

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GUSTAVO LAGUNA DE SOUZA

**Análise de medidas biométricas em jogos de  
realidade virtual**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência  
da Computação

Orientador: Prof. Dra. Luciana Porcher Nedel

Porto Alegre  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitora: Prof<sup>a</sup>. Jane Fraga Tutikian

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Wladimir Pinheiro do Nascimento

Diretora do Instituto de Informática: Prof<sup>a</sup>. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do Curso de Ciência de Computação: Prof. Raul Fernando Weber

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

## RESUMO

Usamos realidade virtual de forma a passar a sensação de imersão e realidade a um indivíduo em uma aplicação de tempo real. Apesar do conceito ser antigo, a sua viabilidade e disponibilidade para a população é um conceito recente. O objetivo deste trabalho é capturar medidas biométricas de um usuário, enquanto ele interage com uma aplicação de realidade virtual, analisar e interpretar estes dados e usar esta informação como realimentação para o sistema. Para isso, foi desenvolvida uma modificação para o jogo digital Skyrim, onde a dificuldade do jogo é adaptada a partir dos sinais do ECG e da EDA do participante. Neste jogo, o usuário tem liberdade para andar, podendo também envolver-se em combates. Os resultados indicam uma forte possibilidade de uso dos batimentos cardíacos dos usuários como critério de decisão para uma aplicação. O sinal do ECG dos usuários apresentou um desempenho significativamente melhor que o sinal da EDA. A maioria das alterações nas medidas biométricas dos participantes ocorreram durante o modo de combate. Os usuários notaram a adaptação de dificuldade aplicada no jogo.

**Palavras-chave:** Jogos digitais. eletrocardiograma. atividade eletrodérmica. adaptação de dificuldade. realidade virtual.

## ABSTRACT

We use virtual reality in order to pass the sensation of immersion and reality to an individual in a real-time application. Although the concept is old, its viability and availability to the population is a recent concept. The objective of this paper is to capture biometric measures of a user while it interacts with a virtual reality application, analyze and interpret this data and use this information as feedback for the system. For this, a modification was developed for the digital game Skyrim, where the difficulty of the game is adapted from the participant's ECG and EDA signals. In this game, the user is free to walk and may also engage in combat. The results indicate a strong possibility of using the user's heartbeats as a decision criterion for an application. The users ECG signal performed significantly better than the EDA signal. Most of the participants' biometric measurements changes occurred during combat mode. Users noticed the difficulty adaptation applied in the game.

**Keywords:** Digital games, electrocardiography, electrodermal activity, adapting difficulty, virtual reality.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Imagem do The Elder Scrolls V: Skyrim. Jogador caminha pelas ruas de Riften, pequena vila, vestido em uma armadura de ferro. Podemos identificar, também, a presença de um aldeão da vila, em sua humilde vestimenta, e uma galinha.....	17
Figura 3.2 Inventário é o menu que apresenta uma lista de todos itens que o jogador possui. Os itens podem ser visualizados por categorias, conforme a parte superior da tela.....	18
Figura 3.3 Sensor utilizado neste estudo para a captura de sinais biométricos (Board Kit BT). O kit contém o arduino, 2 cabos, uma bateria e 5 eletrodos .....	19
Figura 3.4 Exemplo de um eletrocardiograma, evidenciando o complexo de QRS, indicado pelas letras “Q”, “R” e “S” respectivamente.....	22
Figura 3.5 Exemplo de frequência do canal dois recebida do BITalino. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 10000 e 15000, intervalo equivalente a 5 segundos) capturado e o eixo Y a frequência do canal (valores entre 400 Hz e 700 Hz).....	22
Figura 3.6 Sinal do ECG da Figura 3.5 convertido. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 10000 e 15000, intervalo equivalente a 5 segundos) capturado e o eixo Y o sinal do ECG (valores entre -0.2 mV e 0.6 mV).....	23
Figura 3.7 Algoritmo aplicado no sinal da Figura 3.6. Onde os traços verticais indicam batimentos cardíacos verificados pelo algoritmo.....	23
Figura 3.8 Exemplo de frequência do canal três recebida do BITalino. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 0 e 55000, intervalo equivalente a 55 segundos) capturado e o eixo Y a frequência do canal (valores entre 820 Hz e 940 Hz).....	24
Figura 3.9 Sinal da EDA da Figura 3.8 convertido. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 0 e 55000, intervalo equivalente a 55 segundos) capturado e o eixo Y o sinal da EDA (valores entre $5\mu S$ , $11\mu S$ ).....	24
Figura 3.10 Comunicação entre as aplicações envolvidas. A aplicação em C++ comunica-se com o BITalino e então envia sinais para o Script Extender do jogo. O Script Extender é sempre executado simultaneamente ao Skyrim. ....	26
Figura 3.11 Interface do Creation Kit. À esquerda temos uma lista de objetos do jogo, no canto superior direito temos uma janela de renderização para que tenhamos noção da localização espacial dos objetos no mapa e, por último no canto inferior direito, temos uma janela reservada para a visualização da célula do objeto, quando selecionado. ....	27
Figura 3.12 Interface de criação de “Quests” no Creation Kit. No canto inferior esquerdo temos o script anexado a quest, na janela do centro para a direita temos a especificação de quem possui a quest (no caso o próprio jogador). ....	28
Figura 4.1 Oculus Rift MK2. ....	29
Figura 4.2 Controle de Xbox para Windows.....	30
Figura 4.3 Vista frontal do setup utilizado. Usuário sentado com o BITalino e seus sensores conectados ao seu corpo, assim como o Oculus Rift no seu rosto. ....	30
Figura 4.4 Posição dos sensores de ECG.....	31
Figura 4.5 Posição dos sensores de EDA.....	31
Figura 4.6 Faixa etária dos voluntários. ....	32
Figura 4.7 Grau de escolaridade dos voluntários. ....	32
Figura 4.8 Problemas de visão relatados pelos voluntários. ....	33

Figura 4.9	Experiência prévia dos voluntários com dispositivos VR. ....	33
Figura 4.10	Familiarização dos voluntários com dispositivos VR.....	33
Figura 4.11	Frequência que cada voluntário joga vídeo game.....	34
Figura 4.12	Experiência prévia dos voluntários com jogos do gênero RPG. ....	34
Figura 4.13	Experiência prévia dos voluntários com o Skyrim. ....	34
Figura 4.14	Habilidade dos voluntários com o controle de Xbox.....	35
Figura 5.1	Batimentos por minuto do participante 1 ao longo da etapa de calibração. Na metade esquerda do gráfico, o participante estava em relaxamento, já na metade direita foi induzida uma situação de estresse.....	39
Figura 5.2	Atividade eletrodérmica do participante 1 ao longo da etapa de calibração. Na metade esquerda do gráfico, o participante estava em relaxamento, já na metade direita foi induzida uma situação de estresse.....	40
Figura 5.3	Eletrocardiograma (a) e Atividade Eletrodérmica (b) do participante 5 enquanto joga Skyrim com modificações. As linhas vermelhas indicam os valores limites que caracterizam se o jogador está em estresse ou não. As espadas indicam quando o jogador entrou em combate, os escudos quando ele saiu de combate, no caso como o jogador não morreu durante a fase todo escudo indica o término de uma batalha vencida. As poções indicam que o jogador consumiu uma poção naquele momento, no caso foi consumido duas poções de vida. Os círculos vermelhos (a) e azuis (b) acima do eixo X indicam momentos em que o algoritmo reconheceu que a dificuldade do jogo deveria ser reduzida. O círculo branco (b) acima do eixo X indica um momento em que o algoritmo reconheceu que a dificuldade do jogo deveria ser reduzida, porém como ele já havia enviado um sinal para o jogo nos últimos 30 segundos o evento foi anulado. ....	41
Figura 5.4	Comparação do número de detecções de estresse para cada participante em cada versão do jogo. Cada valor do eixo X representa um participante. As barras azuis indicam o número de detecções de estresse reconhecidas no Skyrim sem modificações. As barras vermelhas indicam o número de detecções de estresse reconhecidas no Skyrim com modificações.....	42
Figura 5.5	Análise dada pelos 16 voluntários acerca da diferença de dificuldade dada para cada versão jogada.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 Desempenho do algoritmo envolvendo o sinal do ECG e da EDA separadamente. Onde: “A” representa que o algoritmo reconheceu uma diferença no sinal do participante, mas o participante não respondeu que a sala estava difícil; “P” representa que o participante respondeu que a sala estava difícil, mas o algoritmo não reconheceu uma diferença no sinal; “S” representa que o algoritmo reconheceu corretamente se o voluntário achou a sala difícil ou não. Os participantes 1 a 8 jogaram o jogo com modificações na primeira etapa, já os de 9 a 16 jogaram o jogo com modificações apenas na segunda etapa. ....44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

API	Application Programming Interface
AVC	Acidente Vascular Cerebral
DX	DirectX
ECG	Electrocardiography
EDA	Electrodermal Activity
HR	Heart Rate
HRV	Heart Rate Variability
IBM	International Business Machines
IHC	Interação Homem-Computador
NVG	Nonviolent Video Games
PC	Personal Computer
RPG	Role-playing Game
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VG	Violent Video Games
VR	Virtual Reality

## LISTA DE SÍMBOLOS

$mV$       Microvolt

$Hz$       Hertz

$V$       Volt

$M\Omega$       Megaohm

$\mu S$       Micro-Siemens

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 Motivação.....	11
1.2 Objetivos .....	12
1.3 Organização do texto .....	12
<b>2 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 Adaptação da Dificuldade em Jogos.....	13
2.2 Medidas Biométricas .....	14
<b>3 TRABALHO DESENVOLVIDO</b> .....	<b>16</b>
3.1 The Elder Scrolls V: Skyrim .....	16
3.2 BITalino.....	19
3.3 Alterações Realizadas .....	20
3.3.1 Aplicação BITalino .....	20
3.3.2 Interpretação do sinal do ECG .....	21
3.3.3 Interpretação do sinal da EDA .....	23
3.3.4 Determinação dos Limites de Reconhecimento de Estresse.....	25
3.3.5 Comunicação entre as Aplicações .....	25
3.3.6 Modificação usando Creation Kit .....	26
<b>4 EXPERIMENTO</b> .....	<b>29</b>
4.1 Ambiente.....	29
4.2 Sensores BITalino.....	31
4.3 Perfil dos Usuários .....	32
4.4 Protocolo Utilizado.....	35
4.5 Variáveis Dependentes.....	36
4.5.1 Aplicação BITalino .....	36
4.5.2 Modificação do Skyrim.....	36
4.5.3 Formulários Aplicados.....	37
4.6 Hipóteses .....	37
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
5.1 Etapa de Calibração .....	39
5.2 Exemplo dos Sinal do ECG e da EDA Capturados.....	40
5.3 Comparação entre Versões.....	42
5.4 Desempenho do Algoritmo Desenvolvido Usando o Sinal do ECG .....	43
5.5 Desempenho do Algoritmo Desenvolvido Usando o Sinal da EDA .....	43
5.6 Relação dos Sinais com o Número de Inimigos .....	43
5.7 Comparação de Desempenho.....	44
5.8 Reconhecimento da Diferença de Dificuldade .....	45
5.9 Transições de Dificuldade.....	45
<b>6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>
<b>APÊNDICE A — FORMULÁRIO DE PARTICIPAÇÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>APÊNDICE B — FORMULÁRIO PÓS-ETAPA</b> .....	<b>55</b>
<b>APÊNDICE C — FORMULÁRIO PÓS-TESTES</b> .....	<b>60</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

Jogos digitais bem sucedidos têm capacidade notável para atrair jogadores (JENNETT et al., 2008) e fazem as pessoas quererem continuar a jogar (BROWN; CAIRNS, 2004). Jogos considerados bons são atraentes. Não é suficiente motivar um jogador a começar a jogar. Se o interesse não for mantido, o jogador não continuará jogando. É o engajamento, termo utilizado para descrever a capacidade de um jogo de atrair e manter a atenção dos jogadores, o responsável por manter a vontade de jogar no indivíduo e garantir assim o sucesso do jogo.

Conforme apontado por Branco (BRANCO, 2012), estudos demonstram que é possível a utilização de técnicas de engajamento idealizadas para incutir no jogador emoções e sentimento, conforme o seu perfil, para garantir seu interesse no jogo, aumentando o tempo dedicado ao mesmo. Técnicas como “Achievements”, “Desafios e Missões”, “Rankings”, “Progress Bar” e “Gifting” são descritas pelo autor, explicando suas implicações no engajamento do jogador.

Benyon et al. (BENYON; TURNER; TURNER, 2005) identificam uma série de elementos-chave que contribuem para o engajamento de um jogador em ambientes virtuais, incluindo um senso de autenticidade e identificação com o meio ambiente, capacidade do meio ambiente de se adaptar às necessidades do usuário, uma narrativa convincente, imersão e fluxo. É a partir da premissa de que a capacidade de adaptação do ambiente às necessidades de cada usuário contribui para um melhor engajamento do jogador, que este trabalho foi desenvolvido.

Optou-se por utilizar Realidade Virtual neste estudo para promover um maior engajamento dos usuários. Realidade Virtual (LAVALLE, 2016) é induzir um comportamento direcionado em um organismo usando a estimulação sensorial artificial, enquanto o organismo tem pouca ou nenhuma consciência da interferência. Esta técnica busca separar o jogador da realidade, imergindo-o ainda mais no ambiente do jogo.

