desde a obtenção de dados através de telemetria até análise e visualização de resultados. De acordo com [Freire et al. \(2016\)](#), uma implementação de um sistema de GLA normalmente deve implementar os seguintes itens:

- Instrumentação: Dentro do jogo deve existir um mecanismo no qual se guarda as interações significativas que os jogadores realizam no jogo. Essas interações são enviadas normalmente para um servidor, cuja a maneira mais indicada de enviar esses dados é em lotes, evitando assim uma sobrecarga no servidor pelo grande número de solicitações que aconteceriam caso o envio fosse em tempo real. Essa maneira também permite que mesmo se a conexão ao servidor seja perdida, os dados ainda podem ser enviados posteriormente, evitando assim sessões corrompidas do jogo.
- Coleta e Armazenamento: Ferramentas de coleta e armazenamento dos dados enviados pela Instrumentação. Esses dados obtidos pelo servidor são classificados e armazenados para futuramente realizar análises e consultas.
- Análise através de relatórios e gráficos. Podendo ter duas abordagens:
 - Análise em Tempo Real: Permite que intervenções sejam realizadas no momento em que os jogadores estão jogando. Normalmente esse tipo de análise é mais simples e rápida e se aplica quando professores estão observando alunos jogarem, sendo possível com isso eles observarem as interações de cada jogador e verificar em que pontos estão tendo mais dificuldade e tentar realizar medidas corretivas para maximizar a efetividade do aprendizado.

- **Análise Agregada em Lotes:** Permite que haja uma agregação dos dados de diferentes sessões de jogo. Com isso realiza uma análise mais complexa das interações realizadas pelos jogadores.
- **Indicadores de desempenho:** São utilizados os indicadores de desempenho para se verificar resultados quantificáveis. Porcentagem de conclusão, notas e eficácia do jogo são exemplos de indicadores para o contexto educacional dos Jogos Sérios.
- **Painel de Análise:** Análises obtidas podem ser visualizadas através dos painéis de análise. Fornecendo assim uma visão geral dos principais indicadores de desempenho, e permitindo que o usuário possa definir filtros específicos. Podemos assim verificar a efetividade do jogo em si. Ver quantos jogadores concluíram o jogo, a quantidade de tempo para completar cada estágio, ou se os jogadores chegaram a ler o tutorial.

2.4.3.1 Arquitetura de um sistema de *game learning analytics*

A figura 4 apresenta uma visão geral de uma possível arquitetura de um sistema de GLA. Com o jogo se inicia todo o processo, o modelo desse jogo deve prover as metas de aprendizagem como também estruturar as mecânicas do jogo com o objetivo de entregar os objetivos educacionais propostos. Esse modelo estrutura como os dados devem ser monitorados, agregados e apresentados para um Sistema de GLA. O jogo que envia os dados para o Coletor, que consiste em um servidor capaz de receber selecionadas interações realizadas no jogo. O Coletor e o Agregador capturam, agregam, limpam e ordenam os dados. O Relator acessa o banco de dados e apresenta os dados obtidos através de diferentes tipos de relatórios, como gráficos, mapas de calor e tabelas. O Avaliador tem como objetivo acessar o banco de dados e verificar se os objetivos educacionais definidos no Modelo de Avaliação estão sendo cumpridos. Em seguida o Adaptador envia instruções para o jogo se adaptar ao jogador, completando assim o ciclo.

Essa arquitetura permite que possa ser gerado uma enorme quantidade de dados que podem ser utilizados de diversas maneiras. Os dados obtidos nos jogos podem ser utilizados para melhorar o próprio projeto do jogo, observando quais pontos do jogo precisam ser melhorados para entregar uma maior efetividade permitindo assim um clique de melhoria no seu projeto. Como também adaptar seu conteúdo através de algoritmos permitindo assim uma aprendizagem personalizada que busca manter um jogador num nível certo de desafio, não sendo o seu conteúdo nem tão fácil, nem tão difícil para o jogador.

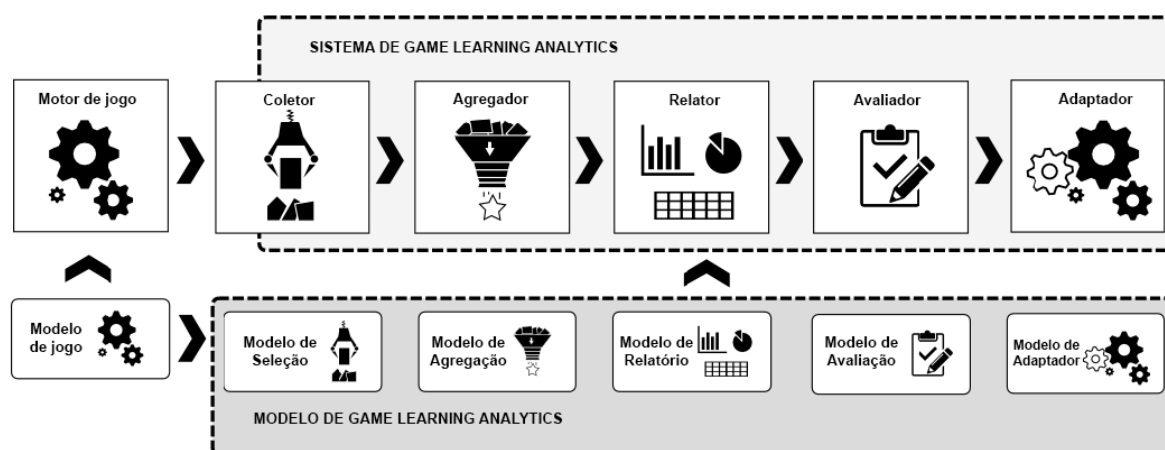


Figura 4 – Arquitetura conceitual de um sistema de *game learning analytics* (FREIRE et al., 2016)

2.5 Questões Éticas

Questões éticas devem ser consideradas na hora de ser aplicar sistemas de *Game Learning Analytics*. A coleta de dados através de telemetria em jogos é bastante comum em dias atuais, principalmente com a popularização dos *smartphones*. Eles podem enviar aos desenvolvedores a localização dos jogadores, tempo de sessão entre outros dados. Em alguns jogos na hora da instalação do jogo são mostradas as permissões necessárias a serem liberadas pelo jogador. Não é norma que os usuários sejam claramente informados de que seu comportamento está sendo rastreado, e raramente há uma chance de optar por sair do rastreamento e ainda jogar o jogo em questão (EL-NASR; DRACHEN; CANOSSA, 2013).

Com isso se cria várias indagações a cerca da privacidade dos jogadores, como quem pode acessar esses dados, quais dados podem ser coletados e se existe consentimento dos jogadores em enviar os dados aos servidores de análise. Para jogos de fins de entretenimento, essa coleta se dá principalmente para ações de marketing e verificar pontos em que a jogabilidade deve ser melhorada. Já para Jogo Sérios os dados coletados ajudam a validar a efetividade do jogo, como também traçar um perfil de seus jogadores a cerca dos objetivos educacionais presentes.

Dados coletados por sistemas de *Game Learning Analytics* devem ser somente utilizados para fins educacionais, tendo seu envio consentido pelos seus jogadores. Sendo definidos quais dados serão coletados e por que razão.

Por questões de privacidade, não se deve ter meios de identificar o jogador através do dado, sendo então enviados anonimamente ao sistema de *Game Learning Analytics*. Variáveis demográficas como sexo e idade também devem ser obtidas com o consentimento do jogador ou do responsável, caso os jogadores incluam menores.

Com isso se mantém a confidencialidade de seus jogadores.

3 Desenvolvimento do Jogo Sérió

A partir da metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#) foi desenvolvido o jogo que é o objeto de pesquisa deste projeto, com essa metodologia poderá se medir os objetivos educacionais obtidos pelos jogadores e sua efetividade baseada em uma coleta automática dos dados gerados pela interação dos seus jogadores com o Jogo Sérió.

3.1 Metodologia para criação e análise da eficácia de jogos sérios

Essa seção visa expor a metodologia escolhida para o projeto e análise dos dados colhidos pelo jogo proposto. Inicialmente são explicados as bases teóricas da metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#), depois será projetado e analisado um Jogo Sérió com base nessa metodologia.

A metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#) visa abranger todo processo de criação, validação e análise de um Jogo Sérió, tendo como objetivos:

1. Facilitar a medição dos resultados de aprendizagem dos Jogos Sérios.
2. Fornecer uma maneira sistemática de avaliar a eficácia dos Jogos Sérios como um todo.

Nessa metodologia, se define quais conhecimentos o jogo se propõem a ensinar e a população-alvo deste jogo para que se possa criar um jogo no qual sua mecânica se alinhe ao objetivo educacional do jogo proposto. Após a implementação do jogo, ele é validado a partir de uma avaliação formativa de uma amostra da população-alvo (validação), e repetido até que o jogo seja totalmente validado e possa ser usado pela população-alvo (implantação). Cada etapa da metodologia está descrita nos próximos tópicos.

3.1.1 Projeto e implementação do jogo sério

Para a metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#), projeto de aprendizagem é a transformação dos objetivos educacionais em mecânicas do jogo e resultados observáveis de aprendizagem, considerando as características da população-alvo. A mecânica do jogo deve ter duas condições: precisa ser adequada para o objetivo educacional do jogo e que o jogo deve gerar observáveis que verifiquem o conhecimento do jogador a fim de se medir sua efetividade.

Os desenvolvedores devem definir como o Jogo Sério deve entregar os objetivos de aprendizagem a partir das mecânicas de jogo propostas. Esse aprendizado precisa ser incorporado na mecânica central do jogo, em vez de ser adicionado a uma mecânica existente. Um exemplo de má integração da aprendizagem em um jogo é quando um jogo educativo usa uma mecânica de jogo estabelecida, como uma mecânica de tiro, e o mecanismo de aprendizagem consiste em uma pergunta *pop-up* que deve ser respondida antes que os jogadores possam retomar ao jogo (EL-NASR; DRACHEN; CANOSSA, 2013).

Atrelado à mecânica do jogo está o mecanismo de *feedback*, que é um mecanismo bastante útil e utilizado nos jogos, tanto nos jogos voltados para entretenimento quanto nos Jogos Sérios. Esse mecanismo permite encorajar ou não o comportamento do jogador a realizar uma determinada ação através de recompensas ou punições a ele impostas.

A metodologia de Serrano-Laguna et al. (2017) propõe que os objetivos educacionais sejam apresentados ao longo de 3 fases: estratégia, prática e domínio, tendo 2 pontos de medição que não devem interromper o fluxo do jogo ao serem coletados, conforme a figura 5.

