

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

MINDSEYE: PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA
MONITORAMENTO DE ESTÍMULOS CEREBRAIS

LUCCAS DE SOUZA SILVA

BLUMENAU
2018

LUCCAS DE SOUZA SILVA

**MINDSEYE: PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA
MONITORAMENTO DE ESTÍMULOS CEREBRAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Regional de Blumenau como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Prof. Dalton Solano dos Reis, M.Sc. - Orientador

**BLUMENAU
2018**

MINDSEYE: PROTÓTIPO DE SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE ESTÍMULOS CEREBRAIS

Por

LUCCAS DE SOUZA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção dos créditos na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II pela banca examinadora formada por:

Presidente: _____
Prof. Dalton Solano dos Reis, M.Sc. – Orientador, FURB

Membro: _____
Prof. Mauro Marcelo Mattos, Dr. – FURB

Membro: _____
Prof. Aurélio Faustino Hoppe, M.Sc – FURB

Blumenau, 13 de julho de 2018

Dedico este trabalho aos meus pais, professores e amigos, que serviram como fonte de inspiração, admiração e motivação durante minha jornada.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo suporte durante toda a minha trajetória.

A meu orientador, Dalton Solano dos Reis, pela confiança, encorajamento e dedicação, tanto em sala de aula quanto no desenvolvimento deste trabalho.

À psicopedagoga Marli Bernardo da Costa, da Clínica Somater, pelas sugestões nas etapas de desenvolvimento e avaliação do protótipo.

A mim mesmo, por não ter desistido.

Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.

Aldo Novak

RESUMO

A cada ano, mais e mais pesquisas científicas são realizadas e publicadas na área da neurociência, incluindo neuropedagogia. A área da psicopedagogia vem crescendo, despertando o interesse da área acadêmica e profissionais nos últimos anos. Nesse processo, há discrepâncias entre métodos e equipamentos utilizados em estudos e atividades e procedimentos aplicados na área clínica. O objetivo deste trabalho é aproximar a área clínica da área acadêmica, desenvolvendo um protótipo de sistema para monitoramento de estímulos cerebrais, através do equipamento de eletroencefalografia MindWave Mobile. A gravação desses estímulos então pode ser utilizada no processo de verificação de uma sessão, onde também podem ser vistos os dados de vídeo captados por uma câmera durante a sessão. O protótipo foi implementado na linguagem C-Sharp, para compatibilidade com o equipamento MindWave Mobile. Os estímulos cerebrais captados são salvos diretamente no vídeo da gravação do atendimento, para serem exibidos durante o processo de verificação. Por meio da avaliação de uma psicopedagoga foi possível identificar que o protótipo atendeu os objetivos estipulados, mas que seu desempenho não foi completamente satisfatório. Diante disto, este trabalho também apresenta sugestões de melhorias e ampliações das funcionalidades desenvolvidas.

Palavras-chave: Psicopedagogia. Eletroencefalografia. MindWave.

ABSTRACT

Each year, more and more scientific research is conducted and published in the fields of neuroscience, including neuropedagogy. The field of psicopedagogy is growing, arousing the interest of the academy and professionals over the last few years. In this process, there are discrepancies between methods and equipments used in studies and those used in activities and procedures applied inside clinics. The objective of this paper is to approach the clinical and academic fields, by developing a prototype of a system for monitoring brain stimuli through the electroencephalography equipment MindWave Mobile. The recordings of the stimuli can then be used in a session's verification process, where a video camera's data captured during the session can also be viewed. The prototype was implemented in the program language C-Sharp, for compatibility with the MindWave Mobile. The brain stimuli captured are saved directly into the video of the session's recording, to be displayed during the verification process. Through the evaluation of a psychopedagogue it was possible to identify that the prototype met the stipulated objectives, but that its performance was not completely satisfactory. In light of this, this work also presents suggestions for improvements and extensions of the functionalities developed.

Key-words: Psicopedagogy. Electroencephalography. MindWave.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posicionamento de eletrodos no escalpo no padrão 1020	15
Figura 2 - As cinco principais ondas cerebrais.....	16
Figura 3 - O dispositivo MindWave	17
Figura 4 - Espectros de ondas cerebrais obtidas pelo MindWave.....	18
Figura 5 - NeuroExperimenter.....	19
Figura 6 - Comparação entre ondas cerebrais durante Performance e Baseline	20
Figura 7 - Comparação entre ondas cerebrais através de fórmula.....	20
Figura 8 - Fluxo do módulo de captura e processamento de ondas cerebrais	22
Figura 9 - Paradigm	23
Figura 10 - Diagrama de caso de uso	25
Figura 11 - Diagrama de classes da gravação de uma sessão.....	26
Figura 12 - Diagrama de atividades do fluxo do protótipo.....	28
Figura 13 - Protótipo sem registros na base de dados	35
Figura 14 - Janela de configurações	36
Figura 15 - Janela de cadastro de especialistas.....	37
Figura 16 - Cadastro de paciente	38
Figura 17 - Lista de pacientes.....	38
Figura 18 - Cadastro de sessão	39
Figura 19 - Teste de conexão com MindWave.....	40
Figura 20 - Gráficos simples da conexão com MindWave	40
Figura 21 - Gráficos detalhados da conexão com MindWave.....	41
Figura 22 - Gravação em andamento.....	41
Figura 23 - Tentativa de iniciar uma segunda gravação para uma sessão.....	42
Figura 24 - Lista de sessões.....	43
Figura 25 - Edição e verificação de uma sessão.....	44
Figura 26 - Solicitação para marcar a sessão como verificada.....	44
Figura 27 - Escala de Desenvolvimento Motor	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Carregamento da configuração inicial.....	29
Quadro 2 - Localiza lista de pacientes.....	30
Quadro 3 - Escolhe foto de pessoa	30
Quadro 4 - Captura foto por câmera de vídeo	31
Quadro 5 - Descobre câmera de vídeo e inicia exibição	32
Quadro 6 - Verificação para conexão com MindWave	33
Quadro 7 - Busca de conexão com MindWave em portas seriais	33
Quadro 8 - Busca de dados do MindWave e fila de dados.....	34
Quadro 9 – Dados de estímulos cerebrais salvos em frame	34
Quadro 10 – Identifica os dados de estímulos cerebrais do frame	35
Quadro 11 - Comparação entre protótipo desenvolvido e trabalhos correlatos	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPp – Associação Brasileira de Psicopedagogia

CPF – Cadastro de Pessoas Físicas

DLL – Dynamic-link Library

EEG – Eletroencefalograma

ELA – Esclerose Lateral Amiotrófica

ICC – Interfaces Cérebro-Computador

JSON – JavaScript Object Notation

RF – Requisitor Funcionais

RG – Registro Geral

RNF – Requisitos Não-Funcionais

TDA – Transtorno de Déficit de Atenção

TDAH – Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade

UML – Unified Modeling Language

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 ESTRUTURA.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 PSICOPEDAGOGIA	14
2.2 MONITORAMENTO DE ONDAS CEREBRAIS	14
2.3 MINDWAVE	16
2.4 TRABALHOS CORRELATOS	18
2.4.1 NeuroExperimenter	18
2.4.2 EventIDE.....	21
2.4.3 Paradigm	23
3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	24
3.1 REQUISITOS.....	24
3.2 ESPECIFICAÇÃO	24
3.2.1 Caso de uso	24
3.2.2 Diagramas de classes	25
3.3 IMPLEMENTAÇÃO	27
3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas.....	27
3.3.2 Etapas do desenvolvimento.....	27
3.3.3 Operacionalidade da implementação	35
3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	44
3.4.1 Avaliação do protótipo.....	45
3.4.2 Sugestões obtidas	46
3.4.3 Dificuldades encontradas	47
3.4.4 Comparativo entre protótipo e trabalhos correlatos	48
4 CONCLUSÕES.....	50
4.1 EXTENSÕES	50
REFERÊNCIAS	52
ANEXO A – RELATÓRIO DE EXEMPLO DISPONIBILIZADO PELA PSICOPEDAGOGA	54

1 INTRODUÇÃO

O eletroencefalograma (EEG) é um método que envolve gravar e analisar sinais elétricos gerados pelo cérebro (EBERSOLE; PEDLEY, 2003, p. 33). Segundo Quinonez (1998, p. 1) e Ebersole e Pedley (2003, p. 33) com o passar dos anos, o advento de equipamentos digitais compactos e performáticos, com melhor arquivamento e manipulação de dados, revolucionou a maneira como este método é realizado e interpretado. Ebersole e Pedley (2003, p. 33) também afirmam que além da inovação tecnológica, o baixo custo dos componentes eletrônicos necessários contribuiu para a crescente evolução do equipamento. Essa revolução digital tornou o equipamento para realização de EEG não apenas mais prático de ser utilizado, como também menor.

Casson et al. (2010, p. 1) afirma que o EEG, como um clássico método não invasivo, também é utilizado em diversas áreas, como o estudo de epilepsias e distúrbios do sono às Interfaces Cérebro-Computador (ICC). Casson et al. (2010, p. 1) e Maskeliunas et al. (2016, p. 2) concordam que nos tempos atuais, os equipamentos de EEG não são mais limitados a hospitais e laboratórios. O advento de equipamentos vestíveis, pequenos e relativamente baratos é visto como uma evolução dos equipamentos de unidades ambulatoriais, permitindo que a tecnologia surja em espaços residenciais e educacionais. Esses pequenos equipamentos permitem prolongar o monitoramento de condições crônicas como epilepsia e Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA), além da melhor aceitação de sistemas com Interfaces Cérebro-Computador. A disponibilidade de equipamentos de EEG mais baratos permitiu que essa tecnologia fosse adquirida e utilizada em situações e ambientes mais informais, como escolas e casas. Os benefícios desses equipamentos são o preço e facilidade de uso (MASKELIUNAS et al, 2016, p. 2, tradução nossa).

É possível observar como o uso de EEGs não está limitado apenas à tratamentos médicos, mas também para estudos comportamentais e de aprendizagem (Berka et al. 2007, Cardoso; Carneiro, 2009). A psicopedagogia, conforme explica Cipriano (2011, p. 1), é o estudo da própria aprendizagem humana, indo além da pedagogia e da psicologia. Segundo Fuentes et al. (2008), Rohde e Mattos (2003), conforme citado por Freitas e Rota Junior (2014, p. 11), estudos apontam que exames de eletroencefalograma e de neuroimagens não contribuem para a definição de diagnósticos de transtornos como Transtorno de Déficit de Atenção (TDA) e Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). Apesar disso, é possível encontrar estudos recentes que se utilizam de eletroencefalografias como fonte de

informação para o melhor entendimento da área (Li; Chen; Hung. 2018, Jarrett et al. 2017, Arns; Conners; Kramer. 2011, Heinrich et al. 2014).

Diante do exposto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de sistema para monitoramento de estímulos cerebrais, utilizando o equipamento de EEG MindWave. Este protótipo permitirá que futuros sistemas desenvolvidos na área tenham uma base para sua construção e aplicação.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de sistema para monitoramento de estímulos cerebrais.

Os objetivos específicos são:

- a) permitir a coleta de dados de pacientes, especialistas e de atendimentos realizados no processo de atendimento psicopedagógico;
- b) permitir gravar, durante uma sessão de atendimento, dados de uma câmera de vídeo e dados do equipamento de EEG MindWave Mobile;
- c) disponibilizar os dados referentes à gravação de uma sessão, incluindo os dados captados pelo equipamento de EEG quando utilizado.

1.2 ESTRUTURA

Este trabalho está dividido em quatro capítulos. O primeiro é dedicado à introdução ao tema e aos objetivos gerais e específicos. O segundo capítulo detalha a fundamentação teórica, visando fornecer embasamento a respeito dos principais assuntos abordados no trabalho e necessários para um bom entendimento. Além disso são exibidos três trabalhos correlatos a este. No terceiro capítulo é apresentada a arquitetura do protótipo através de diagramas, o detalhamento da implementação com as principais técnicas e ferramentas utilizadas, além da operacionalidade da aplicação. Na sequência do capítulo são apresentadas as análises dos resultados, comentando as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento, além da realização de testes de interface, usabilidade e comparativo com trabalhos correlatos. Por fim, o quarto capítulo expõe as conclusões obtidas no presente trabalho e apresenta sugestões de extensões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo explorar os principais assuntos para a realização deste trabalho. A seção 2.1 apresenta o conceito de psicopedagogia e informações detalhando a área clínica. A seção 2.2 aborda o monitoramento de ondas cerebrais e conceitos teóricos na integração com um equipamento de EEG. A seção 2.3 aborda o equipamento de EEG que será utilizado, o MindWave. Por fim, a seção 2.4 apresenta os trabalhos com objetivos semelhantes ao tema deste.

2.1 PSICOPEDAGOGIA

Cardoso e Carneiro (2009, p. 459) expressam que o objetivo da Psicopedagogia é, principalmente, compreender o processo de aprendizagem do indivíduo, e qualifica-lo para a aprendizagem. Sobre a área, Wolffenbuttel (2005, apud ARAGÃO, 2010, p. 10), explica que:

A psicopedagogia oferece melhor reflexão sobre a aprendizagem de todos os sujeitos envolvidos. O objeto de estudo dela é compreender o aprender e o não-aprender. Onde existirem situações de aprendizagem, há espaço para reflexão psicopedagógica. Ela tem o seu olhar voltado sobre o ser humano em processo de construção de conhecimento, considerando as dimensões subjetivas e objetivas, auxiliando na busca da minimização dos problemas de aprendizagem e potencialização do aprender.