A imersão em jogos é um tema em foco no momento, e junto a ela vem a tentativa de incorporar diversos dispositivos periféricos visando passar ao jogador a sensação de realismo. Movimentos, sensações e reações biológicas podem ser captadas e incorporadas como forma de alimentação para aplicações. Esses dados podem ser usados de forma a contribuir com o entendimento de como o jogador está reagindo a determinado cenário,

facilitando a aplicação a adaptar-se de forma a melhorar a interação homem-computador.

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de explorar as possibilidades do uso das medidas biométricas do jogador, capturadas através de uma plataforma de hardware, como critério de adaptação de uma aplicação de tempo real. Acredita-se que ajustando a dificuldade de um jogo, levando em conta características pessoais do usuário, proporcionará um maior engajamento por parte do jogador.

## **1.3 Organização do texto**

O restante do texto encontra-se dividido em 5 capítulos. No Capítulo 2, é apresentado ao leitor estudos já realizados na área de “Adaptação de Dificuldade” e na área de “Uso de Medidas Biométricas”. O Capítulo 3 aborda a escolha das ferramentas utilizadas neste estudo, assim como as alterações realizadas para garantir a interação correta entre elas. O Capítulo 4 descreve o experimento realizado e o Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos, assim como uma análise dos mesmos. O Capítulo 6 faz uma síntese do trabalho desenvolvido indicando o que foi alcançado e quais são as direções futuras a serem seguidas.



## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Tendo em vista a forte relação com o trabalho desenvolvido, foram estudados trabalhos em duas linhas: adaptação da dificuldade em jogos e uso de medidas biométricas.

### 2.1 Adaptação da Dificuldade em Jogos

Várias pesquisas já foram realizadas nesta área, explorando a modificação dinâmica e adaptativa da dificuldade de uma aplicação. A escolha dos critérios a serem utilizados é uma etapa importante e, portanto, deve ser analisada com cuidado. A informação escolhida tem que ser expressiva, caso contrário, o estudo não demonstrará resultados conclusivos. O fator a ser escolhido pode ser de vários tipos: uma característica do usuário informada em um questionário preenchido, ações capturadas, medidas biológicas, tempo, precisão, entre outros.

Hocine et al. (HOCINE et al., 2011) apresentam um jogo terapêutico, da categoria de Jogos Sérios, que possui como alvo pacientes em reabilitação pós AVC. O objetivo do jogo é acelerar a reabilitação do paciente, mantendo sua motivação e seu envolvimento. O estudo foca na reabilitação dos membros superiores de pacientes, onde o jogador usa as suas mãos para equilibrar um objeto utilizando um Wii-board. O jogo baseia-se em uma estrutura orientada a tarefas em que o objetivo é estabilizar uma bola mais próxima de um alvo dentro de um tempo limitado.

“Game for Health” apresenta uma técnica de adaptação de dificuldade dinâmica de tarefas terapêuticas que permite aumentar a motivação dos pacientes ao adaptar a dificuldade do jogo em tempo real de acordo com seu perfil e desempenho observado. Os resultados obtidos com o experimento mostram que a técnica aumenta o número de tarefas, o número de tarefas bem-sucedidas, bem como a amplitude do movimento durante uma sessão de jogo.

Li et al. (LI et al., 2014) apresentam um mecanismo adaptativo para ajuste de dificuldade em resposta ao desempenho, em tempo real, do jogador na versão single player do jogo “Dragon One” para dispositivos móveis. O mecanismo é baseado em técnicas de geração de conteúdo do jogo, considerando restrições para telas móveis. Tanto a funcionalidade dos objetos do jogo quanto as inclinações psicológicas e comportamentais do jogador são levadas em consideração.

A técnica desenvolvida utiliza o número de obstáculos já superados pelo jogador

como principal fator para a adaptação da dificuldade. Levando em conta que a dificuldade está diretamente ligada a velocidade do jogo, foi utilizado regras de geração de obstáculos específicas. É analisado a cada 15 obstáculos superados: se o jogador passou por eles, a dificuldade é aumentada; caso contrário a dificuldade segue a mesma.

Os resultados obtidos pelo experimento demonstram que as experiências do jogador são significativamente aprimoradas ao aplicar o mecanismo de adaptação desenvolvido.

## **2.2 Medidas Biométricas**

Usar reações do corpo humano como critério para alterar algum aspecto de uma aplicação ainda é um conceito recente pouco explorado no estudo de IHC. No entanto, a incorporação dessas medidas pode ser útil, podendo ser transparente ao usuário. Diferentemente de uma interação forçada, como por exemplo, abrindo um menu e modificando a forma que a aplicação deva se comportar, a leitura de medidas biométricas é invisível ao usuário, não interrompendo a sua imersão.

A seguir são citados alguns trabalhos já realizados na área, com o intuito de documentar as vantagens e desvantagens do uso dessa técnica.

Ivarsson et al. (IVARSSON, 2014) relatam um estudo das reações cardíacas relacionadas ao sono e emoção, em adolescentes com diferentes hábitos de jogo, quando expostos a jogos de videogames violentos (VG) versus jogos não-violentos (NVG). Trinta meninos, com idades entre 13-16 anos, metade deles pouco expostos (menos de 1 hora por dia) e a outra metade muito expostos (mais de 3 horas por dia) a jogos violentos, jogaram um VG/NVG por 2 horas durante duas noites diferentes em suas casas. A frequência cardíaca (HR) e a variabilidade cardíaca (HRV) foram registradas desde o início do experimento até a manhã seguinte. Um questionário sobre reações emocionais foi aplicado após cada sessão de jogo e um diário de sono foi preenchido nas manhãs seguintes.

Durante o sono, foi observado uma relação significativa entre o grupo e a condição de jogo em relação aos batimentos cardíacos. Houve também uma relação significativa na qualidade do sono e tristeza depois de jogar. O estudo apresenta dados bem interessantes, demonstrando as relações encontradas entre os hábitos e a exposição a jogos violentos dos usuários.

Trewin et al. (TREWIN et al., 2012) descrevem uma pesquisa realizada pela IBM, onde foi examinado o uso de três modelos de autenticação biométricas: usando “Voz”,

“Face e Gestos” e “Entrada de Senhas” de forma a explorar a demanda relativa em tempo de usuário, esforço, erro e interrupção de tarefas em um dispositivo móvel. O estudo relata observações da reação dos usuários, estratégias e reações aos métodos de autenticação aplicados.

Esta pesquisa demonstra um conjunto complexo de trade-offs na seleção e uso de métodos de autenticação biométrica em dispositivos móveis, quando em condições ideais (ambiente silencioso e bem iluminado). Cada modalidade biométrica apresentou pontos fortes e fracos únicos, e tem potencial para melhorar a abordagem de entrada de senhas.

“Face” e “Voz” foram rápidos, mas não universalmente utilizáveis. O modo “Gesto” executou de forma confiável e funcionou para todos os participantes, mas o estudo aponta que gestos mais curtos seriam necessários para alcançar um tempo competitivo. No contexto de tarefas envolvendo memorização, o modo de autenticação “Face” demonstrou uma vantagem significativa em relação ao modo “Voz”.

No entanto, a condição de “Voz” foi considerada menos utilizável do que a de “Entrada de Senhas”, “Face e Gesto”. Falar em um nível confortável, isto é, em um volume agradável, nem sempre encontrou o limiar de qualidade da amostra de voz, indicando a necessidade de operar com um limite mais baixo.

### 3 TRABALHO DESENVOLVIDO

O objetivo do trabalho é capturar sinais biológicos de um usuário, enquanto ele interage com uma aplicação de realidade virtual, analisar e interpretar estes dados e usar esta informação como realimentação para o sistema. O nível de dificuldade de um jogo é definido de forma dinâmica e adaptativa a partir de medidas biométricas. Para isso, elegemos um jogo e definimos como e o que medir em um usuário. Tendo isso em mente, foi escolhido o jogo Skyrim e o sensor BITalino. Neste capítulo serão detalhadas as alterações realizadas e o motivo destas escolhas.

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de explorar as possibilidades de uso do BITalino, plataforma de hardware usada para aquisição de biosinais e transmissão sem fio em tempo real, no Skyrim (aplicação de tempo real). O enfoque dado foi na adaptação da dificuldade do jogo usando medidas biométricas capturadas pelo equipamento, sendo elas o batimento cardíaco e a resposta galvânica do usuário. Estas medidas foram escolhidas por acreditarmos que elas seriam as mais expressivas no cenário selecionado.

#### 3.1 The Elder Scrolls V: Skyrim

Skyrim (Figura 3.1) é um jogo eletrônico, desenvolvido pela Bethesda Games Studios, do gênero RPG, publicado em 2011. Este jogo recebeu três prêmios no Video Game Awards 2011, incluindo o de melhor jogo do ano. Atualmente, Skyrim é considerado um clássico, apresentando gráficos e gameplay revolucionários para a época.

O motivo da escolha do Skyrim como aplicação para teste foi o suporte fornecido pela Bethesda, desde o lançamento do jogo, para modificações. Skyrim possui várias ferramentas, como Creation Kits, Script Extenders, manuais e uma vasta comunidade de modificadores, o que facilita imensamente a incorporação de mudanças. Todo este suporte fornecido reflete a sua situação atual, pois mesmo após 6 anos do seu lançamento, permanece no top 50 mais jogados diariamente na Steam, maior plataforma de jogos eletrônicos para PC, devido ao vasto conteúdo criado pela comunidade de modificadores.

Como a versão VR oficial ainda não foi lançada, foi utilizado o driver VorpX (OSTERTAG, 2017), de forma a melhorar a imersão dos participantes. VorpX é um driver que permite o uso de jogos modernos, que utilizam DX10/DX11, juntamente a um VR headset. O programa implementa o rastreamento da cabeça do jogador, assim como configura as alterações necessárias para podermos utilizar o Skyrim como um jogo VR

Figura 3.1: Imagem do The Elder Scrolls V: Skyrim. Jogador caminha pelas ruas de Riften, pequena vila, vestido em uma armadura de ferro. Podemos identificar, também, a presença de um aldeão da vila, em sua humilde vestimenta, e uma galinha.



Fonte: [elderscrolls.bethesda.net/en/skyrim](http://elderscrolls.bethesda.net/en/skyrim)

padrão.

Skyrim mantém a tradicional jogabilidade de mundo aberto encontrada na série The Elder Scrolls, ou seja, o jogador é livre para andar conforme a sua vontade, podendo envolver-se em combate ou apenas explorar a área. São oferecidos diversos tipos de armas, armaduras e feitiços, de forma a possibilitar diferentes estilos de combate. Cada arma possui um valor de dano causado diferente. De forma similar, armaduras possuem pontos de defesa diferentes. Na tela, aparecem três barras indicativas para cada personagem, são elas: vida, mágica e estamina. Quando um personagem sofre um ataque sua barra de vida diminui. Da mesma forma, quando utiliza feitiços sua barra de mágica diminui e quando ataca com armas, sua barra de estamina diminui.

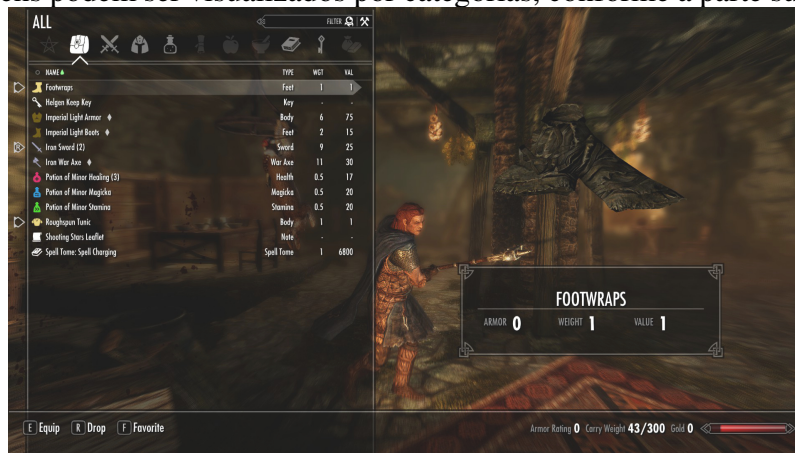
O jogo possui sete níveis de dificuldade, sendo elas: “Novice”, “Apprentice”, “Adept”, “Expert”, “Master” e “Legendary”. A adaptação da dificuldade da jogabilidade é alterada através dos multiplicadores de dano, valores que são multiplicados diretamente ao dano causado e sofrido pelo jogador. O dano causado por um personagem é calculado segundo a Equação 3.3, sendo ele o valor que será reduzido da sua vida quando atacado. O número de inimigos de uma fase é constante, independente da dificuldade em questão.

Skyrim possui um sistema de níveis, onde quanto maior o nível do jogador, mais forte ele é. O nível de um personagem aumenta conforme ele vence combates e completa “Quests”. “Quests” são tarefas com determinados objetivos, que o jogador deve cumprir para receber uma recompensa. Por exemplo, um aliado descobre que bandidos estão atacando uma cidade e precisa de ajuda para derrotá-los. Caso o jogador decida ajudar e completar a “Quest” ele é recompensado com ouro, que posteriormente pode ser utilizado

para comprar armas melhores.

Além dos itens de batalha, o jogo apresenta poções podendo elas curar vida, mágica, estamina. Poções também podem ser veneno, que pode ser aplicado nas armas do jogador de forma a aumentar o seu dano causado. A Figura 3.2 apresenta o inventário (local onde estão listados os itens que o personagem possui) do jogador em um dado momento.

