

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VICTOR EMANUEL MONTES MOREIRA

MENSURAÇÃO DE EMOÇÕES DURANTE A INTERAÇÃO HOMEM-
COMPUTADOR: UMA FERRAMENTA LIVRE PARA COLETA DE DADOS
FISIOLÓGICOS

CURITIBA

2019

VICTOR EMANUEL MONTES MOREIRA

MENSURAÇÃO DE EMOÇÕES DURANTE A INTERAÇÃO HOMEM-
COMPUTADOR: UMA FERRAMENTA LIVRE PARA COLETA DE DADOS
FISIOLÓGICOS

Dissertação apresentada como requisito para à
obtenção do título de Mestre, Programa de Pós-
Graduação em Design, Setor de Artes,
Comunicação e Design, Universidade Federal do
Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Okimoto

CURITIBA

2019

Catálogo na publicação
Sistema de Bibliotecas UFPR
Biblioteca de Artes, Comunicação e Design/Cabral
(Elaborado por: Sheila Barreto (CRB 9-1242))

Moreira, Victor

Mensuração de emoções durante a interação homem-computador: uma ferramenta livre para a consulta de dados fisiológicos. / Victor Moreira. – Curitiba, 2019.
66 f.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia Okimoto.

Dissertação (Mestrado em Design) – Setor de Artes, Comunicação e Design, Universidade Federal do Paraná.

1. Design - Dissertações. 2. Emoções. 3. Jogos Digitais. I. Título.


CDD 745

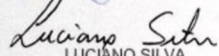
TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **VICTOR EMANUEL MONTES MOREIRA**, intitulada: **MENSURAÇÃO DE EMOÇÕES DURANTE A INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR: UMA FERRAMENTA LIVRE PARA COLETA DE DADOS FISIOLÓGICOS**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de Mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 28 de Fevereiro de 2019.


MARIA LUCIA LEITE RIBEIRO OKIMOTO
Presidente da Banca Examinadora


LUCIANO SILVA
Avaliador Externo (UFPR)


STEPHANIA PADOVANI
Avaliador Interno

AGRADECIMENTO

Ao universo e ao seu senso de humor.

“Ninguém existe por um motivo, ninguém pertence a um lugar, todos vão morrer. Venha assistir tv.”

SMITH, Morty. Episódio 8, 1º Temporada de Rick and Morty.

RESUMO

Os jogos têm a capacidade de impactar emocionalmente os jogadores, colocando em situações amistosas, sombrias, desesperadas, desafiantes e muitas outras. Entender quais elementos de jogo geram quais emoções é um conhecimento importante para um designer de jogos. As pesquisas que mensuram a mudança fisiológica do jogador durante a interação fornecem dados contextualmente relevantes sobre elementos, ações e consequências do ato de jogar. E uma vez que não é necessário interromper a experiência de jogo, para por exemplo responder um questionário, essas pesquisas podem expressar as emoções viscerais do jogador. No entanto, os pesquisadores que quiseram usar dados fisiológicos em sua pesquisa terão que enfrentar altos custos com dispositivos de software e hardware, e estes custos podem até inviabilizar pesquisas. Através de uma revisão bibliográfica sistemática, verificamos que uma ferramenta com tais características ainda não foi publicada em periódicos, e por tanto, é nessa lacuna que essa pesquisa foi concebida. Nesse trabalho desenvolvemos uma ferramenta para coleta de dados fisiológicos da interação humano-computador, utilizando hardware e software livres e compartilhando o código, esquemas elétricos e métodos de utilização. Testamos o dispositivo coletando dados de 12 participantes jogando o jogo Limbo, analisamos os dados e comparamos os resultados com outros estudos na área. Verificamos que o dispositivo fornece resultados equiparáveis aos dispositivos proprietários, e por isso, pode ser uma alternativa para pesquisas com baixo orçamento.

Palavras-chave: Emoções fisiológicas, Design Emocional, Jogos Digitais, Open Source Hardware.

ABSTRACT

Games have the ability to emotionally impact players, placing them in friendly, gloomy, desperate, challenging situations and many others. Understand which game elements generate which emotions is an important knowledge for a game designer. Surveys that measure the player's physiological change during interaction provide contextually relevant data about the elements, actions, and consequences of playing. And since it is not necessary to interrupt the gaming experience, for example to answer a questionnaire, such surveys can express the player's visceral emotions. However, researchers who wanted to use physiological data in their research will have to face high costs with software and hardware devices, and these costs may even make research impossible. Through a systematic bibliographic review, we verified that a tool with such characteristics has not yet been published in journals, and therefore, it is in this gap that this research was conceived. In this work, we developed a tool for collecting physiological data from human-computer interaction, using free hardware and software and sharing code, electrical schemas and methods of use. We tested the device by collecting data from 12 participants playing the Limbo game, analyzed the data and compared the results with other studies in the area. We've found that the device delivers comparable results to proprietary devices, so it can be an alternative to low-budget searches.

Keywords: Physiological Emotions, Emotional Design, Digital Games, Open Source Hardware.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Métodos para avaliação da experiência do jogador.....	15
FIGURA 2: Modelo Circumplexo de Emoções de Russell (1980).	22
FIGURA 3: Modelo básico de compreensão sobre emoções em relação a produtos.....	23
FIGURA 4: Emocards, ferramenta para mensurar emoções.	24
FIGURA 5: Dispositivo para coleta de dados Fisiológicos da Psylab.	29
FIGURA 6: Dispositivo Procomp Infiniti da empresa Thought Technology	29
FIGURA 7: Dispositivo E4 <i>wristband</i> da empresa Empatica.	30
FIGURA 8: Bitalino sensor kit.	31
FIGURA 9: Uso dos sensores ligados na coleta de dados.....	32
FIGURA 10: Layout do software proposto por Liapis et al. (2014).	33
FIGURA 11: Caracterização da pesquisa.	35
FIGURA 12: Método de Design Science Research de Manson (2006).	36
FIGURA 13: Ligações elétricas dos sensores no Arduino Nano.	39
FIGURA 14: Ligações elétricas dos sensores de HR e GSR no Arduino Uno.	40
FIGURA 15: Reconhecendo o sistema.....	41
FIGURA 16: Execução do programa Physiometrics através do NetBeans.....	43
FIGURA 17: Plotagem dos dados do Arduino.....	44
FIGURA 18: Áreas emocionais reconhecíveis com dois e três sensores.....	46
FIGURA 19: Setup da sessão de jogo no Laboratório de Ergonomia – UFPR.....	47
FIGURA 20: Protótipo modelado em Blender 3D.	49
FIGURA 21: Dispositivo com os 3 sensores ligados.	49
FIGURA 22: Dispositivo durante a coleta de dados.	50

FIGURA 23: Erros em algumas medições do sensor de batimentos cardíacos.	51
FIGURA 24: Dados com erros devido a suor excessivo nas mãos.	52
FIGURA 25: Ativação decorrente da situação de fragilidade do personagem.....	53
FIGURA 26: Sequência de erros ao resolver o puzzle demonstra a diminuição da GSR.	54
FIGURA 27: Gráfico da variação SCL durante o evento <i>Fall</i>	55
FIGURA 28: Gráfico da variação de GSR dos jogadores Bob e Joey.	56
FIGURA 29: Exemplo de análise de variação de GSR durante o Jogo.	57

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	13
1.1. A EMOÇÃO EM JOGOS	13
1.2. O PROBLEMA	15
1.3. OBJETIVOS	17
1.4. DELIMITAÇÕES	18
1.5. PREMISSAS	18
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO	21
2.1 EMOÇÕES NA INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR.....	21
2.2 MENSURAÇÃO DE EMOÇÕES ATRAVÉS DE DADOS FISIOLÓGICOS	
24	
2.2.1 O contexto da pesquisa	25
2.3 FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS EMOCIONAIS: ANÁLISE DE	
SIMILARES	27
2.3.1 Pesquisas com Ferramentas Proprietárias.....	28
2.3.2 Pesquisas com Ferramentas Livres	30
2.3.3 Discussão sobre os exemplos.....	33
CAPÍTULO 3: MÉTODO	35
3.1. CARACTERIZAÇÃO	35
3.2. O PROBLEMA	37
3.3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO	38
3.3.1. Processo de desenvolvimento	38
3.3.2. Descrição da utilização do dispositivo.....	40

3.3.3. Coleta e avaliação dos dados	43
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1. LOCAL E PARTICIPANTES	47
4.2. DISPOSITIVO COMPACTO.....	48
4.3. ERROS NOS DADOS	50
4.4. CURVAS EMOCIONAIS	52
4.5. COMPARAÇÃO A OUTROS ESTUDOS	54
4.6. CRÍTICA A ANÁLISE DE DADOS	57
4.7. OPEN SOURCE SOFTWARE.....	59
Capítulo 5: Conclusão	60
REFERÊNCIAS.....	62

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. A EMOÇÃO EM JOGOS

Lembra do fantasma perseguindo você em Super Mario World? E das corridas na chuva de Top Gear? Dos combates em The Legend of Zelda? Os sustos que levou ao enfrentar os zumbis de Resident Evil? Das loucuras que pôde fazer em GTA? E das escolhas que fez em Mass Effect? Alguns dos momentos mais memoráveis nos jogos tem um forte impacto emocional sobre nós, isso acontece porque é da natureza humana se colocar no lugar do outro. Para o designer de jogos, projetar essas experiências é necessário um vasto conhecimento sobre como evocar ou prevenir certas emoções. E entender o impacto emocional dos produtos sobre o consumidor é a base do Design Emocional, segundo Desmet e Hekkert (2009) a nível projetual há quatro formas de usar as emoções no processo de design:

- Com foco no usuário: envolvendo o usuário no processo de desenvolvimento, fazendo com que suas emoções são o foco do processo de design. Técnicas exploratórias são comumente empregadas, inclusive colagens, mock-ups, entre outras.
- Com foco no designer: os designers atuam como autores e, mais que gratificar usuários, esses profissionais desafiam os consumidores apresentando algo diferenciado.
- Com foco em pesquisa: as diretrizes projetuais são frutos de pesquisa e/ou são testadas com usuários, comumente empregando técnicas de mensuração.
- Com foco em teoria: a teoria auxilia a qualificar o design em termos de impacto emocional. Nessa visão, insights teóricos ajudam a desenvolver conceitos.

Para o design de jogos, entender as emoções dos jogadores é uma das etapas do processo de desenvolvimento de jogos (NOVAK, 2010). Entender as emoções dos jogadores e até prever quais serão essas emoções (JÄRVINEN, 2008) necessitam de muitas pesquisas principalmente durante a interação. Para Jordan (2000) existem 4 fontes de dados para investigar o prazer dos usuários com produtos, são elas: fisiológicas, psicológicas, sociológicas e ideológicas. O autor explica que os prazeres

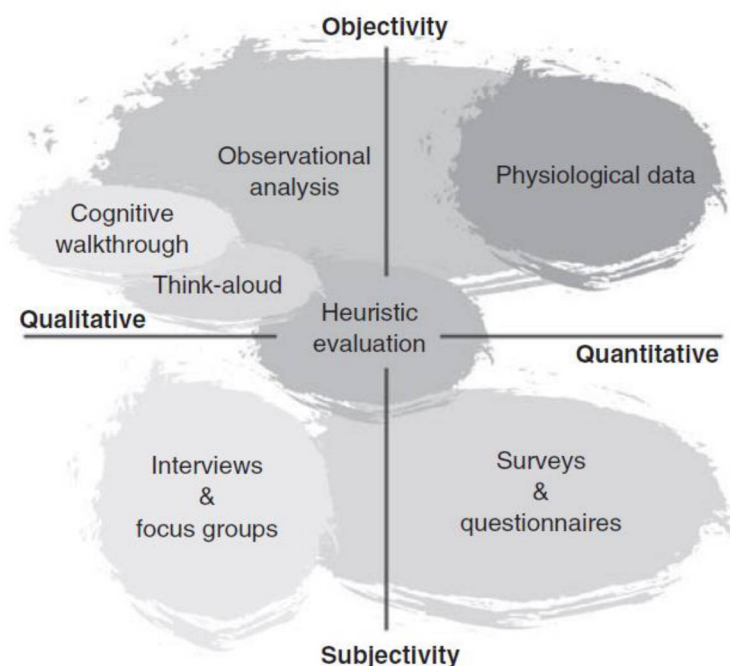
fisiológicos envolvem sensações corporais; os prazeres psicológicos são sobre realizações do eu; os prazeres sociológicos são os prazeres da interação social; e os prazeres ideológicos são sobre estimulação intelectual (JORDAN, 2000, p. 12). Portanto, um produto pode ser projetado ou analisado através destas fontes de dados. E quando estudada a relação Jogo-Jogador, Salen e Zimmerman (2004) explicam que os jogadores estão frequentemente “desafiando a si mesmos”, muitas vezes se envolvendo em experiências negativas de frustração e medo. Então, os jogos são uma ótima arena de investigação, avaliando, expressando e, até mesmo sintetizando emoções. Porquê um dos principais objetivos do estudo de emoções nos jogos é a compreensão das emoções dos jogadores ao se conectar com a experiência de jogo (YANNAKAKIS; PAIVA, 2014).

Analisando os jogos digitais sob a perspectiva do design emocional, verifica-se que um jogo só irá gerar a emoção pretendida se estiver de acordo com as preocupações dos jogadores. Segundo Desmet e Hekkert (2007) uma emoção é um resultado cognitivo e muitas vezes automático e inconsciente do processo de avaliação (*Appraisal*). Os autores fazem uso da teoria dos *Appraisals* para explicar que a avaliação de um produto necessita de duas variáveis cognitivas, o contato com o produto e as preocupações do consumidor (*concerns*). São as preocupações ou expectativas que determinam as preferências dos jogadores em relação a um jogo. Nesse contexto, Demir, Desmet e Hekkert (2009) explicam que é possível capturar as experiências emocionais através de 3 abordagens: utilizando estímulos para provocar experiências emocionais em ambientes controlados; pedir às pessoas para recordar de suas experiências emocionais ou através da abordagem naturalista. Os autores descrevem que na abordagem naturalista os participantes são solicitados a relatar suas experiências emocionais ou observar as expressões emocionais. E através desta, é possível capturar os relatos dos indivíduos (abordagem subjetiva) e capturar mudanças fisiológicas ou expressões corporais (abordagem objetiva).

Já para avaliar a experiência do usuários nos jogos Mandryk (2008) descreve uma série de métodos e técnicas. Na FIGURA 1 a autora ilustra as zonas de atuação desses métodos e técnicas conforme o objetivo de pesquisa. Se o objetivo da pesquisa é entender as atitudes e preferências dos jogadores, as abordagens subjetivas (e.g como entrevistas ou questionários), são mais indicadas. Se o objetivo for encontrar problemas

de usabilidade ou de jogabilidade, a avaliação heurística é provavelmente a melhor escolha. No entanto, se o objetivo for coletar dados quantitativos sobre a experiência de um usuário enquanto ele estiver jogando, a análise observacional ou as métricas fisiológicas serão melhores. As abordagens são objetivas e quantitativas, e podem ser medidas ao longo da experiência de jogo (MANDRYK, 2008, p. 210).

FIGURA 1: Métodos para avaliação da experiência do jogador.



FONTE: Mandryk (2008, p. 210).

1.2. O PROBLEMA

As emoções influenciam a nossa percepção, cognição, comportamento e tomada de decisão (Damásio, 2012). E para Lazarus (1991) as emoções desempenham um papel central em nossas vidas, demonstrando características comportamentais, fisiológicas e psicológicas. E através do design emocional podemos entender as emoções que os usuários sentem ao se relacionar com um artefato (DEMIR et al., 2009), para tanto, diversas pesquisas buscam por ferramentas e métodos a fim de coletar tais emoções (THORING et al., 2016). Ferramentas como questionários, entrevistas e auto

relato, fornecem dados que dependem da capacidade do usuário de interpretar os questionamentos e se expressar. Por outro lado, os dados fisiológicos expõem a emoção visceral do usuário. Estas duas ferramentas fornecem dados quantitativos, porém são usadas com objetivos diferentes. O primeiro fornece dados subjetivos enquanto que o segundo no fornece dados objetivos (veja FIGURA 1).