A Associação Brasileira de Psicopedagogia (ABPp) (2011, apud SILVA, 2015, p. 19) transcorre no artigo 1º, parágrafo 2º do Código de Ética do Psicopedagogo: “A intervenção psicopedagógica na Educação e na Saúde se dá em diferentes âmbitos da aprendizagem, considerando o caráter indissociável entre o institucional e o clínico”. Como explica Cipriano (2011, p. 1), a psicopedagogia lida com a interdisciplinaridade, e por isso é necessária também a interação e conhecimento de outras áreas.

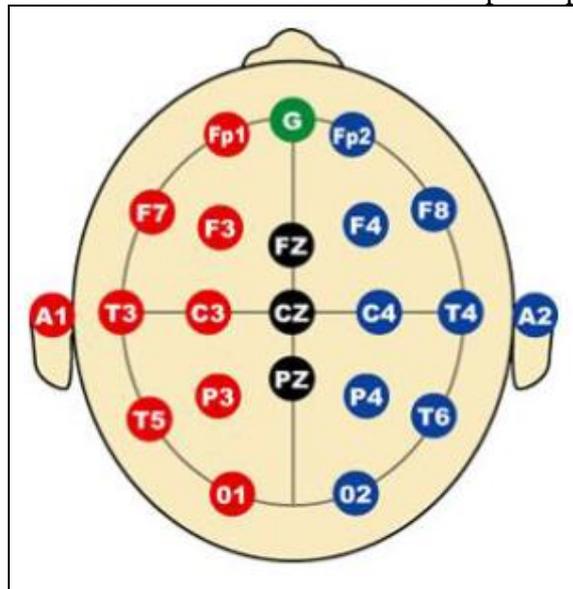
O psicopedagogo clínico, ainda na explicação de Cipriano (2011, p. 1), “diagnostica, orienta, atende em tratamento e investiga os problemas emergentes nos processos de aprendizagem”.

2.2 MONITORAMENTO DE ONDAS CEREBRAIS

Teplan (2002, p. 2) esclarece que a existência de correntes elétricas no cérebro foi descoberta em 1875, pelo médico inglês Richard Caton. Anos mais tarde, em 1924, Hans Berger, um neurologista alemão, usou um equipamento de rádio comum para amplificar a atividade elétrica cerebral medida no escalpo humano. Berger anunciou que as correntes elétricas fracas geradas no cérebro podem ser captadas sem a abertura do crânio, abrindo caminho para muitas aplicações de eletroencefalografia ao passar dos anos. O

eletroencefalograma (EEG), como definiram Ebersole e Pedley (2003, p. 33), é um método que envolve gravar e analisar os sinais elétricos gerados pelo cérebro. A captação da corrente elétrica cerebral, no caso do EEG, acontece através de eletrodos em contato com o escalpo (LARSEN, 2011, p. 9). A Figura 1 ilustra o posicionamento dos eletrodos no padrão conhecido como 1020.

Figura 1 - Posicionamento de eletrodos no escalpo no padrão 1020



Fonte: Larsen (2011).

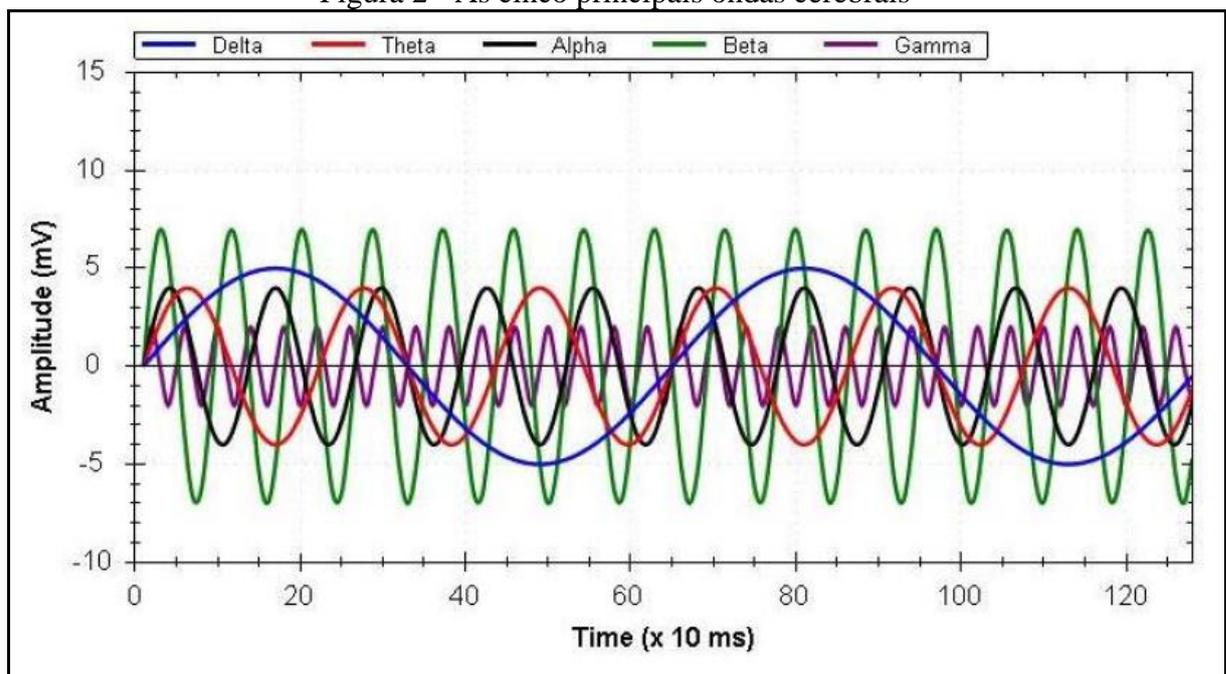
Larsen (2011, p. 10) explica que Hans Berger também descobriu que diferentes frequências elétricas podiam ser relacionadas a ações e diferentes estados mentais. As diferentes frequências elétricas cerebrais, como afirmam Larsen (2011, p. 10), Teplan (2002, p. 2) e Isa et al. (2014, p. 115), devem ser medidas em ciclos por segundo ou Hertz (Hz), também conhecido como frequência de atividade cerebral, ou onda cerebral. Dessa forma as ondas cerebrais podem ser separadas em cinco categorias, como explica Larsen (2011, p. 10-11) sendo elas:

- a) Gama: com frequência de 31 Hz e superior, é suposto que essa onda cerebral reflete a consciência. Ondas Beta e Gama juntas são associadas com atenção, percepção e processo cognitivo;
- b) Beta: com frequência entre 12 e 30 Hz, essa onda é normalmente dividida em B1 e B2 para frequências específicas. Ondas beta são pequenas e rápidas, e associadas à concentração;
- c) Alfa: com frequência entre 7,5 e 12 Hz, essa onda é devagar e associada a relaxamento e desprendimento. Pensar em coisas calmas enquanto de olhos fechados deve aumentar a atividade de ondas alfa;

- d) Teta: com frequência entre 3,5 e 7,5 Hz, essa onda é relacionada a ineficiência, sonhar acordado, e no ponto mais baixo representa a linha entre dormir e acordar. Ondas Teta são afetadas por estresse emocional, especialmente frustração ou desapontamento. Também pode ser associado com inspiração criativa e meditação;
- e) Delta: com frequência entre 0,5 e 3,5 Hz, essa onda é a mais lenta e ocorre enquanto dormimos. A suposta ocorrência dessa onda enquanto acordado é dita como indicação de deficiência cerebral.

Como explicam Chambers e Sanei (2013, p. 7-9), os sinais captados através de um EEG podem ser utilizados para diversas questões clínicas, como monitorar estados de alerta e coma, localizar lesões cerebrais, derrames e tumores, investigar distúrbios do sono e efeitos de medicamentos, entre outros. Um ponto importante em meio a isso é o grande potencial contido nos dados captados durante a eletroencefalografia. A Figura 2 ilustra as cinco principais ondas cerebrais.

Figura 2 - As cinco principais ondas cerebrais



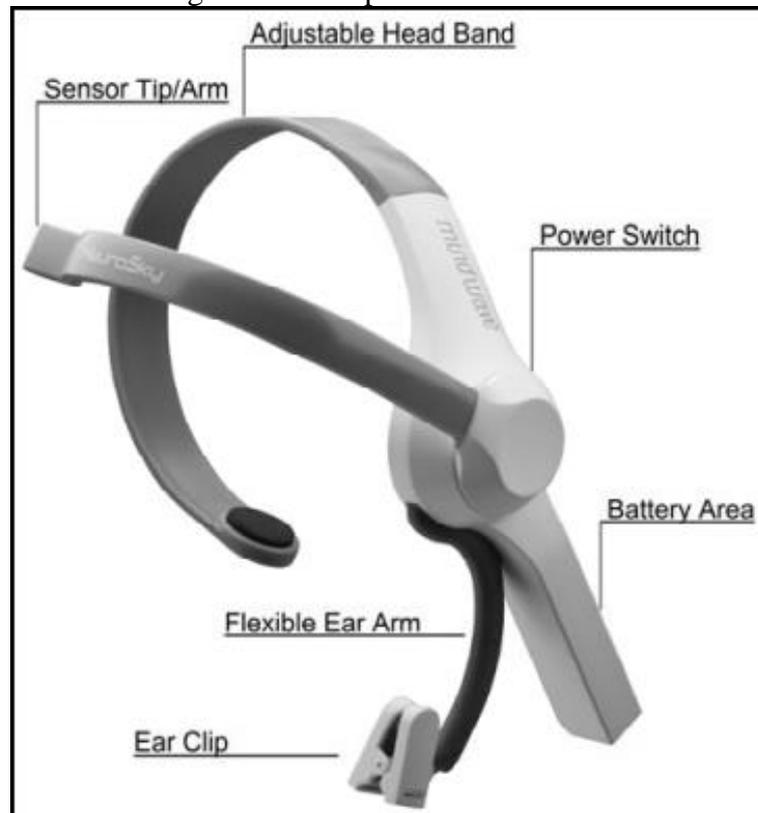
Fonte: Larsen (2011).

2.3 MINDWAVE

Como explica Salabun (2014, p. 169), o MindWave é um dispositivo para leitura de ondas cerebrais portátil, seguro e capaz de detectar diferentes espectros de ondas cerebrais. O dispositivo consegue medir o conjunto de dados brutos, o espectro das ondas cerebrais, Alfa, Beta, Delta, Gama e Teta, nível de atenção, nível de relaxamento e detecção de piscadas do olho. Os dados brutos, captados a uma frequência de 512 hertz (Hz), são a maior fonte de

informação utilizando o dispositivo para EEG. A Figura 3 ilustra o dispositivo e suas características.

Figura 3 - O dispositivo MindWave

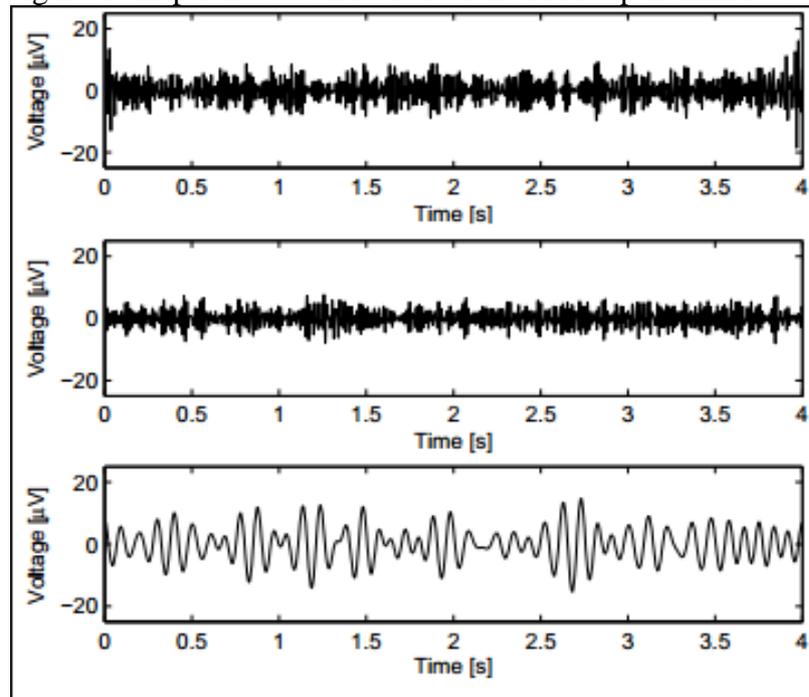


Fonte: Salabun (2014)¹.

Salabun (2014, p. 169-170) também relata que o dispositivo MindWave possui interação com o MatLab, permitindo seu uso em propósitos mais científicos. A análise mais especializada dos dados captados exige fórmulas matemáticas mais complexas, como a Série de Fourier, que inclui a Transformada Contínua de Fourier e a Transformada Discreta de Fourier. Através disso é possível transformar os dados em escala de frequência para escala de tempo, e assim estudar o espectro dos dados obtidos. O estudo desse espectro inclui a identificação das categorias de ondas cerebrais presentes nos dados. Na Figura 4 pode-se observar alguns espectros de ondas cerebrais gerados através dos dados obtidos pelo dispositivo MindWave.

¹ As legendas Sensor Tip/Arm, Adjustable Head Band, Power Switch, Battery Area, Flexible Ear Arm e Ear Clip se referem, respectivamente, ao sensor para captação da corrente elétrica cerebral, faixa de cabeça ajustável, chave de energia, área da bateria, braço flexível e grampo de orelha.