Figura 3.2: Inventário é o menu que apresenta uma lista de todos itens que o jogador possui. Os itens podem ser visualizados por categorias, conforme a parte superior da tela.



Fonte: Autor

$$Dano = DanoArma * MultiplicadordeDano \quad (3.1)$$

$$Armadura = DefesaTotal * 0.12 + 3.00 * N \quad (3.2)$$

$$DanoEfetivo = Dano - Armadura \quad (3.3)$$

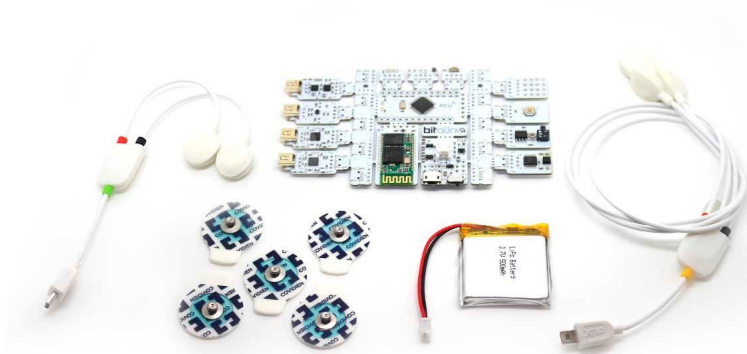
Onde:

- DanoArma: Valor de dano da arma sendo usada pelo atacante
- MultiplicadordeDano: Multiplicador de dano aplicado, conforme a dificuldade selecionada. Caso o atacante seja o jogador ou um aliado, o multiplicador aplicado é um, caso seja um inimigo, o multiplicador é outro
- DefesaTotal: Soma dos pontos de defesa de todas peças de armadura vestidas pelo defensor
- N: Número de peças de armadura vestidas pelo defensor
- DanoEfetivo: Quantidade de pontos de vida reduzida de um personagem atacado

### 3.2 BITalino

BITalino (Figura 3.3) é um arduino desenvolvido por portugueses, de código aberto e custo baixo, que possibilita ao usuário criar projetos e aprender a utilizar seus sinais biológicos para as mais variadas aplicações. O equipamento possui sensores para medir as tensões de músculos, frequência cardíaca, resposta galvânica, movimento e luz ambiente, dando flexibilidade ao seu uso.

Figura 3.3: Sensor utilizado neste estudo para a captura de sinais biométricos (Board Kit BT). O kit contém o arduino, 2 cabos, uma bateria e 5 eletrodos



Fonte: bitalino.com

O equipamento possui seis sensores e dois atuadores:

- A porta número um é responsável pelo sensor de Eletromiografia, técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis das células musculares, representando os potenciais de ação deflagrados por meio da leitura da tensão elétrica ao longo do tempo;
- A porta número dois é destinada ao sensor de Eletrocardiografia, técnica de monitoramento da atividade do coração, a qual utiliza a variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade elétrica do coração ao longo do tempo;
- Na porta número três está o sensor de Atividade Eletrodérmica, técnica utilizada para a avaliação da excitação. Ela mede a atividade das glândulas sudoríparas das palmas das mãos por meio da medida das variações na condução de eletricidade sob a superfície da pele;
- A porta número quatro contém o sensor de Eletroencefalograma, técnica não-invasiva

que mede a atividade elétrica do cérebro;

- A porta número cinco contém o acelerômetro, sensor que permite medir a aceleração sobre um objeto, ou seja a força exercido sobre o objeto;
- Na porta número seis está o atuador Buzzer, responsável pelo feedback acústico ao usuário;
- Na porta número sete está o botão manual miniaturizado projetado para permitir a anotação de eventos significativos que ocorrem durante a sessão de gravação de forma síncrona com os dados biométricos;
- No centro do arduino está localizado o Light-Emitting Diode, atuador responsável pelo feedback visual ao usuário.

### **3.3 Alterações Realizadas**

A primeira tarefa abordada ao longo deste estudo foi a integração do BITalino com o Skyrim. Diversas APIs são fornecidas pelos desenvolvedores do BITalino, visando dar suporte a qualquer ambiente que seus usuários venham a trabalhar. Como o Skyrim não é um jogo de código aberto, para realizarmos modificações na jogabilidade, tivemos que usar o Creation Kit, ferramenta divulgada juntamente ao jogo, que possui sua linguagem própria chamada Papyrus.

Perante esta situação, subdividimos o problema em duas partes: uma aplicação desenvolvida em C++, que interage com o BITalino, e uma modificação desenvolvida usando o Creation Kit, capaz de adaptar a dificuldade do jogo conforme sinais vindos da outra aplicação.

#### **3.3.1 Aplicação BITalino**

Esta aplicação objetiva capturar e interpretar os sinais recebidos do BITalino, assim como enviá-los, de uma forma viável, para a engine do Skyrim.

A captura dos sinais é feita utilizando a API em C++ (SILVA, 2016), divulgada no site oficial do BITalino. A API em questão captura os dados enviados, pelo aparelho via bluetooth e fornece ao programador a frequência de cada canal quadro a quadro. Conforme Runbeek et al. (RIJNBEEK; KORS; WITSENBURG, 2000), uma taxa de 250 Hertz já é suficiente para obtermos, com confiança, informações do eletrocardiograma de



um usuário. Segundo os criadores do BITalino uma taxa de amostragem de 1000 Hertz é suficiente para o canal de EDA. A partir disso, a taxa de amostragem utilizada foi de 1000 Hertz por canal, permitindo que se capture dados significativos. Ou seja, o BITalino envia informações do ECG e da EDA do usuário a cada milissegundo para a aplicação desenvolvida.

Cada canal do arduino corresponde a uma medida biométrica capturada, sendo de interesse deste estudo os canais dois e três, que correspondem, respectivamente, aos sinais do ECG e da EDA. Os sinais capturados necessitam de um pós-processamento específico. A seguir serão detalhadas as técnicas usadas para as suas devidas interpretações.

### 3.3.2 Interpretação do sinal do ECG

O sinal recebido do BITalino nos informa a frequência do canal dois em um determinado instante. Primeiramente, devemos converter o dado adquirido aplicando a Equação 3.4, conforme informado nas especificações do sensor ECG do equipamento, de forma a obtermos um valor no intervalo  $[-1.5 \text{ mV}, 1.5 \text{ mV}]$ .

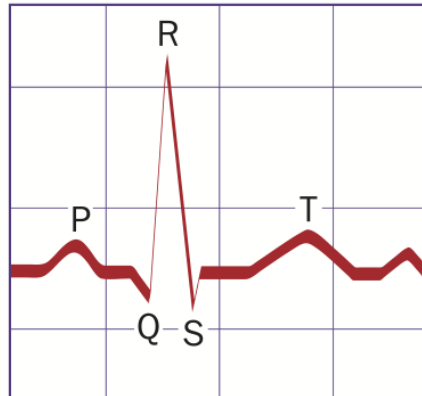
Logo a seguir, devemos reconhecer os batimentos do coração do jogador no gráfico frequência versus tempo, a fim de obtermos os batimentos cardíacos por minuto do usuário.

O complexo de QRS (Figura 3.4), conforme definido no dicionário Merriam-Webster (2017), é a série de deflexões em um eletrocardiograma que representam a atividade elétrica gerada pela despolarização ventricular antes da contração dos ventrículos. A detecção do complexo QRS é necessária para a extração eficiente de intervalos de batimento a batimento, a partir de sinais de eletrocardiograma. A precisão deste intervalo é crucial para uma análise confiável da variabilidade da frequência cardíaca (HRV). Visto isto, foi utilizada uma variação do algoritmo de Pan-Tompkins conforme descrito por Chen et al. (CHEN; CHEN, 2003).

A cada 5000 capturadas, equivalente a 5 segundos, é aplicado o algoritmo de forma a detectar os complexos QRS do sinal, caracterizando assim o número de batimentos contidos nesse intervalo. Posteriormente, é analisado quantos frames estão contidos entre cada batimento e então é calculado o batimento cardíaco por minuto médio para o intervalo capturado.

A Figura 3.5 mostra a variação do sinal cardíaco de uma pessoa durante 5 segundos (5000 frames). Este sinal convertido, utilizando a Equação 3.4, é demonstrado na Figura

Figura 3.4: Exemplo de um eletrocardiograma, evidenciando o complexo de QRS, indicado pelas letras “Q”, “R” e “S” respectivamente.



Fonte: [www.healio.com](http://www.healio.com)

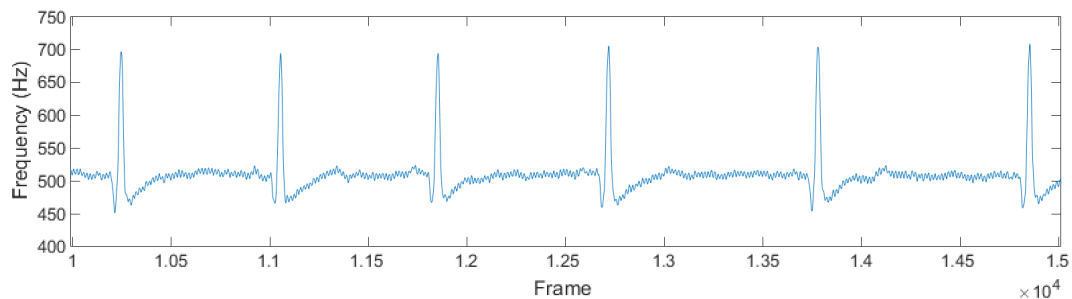
3.6. Os resultados da aplicação do algoritmo de Pan-Tompkins no sinal da Figura 3.6 podem ser observados na Figura 3.7.

$$ECG(mV) = \frac{\left(\frac{ADC}{2^n} - \frac{1}{2}\right) * VCC}{G_{ECG}} * 1000 \quad (3.4)$$

Onde:

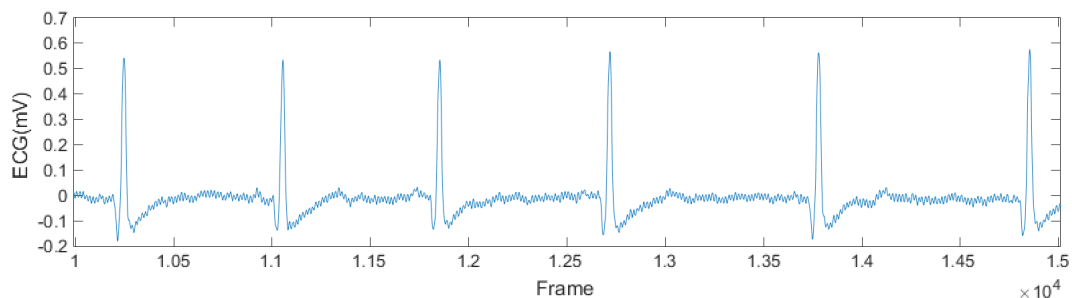
- ADC: Sinal capturado
- n: Número de bits do canal, no caso 10
- VCC: Voltagem de operação, no caso 3.3V
- G: Ganho do sensor, no caso 1100

Figura 3.5: Exemplo de frequência do canal dois recebida do BITalino. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 10000 e 15000, intervalo equivalente a 5 segundos) capturado e o eixo Y a frequência do canal (valores entre 400 Hz e 700 Hz)



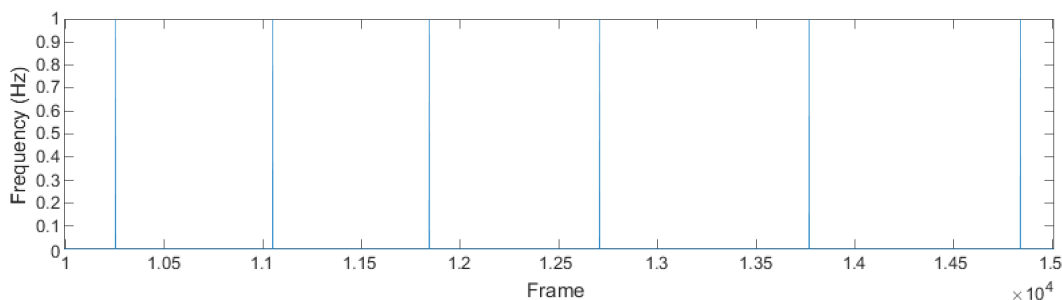
Fonte: Autor

Figura 3.6: Sinal do ECG da Figura 3.5 convertido. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 10000 e 15000, intervalo equivalente a 5 segundos) capturado e o eixo Y o sinal do ECG (valores entre -0.2 mV e 0.6 mV)



Fonte: Autor

Figura 3.7: Algoritmo aplicado no sinal da Figura 3.6. Onde os traços verticais indicam batimentos cardíacos verificados pelo algoritmo.



Fonte: Autor

### 3.3.3 Interpretação do sinal da EDA

O sinal da EDA recebido do BITalino nos informa a frequência do canal três em um determinado instante. Primeiramente, devemos converter o dado adquirido aplicando a Equação 3.6, conforme informado na especificação do sensor EDA do equipamento, de forma a obtermos um valor no intervalo  $[1\mu S, \infty\mu S]$ .

A Figura 3.8 mostra a atividade eletrodérmica de uma pessoa durante 5 segundos (5000 frames). Este sinal convertido, utilizando as Equações 3.5 e 3.6, é demonstrado na Figura 3.9.