Os sinais fisiológicos produzem grandes quantidades de dados contextualmente relevantes, fornecendo um indicador objetivo da experiência do usuário sem interromper a experiência de jogo, e pode ser usado para inferir estados emocionais subjacentes relevantes para a jogabilidade (MANDRYK; NACKE, 2016). Por isso, existem diversas pesquisas que fazem uso desses dados, por exemplo, Imre (2016) desenvolve um jogo que muda a dificuldade de acordo com a variação de Resposta Galvânica da Pele (GSR) do jogador; Nogueira et al. (2015) desenvolvem uma ferramenta para triangulação de reações fisiológicas dos jogadores; Poh et al. (2010) desenvolvem um sensor vestível para mensurar a GSR em longos períodos.

Para realizar pesquisas com dados fisiológicos os pesquisadores podem utilizar plataformas proprietárias, como é o caso de Mendoza-denton et al. (2017) que utiliza a Empatica E4 *wristband*, um produto da empresa iMotions¹, ou Tan et al. (2014) que faz uso da plataforma Procomp da empresa Thought Technology's², e outras como de Poh et al. (2010) desenvolvem o software e hardware do dispositivo de coleta. No entanto, pesquisas com baixo orçamento fazem uso de ferramentas de hardware livre, como por exemplo, Imre (2016) que utiliza o sensor Atividade Eletrodérmica (EDA) da fabricante Seeed Studio³ através da interface Grove⁴, ligado a um Arduino Uno para mudar a dificuldade do jogo. A literatura sobre o assunto é repleta de exemplos, as revisões bibliográficas de Gonçalves et al. (2013) e Catecati et al. (2017) apresentam uma variedade de uso de sensores para mensurar a experiência afetiva do usuário.

¹ Site da empresa <https://imotions.com/>

² Site da empresa <https://thoughttechnology.com/>

³ <https://www.seeedstudio.com/>

⁴ Grove é um sistema de prototipagem de conectores modulares padronizados. Todas os projetos de placas e sensores estão disponíveis livremente no site http://wiki.seeedstudio.com/Grove_System/

Contudo, as ferramentas de coleta de dados fisiológicos exigem dos pesquisadores um custo financeiro que, muitas vezes, não é possível arcar. Empresas como iMotions¹ e Noldus⁵ oferecem hardware e software para coleta de dados fisiológicos, porém, os preços destes dispositivos não são acessíveis para pesquisas com baixo orçamento. Existem poucas pesquisas com dispositivos (hardware e software) de plataforma aberta que permitem a replicação e melhoramento. O objetivo deste trabalho é desenvolver ferramentas para coleta de dados fisiológicos com as seguintes características: Baixo custo, para tornar o dispositivo acessível a pesquisas com baixo orçamento; Nível de precisão razoável, de forma que os dados coletados sigam as especificações necessárias para os exemplos de estudos propostos; Hardware livre, possibilitando a maior acessibilidade aos componentes e replicação e Software livre, disponibilizando o código para aplicação em outras linguagens de programação.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é:

Desenvolver um dispositivo livre para coleta de dados fisiológicos da interação humano-computador.

De forma que sejam atingidos os seguintes objetivos específicos:

- Classificar as ferramentas de coleta de dados fisiológicos da interação humano-computador;
- Descrever os usos dessas ferramentas (proprietárias e livres) no contexto de pesquisas com emoções;
- Propor e desenvolver uma ferramenta livre para coleta de dados fisiológicos da interação humano-computador;
- Testar a ferramenta com usuários, analisar os resultados e comparar com os resultados com estudos na mesma área de aplicação.

⁵ <https://www.noldus.com/>

1.4. DELIMITAÇÕES

Na área de mensurações fisiológicas de interação podem ser usadas diversas ferramentas como: *Eye Track*, Eletroencefalograma (EEG), Condutividade Galvânica da Pele (GSR), Respiração, Frequência Cardíaca (HR) e etc. Na revisão bibliográfica de Catecati et al. (2017) os autores explicam que os sensores de GSR, HR e EEG são os mais usados em pesquisas sobre a mensuração da experiência do usuário. E nas pesquisas com jogadores (*Game User Research*) Mandryk e Nacke (2016) listam os principais sensores usados para avaliar a interação em jogos, são eles: EMG facial, Atividade Eletrodérmica (EDA), Eletrocardiografia (EKG) e EEG. Por tanto, nesta pesquisa utilizaremos os sensores mais usados neste tipo de experimento: A frequência cardíaca, que é um dos resultados do Eletrocardiograma; O GSR, que é calculado através da Atividade Eletrodérmica e o EMG. Apenas o EEG não será utilizado, por conta da utilidade deste sensor neste tipo de pesquisa. Veremos mais sobre esses sensores no capítulo de Fundamentação.

O custo da pesquisa também é um aspecto importante por tanto, iremos descrever os custos dos dispositivos (hardware e software) através da análise de similares. Listamos os dispositivos mais usados, os sensores, os custos e os objetivos de pesquisa. Também descreveremos os custos desta pesquisa, desde a fase de testes até o custo para replicação.

Nesta pesquisa utilizaremos como meio de interação os jogos digitais. Para Mandryk e Nacke (2016) os jogos digitais são ótimos para pesquisas biométricas (pesquisas que utilizam sensores fisiológicos) pois oferecem ambientes seguros, propiciam o uso de sensores fisiológicos e motivam os usuários a participar da pesquisa. Este tipo de pesquisa fornece um meio para avaliar as emoções dos jogadores em tempo real através de sinais fisiológicos e, será através da análise desses dados que as emoções serão aferidas.

1.5. PREMISSAS

Nos estudos que observaram os jogadores interagindo e reagindo a diferentes eventos nos jogos foi possível classificar reações emocionais (LAZZARO, 2004) e comportamentos (BARTLE, 1996) dos jogadores. A ligação emocional entre o jogador e o jogo é um motivador fundamental e um guia para a experiência de jogo (HODENT, 2017), que pode ser mensurada de diversas formas como abordado por Mandryk (2008). E diferentemente a observação, a captura das mudanças fisiológicas dos jogadores fornecem dados objetivos sobre a experiência de jogo (MANDRYK; NACKE, 2016).

Por tanto, as premissas desta pesquisa apoiam-se na relação entre mudança fisiológica e mudança emocional desencadeadas na interação com o jogo. Uma vez que Desmet (2002) descreve que as emoções geradas pelo produto dependem de três fatores: as preferências dos usuários, as características do produto e a apreciação. Entendemos que diferentes jogos causarão diferentes respostas emocionais, assim como com diferentes usuários e meios de apreciação.

Esperamos encontrar as repostas fisiológicas ao decorrer do uso dos sensores, e ao decorrer do ato de jogar as mudanças fisiológicas coincidam com eventos no jogo. E mensurando contextualmente as mudanças fisiológicas durante a interação homem-computador, será possível vincular estas mudanças fisiológicas à situações durante o *gameplay*. Então, ao mensurar as mudanças fisiológicas dos jogadores durante o jogo, será possível verificar a mudança emocional provocada pelas diversas situações no jogo.

Outras premissas importantes para esta pesquisa são: custo, compartilhamento e replicação. Estes três critérios são importantes para esta pesquisa porque: verificamos o alto preço as ferramentas de mensuração fisiológica; verificamos que as ferramentas proprietárias não são a única solução para pesquisas com esse objetivo (mensurar mudanças fisiológicas durante a interação humano-computador). Os estudos de Soares et al. (2017), Lobel et al. (2016) e Imre (2016) mostram que é possível usar ferramentas livres para coletar dados fisiológicos da interação humano-computador com baixo custo. Esperamos que esta ferramenta proposta não ultrapasse R\$ 500,00 (um terço do valor da bolsa de Mestrado da CAPES), auxiliando novos pesquisadores a adquirir a ferramenta com capital próprio, tornando pesquisas neste campo menos dispendiosas e possibilitando que pequenos e médios desenvolvedores de jogos possam empregar testes de seus jogos. E, além disso, com o compartilhamento e replicação da ferramenta

com/por outros pesquisadores, esperamos alcançar a transparência, abertura e reprodutibilidade reconhecidas como características de uma pesquisa científica (MIGUEL et al., 2014).

1.6. VISÃO GERAL DO MÉTODO E ESTRUTURA

Para atingir os objetivos propostos faremos uso do método de pesquisa *Design Science Research* (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). Utilizamos este método com o objetivo de desenvolver um artefato de pesquisa, destinado principalmente para o uso no meio acadêmico. No entanto, este artefato também pode ser usado por desenvolvedores de jogos na etapa de testes com usuários.

Nos procedimentos de pesquisa descritos por Manson (2006) a primeira etapa é a “conscientização do problema”, e esta é descrita nas primeiras partes deste capítulo; a segunda etapa “Sugestão”, necessita de todo o embasamento descrito no capítulo de Fundamentação, e no capítulo de Método é descrita a solução proposta. Ainda no capítulo de Método, também é descrita a terceira etapa “Desenvolvimento”, nela descrevemos os processos de criação, procedimentos de uso e análise do artefato. Na quarta etapa “Avaliação”, é composta por uma coleta de dados com usuários e análise do artefato, e são descritas no capítulo de Resultados e Discussões. E, por fim, a etapa de Conclusão sintetiza os resultados encontrados sobre o objetivo de pesquisa proposto.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO

2.1 EMOÇÕES NA INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

Ainda não há uma taxonomia definitiva para emoções, no entanto existem muitas maneiras diferentes de classificá-las. Uma das mais antigas teorias da emoção é a teoria de James-Lange, essa afirma que a nossa emoção vem depois de experimentar a mudança fisiológica (JAMES, 1884; LANGE, 1912). Segundo os autores, quando um evento ou objeto externo muda, provoca ou altera o sistema fisiológico (ou visceral), e isso gera uma emoção. Já a teoria de Cannon-Bard, oferece uma sequência alternativa de processamento de emoções. Para Cannon (1927) quando um emoção ocorre desencadeia um comportamento baseado na emoção processada, e a percepção emocional influencia a reação fisiológica. Essa teoria tenta explicar uma combinação de respostas fisiológicas mentais de baixo e alto nível ao experimentar emoções.

Para Schachter e Singer (1962), através de observações empíricas apresentaram uma teoria emocional de dois fatores: rotulação cognitiva e excitação fisiológica. Para os autores essa teoria considera que o processamento mental tem grande influência em nossa interpretação individual e em nossas reações corporais. Dessa forma, os processos cognitivos fornecem a estrutura na qual as emoções são processados e rotulados, resultando em um estado de excitação fisiológica, que podem ter valores positivos ou negativos de acordo com a situação e as experiências do indivíduo. Outro pesquisador da área como Damasio (1994) defende que os processos emocionais podem acontecer sem necessariamente uma experiência emocional. Já Scherer (1984) apresenta um modelo de 5 subsistemas: processamento de informação, suporte, executivo, ação e monitoramento. Por tanto, até esse momento a maioria dos estudos sobre emoções, desenvolveram modelos e teorias de avaliação da emoção através de relatórios verbais. E isso requer que o participante se envolva em processos complexos de recordação e imaginação antes de colocar suas emoções em palavras.

Russell (1980) dimensionou as emoções através de um circunplexo de 4 vetores: Ativação, Desativação, Prazer e Desprazer (FIGURA 2). Para o autor as emoções permeiam dois fatores *Arousal* e *Valence*, que usualmente são traduzidos

como Ativação e Prazer, que podem refletir valores positivos ou negativos. Ou seja, a emoção Alegria requer valores positivos de Ativação e Prazer, enquanto que a Tristeza tem valores negativos de Ativação e Prazer. Na FIGURA 2 ilustramos o modelo circunplexo de Russell, nele podemos observar que diferentes valores de Ativação e Prazer refletem emoções tão distintas quanto os seus valores, por exemplo valores positivos de Ativação e Prazer podem refletir uma emoção de euforia, enquanto que se o valor de Prazer for transformado em negativo este irá refletir uma emoção de Estresse.

FIGURA 2: Modelo Circunplexo de Emoções de Russell (1980).

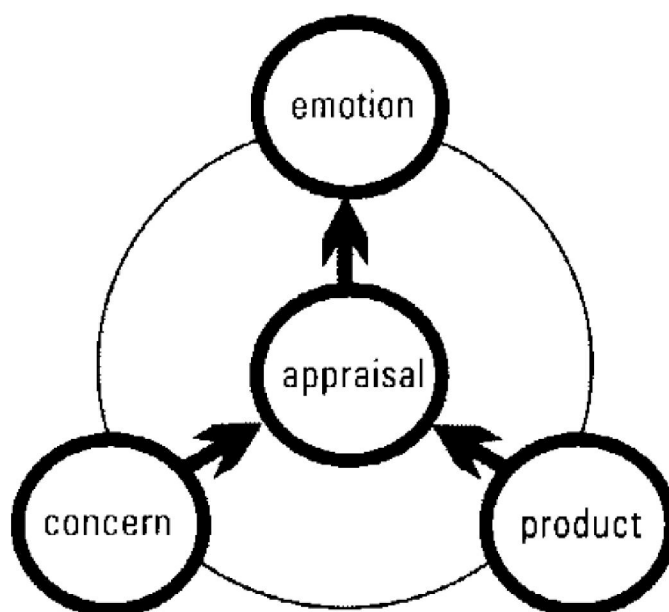


FONTE: Traduzido pelo Autor.

O modelo circunplexo de Russell foi, e continua sendo, útil para diversas pesquisas. Aplicação desse modelo nas pesquisas de (DESMET, 2002, 2008) corroborou para um entendimento mais profundo da relação emocional que os consumidores sentem ao se relacionar com os produtos (FIGURA 3). Através deste modelo, e baseado na teoria do *Appraisals*, Desmet (2002) explica que existem 3 variáveis que compõem o resultado emocional. As duas primeiras são sobre o componente *Product* e o *Concern*, e a terceira é o *Appraisals* ou apreciação. O autor explica que o Produto tem uma série de características e estas estão em algum nível ligadas as preferências do consumidor ou *Concern*. E através da apreciação é que o

consumidor pode exprimir as emoções, por exemplo, um dado produto pode provocar diferentes emoções para o mesmo usuário se apreciado de formas diferentes, e o mesmo pode acontecer com consumidores com preferências diferentes e mesmo tipo de apreciação e/ou produto. Por tanto, a apreciação depende tanto das características do produto quanto das preferências do consumidor.

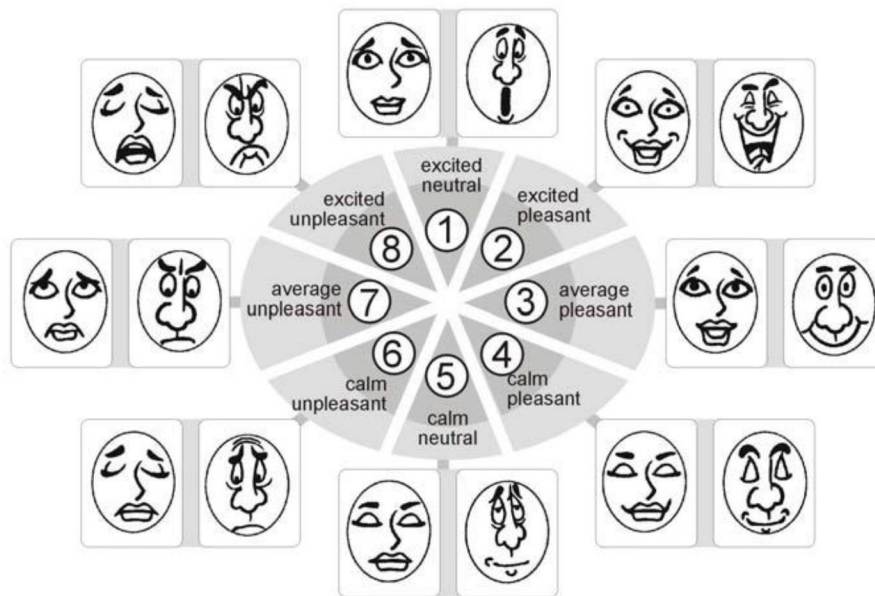
FIGURA 3: Modelo básico de compreensão sobre emoções em relação a produtos.



FONTE: Desmet (2002).

É também através desse modelo que Desmet, Overbeeke e Tax (2001) desenvolvem a ferramenta Emocards (FIGURA 4), baseado no modelo circumplexo de emoções de Russell (1980) (FIGURA 3). Para os autores essa ferramenta favorece a coleta de dados emocionais com os usuários, fazendo uso de imagens ao invés de palavras fica mais fácil expressar as emoções (DESMET et al., 2001, p. 5). Esta ferramenta auxilia o processo de coleta de dados emocionais na avaliação de produtos. No mesmo artigo (DESMET; OVERBEEKE; TAX, 2001), os autores descrevem uma pesquisa para avaliar, emocionalmente, celulares. Os autores apresentam os celulares aos consumidores, para que possam apreciar, e em seguida respondem o questionário com a ferramenta Emocards. Por tanto, essa ferramenta requer que o usuário interrompa a utilização do produto para responder o questionário.