Figura 4 - Espectros de ondas cerebrais obtidas pelo MindWave



Fonte: Salabun (2014).

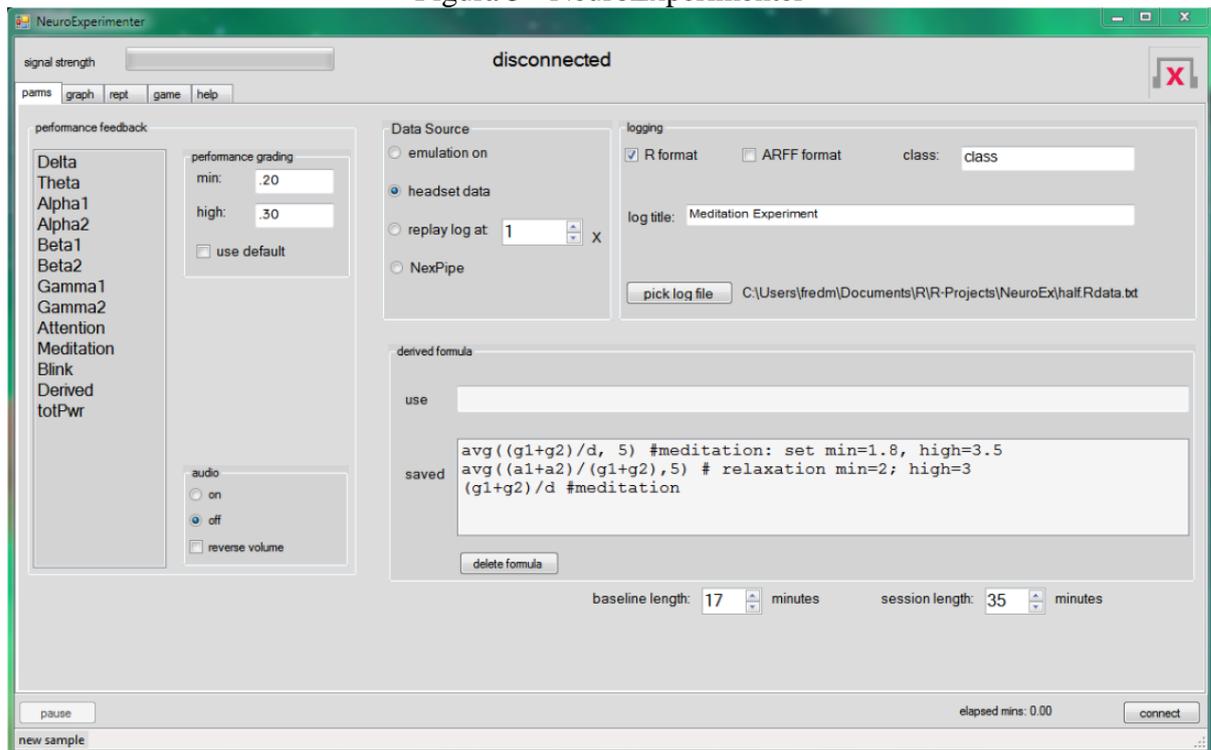
2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção serão apresentados sistemas que implementam o objeto de estudo a ser explorado por este trabalho. A seção 2.4.1 descreve o NeuroExperimenter (MELLENDER, 2014), um sistema que permite a visualização de ondas cerebrais e promove a análise e treinamento de estados mentais, como meditação, relaxamento e concentração. A seção 2.4.2 descreve o EventIDE (OKAZOLAB, 2012a), um sistema para o desenvolvimento de experimentos, estudos e testes, utilizando a captação de ondas cerebrais, reconhecimento facial, rastreamento dos olhos e outros. Por fim, a seção 2.4.3 detalha o Paradigm (PERCEPTION RESEARCH SYSTEMS, 2016), um ambiente para desenvolvimento de experimentos, coleta e análise de dados, utilizando também integração com equipamentos de eletroencefalografia, rastreamento dos olhos e outros.

2.4.1 NeuroExperimenter

Mellender (2014) desenvolveu um sistema, denominado de NeuroExperimenter, com o propósito explorar a atividade cerebral conforme um usuário pratica diferentes estados mentais, como meditação, relaxamento, concentração e outros. O sistema se conecta com o MindWave Mobile, equipamento que realiza o monitoramento de ondas cerebrais, e já foi utilizado para pesquisas desde alunos do ensino médio até professores e profissionais da área de neurologia. A Figura 5 exibe o sistema e algumas de suas funcionalidades.

Figura 5 - NeuroExperimenter



Fonte: Mellender (2014).

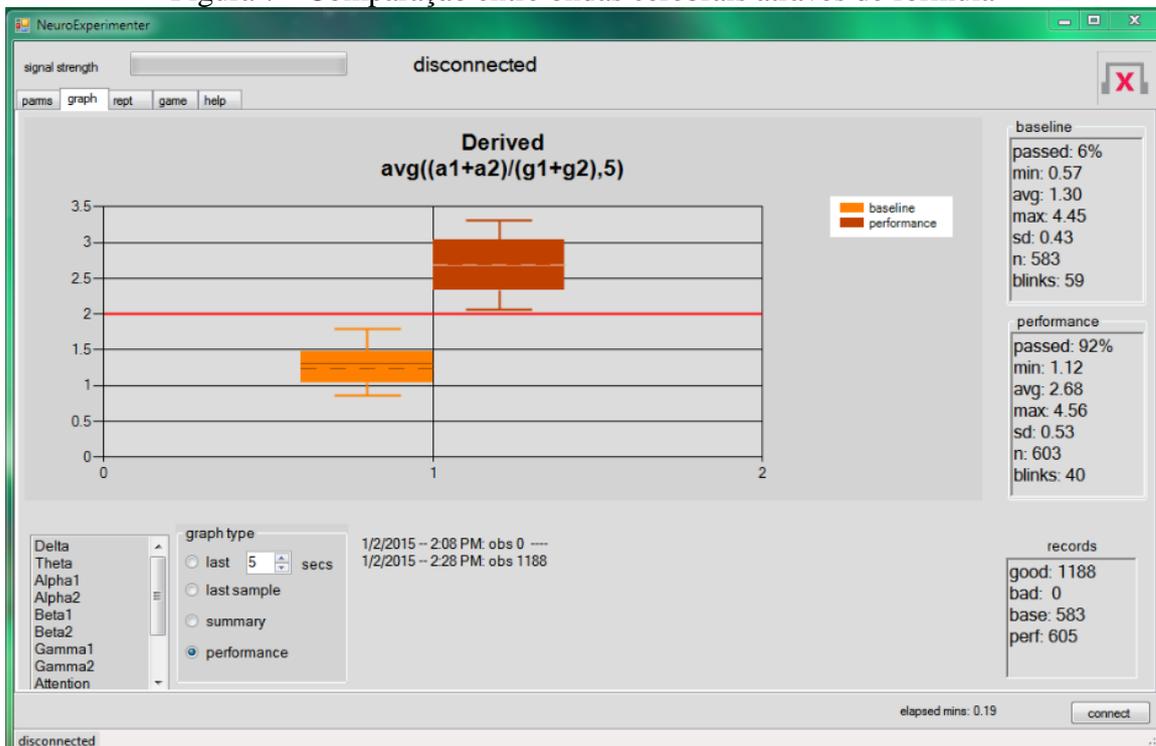
A funcionalidade principal do sistema é a gravação de uma sessão, dividida em duas partes. A primeira parte é considerada o estado normal do usuário, chamado de *baseline*, e a segunda parte o estado chamado de *performance*, onde um teste ou atividade estaria sendo realizado. O tempo de cada parte pode ser definido em minutos dentro do sistema, e um sinal sonoro é disparado quando o tempo considerado normal termina, seguido de outro sinal sonoro quando o tempo de *performance* termina. As ondas cerebrais do usuário são analisadas e comparadas entre as duas partes da sessão e exibidas em forma de gráficos, permitindo uma análise estatística dos resultados. A Figura 6 e a Figura 7 exibem a comparação gráfica da sessão.

Figura 6 - Comparação entre ondas cerebrais durante Performance e Baseline



Fonte: Mellender (2014).

Figura 7 - Comparação entre ondas cerebrais através de fórmula



Fonte: Mellender (2014).

O NeuroExperimenter é um sistema para uso não comercial, que permite o treino e estudo de estados mentais. Como explica o autor, enquanto o equipamento MindWave consegue passar informações pertinentes quanto as ondas cerebrais de um usuário, podem haver critérios ocultos nos dados que discriminem os resultados encontrados. Isso se deve à

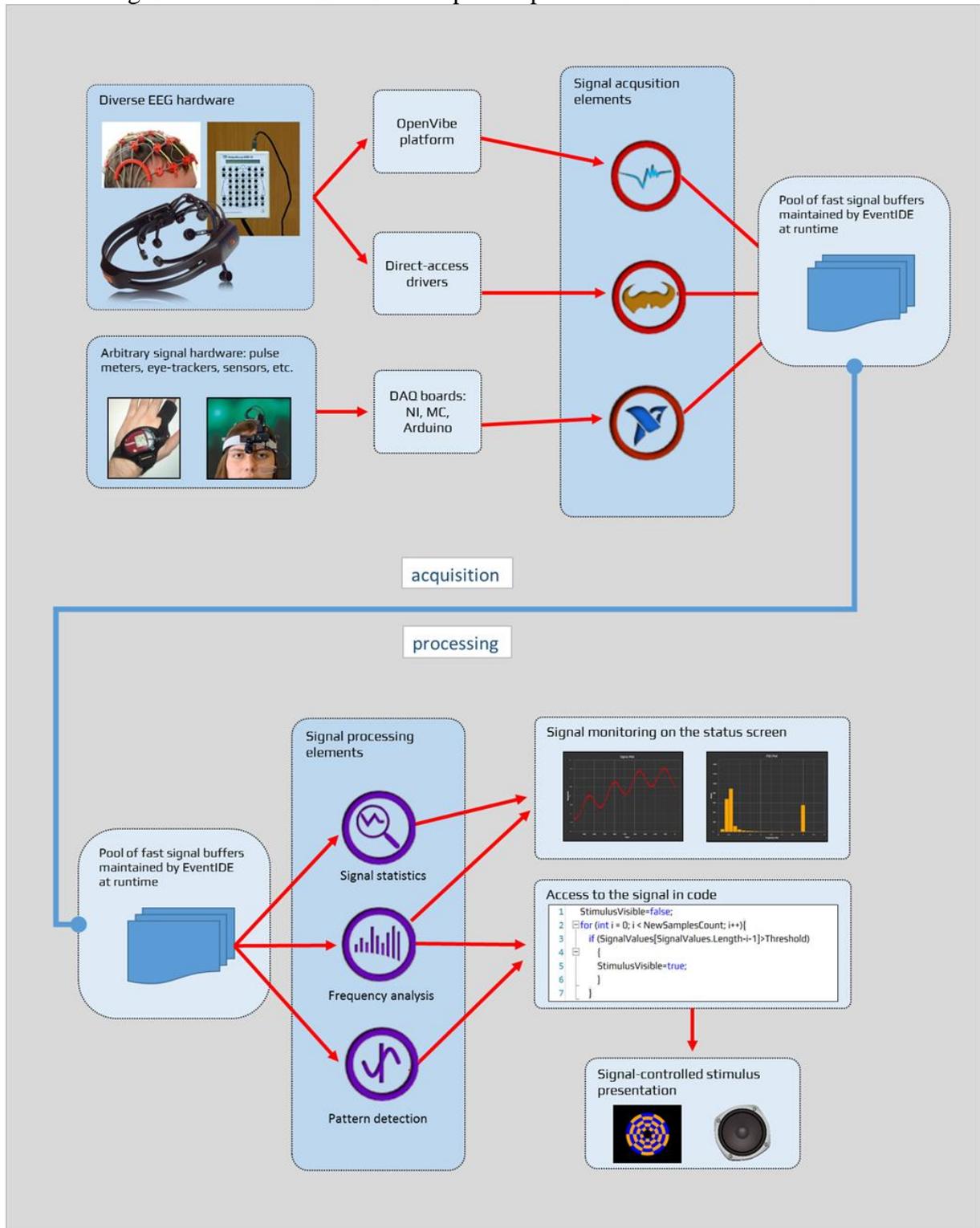
diferença entre um equipamento de EEG médico e o MindWave Mobile. Além disso, o autor também esclarece que dois indivíduos podem reproduzir resultados diferentes ou exatamente iguais dependendo do estado atual da pessoa, como por exemplo ingestão de bebidas alcoólicas, estresse e outros.

2.4.2 EventIDE

O EventIDE é um sistema desenvolvido pela OkazoLab (2012b) para projetar e executar experimentos psicológicos. O sistema disponibiliza controle de áudio, vídeo, reconhecimento facial, captura de movimentos e gestos, realidade virtual, e outros. Ele permite a criação de experimentos de maneira similar a uma apresentação de slides, porém com maior controle, interação com hardwares e linguagens de programação. A arquitetura em forma de módulos também permite a fácil integração de extensões ao sistema.

O monitoramento e análise de informações vindas de um equipamento de EEG, como outras fontes de dados no sistema, ocorre em plano de fundo durante a execução de um experimento. Os sinais captados são processados, analisados e calculados conforme determinado pelo usuário, retornando valores numéricos que podem ser utilizados para gerar gráficos de monitoramento em tempo real, ou outro efeito em tela. A Figura 8 demonstra o fluxo do módulo de captura e processamento de ondas cerebrais.