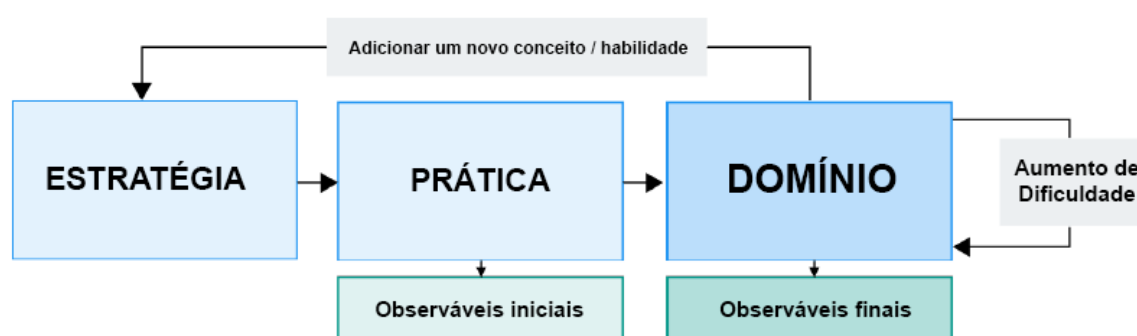


Figura 5 – Fases do jogo sério
(SERRANO-LAGUNA et al., 2017)

Cada fase apresenta as seguintes funções:

1. **Estratégia:** Nessa fase o jogador conhece qual será os objetivos educacionais do jogo, esses objetivos podem ser expostos, por exemplo a partir de tutoriais não interativos, explicando assim como se deve interagir no jogo e quais os conhecimentos necessários para sua progressão.
2. **Prática:** Os jogadores nessa fase devem aplicar o conhecimento adquirido previamente na fase de estratégia, nessa fase o jogador se encontra em um ambiente de jogo seguro, ou seja, nessa fase seus erros são punidos mas não tão gravemente. Possibilitando assim que os jogadores testem e compreendam o que

aprenderam anteriormente, tanto em relação à mecânica do jogo quanto ao conhecimento obtido. Nessa fase já se coleta observáveis, tendo como objetivo verificar o conhecimento inicial do jogador.

3. Domínio: Aqui o jogador enfrenta um ambiente de jogo não seguro tendo então que provar que o conhecimento proposto no jogo foi adquirido. Esses desafios são parecidos aos da fase de prática, porém, mais difíceis e com consequências mais graves caso existam erros. O jogador enfrenta desafios e prova o grau de conhecimento ou habilidade que adquiriu ao jogar, os observáveis coletados nessa fase medem o progresso final em direção à meta de aprendizagem estabelecida pelo jogo.

O objetivo dessas três fases juntas é prover aos jogadores um mecanismo capaz de fazer que eles experimentem o jogo e conheçam o que é ensinado nele, receber *feedback* sobre seus erros e acertos e refletir sobre os resultados obtidos. O jogador primeiramente interage em um “ambiente de jogo seguro”, onde o nível de dificuldade e de desafio a se superar é baixo e os erros não são punidos, é a chamada fase prática, e logo após experimentam um “inseguro ambiente do jogo”, onde pode-se inferir seu conhecimento adquirido, é a chamada fase de domínio.

Essas três fases podem ser iteradas para fornecer vários objetivos de aprendizado ou para entregar um único objetivo com dificuldade gradual, adicionando um novo conceito em cada ciclo. Através desse procedimento se permite que aumente a quantidade de tempo que os jogadores estão na zona de fluxo, pois, alterna momentos em que os jogadores estão aprendendo coisas novas em um ambiente seguro (fase de prática), com momentos em que são desafiados a provar suas habilidades (fase de domínio).

3.1.2 Coleta de observáveis

Os dados devem ser coletados junto com data e hora que foram enviados e devem ser postos num servidor central para serem realizadas análises futuras. Esses dados não devem ser agregados em uma única variável, deve-se enviar para o servidor cada passo da interação, garantindo assim sua flexibilidade.

Essa coleta não deve interromper o fluxo do jogo, ela deve ser imperceptível ao jogador para não atrapalhar o fluxo do jogo.

3.1.3 Análise dos resultados obtidos

Após a coleta e envio de todos os observáveis necessários para um servidor central, a análise da efetividade do jogo pode ser efetuada.

Na análise de aprendizagem do Jogo Séri, interações realizadas na fase de estratégia não são coletadas, pois, essa fase tem como intuito somente apresentar os objetivos educacionais do jogo. Já interações da fase prática e de domínio são consideradas para a avaliação dos objetivos educacionais, cada uma contendo uma pontuação atrelada a ela, sendo:

- Avaliação inicial (AI), a partir da coleta de observáveis da fase prática, se verifica o conhecimento inicial do jogador sobre o tema a ser ensinado pelo jogo, caso o jogador já tenha conhecimentos acerca do tema sua pontuação será alta nessa avaliação.
- Avaliação final (AF), a partir da coleta de eventos da fase de domínio, se verifica se o jogador atingiu a meta de aprendizado proposta no jogo caso o jogador tenha uma pontuação elevada nesta avaliação.

Para cada avaliação se define uma pontuação mínima que o jogador deve atingir para verificar se uma fase do jogo foi realizada com sucesso ou não, essas pontuações são denominadas de Limiar inicial (LI), que é associada com a avaliação inicial presente na fase prática, e Limiar final (LF) que é associada com a Avaliação Final presente na fase de domínio.

A Avaliação Final (AF) é utilizada como a pontuação final do jogador. Com a relação entre a pontuação na fase prática e a pontuação da fase de domínio se verifica a eficácia do jogo em transmitir o conhecimento estabelecido. Sendo assim um jogo bastante efetivo é aquele que o jogador falha na fase de prática e obtém sucesso na fase de domínio, indicando assim o ganho de conhecimento acerca do tema proposto no jogo, estabelecendo assim uma mudança incremental no nível de conhecimento que o seu jogador possui.

De acordo com a metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#), podemos determinar as mudanças do nível do conhecimento utilizando os resultados da Avaliação Inicial (AI) e Avaliação Final (AF) junto com Limiar Inicial (LI) e Limiar Final (LF), e classificando cada jogador em uma categoria de tipo de estudante:

- Se Avaliação Final (AF) $\geq$ Limiar Final (LF), o jogador conseguiu completar a fase de domínio do jogo, superando a pontuação mínima estabelecida pelo Limiar Final (LF). Dependendo do valor da Avaliação Inicial(AI), podemos classificar os jogadores como:
 - Alunos, se Avaliação Inicial (IA) $<$ Limiar Inicial (LI): Na fase de prática os jogadores cometeram erros, demonstrando assim que não possuíam o conhecimento prévio sobre o tema antes do jogo. Contudo, eles terminaram

finalizando corretamente o jogo na fase de domínio, isso significa que houve uma melhora do conhecimento do jogador.

- Mestres, se Avaliação Inicial (AI) $\geq$ Limiar Inicial (LI): O jogador já conhecia anteriormente o tema proposto no jogo, pois, ele não cometeu erros durante a fase de prática.
- Se Avaliação Final (AF) $<$ Limiar Final (LF), os jogadores falharam na fase de domínio, e não conseguiram obter o conhecimento proposto no jogo. Dependendo do valor de Avaliação Inicial(AI), podemos classificar os jogadores em duas categorias:
 - Não-Alunos, se Avaliação Inicial (AI) $<$ Limiar Inicial (LI): os jogadores falharam também na fase de prática, indicando que não tiveram nenhum benefício educacional jogando o jogo.
 - Deslocados, se Avaliação inicial (AI) $\geq$ Limiar Inicial (LI): os jogadores foram bem-sucedidos durante a fase prática, mas não conseguiram aplicar o conhecimento adquirido na fase de domínio.

Quando a maioria dos jogadores for da categoria “Alunos”, o jogo é muito eficaz, pois, grande parte dos jogadores aprendeu acerca do tema de ensino enquanto jogava. Se a maioria for de “Mestres”, o jogo não produziu nenhum efeito de aprendizagem, já que a maioria dos jogadores já possuía o conhecimento que foi passado antes de jogar. Caso a maioria dos jogadores sejam classificados como não “Não-Alunos” o jogo não é efetivo, já que a maioria dos jogadores não teve sucesso em nenhuma fase. E, finalmente, se a maioria dos jogadores for de “Deslocados” indica que o jogo e/ou as fórmulas de cálculo da Avaliação Inicial e Final tinham alguma falha.

Assim se determina a efetividade do jogo classificando os jogadores nesses respectivos critérios, e comparando o número total de jogadores em cada categoria. A efetividade ou não de um jogo educativo também depende de outros fatores, como a idade dos jogadores, sexo e se os jogadores escolhidos já tinham algum contato com jogos digitais anteriormente.

3.2 Projeto do jogo sério

O Jogo Séri proposto, denominado ZooVS, tem como objetivo educacional que seus jogadores adquiram conhecimento sobre determinadas características (peso, longevidade, risco de extinção e gestação) dos animais do reino dos vertebrados sendo projetado para uma faixa etária entre 15 a 29 anos. Esse nome se deu pelo fato que os jogadores realizam uma comparação entre cartas para poder concluir o jogo. Logo

depois que o jogador terminar de jogar o ZooVS se pode medir os objetivos educacionais obtidos e sua efetividade baseada em uma coleta automática dos dados gerados pela interação com o jogo.

O valor da característica de risco de extinção foi retirada a partir da Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas (IUCN). Essa lista tem como objetivo segundo [ECO \(2014\)](#) ser o maior catálogo sobre o estado de conservação das espécies presentes no planeta. Essa lista apresenta 9 grupos sendo o grupo Pouco Preocupante (LC) representado pelo valor 1 no ZooVS, Quase ameaçada (NT) representado pelo valor 2, Vulnerável (VU) pelo valor 3 e Em perigo (EN) pelo valor 4. Não tiveram ocorrências dos demais grupos presentes na IUCN no ZooVS.

3.2.1 Gênero

Definidos os objetivos educacionais que estão presentes no Jogo Séri o próximo passo é se definir o gênero do Jogo Séri. Para esse projeto foi definido a utilização do gênero cartas. Um dos fenômenos mais interessantes da Internet é a ascensão do “estilo antigo” ou “tradicional” de jogos. Isso inclui bingo, jogos de cartas, xadrez, damas, jogos de trívica, arcade clássico e outros ([PRENSKY, 2004](#)).