FIGURA 4: Emocards, ferramenta para mensurar emoções.



FONTE: Desmet, Overbeeke e Tax (2001)

No entanto, há outras formas de mensurar emoções dos usuários, desde entrevistas, questionário com escalas de preferência e até mesmo a observação do usuário interagindo com o produto. E como vimos na ilustração de Mandryk (2008) (FIGURA 1) a utilização dessas ferramentas para mensuração de emoções depende do problema de pesquisa investigado. E nesta pesquisa utilizaremos o modelo básico de compreensão sobre emoções em relação a produtos de Desmet (2002), buscando mensurar as emoções dos usuários durante a interação com o produto. E através dessa mensuração, buscaremos relacionar as emoções com os elementos de jogo e não a com a experiência completa de jogo.

2.2 MENSURAÇÃO DE EMOÇÕES ATRAVÉS DE DADOS FISIOLÓGICOS

A base do design emocional é projetar com o intuito de despertar ou evitar determinadas emoções (Demir et al., 2009). Do ponto de vista da pesquisa científica, busca-se entender quais emoções os usuários sentem ao se relacionar com os produtos,

buscando traçar parâmetros de medição e testes. Já do ponto de vista do desenvolvimento de produtos os dados da pesquisa científica são usados para: diretrizes projetuais, *insights*, estratégias ou, simplesmente, para entender o seu consumidor (DESMET; HEKKERT, 2007). De forma semelhante esta relação também acontece com os jogos digitais. Projetar jogos baseados em emoções dos jogadores é o foco de empresas como a Valve, Ambinder (2011) explica como a computação afetiva ajudou no processo de aprimoramento de jogos como Left 4 Dead. Utilizando sensores de batimentos cardíacos, resposta galvânica da pele, expressões faciais, movimentos oculares e outros, os pesquisadores perceberam que poderiam fazer alterações no jogo a fim de torná-lo mais emocionante.

Yannakakis e Paiva (2016) mencionam quatro principais pontos que a pesquisa em computação afetiva pode melhorar o processo de desenvolvimento de jogos. Primeiro, as emoções podem impulsionar o processo de design da maioria dos gêneros de jogo. Os designers de jogos costumam explorar e testar diversas mecânicas e dinâmicas de jogo que produzem certos estados emocionais como o engajamento, medo, estresse, frustração e antecipação. Isso definem aspectos críticos do design da experiência do jogador, dependendo do gênero, narrativa e dos objetivos do jogo. Em segundo lugar, a experiência do jogador pode ser melhorada e adaptada a cada jogador, mas também aumentada através de uma interação mais rica e mais afetiva. A adaptação de jogos orientada pela emoção visa principalmente a personalização da experiência de jogo. Em terceiro lugar, como consequência direta de um design melhor e mais focado em emoções, o processo de desenvolvimento do jogo é impulsionado e melhorado com foco em objetivos. Em quarto lugar, os jogos que incorporam uma rica interação baseada em emoções podem melhorar o aprendizado, treinamento ou educação.

2.2.1 O contexto da pesquisa

A pesquisa com jogadores de videogame ou *Games User Research* (GUR) é um campo de pesquisa que combina conhecimentos da interação homem-computador, game design e psicologia, com o objetivo de aperfeiçoar a experiência do jogador (ISBISTER e SCHAFFER, 2008). Para Mandryk e Nacke (2016) a pesquisa biométrica

com jogos é particularmente interessante porque: oferecem ambientes seguros, propiciam o uso de sensores fisiológicos e, principalmente, motiva os usuários a participarem da pesquisa. Esse tipo de pesquisa fornece um meio para avaliar as emoções dos jogadores em tempo real através de sinais fisiológicos. Picard (1995) explica que ainda não é possível “ler a sua mente (ainda)”, mas podemos mensurar as respostas fisiológicas e atribuir emoções a elas. Segundo Mandryk (2008) e Nacke (2015) os principais sensores utilizados para mensuração de emoções fisiológicas na pesquisa em jogos são:

Eletromiograma (EMG): este sensor descreve variação elétrica do tecido muscular, e na pesquisa em jogos é comumente utilizado o EMG facial. O mesmo possibilita detectar a variação elétrica dos músculos da face, ou seja, detecta sorrisos, sustos, tensão e outros.

Atividade Eletrodérmica (EDA): esta pode se apresentar de duas formas: (SCL) Nível de Condutância da Pele e (GSR) Resposta Galvânica da Pele. A primeira é calculada através da média de GSR ao longo do tempo, ou seja, o SCL é usado para períodos longos de tempo e a GSR é usado para mensurar estímulos de pouca duração. O EDA é uma medida fisiológica comum e de fácil aplicação. Ela monitora a variação de produção de suor da glândula sudorípara écrina, onde o aumento da condutância é associado a excitação psicológica.

Eletrocardiograma (ECG): é o sensor utilizado para aferir a atividade do coração, sendo capaz de detectar o ritmo cardíaco e o número de batimentos por minuto (HR). Esse sinal também pode ser utilizado para extrair a variabilidade da frequência cardíaca (HRV).

Eletroencefalograma (EEG): é o sensor que consegue mensurar atividade do cérebro por meio de eletrodos na região da cabeça. A atividade do cérebro é distinguida pela amplitude e frequência do sinal entre os eletrodos, posicionados em determinados pontos da cabeça.

Os sinais fisiológicos produzem grandes quantidades de dados contextualmente relevantes, fornecendo um indicador objetivo da experiência do usuário sem interromper a experiência de jogo, e pode ser usado para inferir estados emocionais subjacentes relevantes para a jogabilidade (MANDRYK; NACKE, 2016). Por isso,

existem diversas pesquisas que fazem uso desses dados, por exemplo, Imre (2016) desenvolve um jogo que muda a dificuldade de acordo com a variação de GSR do jogador, Nogueira et al. (2015) desenvolvem uma ferramenta para triangulação de reações fisiológicas dos jogadores, Poh et al. (2010) desenvolvem um sensor vestível para mensurar a GSR em longos períodos e muitos outros.

Para realizar pesquisas com dados fisiológicos, os pesquisadores podem utilizar plataformas proprietárias, como é o caso de Mendoza-Denton et al. (2017) que utiliza a Empatica E4 *wristband* que é um produto da empresa iMotions, ou Tan et al. (2014) que faz uso da plataforma Procomp, da empresa Thought Technology's, e outras como de Poh et al. (2010) desenvolvem o software e hardware para mensurar a variação fisiológica em longos períodos. No entanto, pesquisas com baixo orçamento fazem uso de ferramentas de hardware livre, por exemplo, Imre (2016) que utiliza o sensor EDA Grove ligado a um Arduino Uno. Contudo é necessário um conhecimento profundo sobre o hardware e desenvolver um software capaz de manipular os dados.

2.3 FERRAMENTAS DE COLETA DE DADOS EMOCIONAIS: ANÁLISE DE SIMILARES

Para coletar os dados fisiológicos os pesquisadores podem utilizar ferramentas proprietárias ou livres. As ferramentas proprietárias são aquelas em que os desenvolvedores não liberam o código fonte, esquemas elétricos, métodos de produção e etc. Grande parte das empresas protegem essas informações a fim de deter o lucro sobre os seus produtos e, com isso, pagar os custos com produção e desenvolvimento garantindo lucro para os sócios fundadores da empresa. Por outro lado, o desenvolvimento de dispositivos livre com fins científicos permeia um campo conhecido como *Open Source Hardware*. Pearce (2012) explica que esses dispositivos fornecem uma alternativa de baixo custo para o processo de pesquisa, uma vez que hoje várias peças podem ser impressas em 3D e micro controladores como o Arduino auxiliando a interface com o computador.

Classificamos abaixo ferramentas Proprietárias e Livres encontradas a partir da revisão bibliográfica sistemática, em adição às revisões de Catecati et al. (2017) e

Gonçalves et al. (2013). Nessas duas revisões sistemáticas da literatura os autores buscam listar os sensores mais usados na pesquisa com dados fisiológicos da interação humano-computador. Usando palavras-chave como “*physiological signal*” e “*user experience*” no trabalho de Catecati et al. (2017) e “*emotion*”, “*sensor*” e “*human computer interaction*” no trabalho de Gonçalves et al. (2013). E ao analisar os resultados destes trabalhos, percebemos só há a citação de uma ferramenta livre, nos trabalhos de Liapis e Xenos (2013) e Liapis et al. (2014). Por tanto, decidimos refazer a pesquisa bibliográfica, usando as mesmas palavras-chave dos autores citados anteriormente, adicionando palavras-chave referentes a dispositivos livres como “*open software*”, “*open hardware*”, “*open source*” e “*arduino*” e buscando nas seguintes bases de dados: Science Direct, Periódicos CAPES, SciElo, Scopus, IEEEExplre. As buscas nestas bases de dados resultaram em 2.324 resultados e através da aplicação do método de revisão sistemática descrito por Conforto, Amaral e Silva (2011) analisamos os resultados.

Como não pretendemos listar todas as ferramentas de coletas de dados fisiológicos disponíveis na literatura, decidimos listar as que mais se adequam ao escopo desta pesquisa. Para isso, na próxima sessão listamos três exemplos de ferramentas proprietárias para captura de dados fisiológicos, o propósito do uso da ferramenta no contexto da pesquisa e o custo dos dispositivos. E na sessão seguinte, listamos os quatro estudos mais importantes que utilizam ferramentas livres ou que compartilham o código da aplicação. Dessa forma, buscam aqui fazer uma comparação entre as ferramentas proprietárias e livres, no contexto da pesquisa emocional da interação humano-computador e os custos para a pesquisa.

2.3.1 Pesquisas com Ferramentas Proprietárias

Ravaja et al. (2006) examinam as diferenças fisiológicas entre eventos no jogo, para isso os autores coletaram os dados de 36 pessoas jogando Super Monkey Ball 2. Utilizando sensores de batimentos cardíacos, resposta galvânica da pele e eletromiograma facial da empresa Psylab (FIGURA 5), e através do site psychlab.com avaliamos o custo médio desses sensores com o programa em R\$ 16.200,00.

FIGURA 5: Dispositivo para coleta de dados Fisiológicos da Psylab.



FONTE: Site da empresa Psylab no endereço psychlab.com.

Já Mandryk, Inkpen e Calvert (2005) examinam as diferenças fisiológicas dos jogadores ao jogar contra a inteligência artificial do jogo e contra outro jogador. Para isso utilizam sensores de resposta galvânica da pele, eletrocardiograma, eletromiografia facial e respiração, da empresa Thought Technologies. O hardware Procomp Infiniti (FIGURA 6) e sensores custam em média R\$ 15.000,00 sendo que o software é fornecido gratuitamente.

FIGURA 6: Dispositivo Procomp Infiniti da empresa Thought Technology .



FONTE: Site da empresa Thought Technology no endereço thoughttechnology.com.

Mendoza-denton et al. (2017) compara a variação fisiológica de dois jogadores, em um grupo de quatro jogadores, jogando Mario Party 8. Os dois jogadores utilizam uma Empatica E4 *wristband* (FIGURA 7) que mensura os dados de resposta galvânica da pele, temperatura da pele e batimentos cardíacos. Cada pulseira custa, em média, R\$ 940,00 sem contar com os custos de importação. Na coleta de dados os pesquisadores precisaram colocar: uma câmera filmando os participantes e outra câmera filmando a tela do jogo com um relógio ao lado, para que possam sincronizar os dados após o experimento.

FIGURA 7: Dispositivo E4 *wristband* da empresa Empatica.



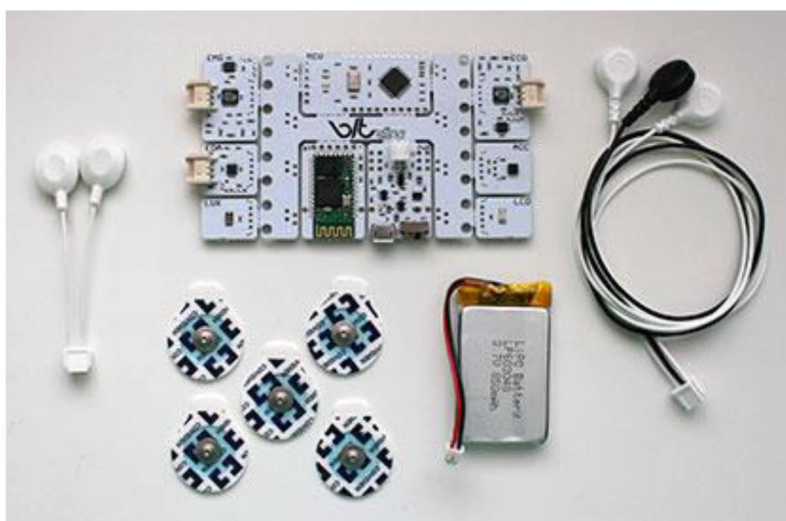
FONTE: Site da empresa Empatica no endereço empatica.com

2.3.2 Pesquisas com Ferramentas Livres

Soares et al. (2017) buscam analisar as diferenças emocionais dos jogadores ao jogar 4 diferentes jogos dos gêneros: ação, corrida, quebra-cabeça e terror. Utilizam os sensores da plataforma Bitalino para coletar os dados fisiológicos de: ECG, EMG e EDA de 6 participantes. Para coletar esses dados os autores tiveram que adquirir BITalino (r)evolution Board Kit BT (FIGURA 8), que custa o equivalente a R\$ 640,00 (sem contar com os impostos para exportação). Esse kit pode ser comprado pelo site

bitalino.com, assim como o software livre Open Signals fornecido gratuitamente pelos desenvolvedores. No entanto, nessa pesquisa os autores também utilizaram os softwares proprietários, o Bandicam para gravar o vídeo do *gameplay* e da webcam, e Mathworks Matlab para analisar e plotar os dados.

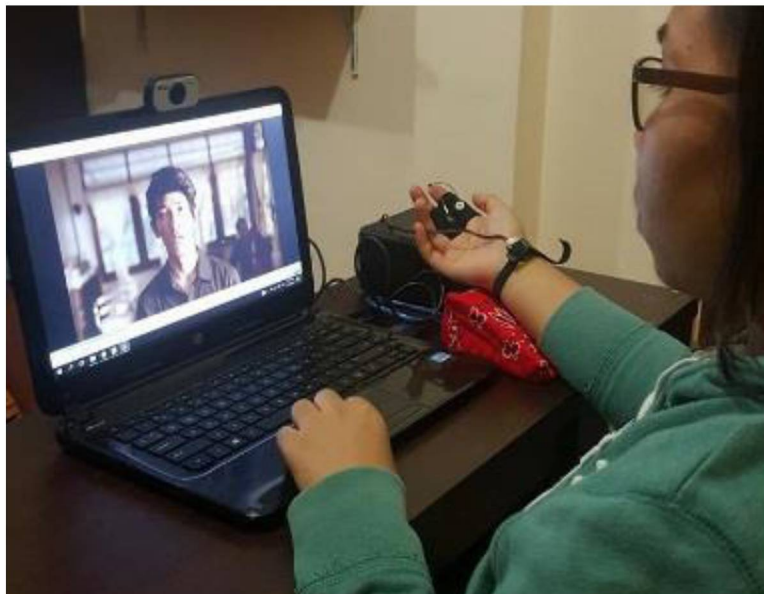
FIGURA 8: Bitalino sensor kit.



FONTE: Site da empresa bitalino no endereço bitalino.com.

Já Balbin et al. 2017 utilizam softwares e hardwares livres em sua pesquisa. Os autores buscam entender as mudanças fisiológicas decorrentes de pessoas que tem PTSD (sigla em inglês para Distúrbio de estresse pós-traumático). Para isso selecionam 10 participantes, 5 com PTSD e 5 sadios, para assistir a um vídeo que provoca emoções de relaxamento, prazer e desprazer. Os dados fisiológicos são capturados com sensores de batimentos cardíacos (HR) e resposta galvânica da pele (GSR) ligados a um Arduino (FIGURA 9), e através do programa PLX-DAQ (uma aplicação com código aberto para Excel) gravam os dados em um arquivo no formato .csv, e utilizam o Google Sheets para analisar os dados. Os autores também utilizam o software livre OpenFace para reconhecimento facial, e através dele conseguem fazer comparações entre a face de prazer e desprazer dos participantes.

FIGURA 9: Uso dos sensores ligados na coleta de dados.