Figura 8 - Fluxo do módulo de captura e processamento de ondas cerebrais



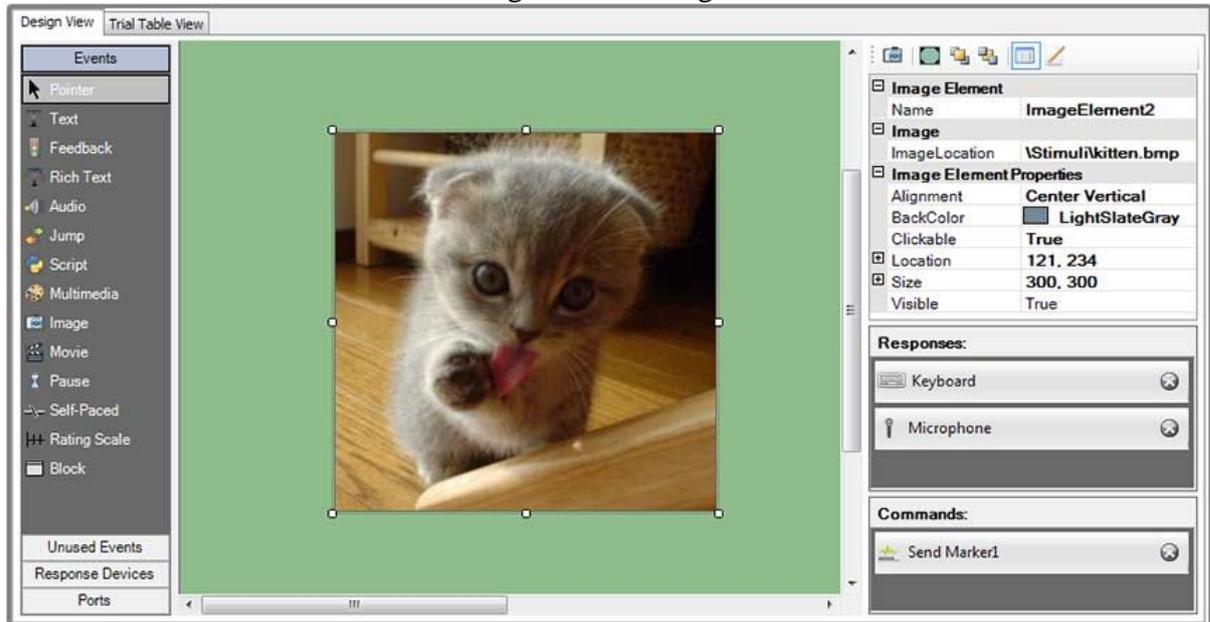
Fonte: OkazoLab (2012a).

A utilização deste módulo é descrita como aplicável em experimentos onde certas características dos sinais captados interferem em outros estímulos, ou até são utilizadas como ações em atividades ou jogos durante o experimento.

2.4.3 Paradigm

O Paradigm é um sistema desenvolvido pela Perception Research Systems (2016) para ser utilizado em experimentos e pesquisas científicas. Esse sistema permite apresentar imagens, textos, filmes, áudios, gráficos e coleta de dados com precisão em milissegundos. A Figura 9 exibe o ambiente do Paradigm.

Figura 9 - Paradigm



Fonte: Perception Research Systems (2016).

O Paradigm permite projetar experimentos arrastando componentes em tela, e ainda disponibiliza a criação de ações customizadas utilizando a linguagem de programação Python. Algumas das opções de integração com outros sistemas inclui equipamentos reconhecimento de olhos e realização de eletroencefalografia (EEG).

3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Neste capítulo são descritas as etapas do desenvolvimento do protótipo. Na seção 3.1 são demonstrados os principais requisitos do protótipo. A seção 3.2 apresenta a especificação. A seção 3.3 apresenta de forma detalhada a implementação. Por fim, a seção 3.4 demonstra os resultados obtidos e sugestões de melhorias.

3.1 REQUISITOS

Os Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não-Funcionais (RNF) para o protótipo seguem abaixo:

- a) permitir captar ondas cerebrais de um usuário através do equipamento de eletroencefalografia (EEG) MindWave Mobile (RF);
- b) permitir que o usuário cadastre pacientes no sistema (RF);
- c) permitir que o usuário cadastre especialistas no sistema (RF);
- d) permitir que o usuário cadastre sessões para um paciente, vinculando a sessão a um especialista cadastrado (RF);
- e) permitir a gravação de vídeo para uma sessão (RF);
- f) retornar ao usuário as informações da sessão gravada, incluindo gravação de vídeo e ondas cerebrais captadas (RF);
- g) ser desenvolvido na linguagem de programação C-Sharp (RNF);
- h) utilizar o ambiente de desenvolvimento Visual Studio (RNF).

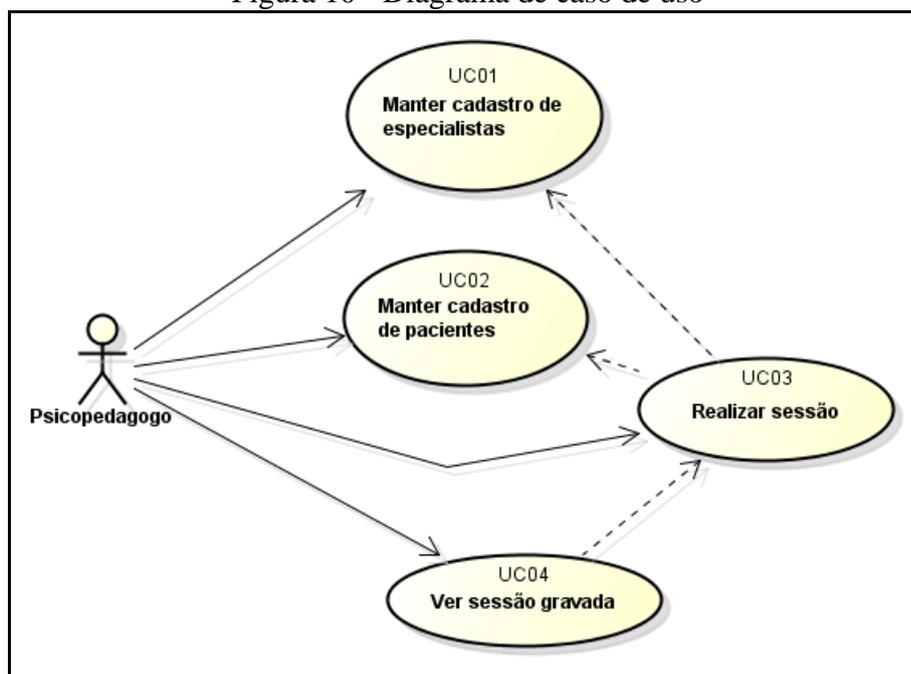
3.2 ESPECIFICAÇÃO

Para a especificação do protótipo foram utilizados diagramas da Unified Modeling Language (UML), desenvolvidos no Astah Community, uma ferramenta de diagramação gratuita. A seguir são apresentados os diagramas de caso de uso e diagrama de classes.

3.2.1 Caso de uso

Nesta seção são especificadas todas as ações executadas pelo ator *Psicopedagogo* (Administrador) do protótipo. A Figura 10 mostra o diagrama de caso de uso com a ação do ator.

Figura 10 - Diagrama de caso de uso



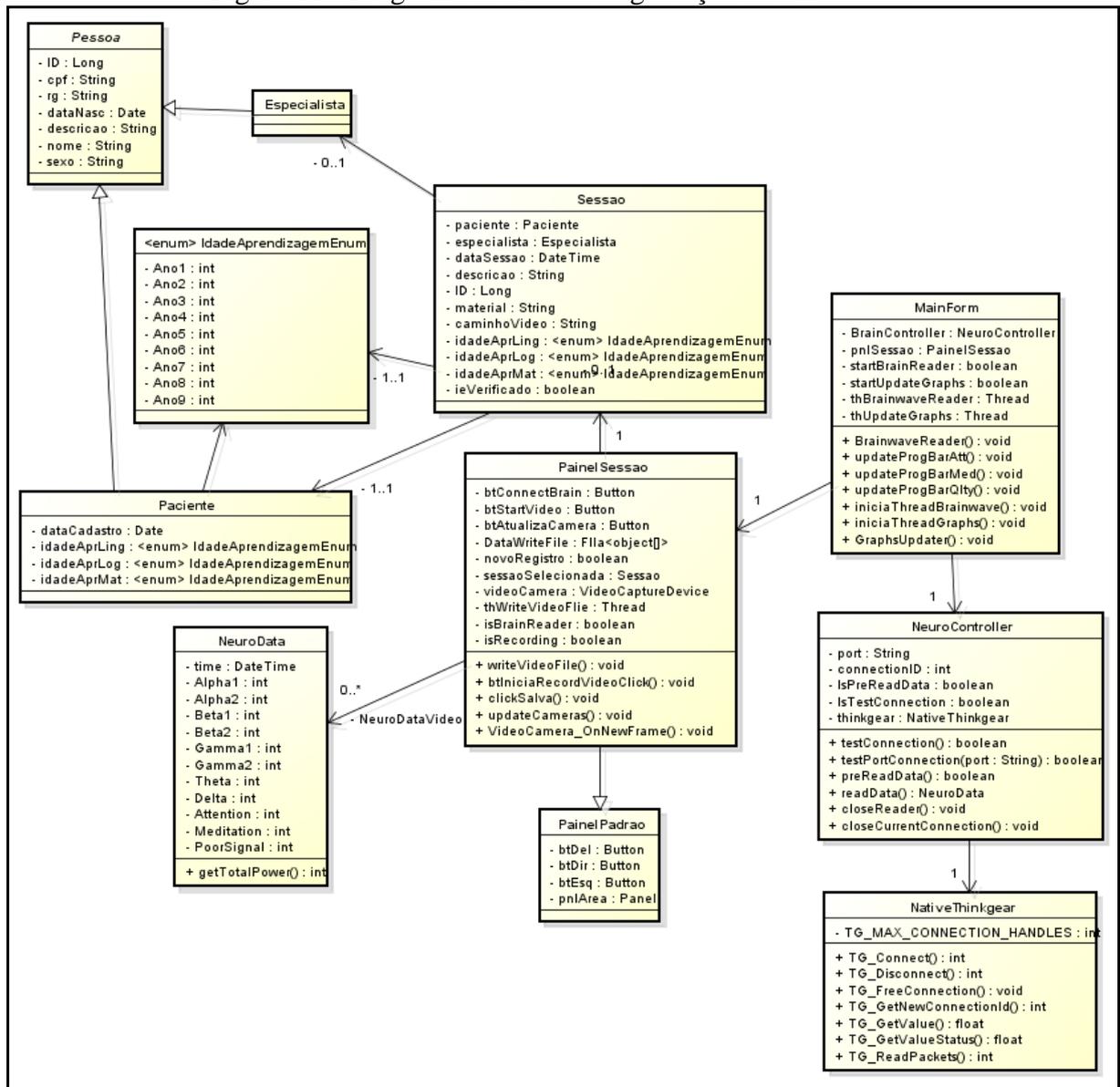
Fonte: elaborado pelo autor.

No caso de uso UC01 - Manter cadastro de especialistas, o psicopedagogo pode cadastrar os especialistas que poderão ser vinculados às sessões realizadas. No UC02 - Manter cadastro de pacientes, o psicopedagogo pode cadastrar os pacientes no sistema, incluindo foto, data de nascimento e idades de aprendizagem como linguagem, lógica e matemática. No caso de uso UC03 - Realizar sessão, o psicopedagogo pode dar início a uma sessão, a partir de um paciente e especialista previamente cadastrados. Nesse momento o psicopedagogo pode optar por efetuar a conexão com o equipamento de EEG. No caso de uso UC04 - Ver sessão gravada, o psicopedagogo pode reproduzir a gravação da sessão, ver informações de ondas cerebrais e realizar anotações.

3.2.2 Diagramas de classes

A Figura 11 ilustra o diagrama de classes da gravação de uma sessão. Essas classes são utilizadas para a realização de uma sessão, gravação de vídeo e persistência dos dados.

Figura 11 - Diagrama de classes da gravação de uma sessão



Fonte: elaborado pelo autor.

A classe *Pessoa* é a base para as classes *Especialista* e *Paciente*, ambas necessárias para a classe *Sessao*. Tanto a classe *Paciente* quanto a classe *Sessao* armazenam dados da classe *IdadeAprendizagemEnum*, utilizados para medir o progresso do paciente ao longo das sessões.

A classe *PainelSessao* é responsável pelo cadastro de uma nova sessão, efetuando controle sobre a câmera de vídeo, gravação do arquivo e persistência do registro. A captura de dados do equipamento de EEG ocorre através da classe *NeuroController*, chamada pela classe *MainForm*, que é responsável pelo processamento em segundo plano da captura de ondas cerebrais e da atualização dos gráficos. Esses dados são salvos em filas, para melhor controle da informação processada. Enquanto a classe *MainForm* controla em segundo plano a

captação e exibição das informações de ondas cerebrais, a classe `PainelSessao` realiza a captação de vídeo através da câmera, juntando ambas as informações das filas para a gravação do arquivo de vídeo em tempo real.

A classe `NeuroController`, conectada à classe `MainForm`, é responsável por testar a conexão com o equipamento de EEG, além de indicar mensagens de erro. Esse processo ocorre através do contato com a classe `NativeThinkgear`, responsável por importar a Biblioteca de Vínculo Dinâmico (BVD) (Dynamic-link Library – DLL) do equipamento de EEG.

3.3 IMPLEMENTAÇÃO

A seguir são mostradas as técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento do sistema, o processo de desenvolvimento e a operacionalidade da implementação.