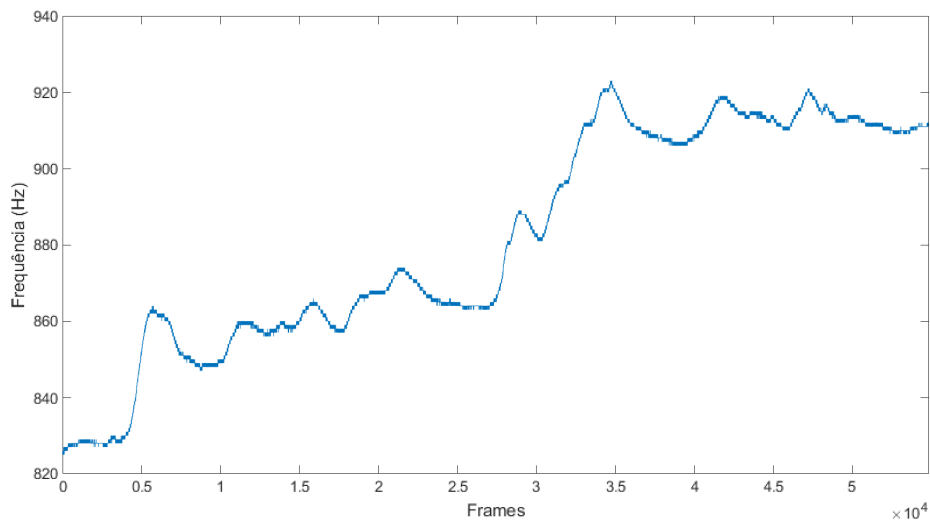
$$R(MOhm) = 1 - \frac{ADC}{2^n} \quad (3.5)$$

$$EDA(\mu S) = \frac{1}{R(MOhm)} * 1000 \quad (3.6)$$

Onde:

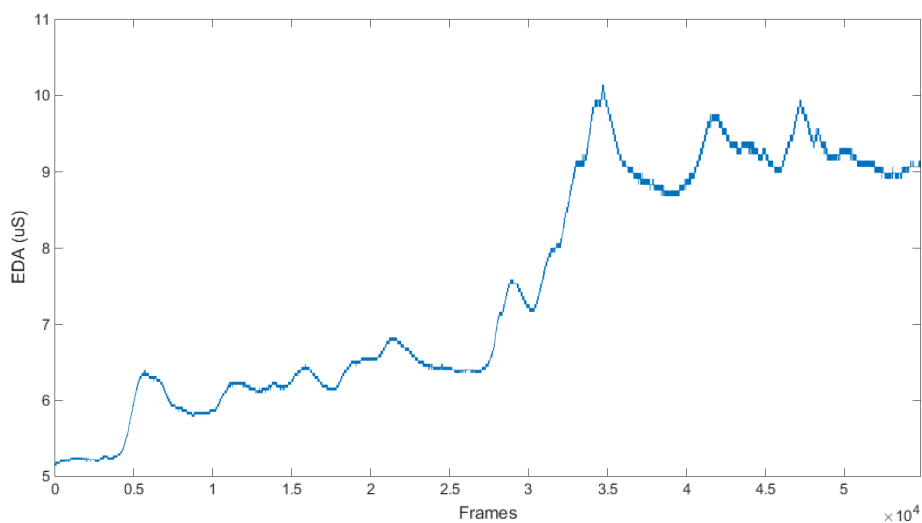
- R(MOhm): Valor da resistência do sensor
- ADC: Sinal capturado
- n: Número de bits do canal, no caso 10

Figura 3.8: Exemplo de frequência do canal três recebida do BITalino. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 0 e 55000, intervalo equivalente a 55 segundos) capturado e o eixo Y a frequência do canal (valores entre 820 Hz e 940 Hz)



Fonte: Autor

Figura 3.9: Sinal da EDA da Figura 3.8 convertido. Onde o eixo X representa o frame (valores entre 0 e 55000, intervalo equivalente a 55 segundos) capturado e o eixo Y o sinal da EDA (valores entre  $5\mu S$ ,  $11\mu S$ )



Fonte: Autor

### 3.3.4 Determinação dos Limites de Reconhecimento de Estresse

Segundo Villarejo et al. (VILLAREJO; ZAPIRAIN; ZORRILLA, 2012) podemos determinar se um usuário está em estresse a partir da sua EDA com a Equação 3.7. Para isso, foi monitorado a EDA do usuário relaxando por dois minutos consecutivos. O cenário utilizado foi o menu do Oculus Rift, que simula um ambiente calmo com uma música relaxante. A seguir, foi capturado a EDA por dois minutos durante uma situação de estresse. Para induzir estresse, o participante foi exposto a um vídeo de um motorista imprudente, que executa manobras arriscadas com sua moto em um trânsito intenso. O valor calculado é somado a média do sinal da EDA durante relaxamento, resultando no limite de reconhecimento de estresse. Qualquer valor que ultrapasse este limite é considerado que o usuário está em estresse.

Segundo Salai et al. (SALAI; KÓSA, 2016), é possível reconhecer estresse em um usuário a partir de uma variação de 5% no seu sinal do ECG. Com isso, foi definido o limite de reconhecimento de estresse para o sinal de ECG conforme a Equação 3.8.

$$Limite(\mu S) = \frac{me * 0.6 + mr * 0.4}{2} \quad (3.7)$$

Onde:

- Limite: Limite calculado
- me: Média do sinal da EDA durante estresse
- mr: Média do sinal da EDA durante relaxamento

$$Limite(batimentos/minuto) = p * 1.05 \quad (3.8)$$

Onde:

- Limite: Limite calculado
- p: Pico dos batimentos cardíacos por minuto do usuário durante relaxamento

### 3.3.5 Comunicação entre as Aplicações

A comunicação entre as aplicações ocorre em duas etapas (vide Figura 3.10). Quando verificada uma alteração nos sinais biométricos capturados pelo BITalino, a apli-

cação em C++ desenvolvida envia um sinal por meio de um falso keystroke para o jogo. Através da chamada `SendInput` do Windows, é passado um caracter especial, seguindo a tabela de Scan Codes para aplicações que utilizam DirectX, indicando ao Skyrim a modificação necessária da dificuldade do jogo.

O evento consegue ser capturado facilmente pelo jogo através do seu Script Extender (PATTERSON ABEL, 2017), utilizando a chamada `Input.IsKeyPressed`. Este método foi utilizado tendo em vista a impossibilidade de injetarmos código em uma linguagem usual na Engine do Skyrim e à impraticidade de se desenvolver uma API exclusiva para o BITalino na linguagem Papyrus.

Figura 3.10: Comunicação entre as aplicações envolvidas. A aplicação em C++ comunica-se com o BITalino e então envia sinais para o Script Extender do jogo. O Script Extender é sempre executado simultaneamente ao Skyrim.



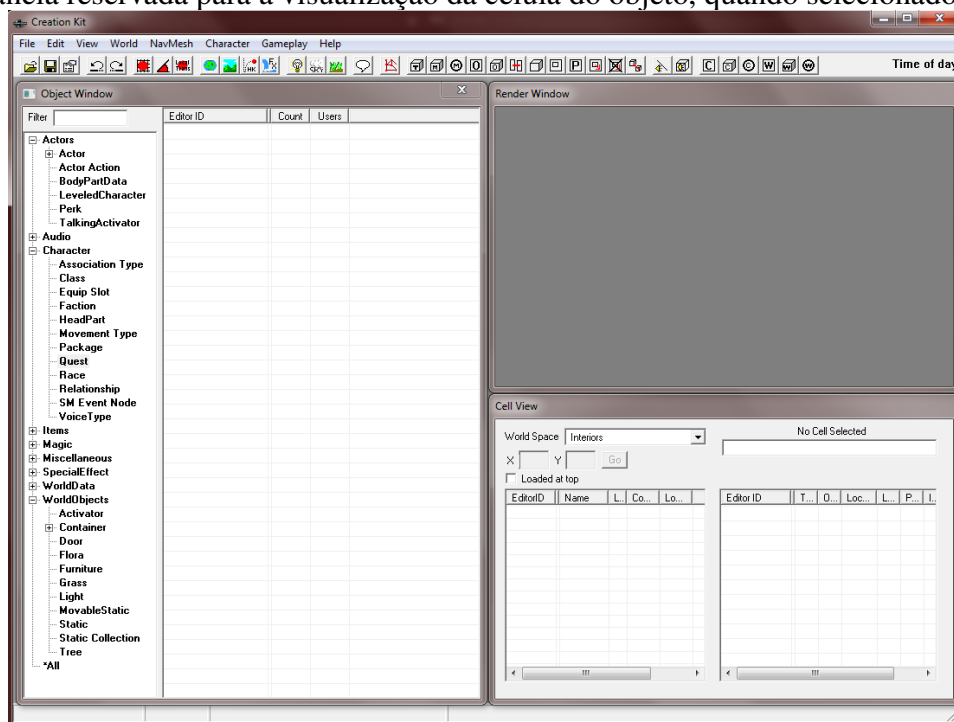
Fonte: Autor, [robosavvy.com](http://robosavvy.com), [store.steampowered.com](http://store.steampowered.com), [elderscrolls.wikia.com](http://elderscrolls.wikia.com), [pluralsight.com](http://pluralsight.com)

### 3.3.6 Modificação usando Creation Kit

Para executar um código no Skyrim, deve-se necessariamente utilizar o Creation Kit do jogo (Figura 3.11) e, para funções específicas, o Script Extender. Nessa linha, foi desenvolvido um script de forma a interpretar os sinais recebidos da aplicação em C++. Foi criado uma “Quest” (Figura 3.12), evento que constantemente é atualizado, de uma forma diferente ao que é apresentado no jogo padrão (descrito na Seção 3.1). A “Quest”

criada não possui recompensa, nem tarefas a serem cumpridas pelo jogador, ela apenas liga o jogador ao script desenvolvido. Este artifício garante que o script esteja sempre executando e tenha acesso à entidade jogador.

Figura 3.11: Interface do Creation Kit. À esquerda temos uma lista de objetos do jogo, no canto superior direito temos uma janela de renderização para que tenhamos noção da localização espacial dos objetos no mapa e, por último no canto inferior direito, temos uma janela reservada para a visualização da célula do objeto, quando selecionado.



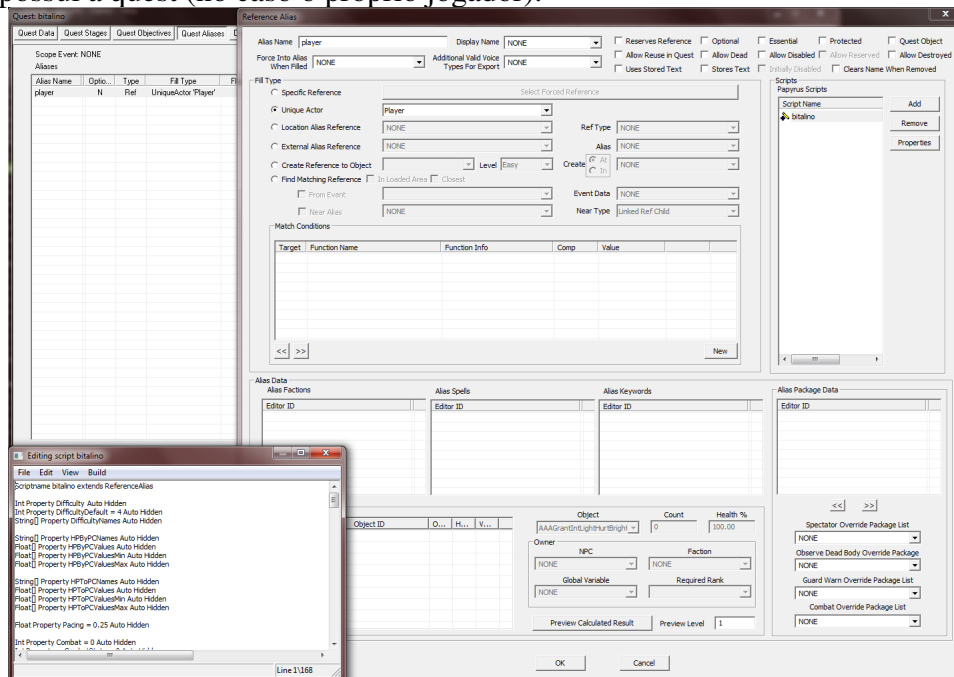
Fonte: Autor

O script introduz limites inferiores e superiores aos multiplicadores de dano do jogo (descritos na Seção 3.1), garantindo assim que dentro da dificuldade existam subníveis. Por exemplo, nos experimentos foi utilizado a dificuldade “Expert” (nível 4), sendo que seus multiplicadores de dano padrão são 0.75 e 1.5, o que significa que o dano causado pelo jogador e aliados é multiplicado por 0.75 e o dano causado por inimigos é multiplicado por 1.5. Neste exemplo, o intervalo criado para o primeiro multiplicador foi de [0.25-1.5] e do segundo [0.75-2.0].

Quando queremos deixar o jogo mais difícil, é somado 0.25 ao multiplicador de dano dos inimigos e reduzido em 0.25 o multiplicador de dano do jogador e aliados. Em contrapartida, quando queremos deixar o jogo mais fácil, é subtraído 0.25 do multiplicador de dano dos inimigos e somado 0.25 ao multiplicador de dano do jogador e aliados. Levando em conta o intervalo dos multiplicadores e o passo de 0.25 utilizado, temos 6 sub-níveis de dificuldade para adaptar a jogabilidade.