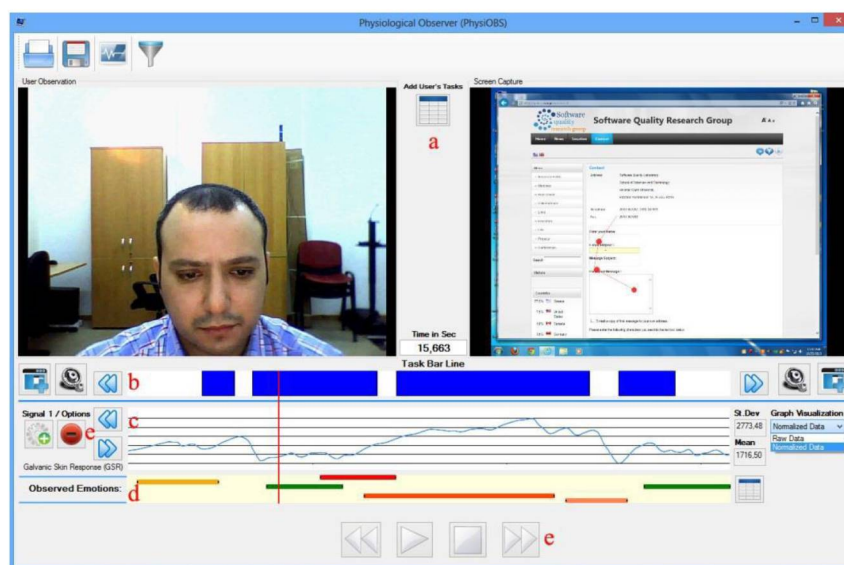
FONTE: Figura 3 (b) do artigo (BALBIN et al., 2017).

A pesquisa que mais se adequa ao nosso escopo é a desenvolvida por Muñoz et al. (2016), nela os autores desenvolvem um jogo em realidade virtual (VR) com o motor gráfico Unity 3D, e através de uma aplicação no próprio motor de jogo conseguem coletar dados fisiológicos dos jogadores e usá-los como input no jogo. Os autores utilizam 3 fontes de dados fisiológicos através de 3 diferentes dispositivos, usam um *smartwatch* (LG G Watch R) para enviar os dados de batimentos cardíacos (HR), um Muse BCI que é um aparelho que mensura o eletroencefalograma (EEG), e o Myo Armband que é um bracelete de antebraço que mensura o eletromiograma (EMG) no local. Esses aparelhos custam, respectivamente: R\$ 1.200,00; R\$ 600,00 e R\$ 750,00; sem contar com os gastos com importação. No entanto, os gastos com o equipamento não são o que valorizamos nesta pesquisa, e sim o compartilhamento do código e um repositório aberto⁶ e a possibilidade de usar outros dispositivos para a mensuração dos dados fisiológicos. Na conclusão do trabalho os autores ainda mencionam a possibilidade de coletar os dados com dispositivos livres como Bitalino e e-Health.

⁶ Link para o repositório <https://github.com/PhysioTools/PhysioVR>

Por outro lado a pesquisa de Liapis e Xenos (2013) e Liapis et al. (2014) é o tipo de pesquisa que mais encontramos, os autores descrevem o desenvolvimento de uma ferramenta para análise de dados fisiológicos e disponibilizam através do link <http://quality.eap.gr/en> mas o repositório não existe. A descrição dos autores sobre a ferramenta é complementar a esta pesquisa, uma vez que a ferramenta nomeada como PhysiOBS (FIGURA 10) dá suporte aos seguintes dados de input: dados fisiológicos, vídeo de *gameplay*, vídeo da webcam e *logs* de Eye track. Dessa forma, a nossa pesquisa poderia se beneficiar da ferramenta PhysiOBS no processo de análise de dados, porém o link para baixar a ferramenta não foi encontrado e os autores não responderam ao e-mail.

FIGURA 10: Layout do software proposto por Liapis et al. (2014).



FONTE: Liapis et al. (2014).

2.3.3 Discussão sobre os exemplos

Vale ressaltar que não encontramos nenhuma ferramenta livre compatível com os requisitos do projeto: ser composta por hardware e software livre, de forma que o projeto elétrico e os códigos fontes estejam disponibilizados em repositório aberto; a ferramenta deve suportar, no mínimo, 3 sensores: batimentos cardíacos, resposta

galvânica da pele e eletromiograma; ter um programa livre para gravação dos dados fisiológicos, captura da tela do computador e da webcam de forma sincronizada. Primeiro fomos em busca de revisões bibliográficas sobre o assunto e encontramos duas (CATECATI et al., 2017; GONÇALVES et al., 2013), verificamos se os estudos selecionados apontavam o uso de alguma ferramenta livre e encontramos os trabalhos de Liapis e Xenos (2013) e Liapis et al. (2014), os quais já descrevemos anteriormente. Para aumentar o escopo, da pesquisa buscamos nas bases de dados Science Direct, SciELO, Scopus e IEEEExplre por trabalhos que desenvolvessem ou usassem ferramentas livres para coleta ou análise de dados, e descrevemos os trabalhos mais relevantes encontrados.

Também verificamos que as ferramentas livres Bitalino, OpenBCI e e-Health (conhecido também como MySignals) foram usadas em pesquisas ou foram mencionadas, porém estas não dão o suporte suficiente para o tipo de pesquisa aqui pretendido. Essas ferramentas dispõem de um hardware de baixo custo e um software aberto ou de acesso gratuito. No entanto, os softwares destes dispositivos não gravam a tela do computador e o vídeo da webcam. Por isso, pesquisas como de Soares et al. (2017) e Mendoza-denton et al. (2017) precisam usar de outros programas para capturar o vídeo do *gameplay* e webcam, e mesmo assim precisam lidar com o problema da sincronização dos dados fisiológicos com os vídeos.

CAPÍTULO 3: MÉTODO

3.1. CARACTERIZAÇÃO

Gil (2008) descreve que a natureza da pesquisa científica pode se apresentar de duas formas: básica (ou pura) e aplicada. As básicas são responsáveis pelo progresso da ciência, sem a preocupação com sua aplicação. Enquanto que, as pesquisas aplicadas, utilizam os conhecimentos provenientes das leis e teorias para a aplicação prática. Sendo o objetivo desta pesquisa mensurar as emoções dos jogadores durante o jogo através de dados fisiológicos, considera-se que a pesquisa aplicada é a que melhor se adequa. E, como forma de abordagem, faz-se necessário utilizar dados quantitativos para avaliar os dados fisiológicos e as ações no jogo. A abordagem dos objetivos de pesquisa é realizada através de duas perspectivas: exploratória, buscando reunir conceitos e abordagens para a coleta e análise dos dados; e descritiva, para que a análise e interpretação dos dados ocorra sem a influência do pesquisador. Como procedimento metodológico é aplicado o *Design Science Research*, com o objetivo de elaboração de um artefato por meio da pesquisa científica (FIGURA 11).

FIGURA 11: Caracterização da pesquisa.



FONTE: Elaborado pelo autor.

A estruturação do método de pesquisa baseou-se no *Design Science Research* ((DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). Este método, lista 5 tipos de artefatos que este método pode gerar: Constructos, Modelos, Métodos, Instanciações e Design

Propositions. March e Smith (1995) descrevem mais profundamente a criação de instanciações por meio do *Design Science Research*. Para os autores, as instanciações são os artefatos que operacionalizam outros artefatos (constructos, modelos e métodos). As instanciações devem informar como implementar ou utilizar determinado artefato e seus possíveis resultados.

Utilizando o método proposto por Manson (2006) (FIGURA 12), é possível notar que a conscientização do problema é sua primeira etapa e foi descrita na introdução desta pesquisa. As sugestões (segunda etapa do método) são tomadas com base nos requisitos do projeto, descritas na Fundamentação. Posteriormente o desenvolvimento compreende o período de programação de software e hardware. A etapa de avaliação aqui compreendida como uma sessão de jogo, pretende testar o instrumento a fim de verificar o funcionamento e formatação dos arquivos para posterior análise. Na conclusão, os resultados serão apresentados através da síntese dos dados coletados, que devem contribuir para a solução do problema apresentado na primeira etapa (Conscientização do problema).

FIGURA 12: Método de Design Science Research de Manson (2006).



FONTE: Dresch, Lacerda e Júnior (2015).

3.2. O PROBLEMA

O problema de pesquisa central é “como coletar dados fisiológicos da interação homem-computador através de ferramentas com baixo custo?”. Para responder esta pergunta de forma apropriada podemos dividi-la em 4 pontos principais: (1) Quais dados fisiológicos queremos coletar? E com quais sensores? (2) Como gravar a interação homem-computador? (3) Como desenvolver uma ferramenta de baixo custo?.

Com base na bibliografia (descrita no capítulo de Fundamentação), os sensores mais utilizados nas pesquisas com dados fisiológicos são: batimentos cardíacos (HR), resposta galvânica da pele (GSR) e eletromiograma (EMG) facial. No entanto, em algumas pesquisas (RAVAJA et al. 2006, TAYLOR et al. 2011, MENDOZA-DENTON et al. 2017 e SOARES et al. 2017) os dados do GSR tem maior impacto na avaliação emocional. Já o EMG facial é mais intrusivo, tendo em vista a necessidade de colocar os eletrodos no rosto do jogador. Por isso, decidimos realizar a coleta de dados apenas com os sensores de HR e GSR, uma vez que estes são menos invasivos e os dados fisiológicos destes dois sensores podem ser relacionados a estados emocionais.

Para avaliar a interação podemos gravar a tela do computador para que o pesquisador possa analisar posteriormente. A fim de promover a triangulação dos dados, o dispositivo deve gravar também o vídeo da face do jogador através de uma webcam posicionada em cima do monitor, para que seja possível verificar as expressões faciais.

É possível desenvolver projetos de baixo custo utilizando plataformas livres. Um grande exemplo é a iniciativa Arduino de hardware livre, esta disponibiliza abertamente os esquemas elétricos das placas e formas de programar. Juntamente com o Arduino existem outras iniciativas que vendem sensores com projetos livres, como é o caso do sensor GSR da Seeed Studio. Estas placas e sensores com projeto livre os torna extremamente baratos, no entanto dificulta a utilização do público leigo em programação e eletrônica.

Sendo assim, decidimos responder à pergunta de pesquisa através do desenvolvimento de uma ferramenta livre, testar e avaliar os resultados que a mesma produz. Dessa forma os requisitos do projeto formaram-se em torno dos requisitos mínimos para alcançar o objetivo de pesquisa.

3.3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Partindo do método abduutivo desenvolvemos hipóteses, sempre buscando uma base científica para esclarecer conhecimentos empíricos. Primeiro buscamos classificar a viabilidade do desenvolvimento de um projeto com hardware livre, que foi suprida de exemplos como as pesquisas de Soares et al. (2017), Muñoz et al. (2016), Imre (2016) e Rego (2014). E, ao verificar o preço dos sensores usados nessas pesquisas, percebemos que os requisitos de baixo custo e hardware livre são claramente satisfatórios. No entanto, não encontramos nenhum software livre que seja capaz de gravar os dados fisiológicos e sincronizar com o vídeo da tela do computador e da webcam.

Por tanto, a nossa solução proposta é: montar um dispositivo de hardware com placas e sensores abertos, desenvolver um software que seja capaz de gravar os dados enviados do dispositivo de hardware, e sincronizar com os vídeos da tela do computador e da webcam. Para tornar esse software livre decidimos compartilhar o código fonte em um repositório aberto como o GitHub.

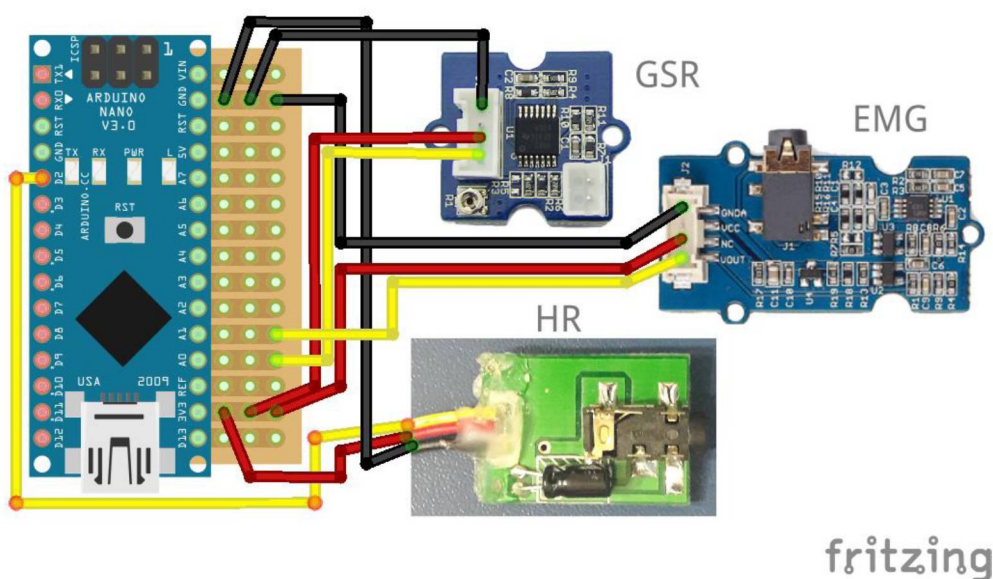
Para verificar a confiabilidade dos dados, seria mais pertinente coletar dados com o dispositivo livre proposto e um ou dois outros dispositivos proprietários, para verificar a relação entre os resultados. No entanto, como essa pesquisa em si precisa ser de baixo custo, iremos relacionar os resultados com outras pesquisas que realizam o mesmo tipo de coleta de dados. Dessa forma, a confiabilidade dos dados será realizada através da comparação de resultados deste estudo com outros do mesmo tipo.

3.3.1. Processo de desenvolvimento

O processo de desenvolvimento das partes de software e hardware ocorreram quase paralelamente, sendo iniciado pelo hardware através da compra e análise das placas Arduino e sensores. Logo no início buscamos uma série de tutoriais sobre o Arduino e o uso dos sensores, a fim de estabelecer a comunicação com o computador.

Utilizamos o Arduino Nano para ligar três sensores: batimentos cardíacos (HR), resposta galvânica da pele (GSR) e eletromiograma (EMG); e realizamos as ligações elétricas (FIGURA 13). Nesse esquema as linhas pretas representam os fios ligados ao GND, as linhas vermelhas os fios ligados a 3V3 (ou 3,3 volts) e as linhas amarelas ligadas nas portas lógicas. Os fios pretos e vermelhos fornecem energia para os sensores, enquanto que os fios amarelos enviam os dados coletados pelos sensores.

FIGURA 13: Ligações elétricas dos sensores no Arduino Nano.



FONTE: Elaborado pelo autor no programa Fritzing.

Neste dispositivo os sensores enviam os sinais para o Arduino, que por sua vez os interpreta e os envia para o computador. Utilizando o software de IDE do Arduino é possível escrever um script que interpreta os sinais dos sensores e os exibe na tela por meio da função Monitor Serial. Dessa forma é possível programar outros programas para receberem os dados enviados pelo Arduino, por exemplo Soares et al. (2017) utilizam o programa Open Signals para ler e gravar os dados do Bitalino. No entanto, em nossa pesquisa utilizamos o software NetBeans com auxílio de bibliotecas específicas para ler e gravar os dados do Arduino, vídeo da tela do computador e da webcam. Decidimos chamar o conjunto, software e hardware, de Physiometrics e disponibilizamos todos os códigos fontes e esquemas de ligação no repositório aberto <https://github.com/victoremmoreira/physiometrics>.