3.3.1 Técnicas e ferramentas utilizadas

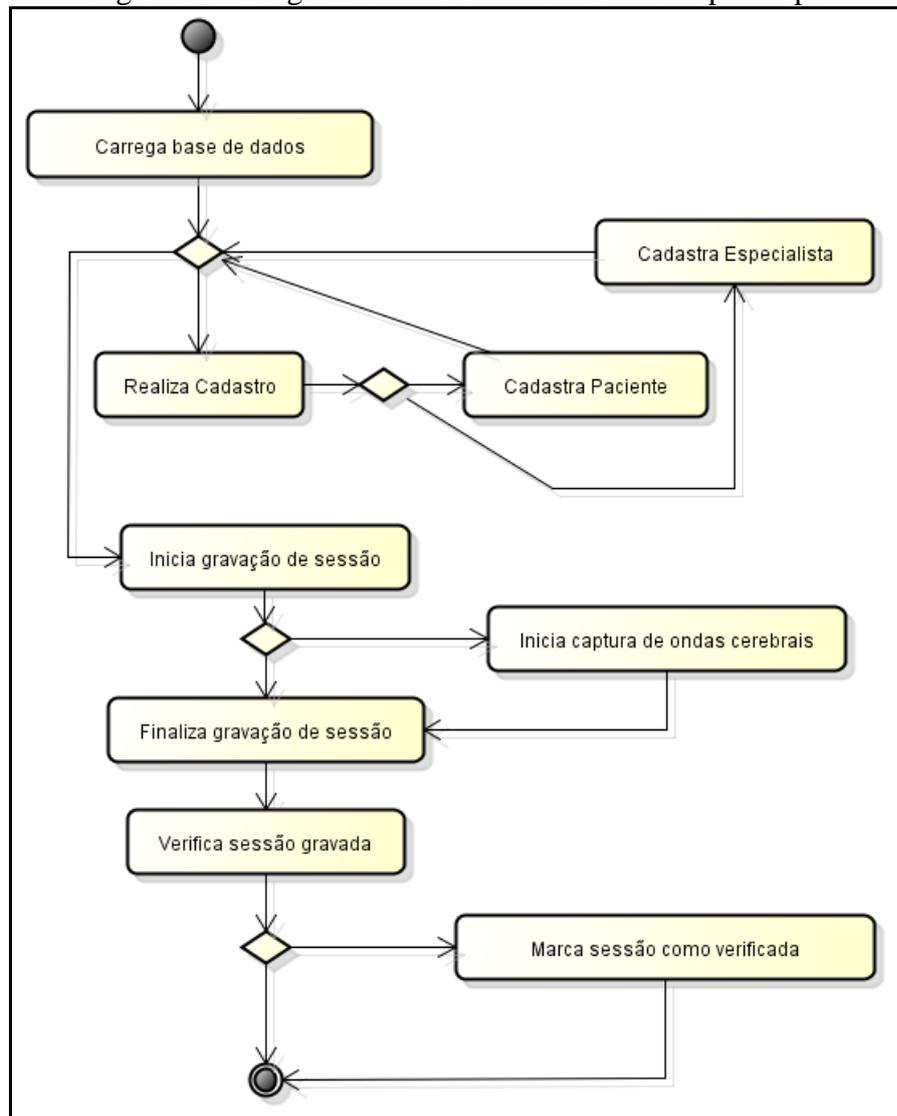
O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem C-Sharp, no ambiente de desenvolvimento Visual Studio 2017, no sistema operacional Windows 7. A tecnologia utilizada para captação de ondas cerebrais foi o equipamento MindWave Mobile. A biblioteca Stream SDK, utilizada para comunicação com o MindWave, disponibiliza funções, em C-Sharp, para conexão com o equipamento e captura de dados.

As tecnologias utilizadas para captura e gravação de arquivo de vídeo foram as bibliotecas DirectShow e FFMPEG do framework Accord versão 3.8, desenvolvidas para o ambiente .NET. Essas bibliotecas disponibilizam funções para interação com câmera de vídeo, captura de frames e gravação de arquivo de vídeo. A instalação e controle as bibliotecas do framework Accord foram realizadas através do gerenciador de pacotes NuGet.

3.3.2 Etapas do desenvolvimento

Esta seção apresenta as funcionalidades da aplicação a nível de código, demonstrando trechos de código-fonte relativos às operações disponíveis ao usuário. O fluxo do sistema segue conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 - Diagrama de atividades do fluxo do protótipo



Fonte: elaborado pelo autor.

Primeiramente, ao abrir o sistema, será carregada a base de dados. As informações de localização da base de dados são carregadas através de um arquivo de configuração, junto de informações do estabelecimento e câmera de vídeo padrão. O Quadro 1 apresenta a codificação para carregamento da configuração inicial do sistema.

Quadro 1 - Carregamento da configuração inicial

```

33  StringBuilder txt = new StringBuilder();
34  Stream entrada = File.Open("config.txt", FileMode.Open);
35  StreamReader leitor = new StreamReader(entrada);
36  string linha = leitor.ReadLine();
37  while (linha != null)
38  {
39      txt.Append(linha.Trim());
40      linha = leitor.ReadLine();
41  }
42  leitor.Close();
43  entrada.Close();
44
45  linha = txt.ToString();
46
47  string[] config = linha.Replace("{", "").Replace("}", "").Trim().Split(';');
48  object[] vars = {caminhoArquivos, nomeEstab, enderecoEstab, foneEstab, nomeCamera, caminhoLogo};
49
50  foreach (string str in config)
51  {
52      string[] s = new string[2];
53      s[0] = str.Substring(0, str.IndexOf(':'));
54      s[1] = str.Substring(str.IndexOf(':')+1);
55      string s0 = s[0].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
56      switch (s0)
57      {
58          case "caminhoArquivos":
59              caminhoArquivos = s[1].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
60              break;
61          case "nomeEstab":
62              nomeEstab = s[1].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
63              break;
64          case "enderecoEstab":
65              enderecoEstab = s[1].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
66              break;
67          case "foneEstab":
68              foneEstab = s[1].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
69              break;
70          case "nomeCamera":
71              nomeCamera = s[1].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
72              break;
73          case "caminhoLogo":
74              caminhoLogo = s[1].Replace("[", "").Replace("]", "").Trim();
75              break;
76      }
77  }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Caso o arquivo não exista, a localização da base de dados será o local de execução do sistema. A partir da localização da base de dados a lista de pacientes e especialistas é obtida, seguindo um padrão de nomenclatura de pastas conforme exibido no Quadro 2.

Quadro 2 - Localiza lista de pacientes

```

331 | string startFolder = @"MindsEye";
332 |
333 | if (Directory.Exists(caminhoArquivos))
334 | {
335 |     startFolder = caminhoArquivos;
336 | }
337 |
338 | if (startFolder.LastIndexOf("MindsEye") == -1)
339 | {
340 |     startFolder += "\\MindsEye";
341 | }
342 |
343 | if (!Directory.Exists(startFolder + "\\Pacientes"))
344 | {
345 |     Directory.CreateDirectory(startFolder + "\\Pacientes");
346 | }
347 | startFolder += "\\Pacientes";
348 | iniConfigPacientes(startFolder);

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Na codificação acima o diretório da lista de pacientes é verificado para encontrar os pacientes já registrados. O mesmo processo ocorre para obter os especialistas. Caso não haja pacientes e especialistas, será necessário o cadastro dessas informações. Para ambos os casos, além de informações como nome e data de nascimento, é permitido a inclusão de uma foto para identificação da pessoa. A foto pode ser escolhida dentre imagens do sistema, como mostra o Quadro 3, ou através de captura de imagem por vídeo, como mostra o Quadro 4.

Quadro 3 - Escolhe foto de pessoa

```

42 | OpenFileDialog dlg = new OpenFileDialog();
43 | dlg.Filter = "";
44 |
45 | ImageCodecInfo[] codecs = ImageCodecInfo.GetImageEncoders();
46 | string sep = string.Empty;
47 |
48 | foreach (var c in codecs)
49 | {
50 |     string codecName = c.CodecName.Substring(8).Replace("Codec", "Files").Trim();
51 |     dlg.Filter = String.Format("{0}{1}{2} ({3})|{3}", dlg.Filter, sep, codecName, c.FileNameExtension);
52 |     sep = "|";
53 | }
54 |
55 | dlg.Filter = String.Format("{0}{1}{2} ({3})|{3}", dlg.Filter, sep, "All Files", "*.*");
56 |
57 | dlg.DefaultExt = ".png"; // Default file extension
58 |
59 | if (dlg.ShowDialog() == DialogResult.OK)
60 | {
61 |     this.caminhoArq = dlg.FileName;
62 | }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 4 - Captura foto por câmera de vídeo

```
123 Rectangle cropSize = new Rectangle(10, 10, 270, 270);
124 Bitmap src = (Bitmap)pbCamera.Image;
125 Bitmap result = new Bitmap(cropSize.Width, cropSize.Height);
126
127 using (Graphics g = Graphics.FromImage(result))
128 {
129     g.DrawImage(src, new Rectangle(0, 0, result.Width, result.Height),
130                 cropSize,
131                 GraphicsUnit.Pixel);
132 }
133
134 foto = result;
135 this.DialogResult = DialogResult.OK;
136 this.Close();
```

Fonte: elaborado pelo autor.

Após o efetivo cadastro de pacientes e especialistas, é possível iniciar a gravação de uma nova sessão. Ao iniciar a gravação, é verificado se há alguma câmera de vídeo conectada, caso contrário um aviso é gerado para o usuário. Caso uma câmera tenha sido encontrada, é realizada uma tentativa de se conectar a ela. Caso tenha sido possível se conectar à câmera, é iniciada a exibição da imagem em tempo real para o usuário. O Quadro 5 ilustra esse processo, e também indica que, caso nenhuma câmera tenha sido encontrada, não será possível iniciar a gravação da sessão, e também não será possível conectar com o equipamento de EEG.

Quadro 5 - Descobre câmera de vídeo e inicia exibição

```

773 FilterInfoCollection VideoDevices = new FilterInfoCollection(FilterCategory.VideoInputDevice);
774 if (VideoDevices.Count >= 1)
775 {
776
777     int indexCamera = -1;
778     int count = -1;
779     foreach (FilterInfo VideoCaptureDevice in VideoDevices)
780     {
781         listCamera.Items.Add(VideoCaptureDevice.Name);
782         if (VideoCaptureDevice.Name.Equals(BaseDados.nomeCamera) && indexCamera < 0)
783         {
784             indexCamera = count;
785         }
786         else
787         {
788             count++;
789         }
790     }
791     if (indexCamera >= 0)
792     {
793         listCamera.SelectedIndex = indexCamera;
794     }
795     else
796     {
797         listCamera.SelectedIndex = 0;
798     }
799     if (videoCamera != null)
800     {
801         videoCamera.SignalToStop();
802         while (videoCamera.IsRunning)
803         {
804             Thread.Sleep(0500);
805         }
806         videoCamera = null;
807     }
808     iniciaVideo(listCamera.SelectedIndex);
809     btStartVideo.Enabled = true;
810     if (!isBrainReader)
811     {
812         enableBtConnectBrain(true);
813     }
814 }
815 else
816 {
817     MessageBox.Show("Nenhuma câmera foi encontrada." +
818         "\nVerifique se há uma câmera conectada e pressione o botão \"Atualizar\"");
819 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Com a conexão com a câmera de vídeo estabelecida, é possível optar pela captura de informações de ondas cerebrais através do equipamento de EEG. O Quadro 6 exibe o processo de verificação para conexão com o MindWave.

Quadro 6 - Verificação para conexão com MindWave

```

551 bool connect = BrainController.testConnection();
552 if (connect)
553 {
554     bool IsReadMindWaveData = BrainController.preReadData();
555     if (IsReadMindWaveData)
556     {
557         MessageBox.Show("Conexão com MindWave efetuada com sucesso!");
558         iniciaThreadBrainwave();
559         pnlSessao.setBrainReader(true);
560         pnlSessao.enableBtConnectBrain(false);
561     }
562     else
563     {
564         MessageBox.Show("Não foi possível estabelecer uma conexão com o dispositivo MindWave.\n" +
565             "Verifique o pareamento e bateria e tente novamente.");
566     }
567 }
568 else
569 {
570     MessageBox.Show("Não foi possível conectar com o dispositivo MindWave.\n" +
571         "Verifique o pareamento e bateria e tente novamente.");
572 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O teste de conexão, como demonstrado no Quadro 7, ocorre através da busca de uma conexão já existente em alguma porta serial do computador.

Quadro 7 - Busca de conexão com MindWave em portas seriais

```

26 public bool testConnection()
27 {
28     string[] ports = SerialPort.GetPortNames();
29     string connectionPort = "";
30     for (int i = 0; i < ports.Length; i++)
31     {
32         if (testPortConnection(ports[i]))
33         {
34             connectionPort = ports[i];
35             Console.WriteLine("Conexão encontrada na porta " + connectionPort + "!");
36             break;
37         }
38     }
39
40     if (connectionPort == "")
41     {
42         return false;
43     }
44     else
45     {
46         Port = connectionPort;
47         IsTestConnection = true;
48         return true;
49     }
50 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

Na situação da conexão com o MindWave ser estabelecida, são iniciados dois processamentos em segundo plano. O primeiro realiza a leitura dos dados captados pelo MindWave, e o segundo atualiza os gráficos com a informação mais recente captada. É realizada uma tentativa de busca por informação do MindWave uma vez por milésimo de segundo, com os dados sendo salvo em filas de processamento. Uma das filas é utilizada na

atualização dos gráficos, enquanto que a outra é utilizada para incluir os dados de estímulos cerebrais captados junto à gravação do arquivo de vídeo. O Quadro 8 exibe a busca de dados através do MindWave.