Inicialmente, o script desenvolvido adquire o nível de dificuldade do jogo, os multiplicadores de dano e seus limites da dificuldade selecionada, cria os logs de saída e aguarda sinais vindo da outra aplicação. No fim de cada combate, caso o script não tenha recebido nenhum evento da outra aplicação, são aumentados os multiplicadores de dano, conforme explicado no parágrafo anterior. Caso o script tenha recebido um evento, os multiplicadores de dano são diminuídos e o próximo combate do jogador é apenas observado, isto é, o script não irá dificultar o jogo caso ele não receba um evento. Esta abordagem tenta encontrar o sub-nível ideal de dificuldade para o jogador, alternando os multiplicadores de dano conforme a sua reação em tempo real.

Figura 3.12: Interface de criação de “Quests” no Creation Kit. No canto inferior esquerdo temos o script anexado a quest, na janela do centro para a direita temos a especificação de quem possui a quest (no caso o próprio jogador).



Fonte: Autor



## 4 EXPERIMENTO

Para o experimento foi escolhida a fase inicial do jogo, onde o jogador é introduzido ao funcionamento do Skyrim, explicando os botões, a mecânica de combate e o uso de itens. Além de informar o básico ao usuário, a fase apresenta o nível de dificuldade ideal para efeito de teste.

Na primeira sala o jogador tem que interagir com itens para abrir a porta de saída, garantindo o aprendizado do uso do menu e de como equipar e usar itens. A seguir, o jogador é confrontado com dois inimigos fracos, garantindo o entendimento das mecânicas de combate. Depois disso, dois inimigos fortes e assim, progressivamente, é apresentado novos adversários, mais numerosos e mais fortes que os anteriores, justificando a escolha da fase para efeito de teste.

### 4.1 Ambiente

Para o ambiente de teste foi utilizado o Oculus Rift MK2 (Figura 4.1), juntamente com um controle Xbox para Windows (Figura 4.2), através do qual toda a interação com a aplicação foi feita. O BITalino foi conectado ao braço do participante (vide Figura 4.3), de forma a minimizar o incômodo causado pelo dispositivo e para que a movimentação do participante não fosse limitada pelo comprimento dos seus fios. O experimento foi realizado em um laboratório para testes da UFRGS, contando com o equipamento fornecido pelo Instituto de Informática da instituição.

Figura 4.1: Oculus Rift MK2.



Fonte: nat-games.de

Figura 4.2: Controle de Xbox para Windows.



Fonte: waz.com.br

Figura 4.3: Vista frontal do setup utilizado. Usuário sentado com o BITalino e seus sensores conectados ao seu corpo, assim como o Oculus Rift no seu rosto.



Fonte: Autor

## 4.2 Sensores BITalino

Em relação a posição dos sensores de captura do BITalino, foram utilizadas as posições indicadas pelo site oficial do dispositivo. Conforme a Figura 4.4, os três sensores de ECG são colocados na parte superior esquerda do tórax do usuário, sendo o sensor “I” o fio terra, “J” o fio preto e “K” o fio vermelho do dispositivo. Conforme indicado na Seção 3.2, a porta dois do arduino é reservada ao sinal do ECG.

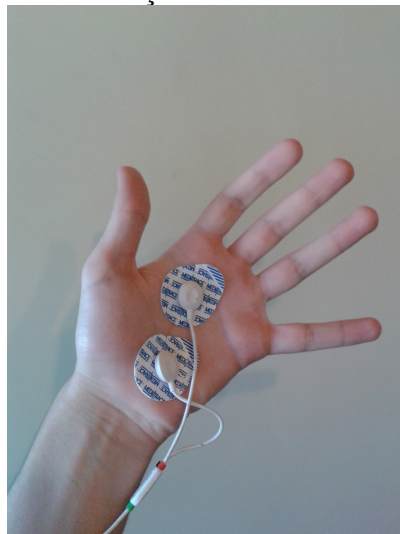
Figura 4.4: Posição dos sensores de ECG.



Fonte: bitalino.com

Para o sinal da EDA, como pode ser observado na Figura 4.5, dois sensores são necessários, sendo eles fixados na palma da mão do usuário. O sensor da parte superior da mão corresponde ao fio preto e o sensor da parte inferior ao fio vermelho do canal. Conforme indicado na Seção 3.2, a porta três do arduino é reservada ao sinal da EDA.

Figura 4.5: Posição dos sensores de EDA.

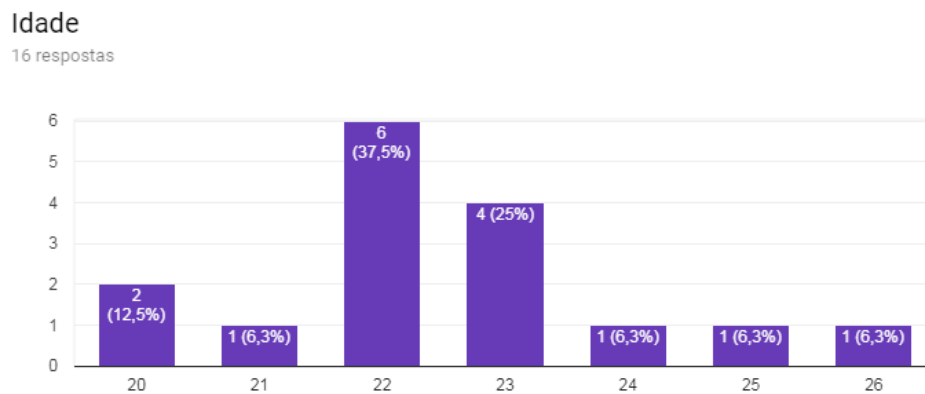


Fonte: Autor

### 4.3 Perfil dos Usuários

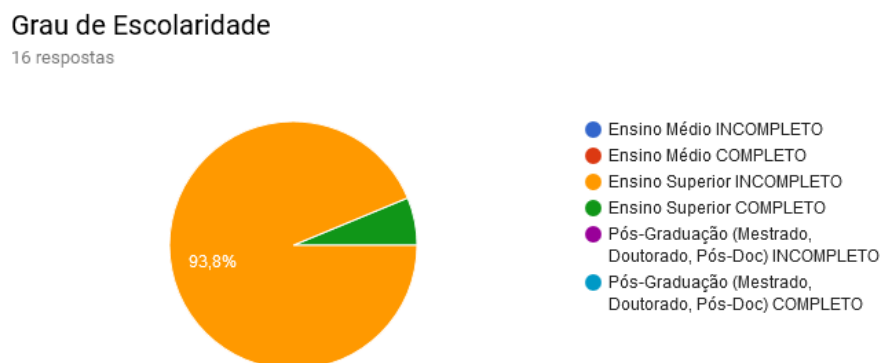
Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e preencheram um formulário (vide Apêndice A) de caracterização antes do experimento. Ao todo, participaram 17 voluntários, sendo que um dos participantes optou por interromper o experimento devido a náusea, acarretando no descarte dos dados coletados durante o experimento. Dos 16 participantes que completaram os testes, eram 14 homens e 2 mulheres, com faixa etária de 20 a 26 anos. Dos 16 participantes, apenas um havia utilizado um dispositivo similar ao BITalino anteriormente. As Figuras 4.6 a 4.14 apresentam características gerais dos voluntários que contribuíram para o experimento.

Figura 4.6: Faixa etária dos voluntários.



Fonte: Autor

Figura 4.7: Grau de escolaridade dos voluntários.

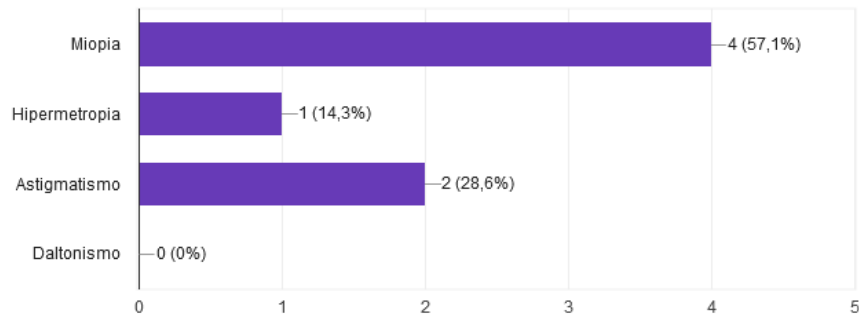


Fonte: Autor

Figura 4.8: Problemas de visão relatados pelos voluntários.

Você possui algum dos seguintes problemas de visão?

7 respostas

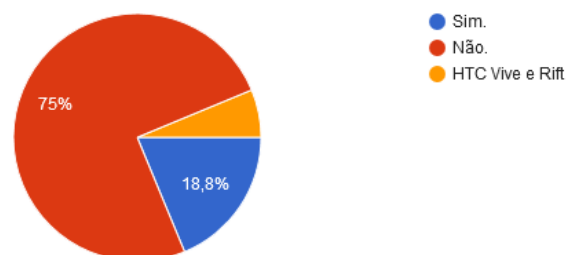


Fonte: Autor

Figura 4.9: Experiência prévia dos voluntários com dispositivos VR.

Você já utilizou o Oculus Rift? Caso não tenha, mas tenha utilizado outro dispositivo VR indique ele na opção "Outros".

16 respostas

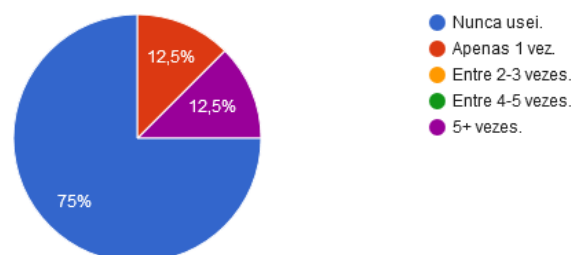


Fonte: Autor

Figura 4.10: Familiarização dos voluntários com dispositivos VR.

Quantas vezes você já utilizou esse dispositivo (sendo ele o Rift ou outro)?

16 respostas

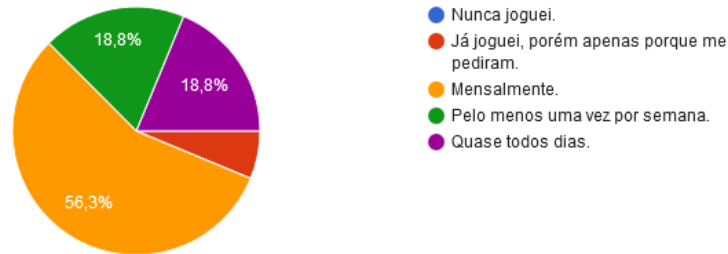


Fonte: Autor

Figura 4.11: Frequência que cada voluntário joga vídeo game.

Com que frequência você joga video game?

16 respostas



Fonte: Autor

Figura 4.12: Experiência prévia dos voluntários com jogos do gênero RPG.

Em relação a jogos do gênero RPG, como você julgaria a sua experiência?

16 respostas

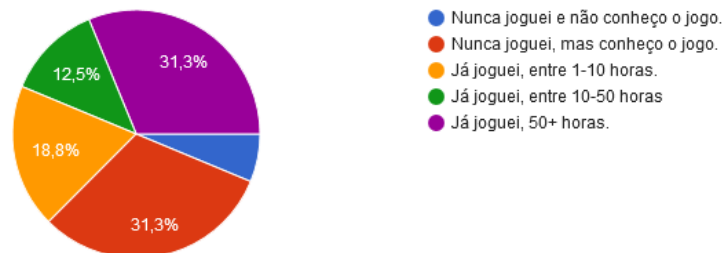


Fonte: Autor

Figura 4.13: Experiência prévia dos voluntários com o Skyrim.

Você já jogou Skyrim?

16 respostas

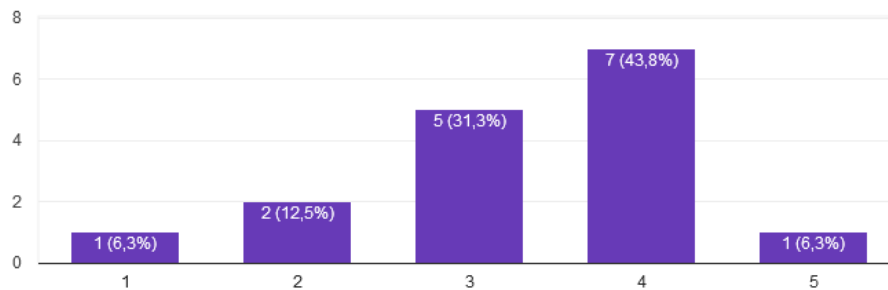


Fonte: Autor

Figura 4.14: Habilidade dos voluntários com o controle de Xbox.

Qual o grau de habilidade que você tem com o controle de Xbox?