Os jogos de cartas encorajam os jogadores a criar estratégias, comunicar-se e fazer previsões tanto durante a criação do baralho quanto no jogo ([TURKAY; ADINOLF; TIRTHALI, 2012](#)). A figura 6 apresenta as informações presentes em uma carta do jogo ZooVS.



Figura 6 – Carta ZooVS
Fonte: Elaborado pela autora

Esse tipo de jogo apresenta várias variações de jogabilidade, regras e temas sendo assim um gênero bastante adaptável ao contexto dos Jogos Sérios. Quando comparado com o design e o desenvolvimento de jogos digitais, produzir um jogo de carta personalizado tem requisitos mais baixos, tanto durante o processo de design quanto durante a implantação em um ambiente de aprendizado ([TURKAY; ADINOLF; TIRTHALI, 2012](#)). Entretanto, uma das dificuldades dos jogos digitais de cartas é o fato que eles têm um menor apelo visual quando comparado com outros gêneros de jogos.

3.2.2 Fases do ZooVS

O projeto desse jogo, denominado ZooVS, incorpora nas cartas e nas regras do jogo conceitos que devem ser aprendidos por seus jogadores. Tendo como objetivo que o jogador aprenda estratégias para categorizar, comparar, memorizar e ordenar os valores presentes nas cartas em 4 categorias (peso, longevidade, risco de extinção e gestação), o número total de cartas de animais presentes no jogo é 19. Utilizando a metodologia proposta por [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#), o jogo conta com 3 fases: estratégia, prática e domínio.

- **Fase de Estratégia:** Os jogadores são apresentados a um jogo clássico de trunfo, onde é exibido pela primeira vez as características (peso, longevidade, risco de extinção e gestação) dos animais a serem aprendidas. Cada jogador começa com 4 cartas, e quem conseguir obter todas as cartas da mão do adversário ganha o jogo. Para o jogador vencer numa rodada, a característica escolhida precisa ter valor maior do que a da carta do seu adversário. Nessa fase nenhum observável é coletado e enviado ao servidor. A figura 7 mostra a tela de jogo nessa fase. Independente do jogador ganhar ou perder na fase de estratégia, ele poderá passar para a fase de prática. Essa fase tem como objetivo que os jogadores conheçam parte das cartas presentes no jogo, e tente memorizar e associar seus valores com as de outras cartas.
- **Fase de Prática:** Nessa fase os jogadores têm como objetivo colocar 3 cartas, previamente sorteadas, nas 3 pilhas presentes no jogo de forma que as cartas estejam posicionadas em ordem crescente de acordo com as 4 características (peso, longevidade, risco de extinção e gestação) dos animais. Caso o jogador erre, as cartas serão dispostas novamente no jogo e ele tentará novamente a sequência correta, não existe nenhum fim de jogo, o jogador pode tentar repetidas vezes até conseguir. Assim que o jogador conseguir responder corretamente 4 características, ele passara para a fase de domínio. A figura 8 apresenta a tela dessa fase. Nessa fase os jogadores têm que ordenar as cartas tendo em vista o que aprenderam na fase de estratégia, sequenciando assim as cartas por valor.

- Fase de Domínio: Nessa fase o jogador precisa acertar 3 vezes seguidas a sequência correta entre 2 cartas presentes na tela do jogo. A cada rodada, é sorteada uma característica e 2 cartas a serem colocadas na ordem certa pelo jogador. Caso o jogador erre 3 vezes, o jogador não completará corretamente a fase de domínio. A figura 9 representa a tela dessa fase. Nessa fase final, os erros do jogador são punidos podendo acarretar num fim de jogo, se espera que o jogador nessa fase consiga comparar e memorizar os valores das cartas em categorias de forma aleatória.

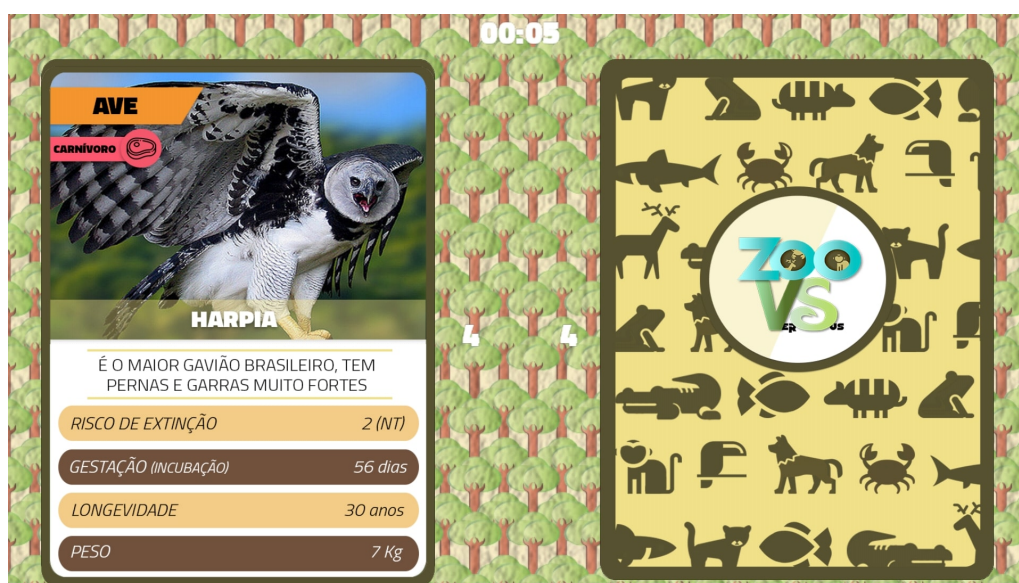


Figura 7 – Screenshot da tela da fase de estratégia do ZooVS
Fonte: Elaborado pela autora



Figura 8 – Screenshot da tela da fase de prática do ZooVS
Fonte: Elaborado pela autora



Figura 9 – Screenshot da tela da fase de domínio do ZooVS

Fonte: Elaborado pela autora

Não se estabeleceu pontuação para a fase de estratégia. Já na fase de prática e de domínio, cada jogador começa a fase de prática e de domínio tendo 10 pontos. Os limiares, ou seja, a pontuação necessária para que o jogador seja considerado aprovado nas fases foi escolhido o valor 5. Então valores menores que 5, o jogador é considerado reprovado na fase, já pontuações iguais ou maiores que 5 o jogador será considerado aprovado. Para cada fase do jogo a pontuação será calculada da seguinte forma:

- Pontuação fase prática (PP): $PP = 10 - (1 * (r - 4))$. Sendo r o número de rodadas necessárias para o jogador concluir corretamente a fase de prática do jogo. Caso $r=4$ o jogador conseguiu completar a fase sem nenhum erro, tendo assim pontuação 10. A pontuação do jogador diminui a cada rodada a mais que o jogador precisará para completar o jogo.
- Pontuação fase domínio (PD): $PD = 10 - (5 * (r - 1))$. Sendo r o número de rodadas necessárias para o jogador concluir corretamente a fase de domínio no jogo. Caso $r=1$ o jogador conseguiu completar a fase sem nenhum erro, tendo assim pontuação 10. A pontuação do jogador diminui a cada rodada a mais que o jogador precisará para completar o jogo.

Foram definidos a partir de análise que para completar corretamente uma fase, o jogador na fase prática teria até 9 rodadas para completar corretamente, e 2 rodadas para completar corretamente o jogo da fase de domínio. A figura 10, demonstra o fluxo das telas do jogo que segue em sequência as fases de estratégia, prática e de domínio.

Tendo em cada fase um tutorial explicando as regras do jogo e no final os acertos e erros dos jogadores.

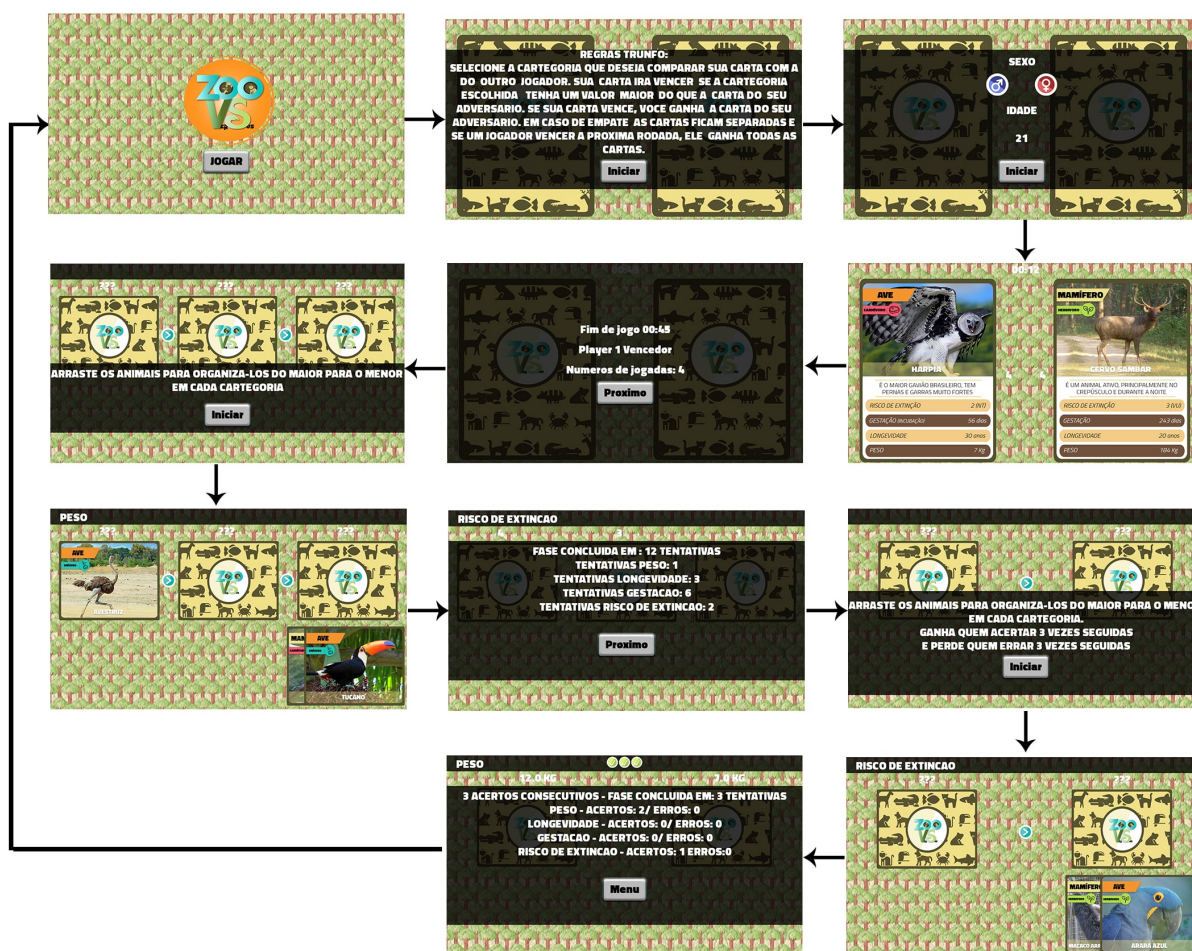


Figura 10 – Fluxo de telas do ZooVS

Fonte: Elaborado pela autora

3.3 Ferramentas de desenvolvimento do jogo

3.3.1 LibGDX

Para o desenvolvimento do ZooVS, foi escolhido o *framework* LibGDX. O LibGDX é um *framework* gratuito de desenvolvimento de jogos multi plataformas de código aberto, podendo ser executado nas seguintes plataformas: *Windows*, *Linux*, *Android* ou *Mac OS*. O LibGDX é baseado em Java, com isso, se pode reutilizar ferramentas que já existem no Java, como suas bibliotecas. As bibliotecas LibGDX são poderosas e fáceis de usar, podendo assim criar uma grande variedade de jogos com rapidez e eficiência, tanto 2D como 3D, se integrando facilmente à bibliotecas de terceiros para suportar recursos adicionais.