Quadro 8 - Busca de dados do MindWave e fila de dados

```

305 while (startBrainReader)
306 {
307     NeuroData nr = BrainController.readData(toReadData);
308     if (nr != null && nr.getTotalPower() > 0)
309     {
310         sleep = false;
311         lock (NeuroDataQueue)
312         {
313             NeuroDataQueue.Enqueue(nr);
314         }
315         lock (GraphDataQueue)
316         {
317             GraphDataQueue.Enqueue(nr);
318         }
319         if (pnlSessao.isRecording)
320         {
321             pnlSessao.addNeuroDataVideo(nr);
322         }
323     }
324     else
325     {
326         sleep = true;
327     }
328     if (sleep)
329     {
330         Thread.Sleep(1);
331     }
332 }

```

Fonte: elaborado pelo autor.

É importante lembrar que a captura de dados do equipamento de EEG é opcional, e que mesmo com essa conexão estabelecida, a sessão ainda não está gravando. Para isso é necessário que o usuário pressione o botão *Iniciar gravação*, para que então os dados obtidos pela câmera de vídeo sejam utilizados para geração de um arquivo. Enquanto houver conexão estabelecida com o MindWave, os dados de estímulos cerebrais captados serão salvos diretamente no próximo frame a ser salvo em arquivo, conforme exibe o Quadro 9.

Quadro 9 – Dados de estímulos cerebrais salvos em frame

```

frame.SetPixel(0, 0, Color.FromArgb(1, nr.PoorSignal, nr.Meditation, nr.Attention));

```

Fonte: elaborado pelo autor.

O tempo máximo da sessão a ser gravada, e tamanho máximo do arquivo de vídeo à ser gerado, são determinados pelo próprio usuário e espaço disponível em disco, respectivamente. O sistema não possui limitação para esses casos.

Para finalizar a gravação da sessão o usuário deverá pressionar o botão *Finalizar gravação*, que finaliza a gravação do arquivo de vídeo. O usuário ainda pode optar por realizar uma nova gravação, que sobrescreverá a anterior, ou salvar a sessão para concluir o

processo. A verificação de uma sessão já salva exibe funções diferentes, onde a conexão com uma câmera de vídeo cede lugar para um reprodutor de vídeos, que identifica a informação de ondas cerebrais em cada frame e atualiza os gráficos em tela. O Quadro 10 exibe a identificação dos dados de estímulos cerebrais a partir do pixel de um frame.

Quadro 10 – Identifica os dados de estímulos cerebrais do frame

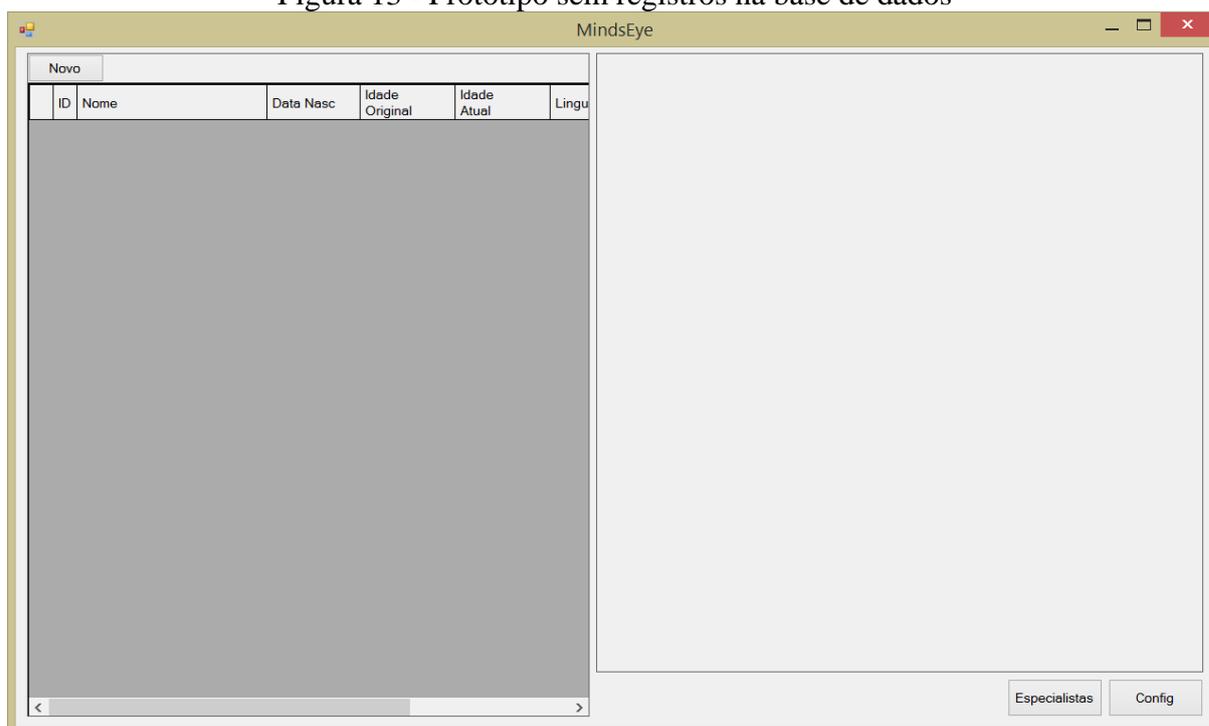
```
169 Color c = frame.GetPixel(0, 0);
170 PoorSignal = c.R;
171 Meditation = c.G;
172 Attention = c.B;
```

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.3 Operacionalidade da implementação

Ao executar o sistema, primeiro será necessário verificar se a base de dados foi carregada. A Figura 13 mostra o sistema em seu formato inicial, sem registros.

Figura 13 - Protótipo sem registros na base de dados



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse caso, uma opção é escolher um local para salvar os registros do sistema, e preencher outras informações como nome do estabelecimento, telefone e câmera de vídeo principal. É possível alterar essas informações a qualquer momento durante a utilização do sistema, acessando a janela de configurações através do botão `Config`, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 - Janela de configurações

Configurações

Informações técnicas

... Local dos arquivos: C:\Users\Luccas\Documents

Atualizar Camera padrão: Integrated Webcam

Informações do estabelecimento

Nome:

Endereço:

Telefone:

... Imagem para Logo:

Salvar

Fonte: elaborado pelo autor.

Através do botão *Especialistas* é possível realizar o cadastro de especialistas para o sistema. O botão *Novo* sempre estará localizado ao lado esquerdo, sendo substituído pelo botão *Voltar* durante o cadastro ou edição de um registro. Ao lado direito ficam os botões *Salvar* e *Excluir*. Algumas das informações de cadastro são padronizadas para registro pessoal, como nome, data de nascimento, número de Cadastro de Pessoas Físicas (CPF), número de Registro Geral (RG) e foto, enquanto outras visam melhor registrar e diferenciar os especialistas, como sexo e observações. Dessas informações, as obrigatórias para o cadastro de um especialista são: nome, data de nascimento e CPF. É obrigatória a existência de ao menos um especialista cadastrado no sistema para que seja possível cadastrar sessões para um paciente. A Figura 15 mostra a janela para cadastro de especialistas.

Figura 15 - Janela de cadastro de especialistas

Fonte: elaborado pelo autor.

É possível perceber que o sistema é dividido em dois, verticalmente. Ao lado esquerdo são listados os pacientes, enquanto que ao lado direito são exibidas as sessões do paciente selecionado. A exibição de pacientes, sessões e especialistas possuem estilos em comum para o cadastro e controle de registros. Os botões Novo, Voltar, Salvar e Excluir ficam sempre nas mesmas posições, mantendo um padrão no sistema.

Em comparação com o cadastro de um especialista, um paciente possui mais detalhes a serem informados. As informações de nome, data de nascimento, sexo e observações são comuns, porém um paciente também possui informações como idade de aprendizagem, referentes ao nível escolar básico, relacionados à linguagem, lógica e matemática. A Figura 16 exibe o cadastro de um paciente. A Figura 17 exibe a lista de pacientes, onde também é mostrada a idade original do paciente, a idade relacionada à data do cadastro, e a idade atual do paciente, ambas em formato de anos e meses.

Figura 16 - Cadastro de paciente

Voltar Salvar

ID: 1

Nome:

Data Nasc: 05/07/2018

CPF:

RG:

Sexo: Feminino Masculino Outro

Idade Linguagem: 1o ano

Idade Logica: 1o ano

Idade Matematica: 1o ano

Observações:

Alterar Foto

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17 - Lista de pacientes

Novo								
	ID	Nome	Data Nasc	Idade Original	Idade Atual	Linguagem	Logica	Matematica
+	3	Paciente A	19/01/2008	10 a. 5 m.	10 a. 5 m.	6o Ano	7o Ano	7o Ano
+	2	Paciente B	03/07/2007	11 a. 0 m.	11 a. 0 m.	7o Ano	5o Ano	4o Ano
+	1	Paciente C	04/03/2000	18 a. 4 m.	18 a. 4 m.	4o Ano	3o Ano	3o Ano

Fonte: elaborado pelo autor.

O cadastro de uma sessão para um paciente é elaborado para que ocorra durante o atendimento, e seja finalizado ao fim da sessão. De início, o sistema tenta se conectar a uma câmera de vídeo, optando pela câmera padrão, especificada no cadastrado inicial, sempre que disponível. O botão *Atualizar*, posicionado ao lado da lista de câmeras disponíveis, atualiza a lista de dispositivos disponíveis. É possível alterar a câmera utilizada para a gravação, pois apesar das informações da câmera de vídeo já serem exibidas em tela, a gravação só é iniciada quando pressionado o botão *Iniciar Gravação*. O campo de texto *Material*, de preenchimento obrigatório para salvar uma sessão, é relacionado ao instrumento, teste ou

titulação utilizada para auxiliar na identificação do atendimento. A Figura 18 exibe o cadastro de uma nova sessão.

Figura 18 - Cadastro de sessão

The screenshot displays the MindsEye software interface, divided into two main sections: 'Pacientes' and 'Sessões'.

Pacientes Section: A table lists three patients. The third patient, 'Paciente C', is selected.

ID	Nome	Data Nasc	Idade Original	Idade Atual	Linguagem
3	Paciente A	19/01/2008	10 a. 5 m.	10 a. 5 m.	6o An
2	Paciente B	03/07/2007	11 a. 0 m.	11 a. 0 m.	7o An
1	Paciente C	04/03/2000	18 a. 4 m.	18 a. 4 m.	4o An

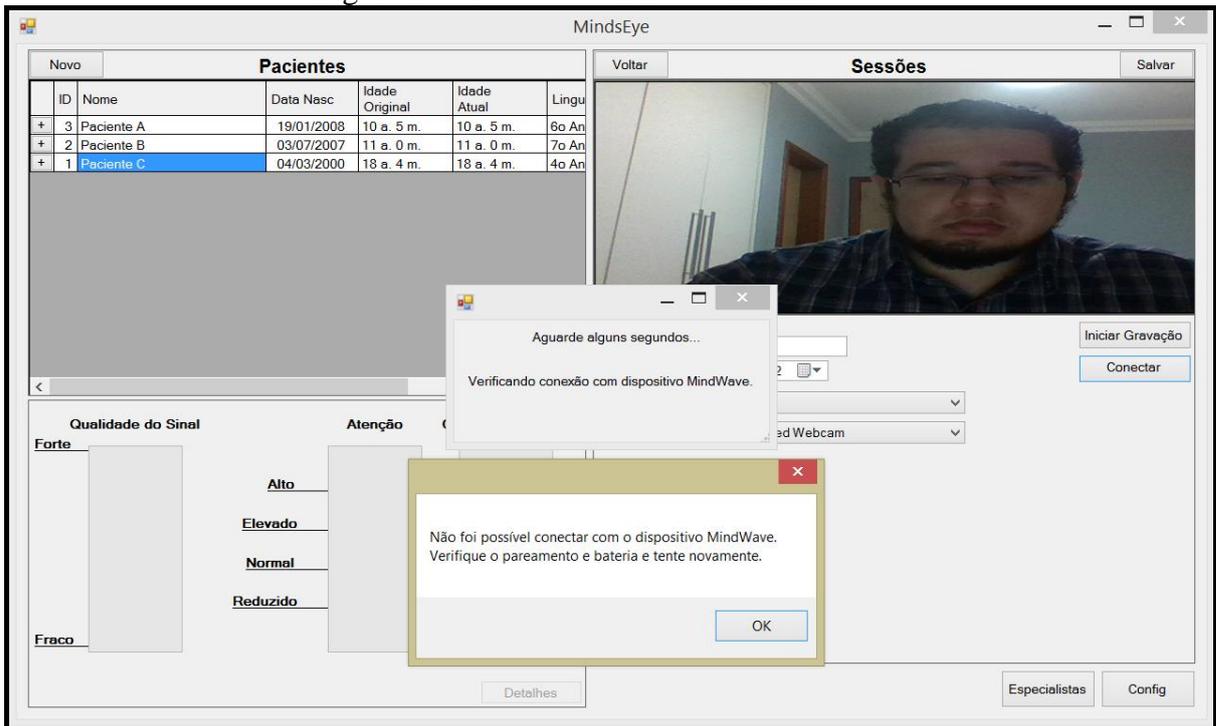
Sessões Section: A video feed shows a man with glasses. Below the video, session details are entered: ID: 1, Material: (empty), Data Sessão: 05/07/2018 07:12, Especialista: Especialista A, and Camera: Integrated Webcam. Buttons for 'Iniciar Gravação', 'Conectar', 'Atualizar', 'Especialistas', and 'Config' are visible.