16 respostas



Fonte: Autor

#### 4.4 Protocolo Utilizado

O teste aplicado seguiu os seguintes passos:

- Etapa de calibração: Monitorou-se durante 2 minutos os dados de batimentos cardíacos e resposta galvânica do usuário em repouso. Posteriormente, monitorou-se durante 2 minutos os mesmos dados, porém em uma situação de estresse induzida conforme descrito na Subseção 3.3.4. Por último, foram calculados os limites, tanto para o sinal do ECG quanto para o da EDA, que caracterizam se o jogador está em estresse ou não;
- Formulário Pré-Teste: Busca caracterizar o jogador, obtendo dados como: sexo, idade, experiência prévia com jogo, com o Oculus Rift, conforme descrito no Apêndice A;
- Etapa 1: Primeira sessão de jogo;
- Formulário Pós-Etapa: Busca saber opiniões do experimento e ocorrência de alterações emocionais, conforme descrito no Apêndice B;
- Etapa 2: Segunda sessão de jogo;
- Formulário Pós-Etapa: Busca saber opiniões do experimento e ocorrência de alterações emocionais, conforme descrito no Apêndice B;
- Formulário Pós-Teste: Busca comparar as duas etapas, conforme descrito no Apêndice C.

Para aplicar o teste da forma mais neutra possível, foi alternado a ordem das Etapas 1 e 2. Metade da população jogou primeiro Skyrim e depois o Skyrim modificado e a outra

metade jogou o Skyrim modificado e depois o Skyrim normal.

## **4.5 Variáveis Dependentes**

Para efeito de análise de resultados foram gerados logs, tanto na aplicação que recebe e monitora as medidas biométricas capturadas pelo BITalino, quanto no próprio Skyrim. Junto a cada informação armazenada, é capturado o horário do registro, garantindo assim uma noção de sincronismo para a análise posterior destes dados.

### **4.5.1 Aplicação BITalino**

A aplicação que se comunica com o BITalino salva:

- Dados de calibração: Ponto limite para o sinal do ECG, para o sinal da EDA, momento em que a aplicação começou;
- ECG: Todos sinais de ECG capturados;
- Heart Beat: Resultado da análise dos sinais de ECG, evidenciando os pontos onde foi verificado um batimento;
- Heart Rate: Média dos batimentos por minuto do usuário de 5 em 5 segundos;
- EDA: Todos sinais de EDA capturados;
- Transições: Todos sinais de transição de dificuldade enviados para o jogo, assim como o momento em que aconteceram.

### **4.5.2 Modificação do Skyrim**

O script desenvolvido salva:

- Combate: Momentos em que o jogador entrou e saiu de combate ao longo da fase. O modo de combate é caracterizado quando algum personagem está procurando ou batalhando com o jogador;
- Itens consumidos: Quando, quanto e quais itens foram consumidos ao longo da fase;
- Mortes: Momentos em que o jogador foi derrotado;



- Transições de Dificuldade: Valores modificados na dificuldade do jogo conforme recebido pela aplicação do BITalino, assim como quando essas modificações ocorreram.

#### 4.5.3 Formulários Aplicados

Os formulários aplicados nos experimentos fornecem as seguintes variáveis, partindo da premissa que os usuários responderam corretamente as perguntas:

- Escore Sala 1: Escore de dificuldade dado pelo participante para a sala 1 da fase (Apêndice B);
- Escore Sala 2: Escore de dificuldade dado pelo participante para a sala 2 da fase (Apêndice B);
- Escore Sala 3: Escore de dificuldade dado pelo participante para a sala 3 da fase (Apêndice B);
- Escore Sala 4: Escore de dificuldade dado pelo participante para a sala 4 da fase (Apêndice B);
- Escore Sala 5: Escore de dificuldade dado pelo participante para a sala 5 da fase (Apêndice B);
- Reconhecimento de Mudança: Informação indicada pelo participante caso ele tenha reconhecido uma diferença na dificuldade da fase (Apêndice C);

#### 4.6 Hipóteses

Foram formuladas seis hipóteses com o intuito de verificar a usabilidade dos batimentos cardíacos e da atividade eletrodérmica de um jogador como critério de adaptação de dificuldade do Skyrim. Para que possamos aprovar ou refutar uma hipótese devemos seguir certos critérios. Cada hipótese tem critérios de avaliação diferentes. Caso prove-mos tais hipóteses, por extensão estamos provando que as medidas biométricas testadas realmente podem ser usadas como critério de adaptação de aplicações com caráter similar.

**H1:** A variação dos batimentos cardíacos pode ser usada na adaptação de dificuldade do Skyrim.

Compara-se o escore dado pelo participante no questionário pós-etapa para cada

sala com o seu ECG. Caso ele tenha ranqueado uma sala como difícil (escore maior que três), o algoritmo desenvolvido tem que reconhecer uma alteração no seu ECG naquele momento. Caso isso ocorra, podemos aceitar a hipótese.

**H2:** A resposta galvânica do usuário pode ser usada na adaptação de dificuldade do Skyrim.

Compara-se o escore dado pelo participante no questionário pós-etapa para cada sala com a sua EDA. Caso ele tenha ranqueado uma sala como difícil (escore maior que três), o algoritmo desenvolvido tem que reconhecer uma alteração na sua EDA naquele momento. Caso isso, ocorra podemos aceitar a hipótese.

**H3:** Quanto mais inimigos na tela, maior é o estresse do jogador.

O número de inimigos da fase vai aumentando progressivamente. Baseado nisso, o sinal do ECG e da EDA do participante tem que aumentar conforme ele progride pela fase. Isto é verificado através da equação da reta que melhor descreve cada sinal. Caso seja positiva, a hipótese está correta.

**H4:** O sensor de ECG permite o reconhecimento de situações de estresse mais facilmente que o de EDA.

Compara-se o desempenho de cada sinal utilizado na adaptação da dificuldade do Skyrim, conforme o método de avaliação da H1 e H2. Caso o sinal do ECG apresente um desempenho significativamente melhor que o da EDA, a hipótese é aceita.

**H5:** O usuário é capaz de perceber a adaptação aplicada na dificuldade do jogo.

Analisa-se a resposta dada pelo participante para a pergunta “Você percebeu alguma diferença de dificuldade entre a Etapa 1 e a 2?” no questionário Pós-Testes (Apêndice C).

**H6:** Alterações nos sinais de ECG e EDA serão percebidas durante o modo de combate. As transições de dificuldades reconhecidas pelo algoritmo e enviadas para o jogo podem ocorrer durante o modo de combate ou fora do modo de combate. Para que aceitemos esta hipótese, as transições devem ocorrer durante o modo de combate.

## 5 RESULTADOS

Os resultados foram analisados utilizando um nível de significância de  $\alpha = 0.05$ . Os participantes 1 a 8 jogaram o jogo com modificações na primeira etapa, já os de 9 a 16 jogaram o jogo com modificações apenas na segunda etapa.

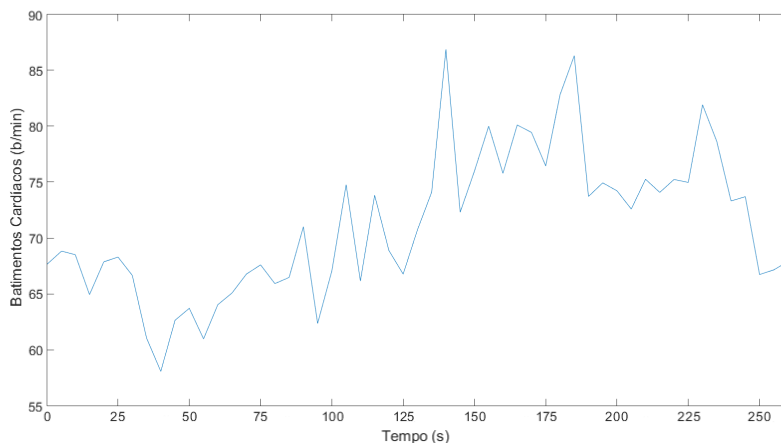
### 5.1 Etapa de Calibração

Para efeito de verificação do impacto da situação emocional nos sinais do ECG e da EDA dos voluntários, foram gerados dois gráficos da etapa de calibração.

O gráfico da Figura 5.1 representa os batimentos por minuto do participante 1 ao longo da etapa de calibração. Na metade esquerda do gráfico, o participante estava em relaxamento, já na metade direita foi induzida uma situação de estresse. Podemos verificar que os batimentos cardíacos do participante aumentaram quando ele foi exposto a situação de estresse.

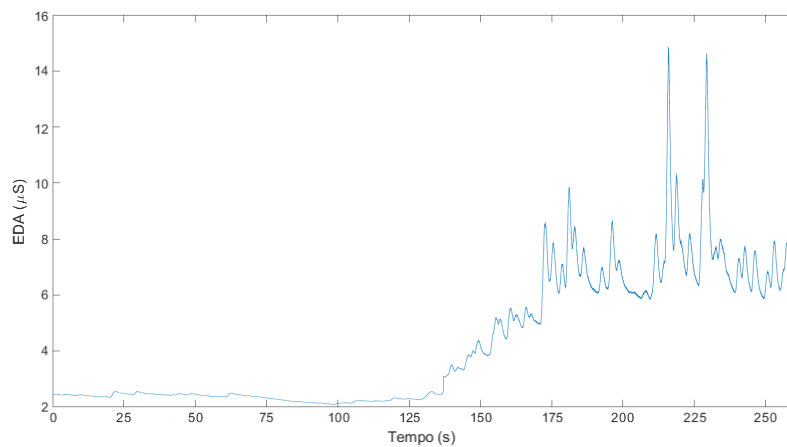
O gráfico da Figura 5.2 representa a atividade eletrodérmica do participante 1 ao longo da etapa de calibração. Na metade esquerda do gráfico, o participante estava em relaxamento, já na metade direita foi induzida uma situação de estresse. Podemos facilmente notar uma diferença no sinal quando o participante está sentindo estresse, quando comparado a sensação de relaxamento.

Figura 5.1: Batimentos por minuto do participante 1 ao longo da etapa de calibração. Na metade esquerda do gráfico, o participante estava em relaxamento, já na metade direita foi induzida uma situação de estresse.



Fonte: Autor

Figura 5.2: Atividade eletrodérmica do participante 1 ao longo da etapa de calibração. Na metade esquerda do gráfico, o participante estava em relaxamento, já na metade direita foi induzida uma situação de estresse.



Fonte: Autor

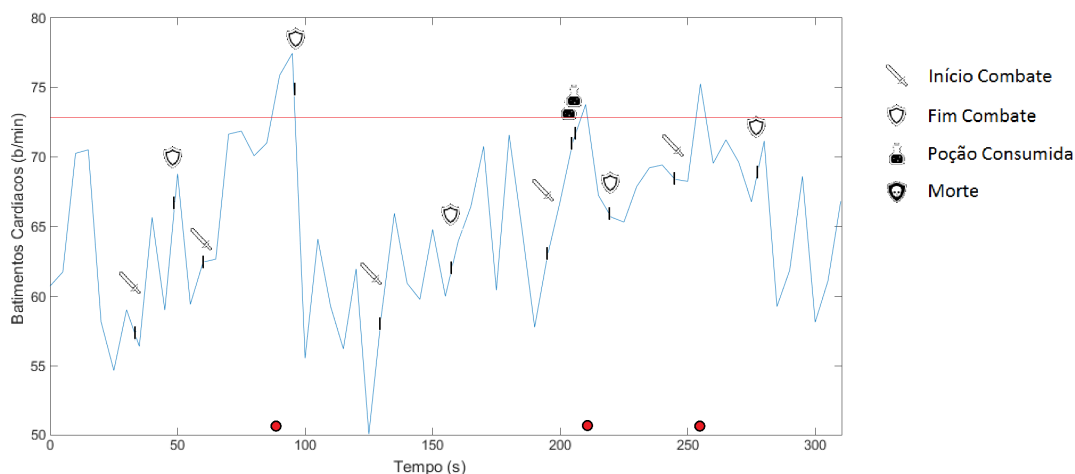
## 5.2 Exemplo dos Sinal do ECG e da EDA Capturados

Esta seção procura exemplificar as informações capturadas ao longo do experimento. Para isso, foi selecionado o participante 5 e gerado os seus gráficos de ECG e EDA.

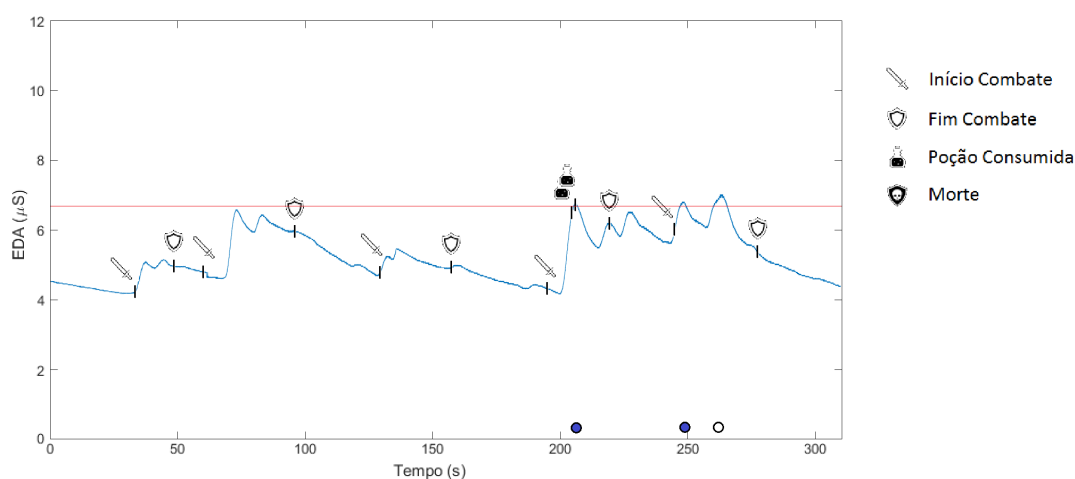
A Figura 5.4(a) representa o sinal do ECG do participante 5 enquanto jogava Skyrim com as modificações realizadas. Podemos verificar que o algoritmo reconheceu, corretamente, em 3 momentos, que a dificuldade do jogo deveria ser reduzida. Além disso, podemos notar os reflexos dos batimentos cardíacos do voluntário conforme ele se envolve em batalhas. Durante lutas, os batimentos do participante aumentaram, conforme esperado.