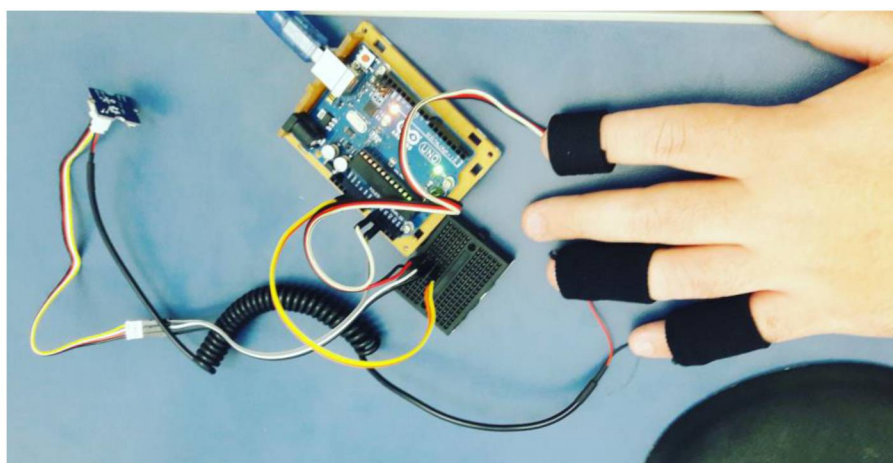
3.3.2. Descrição da utilização do dispositivo

Para usar o dispositivo é necessário instalar no computador os seguintes programas: Arduino IDE⁷, Java SDK⁸ e NetBeans IDE⁹. A seguir dividimos a utilização do dispositivo em duas etapas: Reconhecimento do sistema e Coleta de dados. A primeira etapa, tem o propósito de testar os componentes, nela será necessário apenas o programa Arduino IDE e o código presente no repositório na pasta \Arduino Código.

1º Passo: Reconhecimento do sistema

Antes de começar é necessário que o Arduino e sensores estejam ligados conforme a ligação elétrica na FIGURA 14. Pode-se ainda usar outras placas como o Arduino Uno, como no exemplo da FIGURA 14, verificando se houve mudança nas ligações das portas lógicas.

FIGURA 14: Ligações elétricas dos sensores de HR e GSR no Arduino Uno.



FONTE: Elaborado pelo autor.

⁷ Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

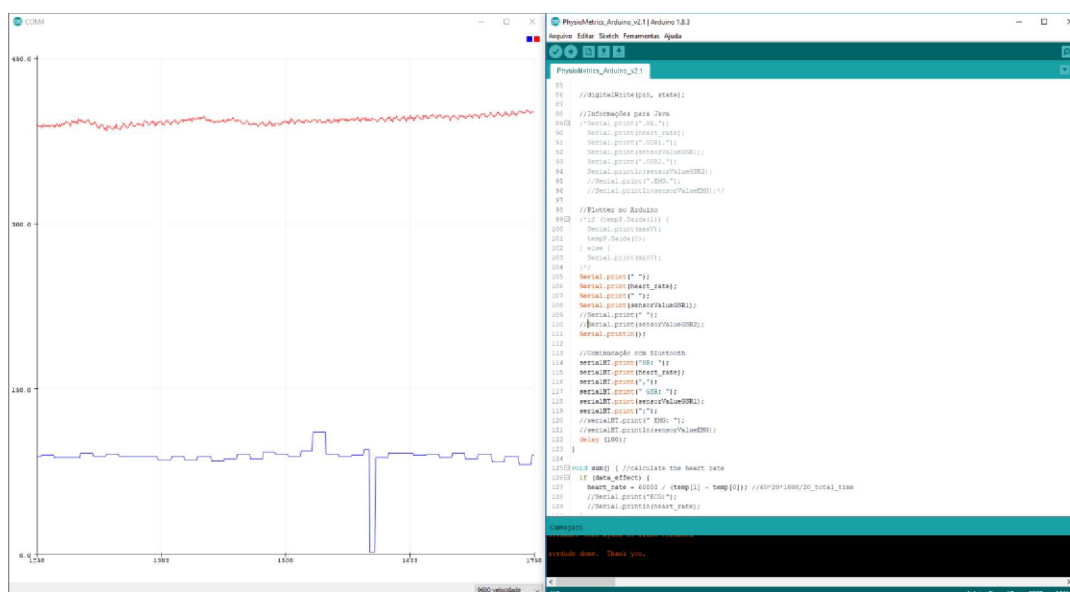
⁸ Disponível em: <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>

⁹ Disponível em: https://netbeans.org/downloads/8.0.1/?pagelang=pt_BR

Após conectar o Arduino ao computador via porta USB, torna-se possível a comunicação Arduino-Computador. Para usar o código que projetamos para o Reconhecimento do Sistema é necessário instalar um complemento no Arduino IDE. Através do link <https://github.com/jrullan/neotimer> é possível baixar o Timer without delay-master, esse complemento fornece a possibilidade de imprimir dados temporais mais exatos. No caso da nossa aplicação iremos imprimir 10 dados por segundo, e por isso usamos esse complemento a fim de tornar os dados mais consistentes temporalmente.

No código para o Arduino programamos duas formas de saída de dados, uma para a aplicação Java (na linha 86) e outra para o Reconhecimento do sistema (na linha 98). Na FIGURA 15 o código do Arduino está do lado direito, nele é possível verificar que as linhas 89 até 96 estão comentadas para que não interfiram na visualização dos dados. Do lado esquerdo da FIGURA 15 está aberto a função Plotter Serial do Arduino IDE, verificamos que o sensor HR em Azul e o GSR em Vermelho. Esse teste preliminar serve para verificar as respostas dos sensores, se algum deles não estiver ligado ou estiver com defeito, será possível verificar esse tipo de erro.

FIGURA 15: Reconhecendo o sistema.

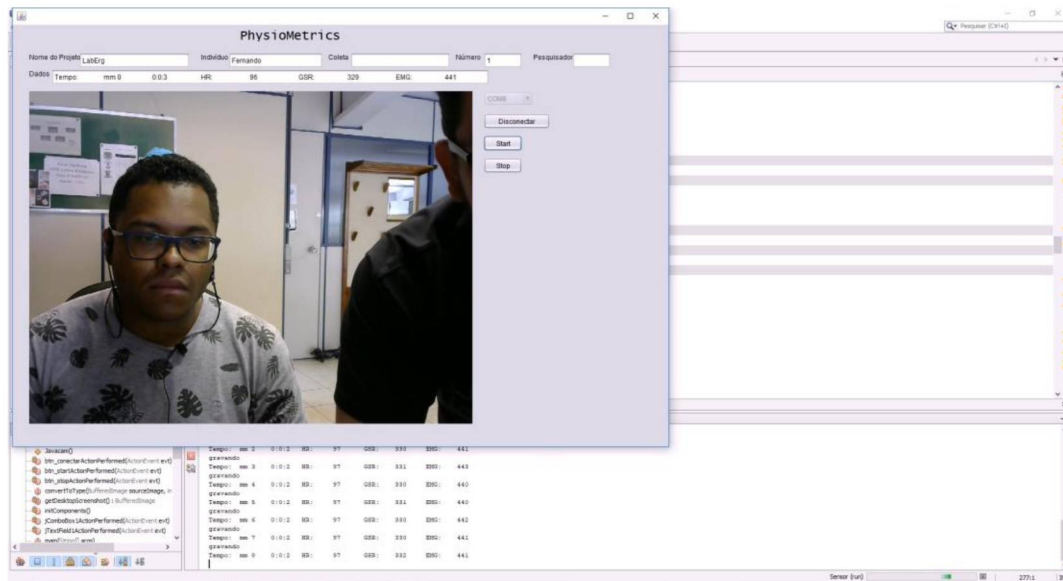


FONTE: Elaborado pelo autor.

2º Passo: Coleta de dados

Antes de começar esse passo, é necessário reenviar o código para o Arduino “Comentando” as impressões para o Plotter do Arduino e “Descomentando” as Informações para o Java. Dentro da pasta do projeto (Programa Java) estão todos os arquivos necessários para executar o programa Physiometrics, que pode ser executado diretamente pelo arquivo Sensor.jar na pasta \dist. Na pasta raiz estão todos os arquivos necessários para abrir o projeto no programa NetBeans. Ao abrir o projeto é necessário importar todas as bibliotecas contidas na pasta \lib, e em Propriedades do Projeto – Executar – Opções de VM, colocar o caminho para a pasta \cv do computador. Ao executar o programa, abre-se a tela ilustrada na FIGURA 16. Essa tela é composta por 3 principais zonas: Na zona superior há um espaço para colocar algumas informações da coleta de dados como: Nome do Projeto, Indivíduo, Coleta, Número e Pesquisador. A baixo, em “Dados”, são exibidos os dados em tempo real vindos dos sensores do Arduino. Na zona central à esquerda é exibido o vídeo da webcam em tempo real. E ao lado direito, alguns comandos para a comunicação Arduino-Computador, o primeiro comando é referente à porta serial que o Arduino está conectado, a segunda Conecta ou Desconecta o recebimento de dados do Arduino, o botão “Start” faz começar o processo de gravação dos dados e o botão “Stop” interrompe a gravação.

FIGURA 16: Execução do programa Physiometrics através do NetBeans.



FONTE: Elaborado pelo autor.

Como resultado são gerados 3 arquivos, um com o vídeo do *gameplay* (ou da tela do computador), um vídeo da webcam e um arquivo .xls com os dados fisiológicos. Os dois vídeos têm a mesma duração e os dados fisiológicos começam a ser gravados no início do vídeo, portanto estes dados estão sincronizados.

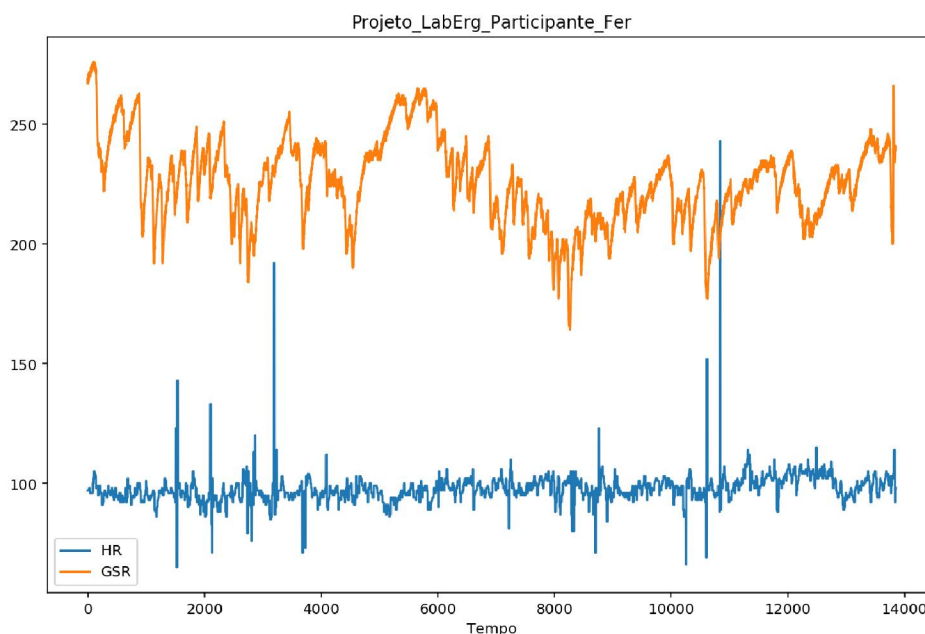
3.3.3. Coleta e avaliação dos dados

Nesta pesquisa iremos explorar a interação humano-computador no âmbito de jogos de computador. Optamos por utilizar o jogo Limbo por ter jogabilidade simples e demonstrar diversos picos de ativação e desativação durante os testes. Este jogo tem uma temática de terror leve, sendo classificado para maiores de 12 anos. Nesse jogo o jogador controla um pequeno garoto e precisa resolver diversos *puzzles*. Convidamos 12 alunos da Graduação e Pós-graduação da Universidade Federal do Paraná a irem até o Laboratório de Ergonomia (LabErg) localizado no Campus Politécnico em Curitiba. Seguindo os critérios estabelecidos pelo Comitê de Ética da UFPR através do processo 00691018.6.0000.0102 e aprovado sobre o parecer 3.140.831.

Os procedimentos de coleta de dados foram os seguintes: (1) explicação sobre do que se trata a pesquisa, os procedimentos, o jogo que irá jogar e os sensores que irá usar; (2) assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1); (3) indicação e colocação dos sensores pelo participante; (4) sessão de jogo e (5) finalização da sessão. O tempo médio de cada sessão foi estipulado em 30 minutos.

O processo de análise começa com a plotagem dos dados do Arduino em um gráfico de linhas. Na FIGURA 17 exemplificamos o gráfico com os dados de batimentos cardíacos (HR) e resposta galvânica da pele (GSR). O gráfico GSR demonstra momentos de ativação e desativação de forma que: quando o gráfico é decrescente significa desativação ou relaxamento e quando o gráfico é crescente significa ativação, e da mesma forma é feita a leitura dos batimentos cardíacos. Portanto, a FIGURA 17 demonstra (em laranja) diversos momentos de ativação e desativação que devem ser analisados juntamente com o vídeo do *gameplay*, sendo possível aferir a emoção do jogador durante a ação no jogo.

FIGURA 17: Plotagem dos dados do Arduino.



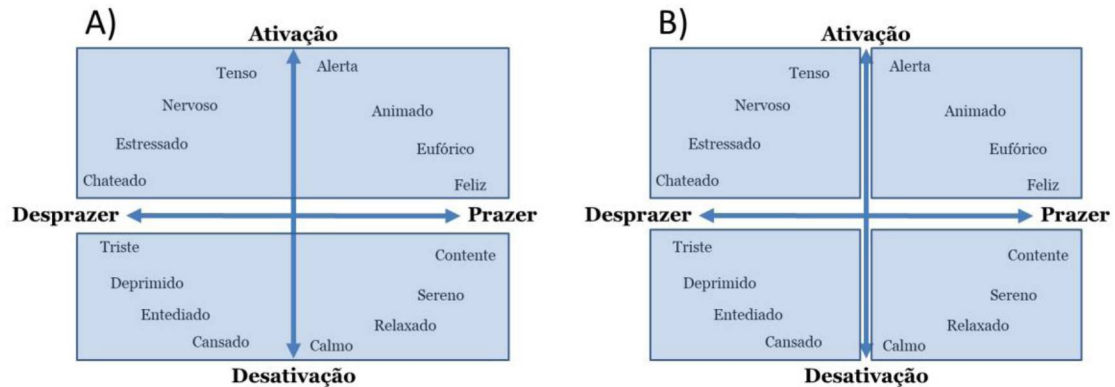
FONTE: Elaborado pelo autor através de Jupyter Notebooks.

Na FIGURA 17 verificamos picos e declínios nos valores do sensor GSR, esta mudança é decorrente das ações que o jogador toma no jogo e, por isso, devem ser analisadas contextualmente. Os estímulos positivos (“felizes” ou “alegres”) ou negativos (“estressado” ou “nervoso”) podem resultar em um aumento da excitação, por consequência, um aumento na condutância da pele. Portanto, o sinal do GSR não é representativo do tipo de emoção, mas da intensidade do mesmo.

Lang (1995) explica que as emoções são melhor classificadas com base em dois componentes inter-relacionados: excitação e valência. A excitação descreve a intensidade de uma emoção sentida, variando de calmo a alerta. Valência identifica a positividade inerente ou negatividade de uma emoção; baixa valência está associada a emoções desagradáveis como tristeza ou nervosismo, enquanto felicidade e serenidade são exemplos de emoções com altas valências (LANEA et al., 1999). Para descrever com precisão um estado emocional, é preciso identificar tanto a excitação quanto a valência da emoção sentida. Existe uma relação entre os dois conceitos de tal forma que diferentes combinações de valência e excitação produzem diferentes emoções.

Para relacionar os dados fisiológicos com as emoções pode-se aplicar o modelo *Fuzzy logic*. Mandryk e Atkins (2007) descrevem a aplicação do modelo *Fuzzy logic* no contexto de análise emocional de jogadores de videogame. O modelo indica que quando o gráfico do GSR é crescente, este é indicativo de excitação ou ativação; e quando o gráfico GSR é decrescente, este é um indicativo de desativação. Porém, para definir exatamente o quadrante emocional é necessário mais uma fonte de dados. Na FIGURA 18, modelo circumplexo de emoções de Russell (1980), podemos verificar que a ativação pode variar entre Prazer e Desprezer assim como a desativação (FIGURA 18A). Por tanto, no modelo *Fuzzy logic* Mandryk e Atkins (2007) utilizam um eletromiograma (EMG) facial para definir os valores da valência que indicam os valores entre agradável e desagradável (FIGURA 18B).

FIGURA 18: Áreas emocionais reconhecíveis com dois e três sensores.



FONTE: Modelo Circumplexo de Russell (1980), traduzido para o português pelo autor.

Como nesta pesquisa não utilizamos o sensor EMG facial, não será possível definir exatamente qual emoção o jogador está sentindo. Com os dados de GSR e HR desta pesquisa será possível definir se jogador está em estados de ativação ou desativação. No entanto, o vídeo da webcam com as expressões faciais do jogador pode expressar as informações necessárias para a valência. Usando software como Emotion API¹⁰ da Microsoft Azure é possível aferir emoções faciais dos jogadores e relacionar com os dados fisiológicos. Porém, nesta pesquisa não utilizaremos a análise facial dos participantes, focando a análise dos dados apenas nos dados fisiológicos.