Por Java ser uma linguagem interpretada e executada em uma máquina virtual, a torna assim mais lenta na sua execução, sendo assim uma linguagem não tão ideal para jogos, porém, para sanar esse problema o LibGDX se aproveita da JNI (*Java Native Interface*) para implementar o código da plataforma nativa e contrapor a desvantagem do desempenho (COOK, 2015).

O LibGDX utiliza o *Gradle* para lidar com o processo de *builds*. Gradle é uma ferramenta de automação de *builds* de código aberto. Ele lida com as dependências do projeto e realiza o *download* de bibliotecas externas quando necessário; só se precisa declarar que deseja incluí-las em seu projeto (SÁNCHEZ; MÁRQUEZ, 2014). Após esse processo ser realizado é possível importar o projeto para ambiente de desenvolvimento integrado, sendo suportados atualmente pelo LibGDX o *IntelliJ IDEA* e o *Android Studio*.

3.3.2 Game loop no LibGDX

O LibGDX segue o mesmo padrão de ciclo de vida de um jogo digital, esse ciclo de vida permite que o jogo rode num *loop* infinito de forma contínua. A figura 11 demonstra o ciclo de vida de um jogo digital e seus respectivos estágios:

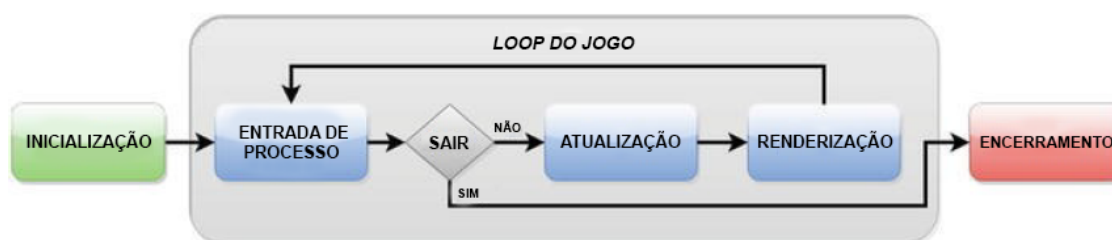


Figura 11 – Ciclo de vida de um jogo digital (STEMKOSKI, 2015)

- **Inicialização:** Neste estágio, os arquivos necessários (como imagens, sons ou diálogos) são carregados pelo jogo, os objetos presentes no jogo são criados e os valores são inicializados.
- **Loop do jogo:** Este estágio se repete continuamente enquanto o jogo está rodando, ele é subdividido em:
 - **Entrada de processo:** O jogo verifica se o usuário realizou alguma ação, como o ato de pressionar uma tecla ou tocar numa determinada parte da tela ou um clique de mouse.
 - **Atualização:** Executa tarefas que envolvem uma alteração no estado do mundo do jogo e das entidades presentes nele. Por exemplo, a posição de um personagem na tela ou detecções de colisões.

- Renderização: Imprime todos os gráficos na tela, como as entidades presentes no mundo e a interface do usuário.
- Encerramento: Este estágio começa quando o jogador fornece entrada para o computador, smartphone ou demais dispositivos, indicando que ele terminou de usar o jogo. Liberando assim recursos da memória e caso seja possível salvar o estado do jogo atual para o jogador poder retornar de onde parou o jogo.

Cada um desses estágios são tratados por um método correspondente na *framework* do LibGDX. O estágio de inicialização é executado pelo método *create*, os estágios *update* e *render* são manipulados pelo método *render*, e quaisquer ações de encerramento, são executadas por um método chamado *dispose* no LibGDX.

3.4 Ferramentas de coleta e análise do jogo

Para a coleta de observáveis, foi utilizado o *GameAnalytics*, que é um serviço que busca ajudar os desenvolvedores de jogos a analisar seus jogadores. Ele monitora uma ampla gama de métricas e os desenvolvedores podem integrar o *GameAnalytics* com sua plataforma de desenvolvimento de jogos usando um *Software development kit* (SDK) ou via *Application Programming Interface* (API) baseada em *Representational State Transfer* (REST).

Para esse projeto foi utilizado uma implementação do cliente API REST para o libGDX. Essa implementação tem o nome de *gdx-gameanalytics* e está disponível gratuitamente para ser utilizada. Segundo [El-Nasr, Drachen e Canossa \(2013\)](#) esta implementação funciona sem alterações no *Android* e não precisa do *Google Play Services* para funcionar. Além disso, essa implementação não envia dados de usuário identificáveis gerando assim uma identificação aleatória e não rastreável.

O *GameAnalytics* estabelece métricas padrões que são enviadas ao servidor automaticamente, entretanto, podem ser criadas métricas customizadas pelo usuário, a partir de *design events*. Para os Jogos Sérios, essa possibilidade de criação de eventos é essencial, pois as métricas presentes nos jogos digitais para entretenimento podem diferir das criadas para Jogos Sérios.

Os *design events* têm como objetivo fornecer *insights* mais profundos sobre as ações personalizadas e exclusivas que os jogadores realizam em seu jogo. Como o resultado de alguma batalha ou a conclusão de um tutorial. A estrutura recomendada de um *design events* é na seguinte forma:

- CATEGORIA:SUBCATEGORIA:RESULTADO

Os eventos enviados para o servidor para análise são: idade do jogador, sexo, tipo de aprendizado, categorias (peso, risco, longevidade, gestação), animais e pontuações. Tendo as seguintes estruturas:

- TIPO DE APRENDIZADO:SEXO:IDADE
- SEXO:IDADE:PONTUAÇÃO FASE PRÁTICA: PONTUAÇÃO DOMÍNIO
- CATEGORIA:ACERTO FASE:ANIMAL
- CATEGORIA:ERRO FASE:ANIMAL

Esses dados podem ser visualizados pelo próprio *GameAnalytics* como também serem exportados para serem utilizados em outras ferramentas. O *GameAnalytics* tem a limitação de somente gerar gráficos de barra como também não permite calcular valores, como percentuais. Por esse motivo foi utilizado o Microsoft Excel para gerar gráficos e valores a partir dos dados coletados pelo *GameAnalytics*. Para análises estatísticas dos dados foi utilizado a versão de teste da aplicação *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) da *International Business Machines* (IBM), que inclui ferramentas para testes de hipóteses, criação de gráficos e relatórios.

4 Análise dos Dados

Neste capítulo são analisados os dados obtidos pelo Jogo Sérió através da ferramenta *GameAnalytics*, ela permite que os dados sejam agrupados e visualizados na sua própria interface como também a partir da exportação dos dados em arquivos do formato *Comma Separated Values* (CSV).

Esse capítulo foca sua análise em 3 objetivos: i) facilitar e verificar a efetividade do Jogo Sérió utilizando a metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#); ii) obter informações acerca das maiores dificuldades dos jogadores em cada categoria de informação (peso, risco de extinção, longevidade e gestação) e animal presentes no jogo; iii) verificar se há diferença entre a idade e o sexo do jogador em relação à pontuação da fase prática e de domínio.

O experimento envolveu o total de 30 estudantes universitários de curso de Biologia, sendo 12 homens e 18 mulheres, com idades entre 19 a 28 anos obtendo assim uma proporção de 40% homens e 60% mulheres. Os estudantes de Biologia utilizaram o *smartphone* para jogar e os dados obtidos pela interação com o jogo foram enviados automaticamente para o servidor do *GameAnalytics*. Cerca de 1498 *design events* foram enviados ao servidor durante a realização do experimento. Antes de jogarem a primeira fase do jogo (fase de estratégia), os estudantes eram solicitados a preencher dois campos, um com sua idade e outro com seu sexo. Logo após, eles jogavam o Jogo Sérió ao longo de 3 fases: estratégia, prática e domínio, tendo uma sessão do jogo duração média de 15 minutos. Eventos da fase de estratégia não foram coletados pelo jogo, já eventos da fase prática e de domínio foram coletados para que análises posteriores pudessem ser realizadas.

4.1 Efetividade do ZooVS

Empregando a metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#), foi atribuída uma pontuação ao jogador na fase prática e na fase de domínio. Essa pontuação foi calculada a partir da quantidade de tentativas necessárias para completar cada fase, tendo o objetivo de categorizar o tipo de aprendizagem de cada jogador. Durante a fase prática e de domínio foram gerados 60 *design events* do tipo TIPO DE APRENDIZADO:SEXO:IDADE e SEXO:IDADE:PONTUAÇÃO FASE PRÁTICA: PONTUAÇÃO DOMÍNIO. A maior quantidade de jogadores por categoria de aprendizado foi os de “Mestres” totalizando 15 jogadores (50%), seguido depois pela categoria de “Alunos”, com 14 jogadores (47%). Tendo somente uma única (3%) incidência de “Não-Alunos”. Nenhum jogador foi incluído na categoria de “Deslocados”. Esses dados podem ser

visualizados através do gráfico presente na figura 12.