A Figura 5.4(b) representa o sinal do EDA do participante 5 enquanto jogava Skyrim com as modificações realizadas. Podemos verificar que o algoritmo reconheceu somente 2 momentos em que a dificuldade do jogo deveria ser reduzida. Aproximadamente aos 80 segundos de experimento, percebeu-se uma alteração emocional do participante através do seu ECG. No entanto, o limite utilizado para o sinal da EDA do participante não conseguiu capturar o mesmo evento. Assim como o sinal do ECG, o sinal da EDA apresenta uma variação enquanto o jogador está lutando.

Figura 5.3: Eletrocardiograma (a) e Atividade Eletrodérmica (b) do participante 5 enquanto joga Skyrim com modificações. As linhas vermelhas indicam os valores limites que caracterizam se o jogador está em estresse ou não. As espadas indicam quando o jogador entrou em combate, os escudos quando ele saiu de combate, no caso como o jogador não morreu durante a fase todo escudo indica o término de uma batalha vencida. As poções indicam que o jogador consumiu uma poção naquele momento, no caso foi consumido duas poções de vida. Os círculos vermelhos (a) e azuis (b) acima do eixo X indicam momentos em que o algoritmo reconheceu que a dificuldade do jogo deveria ser reduzida. O círculo branco (b) acima do eixo X indica um momento em que o algoritmo reconheceu que a dificuldade do jogo deveria ser reduzida, porém como ele já havia enviado um sinal para o jogo nos últimos 30 segundos o evento foi anulado.



(a)



(b)

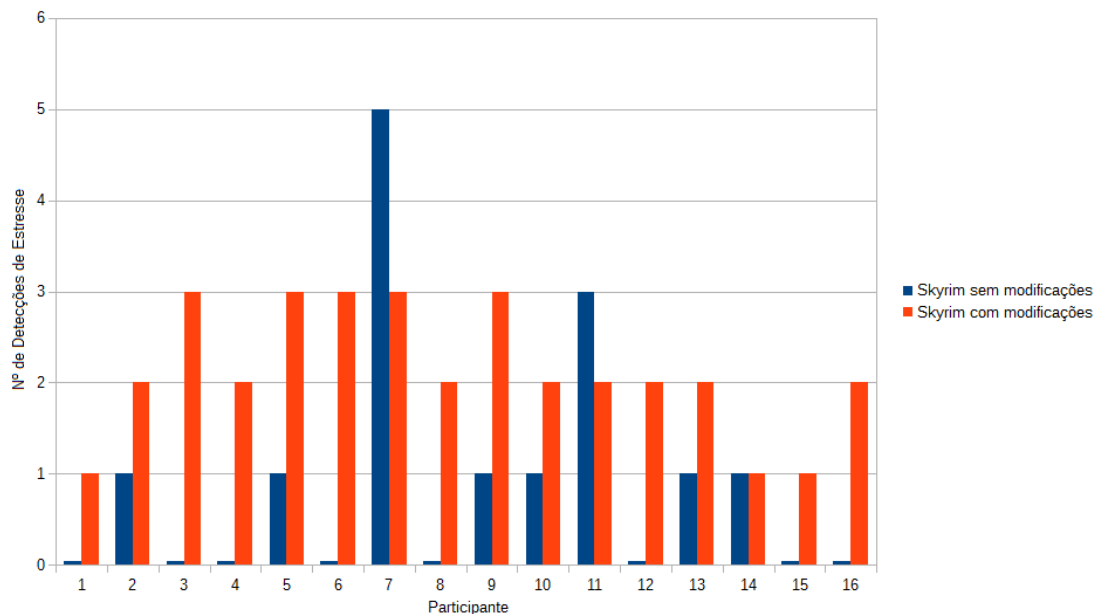
Fonte: Autor

### 5.3 Comparação entre Versões

Conforme descrito na Seção 4.4, cada participante jogou a versão sem modificação e com modificação do Skyrim. A Figura 5.4 demonstra uma comparação do número de detecções de estresse para cada participante em cada versão do jogo. Dentro do contexto do Skyrim, foi criada a premissa de que quanto maior o número de detecções melhor, visto que isto indica que o algoritmo está próximo de encontrar a dificuldade ideal para o participante. Como podemos observar, na maioria dos casos o número de detecções foi maior na versão com modificações, isto ocorreu porque a versão sem modificações estava muito fácil para a maior parte da população de voluntários.

Podemos notar dois outliers, o usuário 7 e 11. Para o participante 7 (de acordo com o questionário pós-etapa) o jogo sem modificações estava muito difícil, levando a detecção de diversas situações de estresse durante a fase. Já no modo com modificações, a dificuldade foi sendo diminuída até atingir o nível adequado para este usuário. Para o participante 11, a dificuldade do jogo sem modificações já estava próxima à ideal, justificando o número de detecções similar entre as versões.

Figura 5.4: Comparação do número de detecções de estresse para cada participante em cada versão do jogo. Cada valor do eixo X representa um participante. As barras azuis indicam o número de detecções de estresse reconhecidas no Skyrim sem modificações. As barras vermelhas indicam o número de detecções de estresse reconhecidas no Skyrim com modificações.



Fonte: Autor

#### **5.4 Desempenho do Algoritmo Desenvolvido Usando o Sinal do ECG**

Os dados coletados foram inseridos em uma tabela (Tabela 5.1) de forma a detalhar sala a sala quando o algoritmo desenvolvido modificou o nível de dificuldade do jogo corretamente ou erroneamente, utilizando o sinal do ECG do participante. Como podemos observar, o algoritmo apresentou um desempenho geral de 91.25%. Temos fortes indícios de que a hipótese H1 esteja correta, ou seja, que o sinal do ECG de um voluntário pode ser usado como critério de adaptação de dificuldade do Skyrim.

#### **5.5 Desempenho do Algoritmo Desenvolvido Usando o Sinal da EDA**

Os dados coletados foram inseridos em uma tabela (Tabela 5.1) de forma a detalhar sala a sala quando o algoritmo desenvolvido modificou o nível de dificuldade do jogo corretamente ou erroneamente, utilizando o sinal da EDA do participante. Como podemos observar foi obtido um desempenho de 80%, dando indícios que o uso do sinal da EDA de usuários como critério de adaptação de dificuldade do Skyrim é razoável.

O desempenho do sinal da EDA dos participantes que jogaram Skyrim com modificações após terem jogado Skyrim sem modificações foi notavelmente pior. Imagina-se que isto ocorreu devido a alta temperatura da sala de teste utilizada. Dos 16 voluntários, 15 apontaram um aumento de nível de suor no fim do experimento. Provavelmente, o método de geração dos limites de reconhecimento de estresse utilizados não estão adequados a esta situação.

#### **5.6 Relação dos Sinais com o Número de Inimigos**

Não foi encontrada uma correlação do números de inimigos com o sinal capturado pelo ECG e pela EDA dos participantes. O que influenciou nos sinais analisados foi a dificuldade do jogo. Quanto mais difícil, maior foi a variação observada no sinal do ECG e da EDA do voluntário. Tendo isso em mente, participantes que terminaram a fase em uma dificuldade mais baixa, devido a medidas de adaptação tomadas durante a fase, apresentaram um declínio na média dos pontos dos seus gráficos de ECG e EDA. Já participantes que terminaram a fase em uma dificuldade mais alta apresentaram um aumento na média dos pontos. Portanto a hipótese H3 foi refutada.

Tabela 5.1: Desempenho do algoritmo envolvendo o sinal do ECG e da EDA separadamente. Onde: “A” representa que o algoritmo reconheceu uma diferença no sinal do participante, mas o participante não respondeu que a sala estava difícil; “P” representa que o participante respondeu que a sala estava difícil, mas o algoritmo não reconheceu uma diferença no sinal; “S” representa que o algoritmo reconheceu corretamente se o voluntário achou a sala difícil ou não. Os participantes 1 a 8 jogaram o jogo com modificações na primeira etapa, já os de 9 a 16 jogaram o jogo com modificações apenas na segunda etapa.

Participante	Sala 1		Sala 2		Sala 3		Sala 4		Sala 5		Desempenho (%)	
	ECG	EDA	ECG	EDA	ECG	EDA	ECG	EDA	ECG	EDA	ECG	EDA
1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100.00	100.00
2	S	S	P	S	S	S	S	P	S	S	80.00	80.00
3	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100.00	100.00
4	S	S	S	S	A	S	S	S	A	S	60.00	100.00
5	S	S	S	P	S	S	S	S	S	S	100.00	80.00
6	S	S	S	S	S	A	A	A	S	A	80.00	40.00
7	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100.00	100.00
8	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100.00	100.00
9	S	S	S	P	S	S	S	S	S	A	100.00	60.00
10	S	A	A	A	S	S	S	S	S	S	80.00	60.00
11	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100.00	100.00
12	S	S	S	S	S	S	S	P	S	S	100.00	80.00
13	S	S	S	P	S	S	S	S	S	P	100.00	60.00
14	S	S	S	S	S	S	P	P	S	S	80.00	80.00
15	S	S	S	A	S	S	S	S	P	P	80.00	60.00
16	S	S	S	S	S	S	S	A	S	S	100.00	80.00
Média (%)	100.00	93.75	87.50	68.75	93.75	93.75	87.50	68.75	87.50	75.00	91.25	80.00

Fonte: Autor

## 5.7 Comparação de Desempenho

A partir dos dados da Tabela 5.1 foi aplicado o Wilcoxon Signed Ranks Test, de forma a comparar o desempenho dos dois sinais. Os resultados apontaram que o sensor de ECG apresentou um desempenho significativamente melhor que o sensor de EDA na adaptação da dificuldade do jogo,  $Z=-2.0447$ ,  $p=0.04136$  ( $p \leq 0.05$ ). Portanto, a hipótese  $H_4$  foi aprovada.

Além disso, foi observado que, quando um usuário sente estresse, o sinal do seu ECG evidencia esta alteração muito mais rapidamente que o seu sinal da EDA. A EDA do participante, na maior parte dos casos, demorou alguns segundos para expressar uma mudança, o que não é ideal.

O desempenho geral do algoritmo desenvolvido usando ambos os sinais foi de 85.00%. Este resultado é maior que o da EDA (80.00%) e menor que o do ECG (91.25%), indicando que seria melhor o uso apenas sinal do ECG dos voluntários, ao invés de ambos.

Quando um dos sinais acusa uma alteração nas medidas biométricas do participante, o algoritmo como um todo erra. Por outro lado, quando um dos sinais não percebe uma alteração, que de fato ocorreu, e o outro percebe, o uso de ambos se justifica. O segundo caso ocorreu, porém em menor escala que o primeiro.

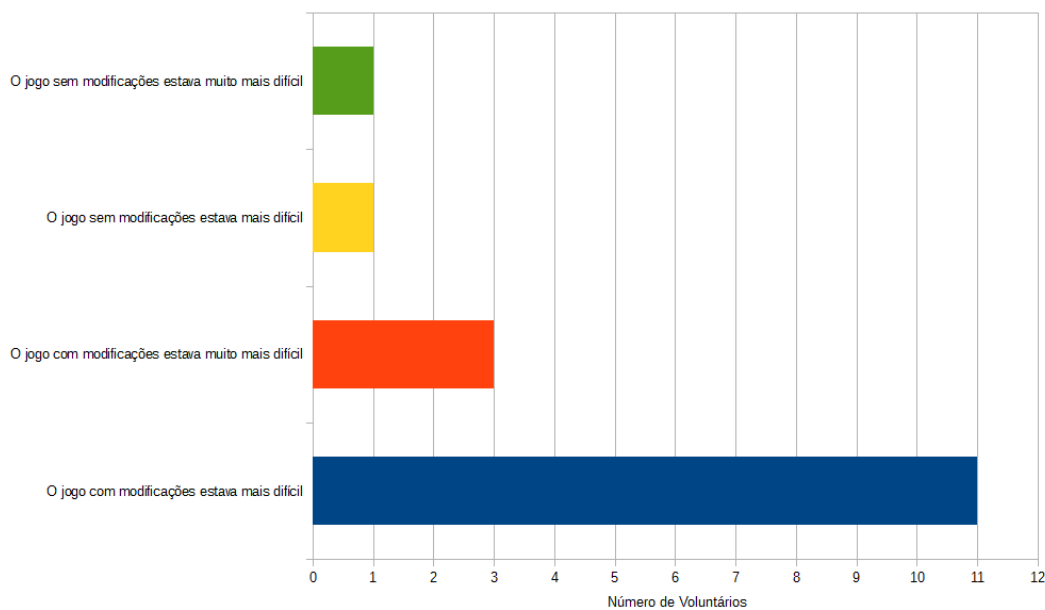


Na maioria dos casos, o sinal da EDA prejudicou o desempenho geral devido a detecção de falsos positivos, isto é, foi detectado uma alteração na EDA do participante que não correspondeu ao escore de dificuldade dado por ele para a sala.