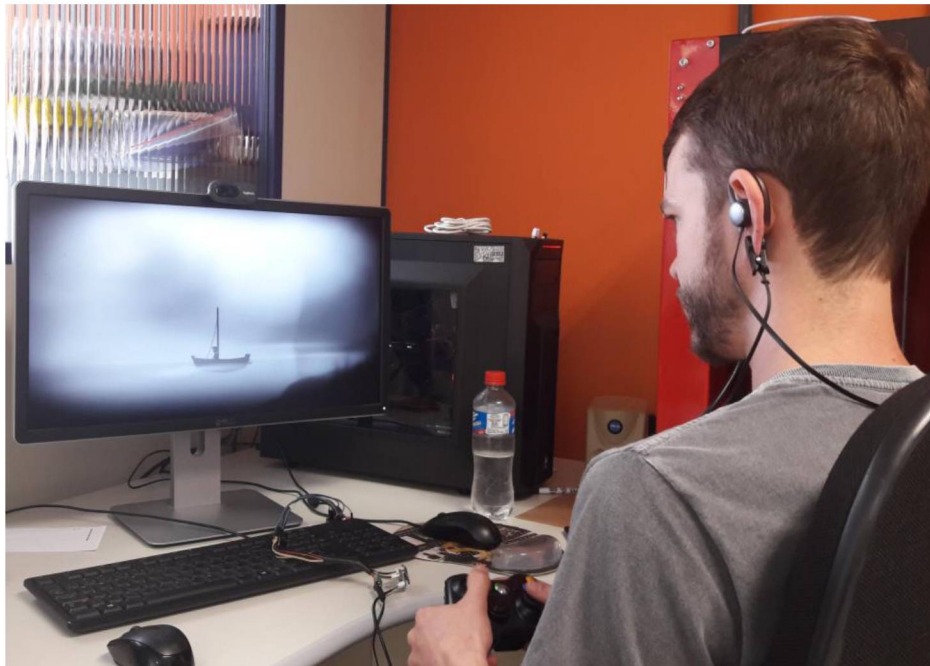
¹⁰ Site do programa <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/cognitive-services/emotion/>

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. LOCAL E PARTICIPANTES

Participaram da pesquisa 12 pessoas, 7 homens e 5 mulheres, com idade média de 27 anos. Eles jogaram o jogo *Limbo* por no mínimo 30 minutos, mas algumas jogaram até quase uma hora requisitando saber o que aconteceria com o personagem do jogo. Utilizamos um computador *Gamer*, com hardware capaz de executar jogos atuais. Os participantes colocaram os sensores de GSR preferencialmente nos dedos anelar e mindinho, o sensor HR na orelha, fones de ouvido *bluetooth* e controlavam o jogo com um *Joystick* sem fio (FIGURA 19).

FIGURA 19: Setup da sessão de jogo no Laboratório de Ergonomia – UFPR.



FONTE: Elaborado pelo autor.

Uma importante limitação deste dispositivo é o fato dos sensores de GSR serem colocados nos dedos, por isso utilizamos um joystick para controlar o jogo. Durante a fase de desenvolvimento e testes com os sensores, os pesquisadores notaram a dificuldade de movimentação usando o teclado e mouse. Esta limitação restringe a

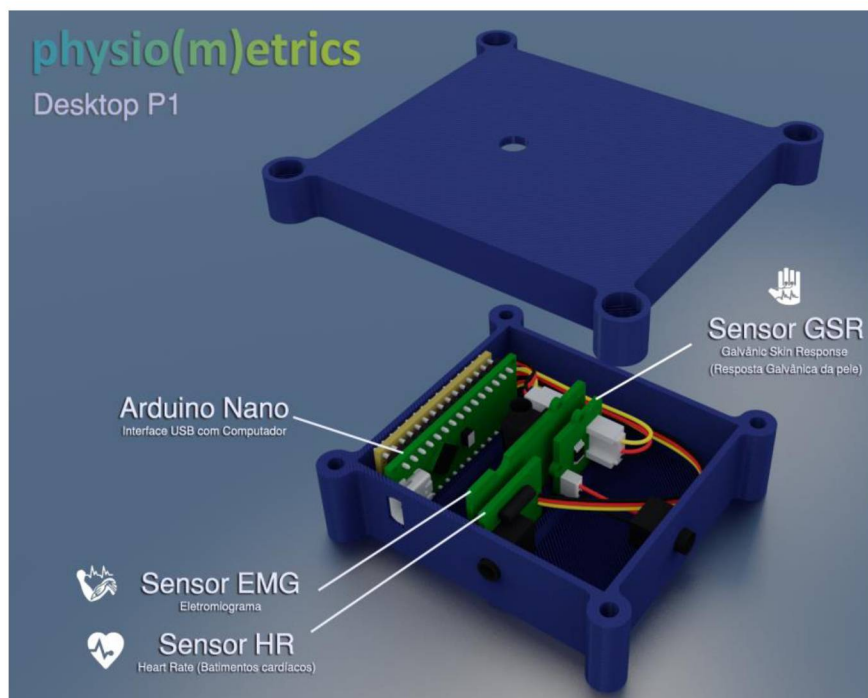
utilização de determinados jogos e a jogadores que tem habilidades em manusear um joystick.

A coleta de dados ocorreu no Laboratório de Ergonomia e Usabilidade no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná. Ao todo, coletamos cerca de 480 minutos ou 8 horas de vídeos de *gameplay* para analisar, que foram arquivados no computador da universidade e em outros dois backups dos pesquisadores. Sempre no final de cada coleta de dados os autores verificavam se que os arquivos estão consistentes, se o vídeo do *gameplay*, da webcam e dos dados fisiológicos estavam corretos.

4.2. DISPOSITIVO COMPACTO

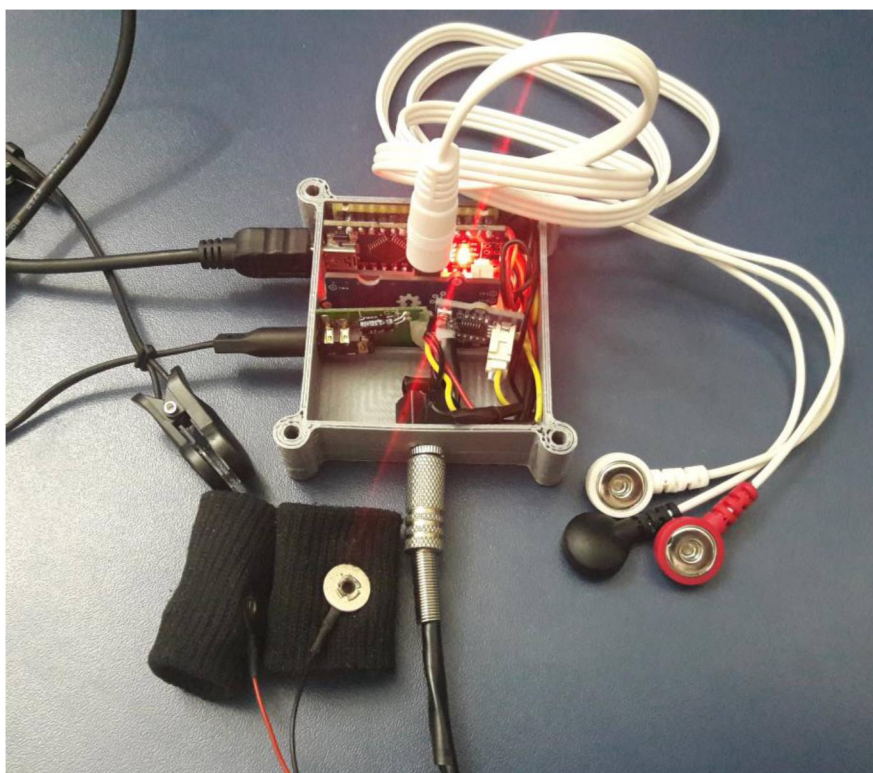
No início da coleta de dados com os usuários utilizamos um protótipo rústico do dispositivo, composto por fios à amostra envolvidos por fita isolante e placas de circuito também amostra. Com ajuda de um estudante da graduação em Engenharia Mecânica da UFPR, Flávio Seiji, desenvolvemos uma carcaça de cobertura para o dispositivo, com o objetivo de melhorar a aparência, auxiliar o transporte, uso e durabilidade do dispositivo. A carcaça do dispositivo foi desenvolvida com o programa de modelagem Blender 3D (FIGURA 20) e produzida em uma impressora 3D. A carcaça foi projetada para comportar a placa do Arduino Nano, os três sensores (HR, GSR e EMG) (FIGURA 21). Para o sensor GSR fizemos uma adaptação com *plug jack* P2, essa adaptação propicia a durabilidade e uso do sensor, uma vez que o *plug* entre sensor e placa é mais frágil que os outros dois sensores. A carcaça para o dispositivo auxiliou o processo de coleta de dados, facilitando o transporte e montagem no ambiente (FIGURA 22).

FIGURA 20: Protótipo modelado em Blender 3D.



FONTE: Elaborado pelo autor com auxílio de Flávio Seiji.

FIGURA 21: Dispositivo com os 3 sensores ligados.



FONTE: Elaborado pelo autor.

FIGURA 22: Dispositivo durante a coleta de dados.

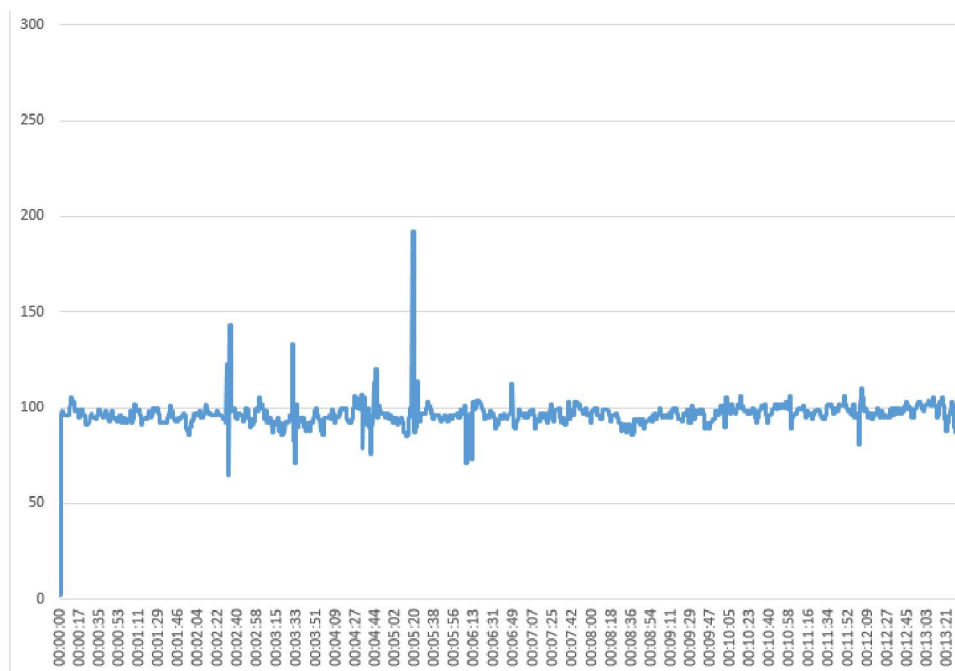


FONTE: Elaborado pelo autor.

4.3. ERROS NOS DADOS

A análise preliminar revelou alguns erros nos dados coletados. A FIGURA 23 demonstra alguns erros corriqueiros em todas as coletas de dados. No início, o sensor de batimentos cardíacos retorna o valor (2) fazendo o gráfico mostrar um aumento repentino no início da coleta. Durante as medições o sensor de HR retorna algumas medidas erradas dando a entender um aumento e diminuição repentina dos batimentos cardíacos através de picos no gráfico. Portanto, é aconselhável realizar uma avaliação comparativa entre este e outros sensores, a fim de verificar se o problema é no sensor ou em outro componente.

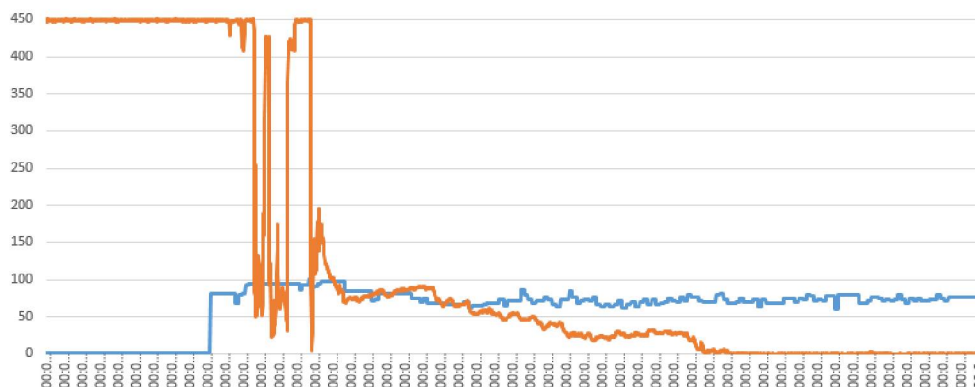
FIGURA 23: Erros em algumas medições do sensor de batimentos cardíacos.



FONTE: Elaborado pelo autor.

Verificamos que em uma sessão de jogo os dados do GSR estavam errados, na FIGURA 24 é possível perceber que os dados do GSR (em laranja) não se apresentam como o habitual. Essa alteração deve-se a temperatura no Laboratório, neste dia em particular a temperatura em Curitiba-PR estava acima do normal, por volta de 35°C. Logo após a sessão de jogo, o pesquisador verificou essa disparidade nos dados e perguntou para o participante se ele estava com as mãos suadas e ele respondeu que sim. Por tanto, verificamos que essa alteração nos dados se deve a sudorese excessiva nas mãos.

FIGURA 24: Dados com erros devido a suor excessivo nas mãos.

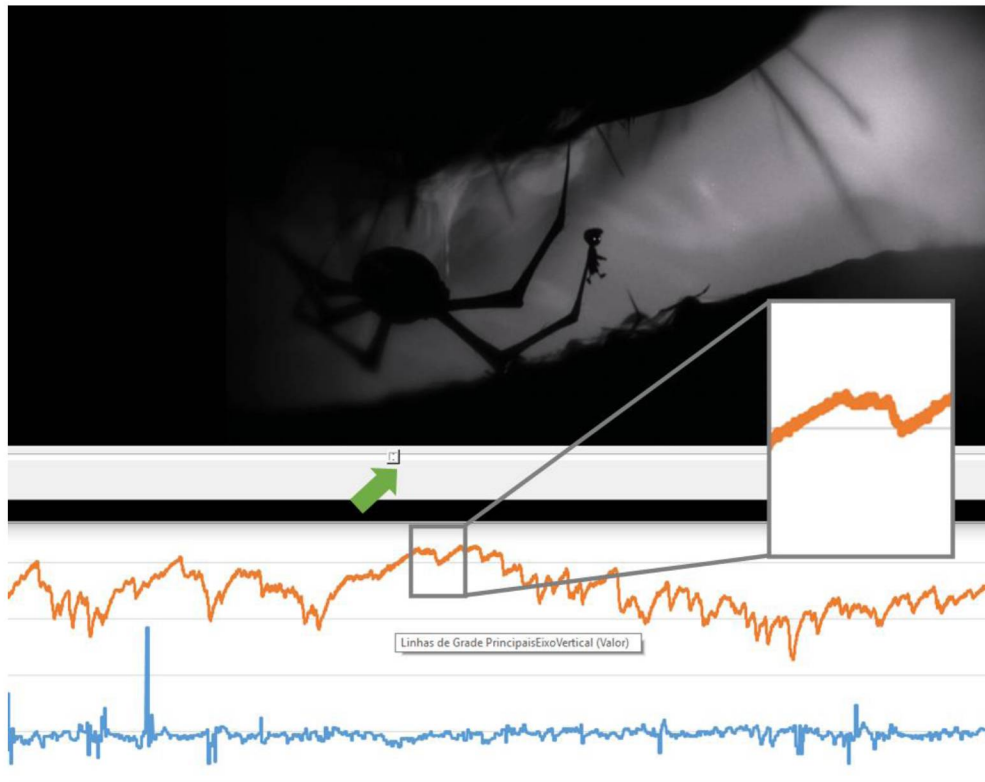


FONTE: Elaborado pelo autor.