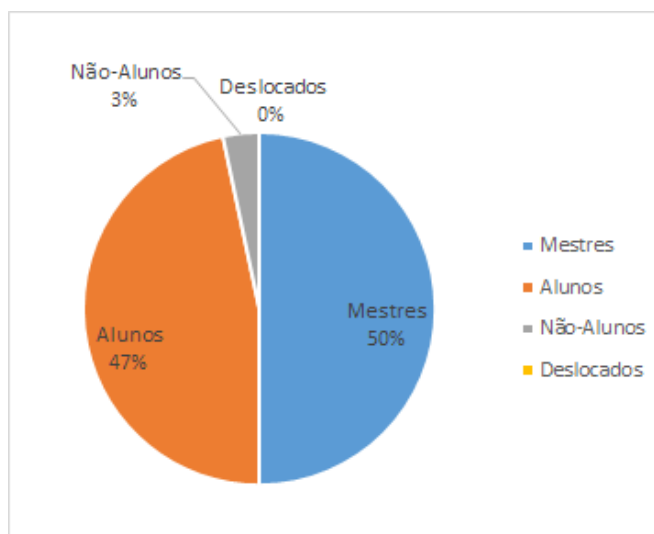


Figura 12 – Distribuição de jogadores por classificação de aprendizado
Fonte: Elaborado pela autora

A figura 13, agrupa as categorias de jogadores por idade. Como se pode verificar o maior percentual de “Mestres” por idade foram encontradas nas idades de 20 e 23 anos. Já nas idades de 19 e 23 foram encontradas a maiores incidências de “Alunos”. Somente a idade de 19 anos que obteve a única incidência de jogadores classificados como “Não-Alunos”.

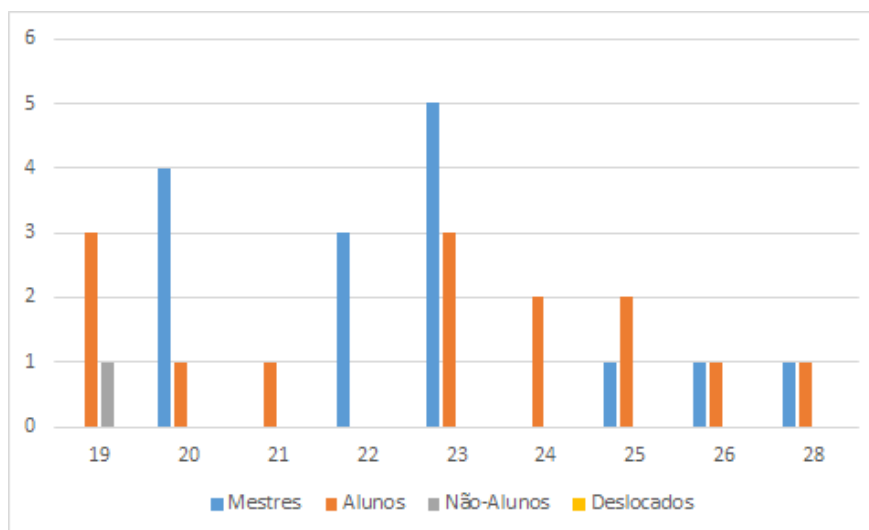


Figura 13 – Distribuição de jogadores por idade
Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico da figura 14 agrupa as categorias de jogadores por sexo. O número de “Mestres” em cada sexo ficou no total de 8 jogadores do sexo masculino e 7 do feminino. A quantidade de jogadores categorizados como “Alunos” ficou em 4 jogadores do sexo masculino e 10 do feminino. Somente 1 jogador do sexo feminino foi categorizado

como “Não-Alunos”. Dos 12 jogadores do sexo masculino presentes na amostra, 8 jogadores foram categorizados como “Mestres”, representando assim o percentual de 67% dos jogadores do sexo masculino, já 4 jogadores foram da categoria “Alunos”, tendo assim o percentual de 33% dos jogadores representantes desse sexo. Já para as 18 mulheres presentes na amostra, 7 foram categorizadas como “Mestres”, tendo assim um percentual de 39% com relação ao total de mulheres que jogaram o Jogo Sérió, 10 categorizadas como “Alunos”, representando 55% de todas as mulheres da amostra e 1 categorizadas como “Não-Aluno”, representando 6% de todas as mulheres da amostra.

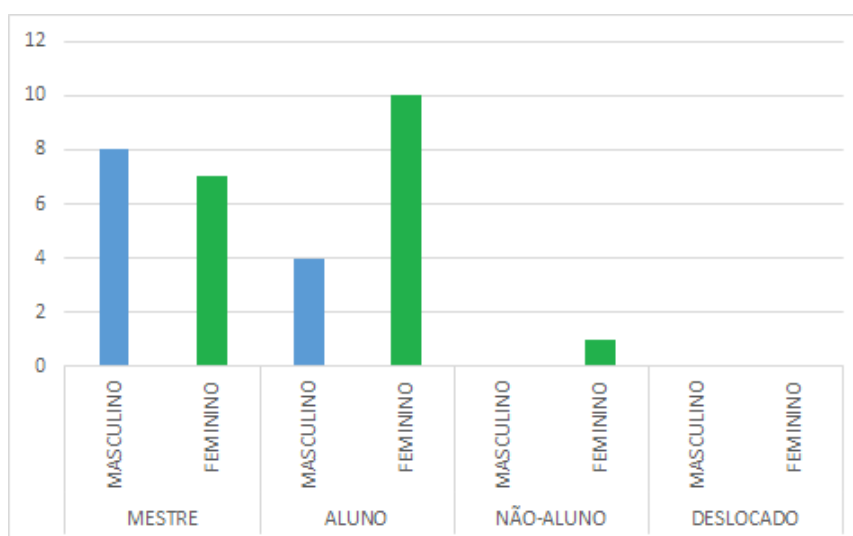


Figura 14 – Distribuição de jogadores por sexo
Fonte: Elaborado pela autora

4.2 Percentual de acertos e erros por categoria e animal

Em cada interação com o jogo, eram coletados os acertos e erros de cada categoria (peso, risco de extinção, longevidade e gestação) de informações presentes nas cartas. Durante a fase prática e de domínio foram gerados 1438 *design events* do tipo CATEGORIA:ACERTO FASE:ANIMAL e CATEGORIA:ERRO FASE:ANIMAL. A tabela 1 tem como objetivo apresentar a distribuição dos erros e acertos cometidos pelo jogador em cada categoria durante a realização das duas fases presentes no Jogo Sérió.

Foi verificado que a maior taxa de acertos reunindo ambas as fases foi na categoria peso, tendo um percentual de 55% de acertos. Seguido pela categoria risco, com 51% de acertos, longevidade com 44% de acertos e gestação com 41% de acertos. Sendo então a categoria gestação a que apresentou o maior percentual de erros cometidos pelos jogadores nas duas fases do jogo.

Número de perguntas		Acertos da fase prática	Acertos da fase de domínio	Total de acertos	Taxa de acerto	Erros da fase prática	Erros da fase de domínio	Total de erros	Taxa de erro
Gestação	446	90	94	184	41%	216	46	262	59%
Longevidade	370	90	72	162	44%	156	52	208	56%
Peso	326	90	88	178	55%	120	28	148	45%
Risco	296	90	60	150	51%	108	38	146	49%

Tabela 1 – Distribuição de acertos e erros em cada categoria

Fonte: Elaborado pela autora

As figuras 15, 16, 17, 18 demonstram o percentual de acertos e erros que cada animal possui em cada categoria do jogo. Os animais com as maiores percentuais de acerto foram o tucano toco com 10 acertos (91%) na categoria peso, o mico-leão com 12 acertos(92%) na categoria risco de extinção, o guaxinim com 9 acertos (82%) na categoria longevidade e por fim novamente o tucano toco com 9 acertos (69%) na categoria gestação. Os animais com os maiores percentuais de erro foram: iguana verde com 6 erros (67%) na categoria peso, jaguatirica com 12 erros (65%) na categoria risco de extinção, macaco-aranha com 15 erros (71%) na categoria longevidade e leão com 23 erros (79%) na categoria gestação.

Na figura 19 se verifica o percentual de acerto e erros de animais em todas as categorias presentes no jogo. Sendo o gato-do-mato o animal com mais acertos em todas as 4 categorias do jogo, sendo seu total de 39 acertos (65%). Já o animal com mais erros em todas as categorias do jogo foi o macaco aranha com o total de 45 erros (65%) em todas as categorias do jogo.

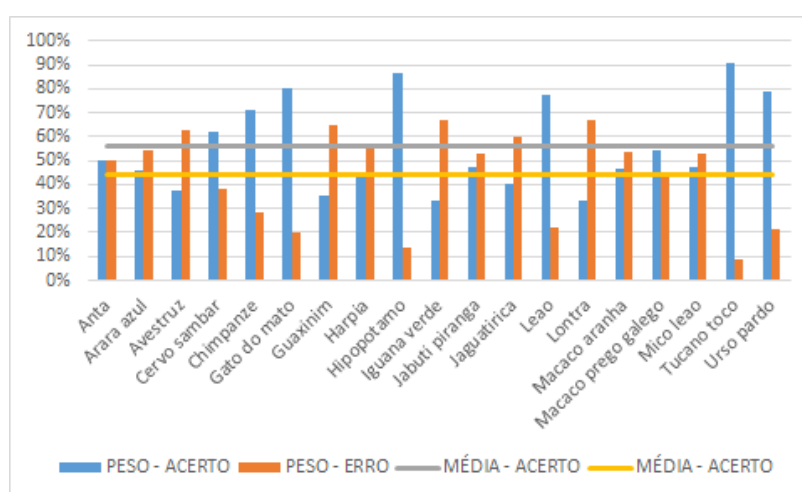


Figura 15 – Percentual de acertos e erros na categoria peso

Fonte: Elaborado pela autora

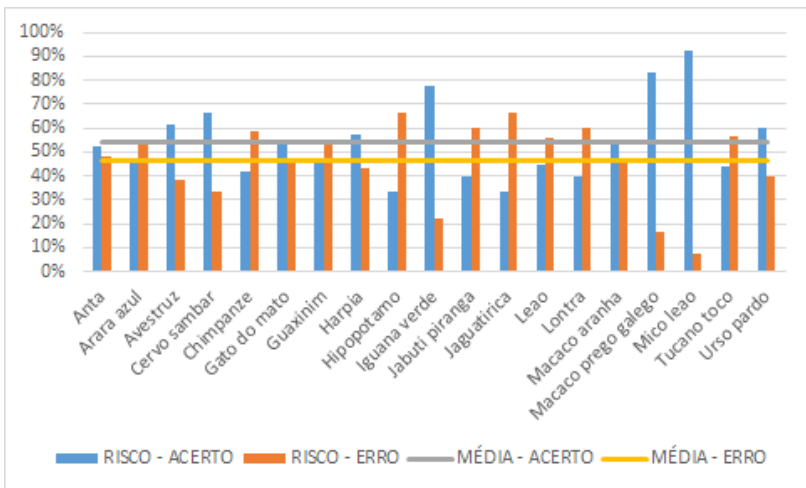


Figura 16 – Percentual de acertos e erros na categoria risco de extinção
Fonte: Elaborado pela autora