Quality and Attention Indicators: Three vertical sliders are shown: 'Qualidade do Sinal' (ranging from Fraco to Forte), 'Atenção' (ranging from Reduzido to Alto), and 'Calma/Relaxamento'.

Fonte: elaborado pelo autor.

O botão **Conectar** (Figura 18), posicionado logo abaixo do botão **Iniciar Gravação**, efetua a conexão com o equipamento MindWave. Ao pressionar o botão uma janela é exibida, solicitando que sejam aguardados alguns segundos enquanto a conexão com o equipamento de EEG é efetuada. Em casos de sucesso ou erro, outras mensagens são exibidas para informar o usuário, conforme demonstra a Figura 19.

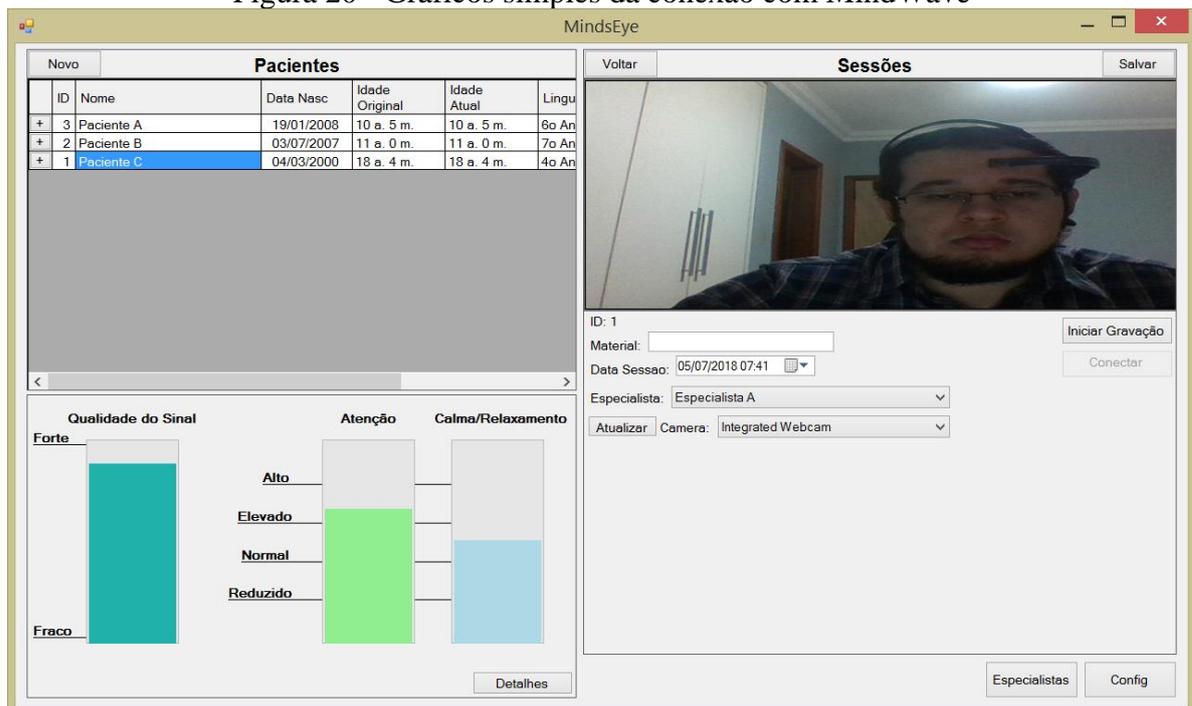
Figura 19 - Teste de conexão com MindWave



Fonte: elaborado pelo autor.

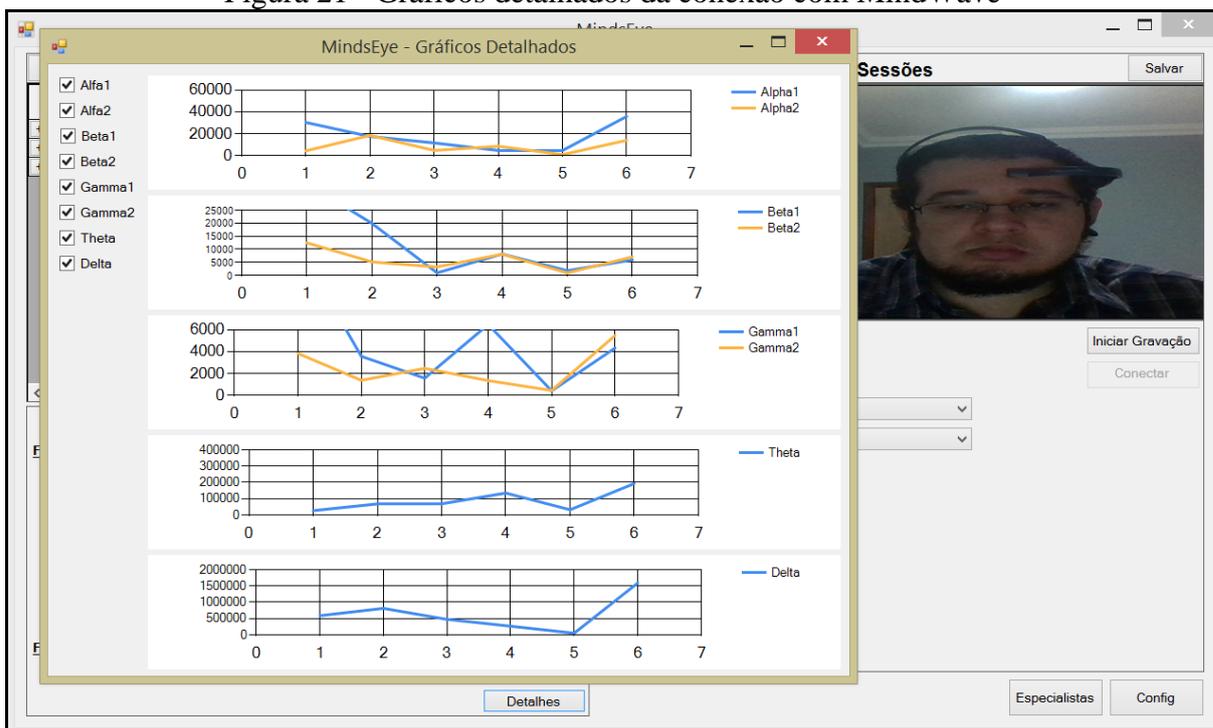
Com a conexão com o equipamento MindWave estabelecida com sucesso, alguns gráficos são exibidos abaixo da listagem de pacientes. Esses gráficos indicam a qualidade do sinal captado, além dos níveis de atenção e relaxamento mental do paciente. A Figura 20 exhibe os gráficos denominados simples, enquanto que a Figura 21 exhibe os gráficos detalhados, acionados ao pressionar o botão *Detalhes*.

Figura 20 - Gráficos simples da conexão com MindWave



Fonte: elaborado pelo autor.

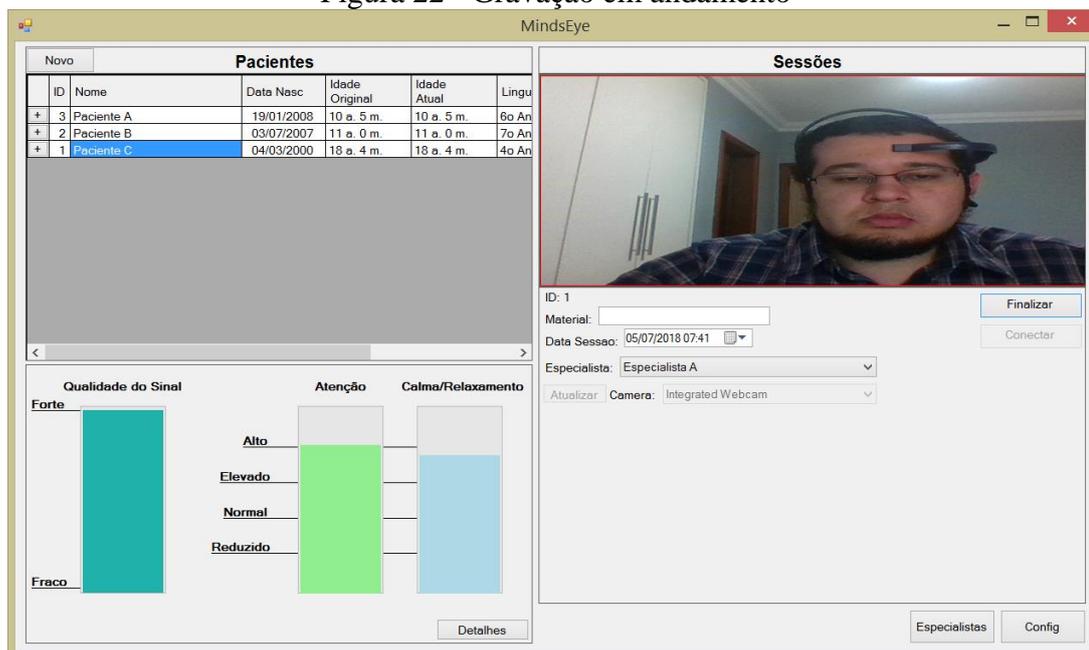
Figura 21 - Gráficos detalhados da conexão com MindWave



Fonte: elaborado pelo autor.

Enquanto a conexão com o equipamento MindWave é opcional, é necessário que seja efetuada antes de pressionar o botão **Iniciar Gravação**. Ao pressionar o botão **Iniciar Gravação**, as bordas do vídeo exibido em tela ficarão vermelhas, indicando que está gravando. Também não será mais possível alterar a câmera de vídeo, nem tentar conectar com o equipamento de EEG. Neste momento, a única opção disponível é pressionar o botão **Finalizar**, que finalizará a gravação. A Figura 22 demonstra essa situação.

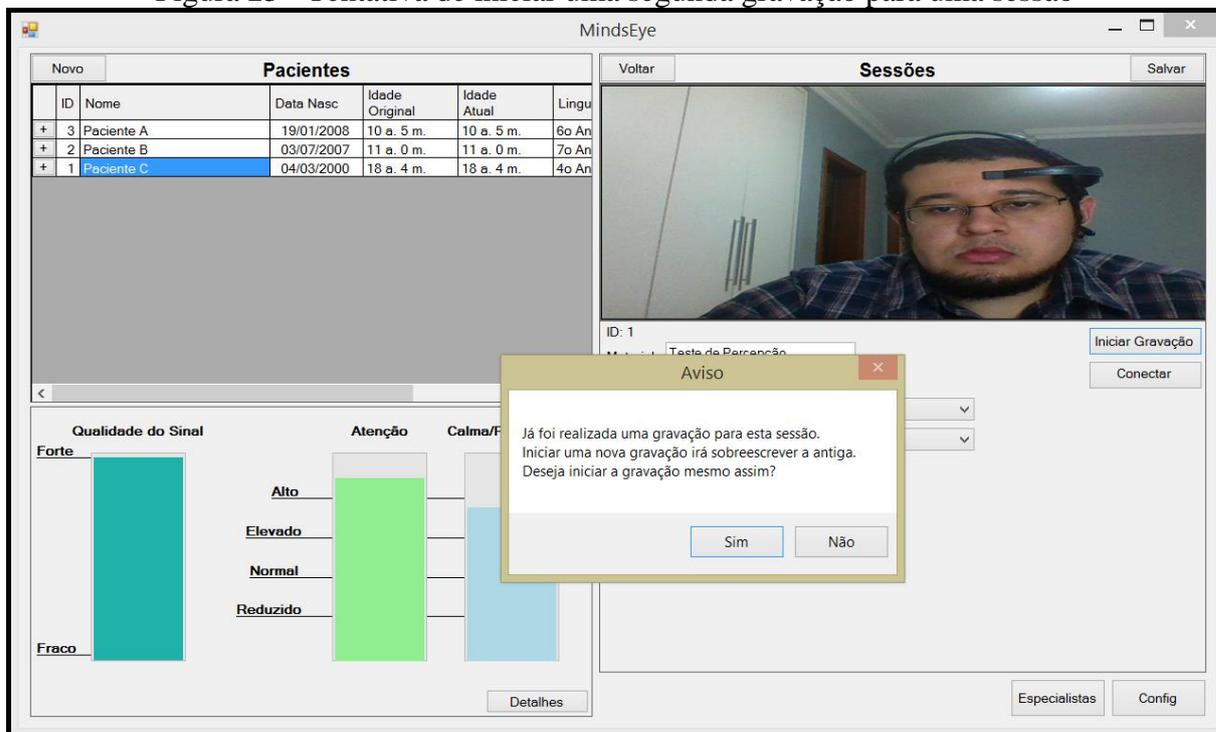
Figura 22 - Gravação em andamento



Fonte: elaborado pelo autor.

Após a gravação ser finalizada, os botões **Salvar** e **Voltar** estarão novamente disponíveis. Caso o botão **Iniciar Gravação** seja pressionado novamente, uma mensagem será exibida ao usuário perguntando se deseja iniciar uma nova gravação, e sobrescrever a anterior. A Figura 23 ilustra esse caso.