4.4. CURVAS EMOCIONAIS

Através da verificação dos dados é possível iniciar a análise do vídeo do *gameplay*. Na FIGURA 25 plotamos o gráfico com o tempo total da coleta de dados e, em cima, ajustamos o vídeo do *gameplay* para que as linhas do tempo coincidissem. No tempo 08:39 (indicado pela seta em verde) na FIGURA 25 acontece um evento particular no jogo, o personagem do jogo fica preso na teia de aranha e o jogador não pode fazer nada para fugir. Neste momento é possível perceber a tensão aumentando através do gráfico da GSR, mas o ápice acontece pouco tempo depois. Esse deslocamento acontece por que estas respostas fisiológicas não são instantâneas. Stern, Ray e Quigley (2001) explicam que as respostas podem acontecer entre 1 e 3 segundos após o estímulo, e tanto a magnitude da onda quanto seu intervalo de tempo em relação ao estímulo, dependem do nível de reatividade do indivíduo.

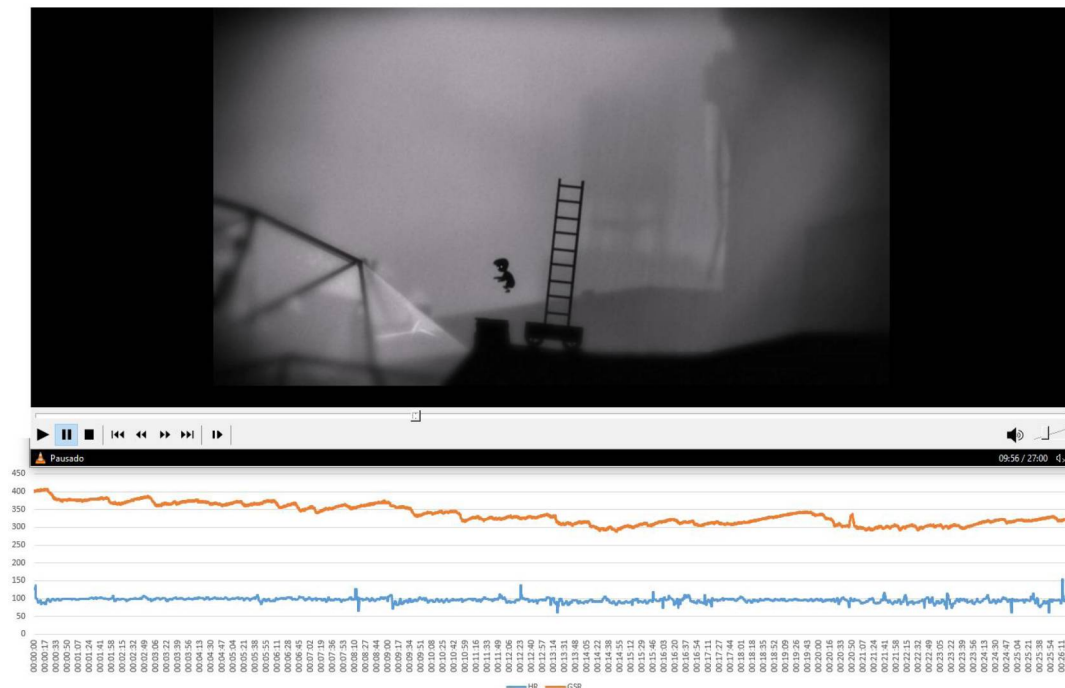
FIGURA 25: Ativação decorrente da situação de fragilidade do personagem.



FONTE: Elaborado pelo autor.

A FIGURA 26 demonstra uma sequência de erros sucessivos ao tentar resolver o *puzzle*. Neste momento o jogador deve fazer a escada com rodinhas descer uma pequena inclinação, subir na escada enquanto ela anda e pular no momento exato que ela chega na barricada. Ao tentar diversas vezes resolver este *puzzle* é possível perceber uma diminuição gradativa da GSR, isso indica a desativação, que pode levar ao relaxamento ou a tristeza (veja o modelo circumplexo de emoções de Russell na FIGURA 18A).

FIGURA 26: Sequência de erros ao resolver o puzzle demonstra a diminuição da GSR.

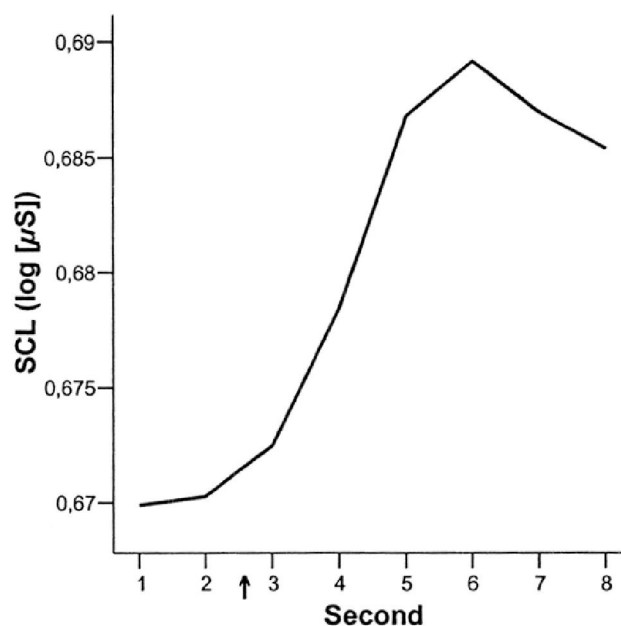


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5. COMPARAÇÃO A OUTROS ESTUDOS

Ravaja et al. (2006) demonstram a curva de ativação durante o evento do jogo (FIGURA 27). Os autores descrevem que nos pontos 1, 2 e 3 demonstram o aumento do nível de condutância da pele (SCL), isto significa aumento da excitação em resposta ao evento *Fall*. Este evento tem o pico de ativação em 6 segundos, 4 segundos após o início.

FIGURA 27: Gráfico da variação SCL durante o evento *Fall*.

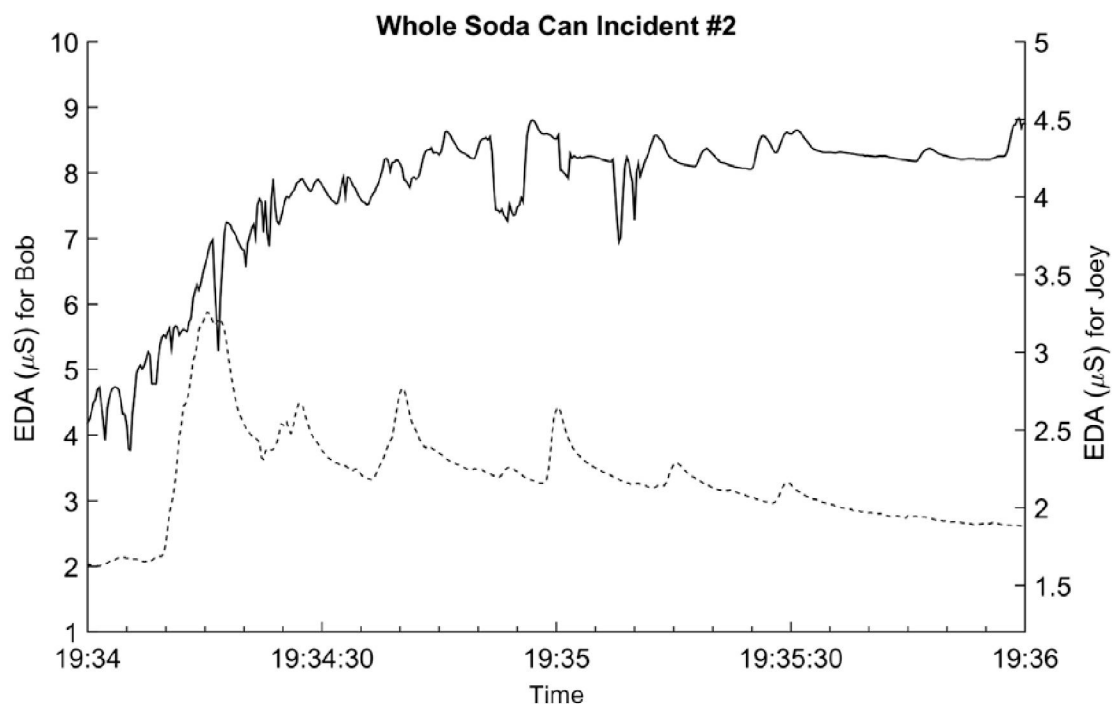


FONTE: Ravaja et al. (2006)

Ao compararmos a FIGURA 27 com a FIGURA 25 (da nossa coleta de dados) é possível perceber que as curvas dos gráficos são semelhantes. Em ambos os momentos os jogadores estão em uma situação de atenção fazendo o nível de SCL subir. Por tanto, nesse caso o dispositivo Physiometrics apresenta a variação de SCL semelhante ou dispositivo Psylab Model SC5 (analisado com o software Psylab7) usando na pesquisa de Ravaja et al. (2006).

Mendoza-denton et al. (2017) descrevem o uso do GSR em relação a ações dos jogadores no jogo e fora dele. Os autores coletam os dados da variação de GSR de dois jogadores em um grupo de 4 jogadores jogando um jogo competitivo, descrevem a ativação do jogador Bob (linha sólida) em comparação com o jogador Joey (linha tracejada) (FIGURA 28), e explicam que nesse momento o jogador Bob faz comentários de cunho sexual sobre o jogo, no entanto, o jogador Joey não dá muita atenção a esses comentários e foca no jogo.

FIGURA 28: Gráfico da variação de GSR dos jogadores Bob e Joey.

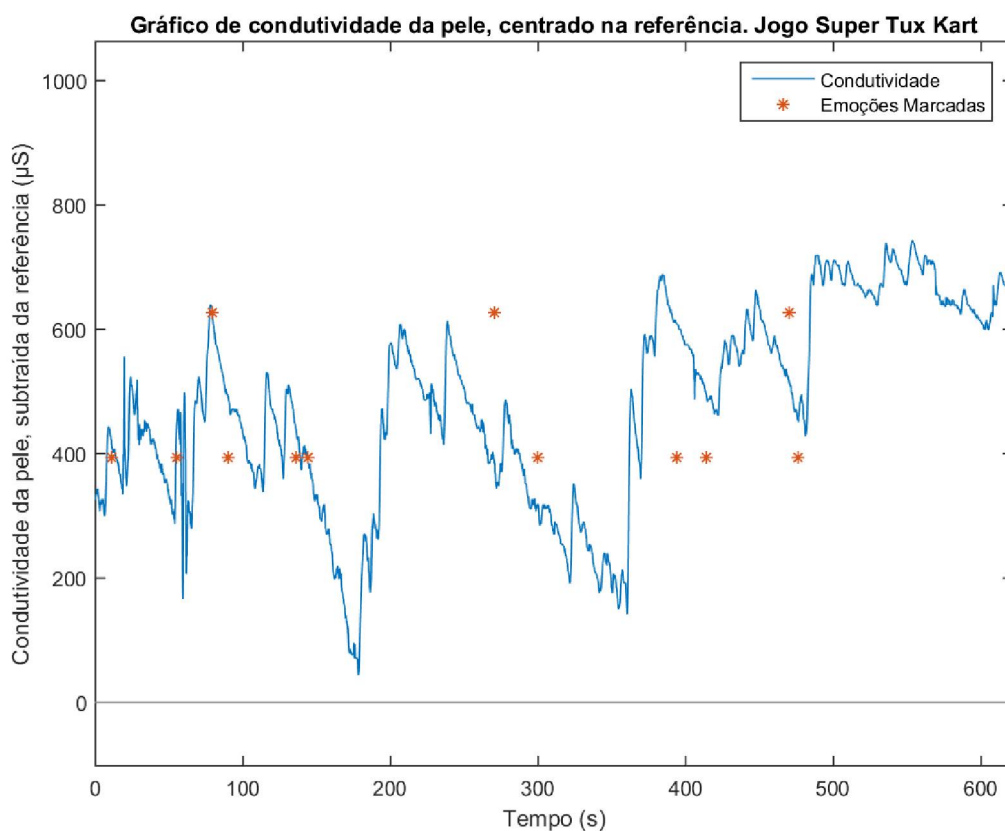


FONTE: Mendoza-denton et al. (2017).

Ao verificar as ações dos jogadores da FIGURA 28 e comparar com os acontecimentos das FIGURAS 25 e 26 (da nossa coleta de dados), é possível perceber uma relação de ativação e desativação. Na FIGURA 25 demonstramos a curva crescente simbolizando a ativação, isso também é perceptível na FIGURA 28 com a ativação do jogador Bob. Na FIGURA 26 é onde verificamos a diminuição gradativa do GSR ao decorrer de diversas tentativas fracassadas, a FIGURA 28 demonstra a concentração do jogador Joey ao dar atenção ao jogo e não às piadas de Bob.

Na pesquisa de Soares et al. (2017) os autores fazem uma série de marcações no gráfico de GSR ao longo da linha do tempo. Na FIGURA 29 verificamos um exemplo da análise dos autores, este tipo de marcação é útil para delimitar determinadas ações no jogo e analisar como o jogador reagiu fisiologicamente a essa ação. Nesse gráfico vemos picos e declínios da condutividade da pele, semelhante ao gerado pelo nosso dispositivo na FIGURA 25.

FIGURA 29: Exemplo de análise de variação de GSR durante o Jogo.



FONTE: Soares et al. (2017)

Através dessas análises verificamos que, ao relacionar os dados coletados pelo sensor Physiometrics com as ferramentas proprietárias e livres, há uma equivalência nos dados. De forma que a plotagem dos dados dos sensores analisados perante a ações de jogo, revelam variações emocionais assim como os estudos relacionados. Nesse sentido, a ferramenta Physiometrics pode ser usada como uma alternativa para a coleta de dados fisiológicos, com o diferencial de promover menor custo para a pesquisa e a produção das ferramentas necessárias pelos próprios pesquisadores.

4.6. CRÍTICA A ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados foi realizada da seguinte forma: (1) verificamos se os dados estavam com erros, nesse momento analisamos todos os dados fisiológicos contidos no arquivo .xls, assistimos ao vídeo de *gameplay* buscando verificar se tempo total coincidia com os dados fisiológicos; (2) analisamos as mudanças fisiológicas, ao plotar os dados marcamos na linha do tempo os momentos de picos e declínios; (3) analisamos o *gameplay* através dos dados fisiológicos, assistíamos o vídeo inteiro do *gameplay* buscando verificar as ações dos jogadores que levaram as mudanças fisiológicas. Esta análise de dados foi longa devido a forma como foi conduzida, uma vez que não usamos nenhum programa para auxiliar a análise de dados, foi preciso fazer todo o processo através de anotações, gravação de vídeos com os gráficos da mudança fisiológica e revisão dos achados.

Usar somente um jogo ajudou no processo de análise de dados, uma vez que já era sabido pelo pesquisador onde determinados eventos aconteceriam. E apesar de não ser usual, o nosso layout de análise de dados (exemplos nas FIGURA 25 e 26), com o vídeo sendo executado em cima e o gráfico dos sensores em baixo (com o mesmo tamanho da linha do tempo do vídeo), foi suficiente para a análise pretendida. Isto favoreceu a análise de dados, uma vez que em poucos minutos já era possível ler os dados emocionais e entender a qual ação do jogo estava atrelada.

Durante a fase de desenvolvimento da ferramenta os autores testaram a coleta de dados usando diversos jogos como: DOTA 2, Overwatch, Horizon Chase Turbo, Portal 2 e XCOM 2. Foi durante estes testes que verificamos as dificuldades em usar o teclado e mouse usando o sensor de GSR nos dedos. Durante os testes verificamos mudanças de batimentos cardíacos principalmente em jogos com mais ação, com DOTA 2, Overwatch e Horizon Chase Turbo. Por isso, em todas as sessões com o jogo Limbo não verificamos mudança significativa na frequência cardíaca (HR), fazendo com que essa medida fosse quase desprezada durante as análises. Fatos semelhantes a estes podem ser observados em Soares et al. (2017), Mendoza-denton et al. (2017), Mandryk et al. (2016). No entanto, a informação cardíaca não é desprezível no contexto dessa pesquisa, mas sim deveria ter sido analisada com o intervalo entre os batimentos ou IBI¹¹. Ravaja et al. (2006) é um exemplo de pesquisa que usou essa medida fisiológica

¹¹ Sigla em inglês para *inter beat interval*

na coleta de dados, e desta forma incluíram a análise dos intervalos de batimentos cardíacos por ações no jogo.