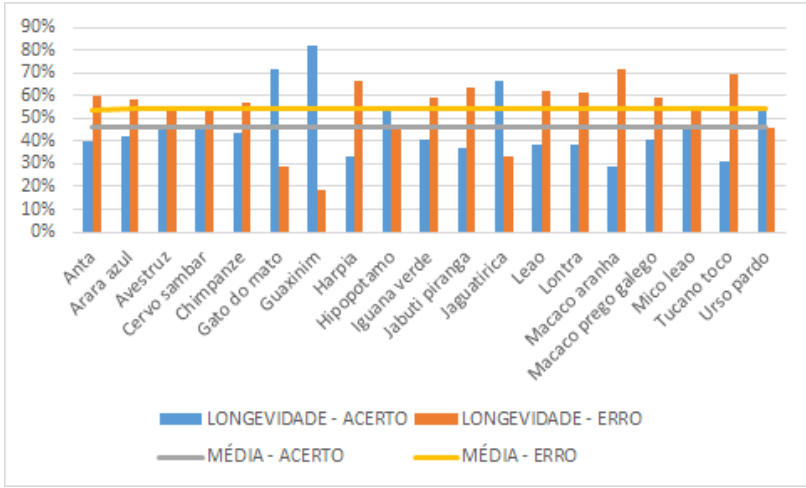


Figura 17 – Percentual de acertos e erros na categoria longevidade
Fonte: Elaborado pela autora

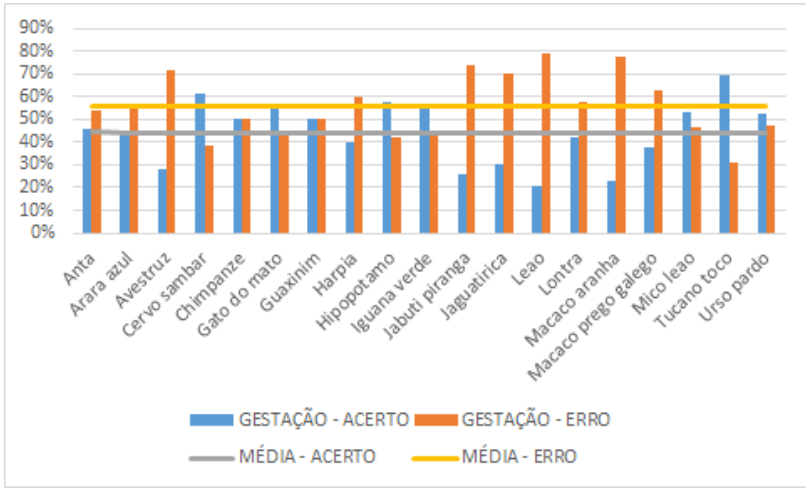


Figura 18 – Percentual de acertos e erros na categoria gestação
Fonte: Elaborado pela autora

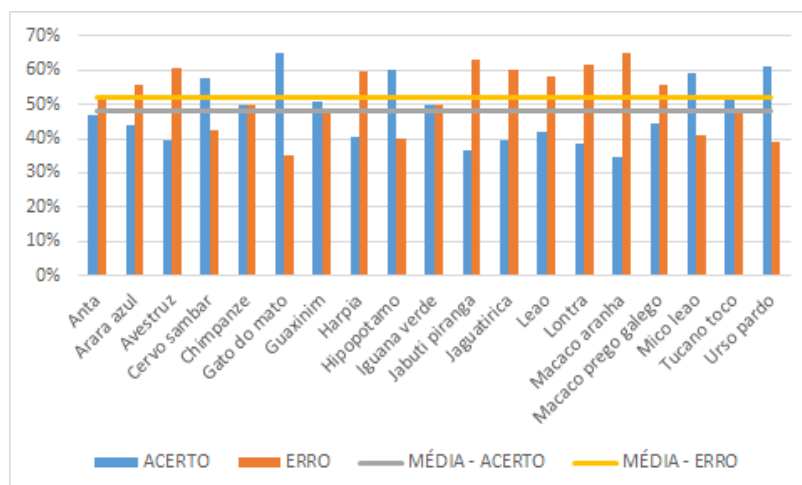


Figura 19 – Percentual de acertos e erros em todas as categorias

Fonte: Elaborado pela autora

4.3 Testes de hipóteses

Testes de hipóteses dão uma maneira de usar amostras para testar se as declarações estatísticas são ou não prováveis (GRIFFITHS, 2008).

Quando testar hipóteses, assume-se que a hipótese nula é verdadeira. Se houver evidência suficiente contra isso, ela será rejeitada e se aceitará a hipótese alternativa. Foram realizados testes de hipóteses com o objetivo de aceitar ou rejeitar com base na amostra se o sexo e a idade estão relacionados com a pontuação obtida na fase prática e de domínio do jogo. Essa análise foi realizada através do programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Para a fase prática e de domínio, com base na pergunta da pesquisa, foram definidas as hipóteses nula e alternativa:

- H0 (hipótese nula): não há diferença entre os sexos dos jogadores com relação a sua pontuação nas fases prática/domínio.
- H1 (hipótese alternativa): os jogadores diferem entre os sexos em relação a sua pontuação nas fases prática/domínio.

Já para a idade:

- H0 (hipótese nula): não há diferença entre as idades dos jogadores com relação a sua pontuação nas fases prática/domínio.
- H1 (hipótese alternativa): os jogadores diferem entre idades em relação a sua pontuação nas fases prática/domínio.

O teste t de Student para amostras independentes foi utilizado com o propósito de comparar as médias de pontuação das fases prática e de domínio considerando o sexo dos jogadores. Esse teste é usado quando existem duas condições experimentais e diferentes participantes foram designados para cada condição (FIELD, 2013). O nível de significância adotado foi de 0,05.

As tabelas 2 e 4 apresentam os resultados obtidos com as pontuações da fase prática, já as tabelas 3, 5 apresentam os resultados obtidos com as pontuações da fase de domínio.

Com relação à fase prática, a tabela 2 fornece estatísticas resumidas para as duas condições experimentais. Se pode observar que o grupo masculino tem o total de 12 participantes, já o feminino o total de 18. O grupo masculino, em média, pontuou 6,8333 com um desvio padrão de 2,58785. Já indivíduos do sexo feminino pontuaram, em média, 3,0556, com um desvio-padrão de 4,00694. Na fase de domínio conforme mostra a tabela 3, a quantidade de participantes de ambos os sexos também é a mesma, entretanto o grupo masculino, em média, pontuou 8,5 com um desvio padrão de 3,89639. Já indivíduos do sexo feminino pontuaram, em média, 9,1667, com um desvio-padrão de 2,57248.

Estatísticas de grupo					
	sexo	N	Média	Erro Desvio	Erro padrão da média
fase prática	MASCULINO	12	6,8333	2,58785	,74705
	FEMININO	18	3,0556	4,00694	,94444

Tabela 2 – Fase prática: Estatísticas de grupo por sexo
Fonte: Elaborado pela autora

Estatísticas de grupo					
	sexo	N	Média	Erro Desvio	Erro padrão da média
fase domínio	MASCULINO	12	8,5000	3,89639	1,12479
	FEMININO	18	9,1667	2,57248	,60634

Tabela 3 – Fase de domínio: Estatísticas de grupo por sexo
Fonte: Elaborado pela autora

As tabelas 4 e 5 contém o resultado do t teste junto com o teste de Levene, que verifica a igualdade de variância das pontuações da fase prática e de domínio. Como o teste de Levene não é significativo tanto na pontuação da fase prática quando na de domínio ($p > 0,05$) então se pode supor que as variâncias são aproximadamente iguais

logo a suposição é sustentável, sendo assim devemos verificar o teste estatístico na linha *"Equal variances assumed"* da tabela 4 e 5.

Teste de amostras independentes									
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias					
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença
fase prática	Variâncias iguais assumidas	,557	,462	2,881	28	,008	3,77778	1,31122	1,0919 6,46369
	Variâncias iguais não assumidas			3,137	27,993	,004	3,77778	1,20418	1,3111 6,24446

Tabela 4 – Fase prática: Teste de amostras independentes por sexo
Fonte: Elaborado pela autora

Teste de amostras independentes									
		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias					
		Z	Sig.	t	df	Sig. (2 extremidades)	Diferença média	Erro padrão de diferença	95% Intervalo de Confiança da Diferença
fase domínio	Variâncias iguais assumidas	1,268	,270	-,566	28	,576	-,66667	1,17746	-3,0786 1,74525
	Variâncias iguais não assumidas			-,522	17,4	,608	-,66667	1,27781	-3,3582 2,02488

Tabela 5 – Fase de domínio: Teste de amostras independentes por idade
Fonte: Elaborado pela autora

Diferenças estatisticamente significantes entre os sexos na fase prática foram constatados ($p=0,008$), porém, na fase de domínio não ocorreu diferenças estatisticamente significantes ($p=0,576$). Podemos inferir assim que na fase de prática o sexo influenciou significativamente pontuação que um jogador obteve, já na fase de domínio o sexo do jogador não afetou significativamente sua pontuação.

Para a verificação das diferenças entre as médias da pontuação das fases prática e domínio com a idade dos jogadores, primeiramente foi realizado uma análise de variância (ANOVA) porém a exigência de igualdade de variância da população não foi cumprida, então se utilizou o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para se verificar a hipótese. O nível de significância adotado foi de 0,05.

O resultado do teste de Kruskal-Wallis utilizado para verificar se existe diferença entre as idades na pontuação da fase prática e de domínio mostrou que não existe diferenças estatisticamente significativas para um intervalo de 95% de confiança, ou

seja, significância associada ao teste foi superior a 0,05. Como se pode observar na tabela 6 e 7.

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de fase pratica é igual nas categorias de idade.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,206	Reter a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Tabela 6 – Fase pratica: Teste de Kruskal-Wallis
Fonte: Elaborado pela autora

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A distribuição de fase dominio é igual nas categorias de idade.	Teste de Kruskal-Wallis de Amostras Independent es	,176	Reter a hipótese nula.

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é ,05.