### 5.8 Reconhecimento da Diferença de Dificuldade

Todos participantes responderam que notaram uma diferença na dificuldade do jogo, portanto a hipótese H5 foi aprovada. A Figura 5.5 detalha esta diferença notada pela população. Para 14 dos 16 usuários, a média da dificuldade durante a fase, ao jogar o Skyrim com modificações, foi maior que no sem modificações. Com isso, podemos concluir que as diferenças apontadas estão corretas.

Figura 5.5: Análise dada pelos 16 voluntários acerca da diferença de dificuldade dada para cada versão jogada.



Fonte: Autor

### 5.9 Transições de Dificuldade

Ao longo dos 16 testes realizados foram verificadas 84 transições de dificuldade. Apenas 4 dessas transições ocorreram fora do modo de combate, portanto a hipótese H6 foi aprovada (95.24% das transições ocorreram durante o modo de combate).

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O estudo realizado apontou um potencial do uso dos sinais do ECG e da EDA de um participante como critério de adaptação de dificuldade de uma aplicação em tempo real. Além disso, foi provada a viabilidade da integração das medidas capturadas por um sensor como critério de decisão em um jogo de grande porte como o Skyrim.

Aplicações VR open source ainda são um nicho pequeno no mercado de jogos digitais, apesar do investimento na área. O entendimento do funcionamento do Skyrim e as modificações realizadas para que fosse possível adaptar-se a dificuldade do jogo foi um grande desafio.

O algoritmo desenvolvido identificou corretamente situações de estresse em 91.25% das vezes através do ECG dos usuários. Já para o sinal da EDA, o algoritmo apresentou um desempenho de 80.00%. O sinal do ECG apresentou um desempenho significativamente melhor que o da EDA dos participantes.

Não foi encontrada uma relação do número de inimigos combatendo o jogador com o sinal capturado pelo sensor. No entanto, a dificuldade do jogo influenciou o sinal do ECG e da EDA. Quanto maior a dificuldade do jogo, maior foi a variação observada nas medidas biométricas do usuário.

Alterações no sinal do ECG e EDA de participantes, na maioria das vezes expressou-se durante o modo de combate. Durante o combate o usuário passa pelo momento mais estressante do jogo, justificando assim esta relação.

Alguns participantes relataram desconforto com o equipamento utilizado. Comentários relacionam este desconforto ao comprimento dos cabos de conexão do BITalino, a restrição dos movimentos causada pelo equipamento e ao peso do Oculus Rift. Além disso, a partir dos formulários de pós-etape e pós-testes, foi possível identificar que alguns voluntários manifestaram sintomas de cybersickness. Cybersickness ainda é um obstáculo no crescimento da tecnologia de Realidade Virtual. Mesmo pessoas habituadas com o uso deste tipo de equipamento estão suscetíveis a este problema. Quando manifestado, este sintoma pode levar a um efeito colateral que prejudica a imersão do usuário.

Nossa intenção para o futuro é encontrar o método ideal para a identificação do estresse a partir dos batimentos cardíacos e da atividade eletrodérmica de um usuário. Deve-se testar outros limites de reconhecimento de estresse, buscando melhorar ainda mais o desempenho apresentado. Ademais, deve-se explorar a possibilidade de uso das outras medidas biométricas que podem ser capturadas pelo BITalino e outros sensores,

como o Eletroencefalograma.

## REFERÊNCIAS

- BENYON, D.; TURNER, P.; TURNER, S. **Designing interactive systems: People, activities, contexts, technologies**. [S.l.: s.n.], 2005.
- BRANCO, S. M. **Jogos eletrônicos na prática: livro de tutoriais do SBGames 2012 - 2. ed. rev. e ampl.** Editora Feevale, 2012. ISBN 9788577171590. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=CrWE1u6rAS8C>>.
- BROWN, E.; CAIRNS, P. A grounded investigation of game immersion. In: **CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. New York, NY, USA: ACM, 2004. (CHI EA '04), p. 1297–1300. ISBN 1-58113-703-6. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/985921.986048>>.
- CHEN, H.; CHEN, S.-W. **A Moving Average based Filtering System with its Application to Real-time QRS Detection**. 2003. 585 - 588 p.
- HOCINE, N. et al. Motivation based difficulty adaptation for therapeutic games. In: **2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2011, Braga, Portugal, November 16-18, 2011**. [s.n.], 2011. p. 1–8. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/SeGAH.2011.6165459>>.
- IVARSSON, M. **Psycho-physiological reactions to violent video gaming : Experimental studies of heart rate variability, cortisol, sleep and emotional reactions in teenage boys**. 84 p. Tese (Doutorado) — Stockholm University, Department of Psychology, 2014.
- JENNETT, C. et al. Measuring and defining the experience of immersion in games. **Int. J. Hum.-Comput. Stud.**, Academic Press, Inc., Duluth, MN, USA, v. 66, n. 9, p. 641–661, set. 2008. ISSN 1071-5819. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>>.
- LAVALLE, S. M. **Virtual reality**. Champaign, IL, USA: [s.n.], 2016.
- LI, Y.-N. et al. Adaptive difficulty scales for parkour games. **J. Vis. Lang. Comput.**, v. 25, n. 6, p. 868–878, 2014. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/vlc/vlc25.html#LiYLZ14>>.
- OSTERTAG, R. **Driver VorpX**. 2017. Disponível em: <<https://www.vorpx.com/>>.
- PATTERSON ABEL, C. B. **Skyrim Script Extender (SKSE)**. 2017. Disponível em: <<http://skse.silverlock.org/>>.
- RIJNBEEK, P.; KORS, J.; WITSENBURG, M. Minimum bandwidth requirements for recording of pediatric electrocardiograms. Nov 2000.
- SALAI, I. V. M.; KÓSA, I. Stress detection using low cost heart rate sensors. **Journal of Healthcare Engineering**, v. 2016, p. 13, 2016.
- SILVA, F. **API C++ Bitalino**. 2016. Disponível em: <<http://bitalino.com/en/development/apis>>.

TREWIN, S. et al. Biometric authentication on a mobile device: A study of user effort, error and task disruption. In: **Proceedings of the 28th Annual Computer Security Applications Conference**. New York, NY, USA: ACM, 2012. (ACSAC '12), p. 159–168. ISBN 978-1-4503-1312-4. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2420950.2420976>>.

VILLAREJO, M. V.; ZAPIRAIN, B. n. G.; ZORRILLA, A. M. A Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) Controlled by ZigBee. **Sensors**, v. 12, n. 5, p. 6075–6101, maio 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/s120506075>>.

**APÊNDICE A — FORMULÁRIO DE PARTICIPAÇÃO**

## Formulário de Participação

Este experimento tem como objetivo avaliar o uso de medidas biométricas em uma aplicação de tempo real com o uso de dispositivo VR. Por favor, leia atentamente este documento e esclareça todas as suas dúvidas antes de concordar em participar.

### Procedimentos:

Inicialmente sensores para medição da frequência cardíaca e resposta galvânica são anexados ao peito e as palmas das mãos do participante. A seguir, coloca-se o óculos de Realidade Virtual para uma calibração prévia ao teste.

Inicialmente é pedido que os participantes permaneçam relaxados durante 2 minutos, em repouso, de forma que os sensores capturem suas medidas biométricas. Em seguida, uma situação de estresse é simulada e, durante 2 minutos, são coletados dados da reação do usuário.

Após a etapa de calibração os participantes respondem um questionário de caracterização e começam-se os testes. Será pedido ao usuário jogar uma fase do jogo eletrônico Skyrim duas vezes, havendo um intervalo entre os testes para descanso e aplicação de um questionário pós-etapa. A fase em questão é uma fase simples, contendo um pequeno tutorial das mecânicas e controles do jogo. Finalizando o experimento o participante responde um questionário pós-testes.

Os dados obtidos ao longo do experimento serão utilizados apenas neste estudo, de forma totalmente anônima. O tempo total do experimento será de cerca de 30 minutos.

### Riscos:

Algumas pessoas podem apresentar tontura, desconforto ou enjôo em algum grau com a utilização de óculos de Realidade Virtual, mesmo sem possuírem qualquer problema de saúde relacionado. Optando em participar, você pode, sem nenhum prejuízo e a qualquer tempo, interromper o teste caso se sinta mal. Porém, uma fase executada parcialmente será considerada como concluída, não sendo possível o participante repeti-la.

### \*Obrigatório

#### 1. Caso você esteja de acordo com este termo, marque a opção abaixo. \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Aceito participar deste experimento. Declaro que fui devidamente informado sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos envolvidos nos testes aos quais vou me submeter e os possíveis riscos decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo de minhas informações e o direito de retirar minha participação a qualquer momento.

## Etapa de Calibração

#### 2. Marque aqui caso a etapa de calibração tenha sido concluída: \*

*Marque todas que se aplicam.*

- A etapa de calibração já foi realizada

## Formulário Pré-Testes

#### 3. Idade \*

---

**4. Grau de Escolaridade \****Marcar apenas uma oval.*

- Ensino Médio INCOMPLETO
- Ensino Médio COMPLETO
- Ensino Superior INCOMPLETO
- Ensino Superior COMPLETO
- Pós-Graduação (Mestrado, Doutorado, Pós-Doc) INCOMPLETO
- Pós-Graduação (Mestrado, Doutorado, Pós-Doc) COMPLETO

**5. Sexo \****Marcar apenas uma oval.*

- Masculino.
- Feminino.
- Outro.

**6. Você possui algum dos seguintes problemas de visão?***Marque todas que se aplicam.*

- Miopia
- Hipermetropia
- Astigmatismo
- Daltonismo
- Outro: \_\_\_\_\_

**7. Você já utilizou o Oculus Rift? Caso não tenha, mas tenha utilizado outro dispositivo VR indique ele na opção "Outros". \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.
- Outro: \_\_\_\_\_

**8. Quantas vezes você já utilizou esse dispositivo (sendo ele o Rift ou outro)? \****Marcar apenas uma oval.*

- Nunca usei.
- Apenas 1 vez.
- Entre 2-3 vezes.
- Entre 4-5 vezes.
- 5+ vezes.



**9. Com que frequência você joga video game? \****Marcar apenas uma oval.*

- Nunca joguei.
- Já joguei, porém apenas porque me pediram.
- Mensalmente.
- Pelo menos uma vez por semana.
- Quase todos dias.

**10. Em relação a jogos do gênero RPG, como você julgaria a sua experiência? \****Marcar apenas uma oval.*

- Não sei, não joguei o suficiente.
- Horrível, me atrapalho bastante.
- Razoável. Assim como a maioria me atrapalho as vezes.
- Sou acima da média, mas ainda cometo alguns erros.
- Jogo muito bem, me destaco.

**11. Você já jogou Skyrim? \****Marcar apenas uma oval.*

- Nunca joguei e não conheço o jogo.
- Nunca joguei, mas conheço o jogo.
- Já joguei, entre 1-10 horas.
- Já joguei, entre 10-50 horas
- Já joguei, 50+ horas.

**12. Você já usou algum dispositivo como o BITalino? \****Marcar apenas uma oval.*

- Sim.
- Não.

**13. Caso você tenha respondido sim na questão anterior descreva sua experiência:**

---

---

---

---

---

**14. Qual o grau de habilidade que você tem com o controle de Xbox? \****Marcar apenas uma oval.*

- 1      2      3      4      5
- 
- Nenhuma                  Muita
-

**15. Com que intensidade você apresenta neste momento os sintomas abaixo? \****Marcar apenas uma oval por linha.*

	Nenhum	Leve	Moderado	Forte
Estresse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nervosismo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Náusea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tontura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cansaço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dor de cabeça	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mal-estar generalizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de manter o foco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Powered by



**APÊNDICE B — FORMULÁRIO PÓS-ETAPA**

## Formulário Pós-Etapa

\*Obrigatório

### 1. Com que intensidade você apresenta neste momento os sintomas abaixo? \*

Marcar apenas uma oval por linha.

	Nenhum	Leve	Moderado	Forte
Estresse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nervosismo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Náusea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tontura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cansaço	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dor de cabeça	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mal-estar generalizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dificuldade de manter o foco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Primeira Sala



### 2. Como você avalia a dificuldade da primeira sala? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Muito Fácil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Difícil

## Segunda Sala





3. Como você avalia a dificuldade da segunda sala? \*

Marcar apenas uma oval.

1      2      3      4      5

Muito Fácil

Muito Difícil

## Terceira Sala





**4. Como você avalia a dificuldade da terceira sala? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito Fácil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Difícil

**Quarta Sala****5. Como você avalia a dificuldade da quarta sala? \***

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito Fácil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Difícil

**Quinta Sala**



6. Como você avalia a dificuldade da quinta sala? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito Fácil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Difícil

7. De forma geral, como você avalia o seu desempenho na fase? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito mal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito bem

**APÊNDICE C — FORMULÁRIO PÓS-TESTES**



# Formulário Pós-Testes

\*Obrigatório

**1. Você percebeu alguma diferença de dificuldade entre a Etapa 1 e a 2? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Sim  
 Não

**2. Caso você tenha respondido sim na questão anterior, descreva:**

*Marcar apenas uma oval.*

- A Etapa 1 estava mais difícil que a Etapa 2  
 A Etapa 1 estava muito mais difícil que a Etapa 2  
 A Etapa 2 estava mais difícil que a Etapa 1  
 A Etapa 2 estava muito mais difícil que a Etapa 1  
 Outro: \_\_\_\_\_

**3. Comentários:**

---

---

---

---

---

Powered by