4.7. OPEN SOURCE SOFTWARE

Transparência, abertura e reprodutibilidade são reconhecidas como características da ciência (MIGUEL et al. 2014). Diversas pesquisas precisam de ferramentas para coletar, analisar ou sintetizar dados porém, o alto custo dos equipamentos pode impossibilitar uma pesquisa (PEARCE, 2012). Neste contexto, é de suma importância a criação de ferramentas científicas de baixo custo, e exercendo as funções de *Open-Source Hardware*, muitos pesquisadores e entidades de pesquisa podem se beneficiar dos conceitos da ciência aberta (NOSEK et al. 2015). É com esta perspectiva que essa pesquisa foi projetada, desenvolver uma ferramenta livre, de baixo custo e com isso chegar a resultados semelhantes das ferramentas proprietárias.

Todos os sensores e placas usadas na versão final do dispositivo Physiometrics foram importadas, todos os sensores foram comprados através do site seedstudio.com, e o Arduino Nano em um site chinês. O custo da compra de todos os sensores e do Arduino Nano não passa de US\$ 48,00 ou R\$ 176,88 (na cotação US\$ 1,00 = R\$ 3,68). Mas os gastos com a pesquisa foram bem maiores do que estes, os autores tiveram diversos problemas com sensores defeituosos, rompimento de cabo e até queima de placas de sensores. Por isso, esperamos que o compartilhamento do projeto do dispositivo possa assegurar o requisito de baixo custo. Com o compartilhamento no repositório aberto, esperamos favorecer o uso desta ferramenta por outros pesquisadores, reproduzir a pesquisa em outros ambientes e contextos, incentivar o melhoramento e contribuição para o aperfeiçoamento da ferramenta.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

Para avaliar o impacto emocional que um jogo pode causar no jogador podemos fazer uma entrevista, preencher um questionário, observar ou coletar as mudanças fisiológicas. Quando estamos imersos no jogo e entramos em um estado de *Flow* (CSIKSZENTMIHALYI, 1997) nossa atenção e concentração aumentam (TSAI et al., 2016), e através da mensuração das mudanças fisiológicas do jogador, é possível classificar quais elementos de jogo causam determinadas emoções. É através destas informações os desenvolvedores podem fazer melhorias no jogo, como exemplifica Ambinder (2011) fazendo mudanças no jogo *Left 4 Dead 2*.

No entanto, as pesquisas com sensores fisiológicos têm um alto custo financeiro, e em pesquisas sem financiamento torna custoso para pesquisador arcar com a compra destas ferramentas. Por isso, esta pesquisa destinou-se a desenvolver um dispositivo de baixo custo, com o objetivo de viabilizar o uso dessas ferramentas em pesquisas com pouco ou sem financiamento. Recorrendo aos princípios do campo *Open Source Hardware*, desenvolvemos e compartilhamos o projeto, código e método de uso.

Este dispositivo aqui proposto pode ajudar pesquisadores com pouco recurso financeiro a realizar pesquisas na área de design emocional e GUR. A forma como esta ferramenta foi concebida, possibilita a outros pesquisadores contribuírem para o aperfeiçoamento, tanto do programa (Physiometrics) como do dispositivo de coleta (hardware com Arduino). Por isso, neste trabalho buscamos descrever o processo de desenvolvimento, as possíveis estratégias de análise de dados e as limitações do dispositivo.

Ao analisar os dados da pesquisa preliminar, verificamos a precisão dos dados na forma que condizem com as ações no *gameplay*. Comparamos os gráficos e valores obtidos na coleta de dados com os trabalhos de Ravaja et al. (2006), Soares et al. (2017) e Mendoza-denton et al. (2017). Verificamos que os dados coletados e analisados com o dispositivo Physiometrics é comparável aos resultados obtidos com dispositivos proprietários (RAVAJA et al., 2006; MENDOZA-DENTON et al., 2017) e livre (SOARES et al., 2017). Consideramos que atingimos todos os pontos do objetivo proposto, desenvolver uma ferramenta com software e hardware livre, de baixo custo e com precisão razoável.

Na avaliação final do dispositivo verificamos a necessidade de aprimorar alguns pontos no sistema como: melhoramento da interface do software; desenvolver tutoriais em vídeo ensinando a criar, usar e analisar os dados com o dispositivo *physiometrics* e desenvolver um sistema para o suporte da análise de dados. No entanto, todos estes pontos podem compor um novo ciclo de desenvolvimento onde a partir das conclusões geram-se novos objetivos, corroborando para o fluxo do conhecimento (DRESCH et al., 2015) (veja FIGURA 12).

REFERÊNCIAS

- AMBINDER, M. Biofeedback in gameplay: How valve measures physiology to enhance gaming experience. **Game Developers Conference**, 2011.
- BALBIN, J. R. et al. Development of Scientific System for Assessment of Physiological Sensors and Feature Extraction for Emotional State Analysis. **2017IEEE 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)**, p. 1–6, dez. 2017.
- BARTLE, R. Players Who Suit MUDs. **Journal of MUD research**, p. 1, 1996.
- CATECATI, T. et al. MEDINDO A EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO POR MEIO DE SINAIS PSICOFISIOLÓGICOS. **Revista Ergodesign&HCI**, v. 5, n. especial, p. 142–152, 2017.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos**. Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. **Anais...**Porto Alegre - RS: 2011Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/9149.pdf>>%5Cn<http://gabriel.eloquium.com.br/wp-content/uploads/2015/03/Roteiro-para-revisão-bibliográfica-sistemática-aplicação-no-desenvolvimento-de-produtos-e-gerenciamento-de-projetos.pdf>>
- CSIKSZENTMIHALYI, M. **Finding Flow: The Psychology of Engagement with Everyday Life**. New York, NY: BasicBooks, 1997.
- DAMÁSIO, A. **O Erro de Descartes: Emoção, razão e o cérebro humano**. São Paulo - SP: Companhia das Letras, 2012.
- DEMIR, E.; DESMET, P.; HEKKERT, P. Appraisal Patterns of Emotions in Human-Product Interaction. **International Journal of Design**, v. 3, n. 2, p. 41–51, 2009.
- DESMET, P. **Designing Emotions**. [s.l.] Delft University of Technolog, 2002.
- DESMET, P. **Product emotion**. [s.l.: s.n.].
- DESMET, P.; HEKKERT, P. Framework of Product Experience. **International Journal of Design**, v. 1, n. 1, p. 57–66, 2007.
- DESMET, P.; OVERBEEKE, C. J.; TAX, S. J. E. T. Designing Products with Added Emotional Value: Development and Appllcation of an Approach for Research Through Design. **The Design Journal**, v. 4, n. 1, p. 32–47, 2001.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre - RS: Bookman, 2015.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º ed. São Paulo - SP: Atlas, 2008.
- GONÇALVES, V. P. et al. Emoções na Interação Humano-Computador: Um Estudo Considerando Sensores. **IHC'13, Brazilian Symposium on Human Factors in Computing**

Systems, n. April 2018, p. 252–255, 2013.

HODENT, C. **The Gamer's Brain: How Neuroscience and UX Can Impact Video Game Design**. [s.l.] CRC Press, 2017.

IMRE, D. **Real-time Analysis of Skin Conductance for Affective Dynamic Difficulty Adjustment in Video Games**. [s.l.] Algoma University, 2016.

JÄRVINEN, A. **Games without Frontiers: Theories and Methods for Game Studies and Design**. [s.l.: s.n.]. v. 7

JORDAN, P. W. **Designing Pleasurable Products: An introduction to the new human factors**. Philadelphia - PA: Taylor & Francis, 2000.

LANEA, R. D.; CHUAA, P. M.-L.; DOLANA, R. J. Common effects of emotional valence, arousal and attention on neural activation during visual processing of pictures. **Neuropsychologia**, v. 37, n. 0, p. 989–997, 1999.

LANG, P. J. The Emotion Probe: Studies of Motivation and Attention. **American Psychologist Association**, v. 50, n. 5, p. 372–385, 1995.

LAZARUS, R. S. **Emotion and adaptation**. [s.l.] Oxford University Press, 1991.

LAZZARO, N. Why We Play Games: Four Keys to More Emotion in Player Experiences. **Proceedings of GDC**, v. 306, p. 1–8, 2004.

LIAPIS, A. et al. Evaluating User's Emotional Experience in HCI: the PhysiOBS Approach. **International Conference on Human-Computer Interaction**, p. 758–767, 2014.

LIAPIS, A.; XENOS, M. The physiological measurements as a critical indicator in users' experience evaluation. **Proceedings of the 17th Panhellenic Conference on Informatics - PCI '13**, n. May 2014, 2013.

LOBEL, A. et al. Designing and Utilizing Biofeedback Games for Emotion Regulation. **Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '16**, p. 1945–1951, 2016.

MANDRYK, R. Physiological Measures for Game Evaluation. In: **Game Usability: Advice from the Experts for Advancing the Player Experience**. [s.l.] Elsevier, 2008. p. 207–235.

MANDRYK, R. L. et al. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. v. 3001, n. November, 2016.

MANDRYK, R. L.; ATKINS, M. S. A fuzzy physiological approach for continuously modeling emotion during interaction with play technologies. **International Journal of Human Computer Studies**, v. 65, n. 4, p. 329–347, 2007.

MANDRYK, R. L.; INKPEN, K. M.; CALVERT, T. W. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. **Behaviour & Information Technology**, v. 25, n. 2, p. 141–158, 2005.

MANDRYK, R. L.; NACKE, L. E. Biometrics in Gaming and Entertainment Technologies. In: **Biometrics in a Data Driven World Trends, Technologies, and Challenges**. New York: CRC Press, 2016. p. 191–224.

MANSON, N. Is operations research really research? **ORiON**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MENDOZA-DENTON, N. et al. Gender, electrodermal activity, and videogames: Adding a psychophysiological dimension to sociolinguistic methods. **Journal of Sociolinguistics**, v. 21, n. 4, p. 547–575, 2017.

MIGUEL, E.; CAMERER, C.; CASEY, K.; COHEN, J.; ESTERLING, K.M.; GERBER, A.; GLENNERSTER, R.; GREEN, D.P.; HUMPHREYS, M.; IMBENS, G.; LAITIN, D.; MADON, T.; NELSON, L.; NOSEK, B.A.; PETERSEN, M.; SEDLMAYR, R.; SIMMONS, J.P.; SIMONSOHN, U., VAN DER LAAN, M. Promoting Transparency in Social Science Research. **Science**, v. 343, n. 6166, p. 30–32, 2014.

MIGUEL, E. et al. Promoting Transparency in Social Science Research. **Science**, v. 343, n. 6166, p. 30–32, 2014.

MUÑOZ, J. E. et al. PhysioVR: A Novel Mobile Virtual Reality Framework for Physiological Computing. **2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)**, p. 1–6, 2016.

NOGUEIRA, P. A. et al. An annotation tool for automatically triangulating individuals' psychophysiological emotional reactions to digital media stimuli. **Entertainment Computing**, v. 9–10, p. 19–27, 2015.

NOSEK, B. A. et al. Promoting an open research culture. **Science**, v. 348, n. 6245, p. 1422–1425, 2015.

NOVAK, J. **Desenvolvimento de Games**. São Paulo - SP: Cengage Learning, 2010.

PEARCE, J. M. Building Research Equipment with Free, Open-Source Hardware. **Science**, v. 337, n. September, p. 1303–1304, 2012.

POH, M.-Z.; SWENSON, N. C.; PICARD, R. A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 57, n. 5, p. 1243–1252, 2010.

RAVAJA, N. et al. Phasic Emotional Reactions to Video Game Events: A Psychophysiological Investigation. **Media Psychology**, v. 8, n. 4, p. 343–367, 2006.

REGO, D. DE O. **Biofeedback Augmented Gameplay: Criação de Uma Framework para o Desenvolvimento de Mecanismos de Interação Fisiológica em Videojogos Comerciais**. [s.l.] Universidade do Porto, 2014.

RUSSELL, J. A circumplex model of affect. **Journal of Personality and Social Psychology**,

1980.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of play : game design fundamentals**. [s.l.] MIT Press, 2004.

SOARES, R. et al. **Biofeedback Sensors in Electronic Games : A Practical Evaluation**SBC – **Proceedings of SBGames**Curitiba, 2017.

STERN, R. M.; RAY, W. J.; QUIGLEY, K. S. **Psychophysiological recording**. [s.l.] Oxford University Press, 2001.

TAN, C. T.; LEONG, T. W.; SHEN, S. Combining think-aloud and physiological data to understand video game experiences. **Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI '14**, p. 381–390, 2014.

TAYLOR, P. et al. Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies Using psychophysiological techniques to measure user experience with entertainment technologies. v. 2005, n. January 2014, p. 37–41, 2011.

THORING, K. et al. **A Framework of Technology-Supported Emotion Measurement****Proceedings of the Tenth International Conference on Design and Emotion. Amsterdam: The Design & Emotion Society**Amsterdam, NL, 2016.

TSAI, M. J. et al. Visual behavior, flow and achievement in game-based learning. **Computers and Education**, v. 98, p. 115–129, 2016.

YANNAKAKIS, G.; PAIVA, A. Emotion in Games. **Handbook on affective computing**, v. 4, p. 459–471, 2014.

APÊNDICE 1 –TERMO DE CONSENTIMENTO- PÁGINA 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nós, Profa. Dra. Maria Lucia Okimoto e Victor Moreira – da Universidade Federal do Paraná, estamos convidando você, a participar do um estudo sobre comportamento emocional dos jogadores de videogame.

- a) O objetivo desta pesquisa é: Desenvolver uma ferramenta para coletar dados emocionais da interação homem-computador.
- b) Caso você aceite participar da pesquisa, você irá jogar o jogo Limbo, este tem a classificação indicativa de idade acima de 12 anos. Pois neste jogo contém: violência frequente/intensa em desenhos animados e fantasia e temas de terror/medo infrequentes/moderados. O participante usará dois sensores, um sensor vestível nos dedos da mão e outro na orelha. A sessão de jogo terá em média 30 minutos e poderá ser interrompida a qualquer momento, se assim desejar.
- c) Para tanto você deverá comparecer no Laboratório de Ergonomia e Usabilidade (LabErg) do Departamento de Mecânica no Bloco de Oficina Mecânica no campus Politécnico da UFPR localizado na Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 – Bairro: Jardim das Americas, para uma sessão de jogo, o que levará aproximadamente 30 minutos.
- d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado a uso dos sensores. Se isso acontecer avise ao pesquisador.
- e) Alguns riscos relacionados ao estudo podem ser medo de jogar o jogo Limbo e choque elétrico ocasionado pelos sensores. Se sentir medo e não quiser continuar a jogar ou se sentir algum choque elétrico, avise ao pesquisador.
- f) Os benefícios esperados com essa pesquisa é o desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar em pesquisas de baixo orçamento.
- g) Os pesquisadores Profa. Dra. Maria Lúcia Okimoto e Victor Moreira responsáveis por este estudo poderão ser localizados no LabErg ou por e-mail lucia.demec@ufpr.br e victoremmoreira@gmail.com ou por telefone fixo (41) 3361-3703, no horário de 9hs às 18hs para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- h) A sua participação neste estudo será voluntária e se você não quiser mais fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam o termo de consentimento livre e esclarecido assinado.
- i) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas. No entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade)
- j) O material obtido – dados dos sensores e vídeos da tala do computador e webcam – será utilizado unicamente para essa pesquisa.
- k) As despesas necessárias para a realização da pesquisa, não são de sua responsabilidade e sua participação no estudo é voluntária e não remunerada.

Participante da Pesquisa [rubrica]

Pesquisador Responsável ou quem aplicou o TCLE [rubrica]

Orientador [rubrica]

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR | CEP/SD
Rua Padre Camargo, 285 | térreo |
Alto da Glória | Curitiba/PR | CEP 80060-240 | cometica.saude@ufpr.br – telefone (041) 3360-7259

APÊNDICE 1 –TERMO DE CONSENTIMENTO- PÁGINA 2

l)As despesas necessárias para a realização da pesquisa, como transporte, serão ressarcidas pelos pesquisadores no valor da despesa em dinheiro.

m)Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código.

n)Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

o)Autorizo (), não autorizo (), o uso de minha imagem para fins da pesquisa, sendo seu uso restrito a publicação de artigos científicos a apresentações da pesquisa.

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, ___ de _____ de 20__.

[Assinatura do Participante de Pesquisa]

Prof. Dr. Maria Lucia Okimoto (orientadora)

Victor Moreira (pesquisador)