Tabela 7 – Fase de domínio: Teste de Kruskal-Wallis
Fonte: Elaborado pela autora

4.4 Discussão dos resultados

Como ficou estabelecido, esse projeto tinha 3 objetivos, o primeiro era desenvolver e verificar a efetividade de um Jogo Sérioso seguindo a metodologia de [Serrano-Laguna et al. \(2017\)](#). Essa metodologia classifica os alunos em tipos de aprendizado, permitindo assim determinar as mudanças do nível do conhecimento dos alunos após a realização do jogo. “Mestres” são aqueles que suas pontuações na fase prática e de domínio foram iguais ou maiores que o limiar estabelecido. “Alunos” são os jogadores que sua pontuação foi menor que o limiar estabelecido na fase prática, entretanto, sua pontuação na fase de domínio foi igual ou acima desse limiar. “Não-Alunos” são jogadores que falharam em atingir a pontuação tanto na fase de prática quando na fase de domínio. “Deslocados” são aqueles que obtiveram uma pontuação acima ou igual do limiar estabelecido na fase prática porém não conseguiram a pontuação necessária para atingi-lo na fase de domínio.

A maioria dos jogadores conforme mostra a figura 12 foram categorizados como “Mestres” (50%) evidenciando assim que a maioria dos jogadores já tinha conheci-

mento prévio sobre o tema proposto pelo jogo, sendo então pouco efetivo para eles. Isto pode estar relacionado pelo fato que os jogadores escolhidos para participarem da pesquisa eram estudantes universitários de Biologia, tendo assim uma maior afinidade com o assunto. Entretanto a quantidade de “Alunos” (47%) teve um valor quase igual a de “Mestres”, mostrando assim que o jogo para uma parte da amostra foi considerado efetivo. Somente um único jogador foi considerado da categoria “Não-Alunos”, tendo então não concluído as duas fases corretamente, esse jogador não obteve nenhum benefício educacional jogando o jogo. Nenhum jogador foi categorizado como “Deslocado”.

Juntando-se a quantidade de jogadores categorizados como “Mestres” e “Alunos” em relação ao total da amostra, se verificou que cerca de 96% dos jogadores completaram o jogo corretamente, ou seja, conseguiram uma pontuação maior que o limiar estabelecido na fase de domínio. Isso demonstra que seus jogadores tiveram um entendimento básico dos objetivos de aprendizado propostos no jogo.

Como objetivo secundário, o jogo se propôs a verificar quais são as maiores dificuldades dos jogadores em cada característica dos animais, sendo elas: peso, risco de extinção, longevidade, gestação e os respectivos animais abordados por elas. Através de uma agregação e análise da incidência de acertos e erros por cada característica de animal, pode-se verificar a partir da tabela 1 que os jogadores são mais propensos em acertar perguntas sobre peso (55%), isso deve-ser ao fato que a interface do jogo apresenta ao jogador a imagem do animal facilitando assim ao jogador inferir mesmo sem conhecimento prévio sobre o tema. A segunda característica com mais acertos é a de risco de extinção (51%), demonstrando assim que os jogadores tem conhecimento sobre a IUCN. Já gestação e longevidade foram as que menos obtiveram acertos, sendo gestação a com maior taxa de erro (59%), seguida por longevidade (56%).

Esses resultados indicam o grau de conhecimento dos jogadores sobre as características presentes nos animais do jogo. Gestação e longevidade são as características com a maior quantidade de erros, pois demandam um conhecimento mais aprofundado e prévio acerca dos animais, diferentemente de peso que através da própria foto pode ser tirar conclusões sobre o tamanho de um animal. Por fim risco de extinção se estabelece no meio-termo, sendo uma característica de grande importância no campo da Biologia.

Com relação aos animais com mais acertos e erros em cada característica, se verificou que na categoria risco de extinção o mico-leão atingiu cerca de 92% de acerto. Isso pode ser devido ao grande trabalho de conservação realizado nessa espécie (BRASIL, 2018). Outros resultados foram observados nas diversas categorias de classificação do jogo, como o caso do índice de acerto do tucano-toco na categoria peso (91%) seguido logo após do hipopótamo (87%). Esses dois animais correspondem

ao menor e maior animal apresentado no jogo, sendo assim logo reconhecidos corretamente. Já as categorias de longevidade e gestação, foram as categorias que os jogadores sentiram mais dificuldade em responder corretamente, guaxinim (82%) e gato-do-mato (71%) foram os animais com mais acertos na categoria de longevidade, e na gestação os maiores acertos foram tucano-toco (69%) e cervo sambar (62%).

A partir do percentual de erros se verifica que grande parte dos jogadores não tem conhecimento acerca de determinadas características dos seguintes animais: Iguana para peso (67%), jaguatirica para risco (67%), leão para gestação (79%), e macaco-aranha para longevidade (71%). Tendo assim que se reforçar esse conhecimento por meio do jogo ou de outros métodos de ensino.

Esse tipo de análise permite verificar o grau de conhecimento que os jogadores têm em relação aos animais presentes no jogo e consequentemente o grau de conhecimento que os jogadores têm na vida real, entendendo assim quais são os animais mais conhecidos e aqueles que precisam ter seu aprendizado reforçado. Isso permite aos tomadores de decisão focarem no aprendizado de espécimes mais desconhecidas pela população.

Para se verificar se há uma diferença entre o sexo e a idade do jogador em relação à pontuação da fase prática e a pontuação da fase de domínio foi utilizado o teste t de Student para o sexo do jogador e o teste de Kruskal-Wallis para a idade do jogador.

No teste t de Student foi utilizado como variável dependente a pontuação da fase prática, e como variável independente o sexo do jogador. Tendo o objetivo de verificar se existe diferença de gênero em relação à nota da fase prática. Sendo o resultado de $p=0,008$, se verificou que o sexo é estaticamente significativa, concluindo assim que os homens tendem em média a ser melhores na fase prática do que as mulheres, como pode ser visto na tabela 2. Esse resultado poderia ser por homens terem mais prática em jogar jogos digitais, porém, em pesquisas recentes (PGB, 2018b) se verificou que mulheres representam 58,9% dos jogadores de jogos digitais no Brasil. Para sanar essa dúvida seria importante perguntar aos jogadores se eles são ambientados ou não com jogos digitais.

Mantendo o mesmo teste na pontuação da fase de domínio verificou-se o resultado de $p=0,576$, mostrando assim que o sexo não influenciou na pontuação da fase de domínio. Esse resultado pode ser atribuído a alguns fatores, o primeiro poderia ser pelo fato que a fase pratica se mostrou efetiva para o aprendizado das mulheres, nivelando assim as pontuações entre homens e mulheres. Essa relação pode ser observada no gráfico 14 pela grande quantidade de jogadoras mulheres na categoria "Aluno" (55%), tendo um total de 10 mulheres. Outro fator para esse resultado poderia ser que o jogo na fase de domínio se tornou muito fácil para seus jogadores, tornando assim suas

pontuações maiores independente do seu sexo.

Já os resultados do teste de Kruskal-Wallis, presentes nas tabelas 6 e 7 mostrou que a idade não é significante sobre a pontuação das fases prática e de domino. A pouca quantidade de amostras presentes nesse trabalho talvez tenha em parte auxiliado essa conclusão, gerando assim resultados não comprobatórios sobre essa hipótese.

Por fim é preciso descrever quais foram as principais dificuldades que os jogadores tiveram na hora de jogar o jogo sério, isso nos permite realizar alterações com o objetivo de tornar o jogo uma ferramenta de ensino mais eficaz. A primeira mudança necessária no projeto do jogo tendo em vista o *feedback* recebido pela amostra é que em determinadas partes do jogo se passava muito rápido, dificultando assim jogadores verificar quais características dos animais tinham errado. Os jogadores indagaram que como não conseguiam ver o valor correto após o erro, tendiam a cometê-lo novamente.

Na fase de prática, os resultados de acertos eram coletados quando se ordenava corretamente todas as 3 cartas de uma determinada característica, esse tipo de abordagem não permite que caso uma ou duas cartas estejam na posição correta serem contabilizadas como acerto. Por esse motivo que na tabela 1 a quantidade de acertos em cada característica é 90, pois, como a amostra foi de 30 jogadores, tendo 4 característica e 3 cartas na fase prática se obtém esse valor. Já na fase de domínio isso não ocorreu.

Outra mudança necessária é em relação ao tutorial, antes de cada fase um tutorial em texto era colocado na tela, entretanto, os jogadores na maioria das vezes não liam o tutorial, tendo então que sempre perguntar ao aplicador do jogo quando não sabiam como proceder em uma determinada parte. A utilização de um tutorial interativo pode auxiliar o jogador sem a necessidade de eles lerem parágrafos longos de tutorial.

O jogo não permitia que quando se colocasse uma carta em uma determinada pilha o jogador a pudesse removê-la e recolocá-la, sendo que por vezes o jogador se arrependia de colocar a carta em uma determinada posição só que não podia reverter sua ação. Vários jogadores da pesquisa reclamaram sobre essa limitação.

Uma das observações realizadas é que os jogadores sentiam mais dificuldade em realizar a fase prática do que a fase de domínio, isso pode se dar pelo fato que os jogadores quando estão na fase prática estão aprendendo sobre o tema, mas também pode se dar pelo fato que às duas fases não estão bem balanceadas acerca da sua dificuldade. Esse desbalanceamento pode ter ocorrido pois na fase prática era solicitado que o jogador ordenasse 3 cartas, já na fase de domínio se ordenava 2 cartas, tornando assim mais fácil de se acertar. No projeto do jogo se pensou que pelo fato que quando se erra uma rodada na fase de domínio o jogo sorteia uma nova caracte-

rística e novas cartas a fase se tornaria mais difícil. É necessário uma amostra maior para se verificar esse balanceamento e ter assim resultados mais conclusivos.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

O *Game Learning Analytics* (GLA) auxilia a obtenção de informações sobre como os jogadores estão realmente jogando, permitindo assim criar uma nova geração de jogos educacionais cada vez mais eficazes (FREIRE et al., 2016). Esse campo é visto como uma ferramenta de auxílio ao aprendizado, sendo capaz de obter interações significativas dos jogadores num Jogo Sérió, tornando possível a sua análise e visualização.

O projeto de desenvolvimento de um Jogo Sérió requer uma robusta fundamentação teórica e metodologias já validadas, como a de Serrano-Laguna et al. (2017) que visa integrar todo o ciclo de produção de um Jogo Sérió tendo como objetivo facilitar a avaliação da aprendizagem. Foi realizado todo o processo de criação e utilização de uma ferramenta de GLA para realizar a análise dos dados de um Jogo Sérió tendo como objetivo geral entregar a seus jogadores um jogo capaz de aprimorar o conhecimento sobre as características dos animais.

Este projeto pretendeu ser o primeiro passo para uma melhor integração do processo de criação de Jogos Sérios com os objetivos educacionais. A utilização de uma metodologia já validada em outras pesquisas nos permitiu integrar corretamente os objetivos educacionais no Jogo Sérió. As análises e visualizações obtidas pela ferramenta de GLA demonstram quanta informação são capazes de se extrair através de uma única e curta sessão de um Jogo Sérió.

No jogo desenvolvido por esse projeto, o ZooVS, a maior quantidade de jogadores foram categorizados como “Mestres”, sendo assim o jogo não se mostrou efetivo por completo, contudo, se visualizou uma grande quantidade de “Alunos” do sexo feminino, mostrando assim que as jogadoras conseguiram obter uma melhora de conhecimento sobre o tema proposto por esse projeto. A quantidade da amostra de jogadores é reduzida, sendo assim necessário uma maior quantidade de jogadores para uma análise mais consistente.

A partir desse projeto também se verificou a importância da coleta de observáveis que quando analisados entregam valiosas informações. Essas informações podem exibir o grau de dificuldade do jogo, a fim de permitir que desenvolvedores alterem seu projeto caso alguma tarefa proposta tenha um grau de dificuldade muito alto ou muito baixo. Informações sobre os principais erros e acertos são muito relevantes no processo de aprendizagem, pois, verifica-se quais são as maiores dúvidas sobre os conceitos ensinados pelo jogo, beneficiando assim os desenvolvedores que devem criar mecanismos no jogo para aprimorar o entendimento desse conceito.

Jogadores com um nível de conhecimento maior sobre o tema podem achar fáceis os desafios estabelecidos assim mecanismos capazes de adaptar o aprendizado pode diminuir esse tédio de jogadores com maior nível de conhecimento, da mesma forma podem adaptar a jogadores que estão tendo dificuldades em completar o jogo. Outro fator importante é que por se tratar de um projeto multidisciplinar é importante que tenha uma equipe formada por desenvolvedores e pedagogos que trabalhem de forma integrada para criar Jogo Sérios mais efetivos, esses jogos precisam ser testados e validados com sua população alvo.

A partir da análise do ZooVS, pode-se provar que Jogos Sérios são ferramentas capazes de melhorar o aprendizado de alguns de seus jogadores, além de gerar *insights* sobre as principais dificuldades que eles enfrentam.

Os Jogos Sérios acoplados com ferramentas de GLA e desenvolvidos a partir de metodologias que visam atrelar os objetivos educacionais na sua mecânica geram uma grande quantidade de dados e se imagina um futuro promissor para eles. Esses dados devem ser utilizados tanto para medir a efetividade do jogo quanto para enriquecer o seu projeto, balanceando sua dificuldade e o deixando mais efetivo. Tornando-os assim uma ferramenta de ensino que auxilia seus jogadores de forma lúdica e interativa a obter conhecimento.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Existem algumas melhorias que podem ser adicionadas a essa pesquisa, elas não foram viáveis devido à falta de tempo ou sua complexidade.

- Aumentar o tamanho da amostra para se obter resultados mais conclusivos.
- Adicionar ao jogador ferramentas de visualização de seu desempenho e progresso no jogo, permitindo assim que o jogador verifique a melhora do conhecimento obtido em cada nova sessão do jogo realizado.
- Adicionar ferramentas capazes de obter dados em tempo real, para a realização de intervenções de aprendizagem no local, isso permite que professores possam verificar aqueles que mais sentem dificuldades com o conteúdo e tentar saná-las, tanto no próprio jogo, a partir de técnicas de aprendizagem adaptativa, quanto em visualizações em painéis para que os professores possam ver e ajudar aqueles que precisam.
- Utilização de técnicas de aprendizagem adaptativas, permitindo assim que o jogo responda ao grau de conhecimento do seu jogador, evitando assim deixar o jogador frustrado caso o grau de dificuldade seja muito alto como também não deixar

o jogador entediado se o jogo for muito fácil para ele, tornando assim o jogo mais efetivo e mais engajador.

- Projetar o jogo com uma equipe multidisciplinar e integrada, contendo um pedagogo, sendo assim capaz de projetar um jogo com uma melhor capacidade de ensino e experiência ao usuário.

Referências

- BATES, B. *Game Design*. [S.l.: s.n.], 2004. Citado na página 16.
- BLUMBERG, F. C. *Learning by Playing: Video Gaming in Education*. [S.l.: s.n.], 2014. Citado na página 16.
- BRASIL, W. *Mico-leão-dourado: o mascote da conservação da biodiversidade*. 2018. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/biodiversidade/especie_do_mes/maio_mico_leao_dourado.cfm>. Citado na página 51.
- CHAUDY, Y.; CONNOLLY, T.; HAINEY, T. Learning analytics in serious games: a review of the literature. In: . [S.l.: s.n.], 2014. Citado na página 21.
- COOK, J. *LibGDX game development by example: learn how to create your very own game using the LibGDX cross-platform framework*. 1. ed. [S.l.]: Packt Publishing, 2015. Citado na página 39.
- CUKIER, K.; MAYER-SCHÖENBERGER, V. The rise of big data: How it's changing the way we think about the world. *Foreign Affairs*, v. 92, 01 2013. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 23.
- DETERDING, S. et al. Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts. In: *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2011. (CHI EA '11), p. 2425–2428. ISBN 978-1-4503-0268-5. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1979742.1979575>>. Citado na página 17.
- ECK, R. V. Digital game based learning it's not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE*, v. 41, 01 2006. Citado na página 23.
- ECO, O. *Entenda a classificação da Lista Vermelha da IUCN*. 2014. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27904-entenda-a-classificacao-da-lista-vermelha-da-iucn>>. Citado na página 34.
- EL-NASR, M. S.; DRACHEN, A.; CANOSSA, A. *Game Analytics: Maximizing the Value of Player Data*. [S.l.]: Springer Publishing Company, Incorporated, 2013. ISBN 1447147685, 9781447147688. Citado 7 vezes nas páginas 19, 20, 22, 23, 27, 30 e 40.
- FERGUSON, R. Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, v. 4, n. 5/6, p. 304–317, 2012. Also translated into Italian. Learning analytics: fattori trainanti, sviluppi e sfide TD Tecnologie Didattiche, 22(3), 138-147. Disponível em: <<http://oro.open.ac.uk/36374/>>. Citado na página 21.
- FIELD, A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th. ed. [S.l.]: Sage Publications Ltd., 2013. ISBN 1446249182, 9781446249185. Citado na página 48.

FREIRE, M. et al. Game learning analytics: Learning analytics for serious games. In: _____. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–29. ISBN 978-3-319-17727-4. Citado 5 vezes nas páginas 18, 23, 25, 27 e 55.

GRIFFITHS, D. *Head First Statistics*. First. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly & Associates, Inc., 2008. ISBN 9780596527587. Citado na página 47.

HACKETT, S. *The hidden history of educational gaming on the Mac*. 2016. Disponível em: <<https://www.imore.com/hidden-history-educational-gaming-mac-mecc>>. Citado na página 16.

HENRY, J. et al. Topologies for combining the internet of things and serious games. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, v. 31, 06 2016. Citado na página 20.

KIRRIEMUIR, J. et al. *Unlimited learning: computer and video games in the learning landscape*. 2006. Citado na página 13.

KLERK, S. de; VELDKAMP, B. P.; EGGEN, T. J. Psychometric analysis of the performance data of simulation-based assessment. *Comput. Educ.*, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, UK, v. 85, n. C, p. 23–34, jul. 2015. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.020>>. Citado na página 19.

MALONE, T. Toward a theory of intrinsically motivating instruction*. *Cognitive Science*, v. 5, p. 333–369, 10 1981. Citado na página 13.

MEDLER, B. Generations of game analytics, achievements and high scores. *Journal for Computer Game Culture*, v. 3, 2009. Citado na página 22.

MICHAEL, D. D. R.; CHEN, S.; EBRARY, I. Book; Book/Illustrated. *Serious games : games that educate, train and inform*. Boston, Mass. : Thomson Course Technology, 2006. Includes bibliographical references (p. [259]-263) and index. ISBN 1592006221. Disponível em: <<http://books.google.com/books?isbn=1592006221>>. Citado na página 16.

PGB. *Pesquisa Game Brasil - Comportamento, consumo e tendências do gamer brasileiro*. 2018. Disponível em: <<https://www.pesquisagamebrasil.com.br/>>. Citado na página 12.

PGB. *R7 | Mulheres representam 58,9% dos jogadores de games no Brasil*. 2018. Disponível em: <<https://www.pesquisagamebrasil.com.br/r7-mulheres-representam-589-dos-jogadores-de-games-no-brasil/>>. Citado na página 52.

PRENSKY, M. *Digital Game-Based Learning*. [S.l.]: McGraw-Hill Pub. Co., 2004. ISBN 0071454004. Citado na página 34.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. *Rules of play: Game design fundamentals*. 1. ed. [S.l.]: MIT Press, 2004. Citado na página 12.

SÁNCHEZ, A. C.; MÁRQUEZ, D. S. *Libgdx cross-platform game development cookbook: over 75 practical recipes to help you master cross-platform 2D game development using the powerful Libgdx framework*. 1. ed. [S.l.]: Packt Publishing, 2014. Citado na página 39.

- SERRANO-LAGUNA, A. et al. A methodology for assessing the effectiveness of serious games and for inferring player learning outcomes. *Multimedia Tools and Applications*, 02 2017. Citado 8 vezes nas páginas 13, 29, 30, 32, 35, 42, 50 e 55.
- SIEMENS, G.; LONG, P. Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, v. 5, p. 30–32, 01 2011. Citado na página 20.
- SILVA, M. S. D.; COSTA, S. Ensino de zoologia nas aulas de ciências a partir da aprendizagem significativa crítica. *Ensino, Saude e Ambiente*, v. 11, 06 2018. Citado na página 15.
- STEINKUEHLER, C.; SQUIRE, K.; BARAB, S. *Games, learning, and society: Learning and meaning in the digital age*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2012. ISBN 9781139031127. Citado na página 18.
- STEMKOSKI, L. *Beginning Java Game Development with LibGDX*. [S.l.: s.n.], 2015. 325 p. Citado na página 39.
- TURKAY, S.; ADINOLF, S.; TIRTHALI, D. Collectible card games as learning tools. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 46, p. 3701–3705, 12 2012. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.
- WATTANASOONTORN, V.; HERNANDEZ, R. G.; SBERT, M. Serious games for e-health care. In: . [S.l.: s.n.], 2012. Citado na página 17.
- ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, v. 38, n. 9, p. 25–32, set. 2005. ISSN 0018-9162. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/MC.2005.297>>. Citado na página 16.