Figura 23 - Tentativa de iniciar uma segunda gravação para uma sessão



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao salvar a sessão, a lista de sessões é exibida e atualizada, indicando em cor amarela as sessões gravadas que ainda não foram verificadas pelo usuário. Também são visíveis os campos de material, data e hora da sessão, idade cronológica do paciente no momento da sessão, em ano e meses, e as idades de aprendizagem, como linguagem, lógica e matemática. A Figura 24 exibe a lista de sessões conforme descrita anteriormente.

Figura 24 - Lista de sessões

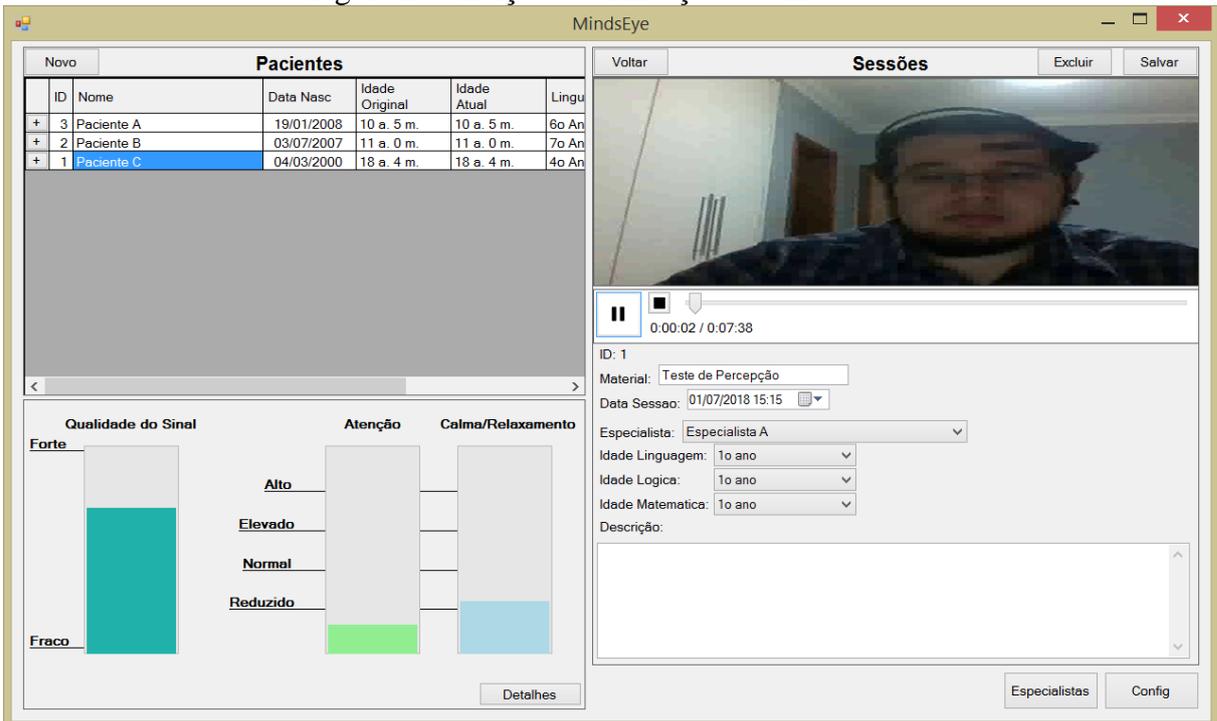
Novo Pacientes					
ID	Nome	Data Nasc	Idade Original	Idade Atual	Linguagem
+ 3	Paciente A	19/01/2008	10 a. 5 m.	10 a. 5 m.	6o An
+ 2	Paciente B	03/07/2007	11 a. 0 m.	11 a. 0 m.	7o An
+ 1	Paciente C	04/03/2000	18 a. 4 m.	18 a. 4 m.	4o An

Novo Sessões					
Material	Data/Hora	Idade	Linguagem	Logica	Mater
+ Teste de Percepção	01/07/2018 15:15	18 a. 3 m.	4o Ano	4o Ano	4o An
+ Teste de Atenção I	01/07/2018 16:00	18 a. 3 m.	1o Ano	1o Ano	1o An
+ Teste de Atenção II	01/07/2018 16:45	18 a. 3 m.	4o Ano	4o Ano	4o An

Fonte: elaborado pelo autor.

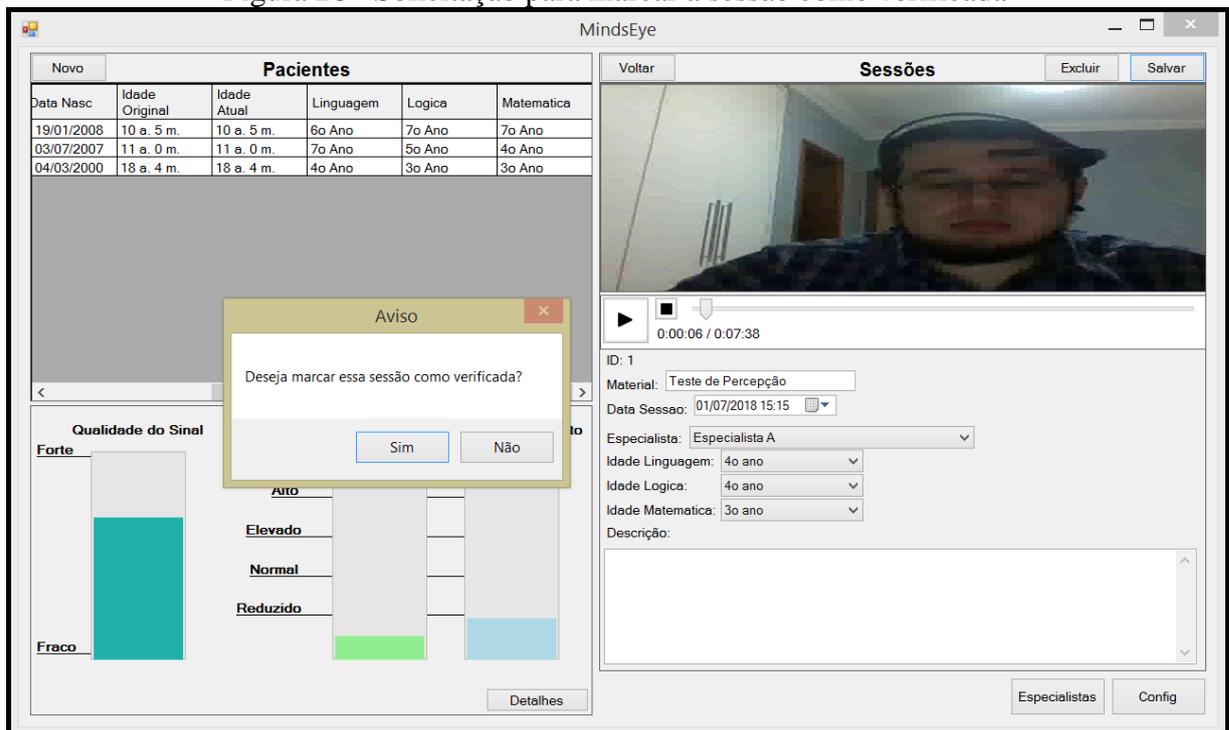
O botão indicado pelo caractere + ao lado esquerdo de cada linha da tabela, seja de pacientes, sessões ou até de especialistas, permite a visualização e edição do registro selecionado. A sessão é o único tipo de registro que exhibe diferentes informações no formato de edição, quando comparado à inserção do registro. A edição de uma sessão, como forma de verificação do atendimento, permite reproduzir a gravação de vídeo, sincronizada com as informações de ondas cerebrais captadas. As informações de ondas cerebrais captadas são exibidas da mesma maneira como durante a gravação, ou seja, através de gráficos exibidos abaixo da lista de pacientes. Além disso, a verificação da sessão também permite alterar o material informado, data da sessão, especialista, idade de aprendizagem de linguagem, lógica e matemática, além de permitir preencher uma descrição da gravação. A Figura 25 e a Figura 26 ilustram a situação.

Figura 25 - Edição e verificação de uma sessão



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 26 - Solicitação para marcar a sessão como verificada



Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos na execução deste protótipo. O objetivo foi desenvolver um protótipo de solução que auxilie na realização da avaliação psicopedagógica clínica. A proposta era de que o psicopedagogo poderia se concentrar

inteiramente na realização do atendimento, para então utilizar a gravação obtida através do protótipo para revisar os procedimentos utilizados e situação do paciente a fim de melhorar sua análise e avaliação. O protótipo desenvolvido atendeu o objetivo de auxiliar o psicopedagogo na avaliação do paciente, disponibilizando informações relevantes do paciente, como nível de atenção e relaxamento, durante e após a finalização de um atendimento. Essa informação, combinada com a base de dados criada através do cadastro de pacientes e sessões, permite uma melhor visualização do desenvolvimento de um paciente.

Os objetivos específicos, citados na seção 1.1, também foram atendidos. As informações relacionadas não apenas à área da psicopedagogia, mas como também expectativas, sugestões e opiniões foram coletadas com uma especialista da área desde o início da fase de planejamento e desenvolvimento do protótipo. Esse acompanhamento permitiu que o protótipo pudesse ser desenvolvido objetivando detalhes específicos, e ser avaliado de maneira crítica e objetiva.

Logo abaixo, dividido em quatro seções, segue informações mais detalhadas sobre o desenvolvimento e aplicação do protótipo. A seção 3.4.1 mostra a avaliação do protótipo, a seção 3.4.2 mostra as sugestões obtidas, a seção 3.4.3 mostra as dificuldades encontradas, e, por fim, a seção 3.4.4 mostra um comparativo entre o protótipo e os trabalhos correlatos.

3.4.1 Avaliação do protótipo

O protótipo foi disponibilizado para avaliação para uma psicopedagoga da área clínica, da cidade de Blumenau, em dois momentos ao longo do desenvolvimento do trabalho. Enquanto o protótipo foi avaliado em apenas dois momentos, uma reunião já havia sido realizada com a psicopedagoga avaliadora a respeito das expectativas e ideias iniciais para o desenvolvimento.

A primeira avaliação, considerada parcial, teve como objetivo a demonstração das telas do protótipo, discussão sobre a relevância das informações salvas e obter sugestões para novas implementações e melhorias. A avaliação final consistiu em apresentar o protótipo, em sua versão mais recente e estável, para a psicopedagoga. Durante essa avaliação a psicopedagoga utilizou o protótipo, junto do equipamento de monitoramento de estímulos cerebrais, para atender a um paciente. O paciente em questão, uma criança de 7 anos, já possuía laudo de Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). A situação desse atendimento já havia sido discutida junto à mãe da criança, e com a própria criança, que aceitaram participar.

Para essa avaliação uma sala na clínica foi preparada para realização do atendimento e teste do protótipo, para que o ambiente fosse controlado. A utilização do protótipo inclui posicionar uma câmera de vídeo, para que grave o profissional e paciente durante o atendimento, além da utilização do equipamento de monitoramento de ondas cerebrais por parte do paciente. A câmera de vídeo e o equipamento MindWave foram montados em conjunto com a profissional.

Durante o atendimento era possível notar as mudanças nos níveis de atenção e relaxamento da criança. Os níveis de atenção, como esperado, se encontravam, na maior parte do tempo, em nível abaixo do normal, tendo picos de elevação quando uma nova atividade ou situação ocorria. Porém, durante o atendimento, foram percebidos detalhes passíveis de interferência na eficácia do atendimento. Um desses detalhes foi o equipamento de EEG estar causando desconforto na criança, que acabava perdendo a concentração na atividade realizada. Outro detalhe é a presença da câmera de vídeo, que incentivava a criança a olhar e acenar, também ocasionando perda de concentração. Essas ocorrências foram consideradas pela psicopedagoga como interferências na informação captada.

Por fim, o atendimento foi terminado após aproximadamente trinta minutos. Após isso, a psicopedagoga realizou a validação da outra parte do protótipo, a verificação de uma gravação já realizada. Durante essa validação foram citadas críticas quanto à qualidade de imagem da gravação, falta de gravação de áudio do atendimento e performance do protótipo. A crítica quanto a performance ocorreu durante a verificação da sessão apenas. A gravação dos estímulos cerebrais captados, por outro lado, foi elogiada. Um comentário realizado pela profissional é que, enquanto ela reconhece o laudo do paciente, a informação do eletroencefalograma claramente contribuiu para um melhor entendimento da situação da criança, mesmo por parte de profissionais que não são da área.

Enquanto o protótipo foi avaliado por apenas uma psicopedagoga, às críticas foram claras quanto a necessidade de novas funcionalidades e melhorias nas já existentes. O equipamento para monitoramento de estímulos cerebrais foi avaliado com relação ao fato de que tirava a concentração da criança no início do atendimento, mas foi reconhecido como parte importante do protótipo.

3.4.2 Sugestões obtidas

A sugestão principal, ocorrida em forma de crítica e expectativa do sistema, é a melhoria de usabilidade do protótipo. Enquanto esse ponto não foi diretamente abordado, houve visível preocupação da psicopedagoga sobre sua capacidade de utilizar o protótipo.

Além disso, muitas das sugestões obtidas incluem expansão do protótipo. Uma dessas sugestões se refere a aumentar a quantidade de informações disponíveis para associar a um paciente. Em exemplo, seria a possibilidade de especificar não apenas o nível de conhecimento sobre linguagens ou matemática, mas especificar também os tópicos que o paciente domina ou não.

Outra sugestão é a de geração de um relatório geral do paciente, informando os dados pessoais e clínicos, como idade cronológica e idades de aprendizado, além de exibir o desempenho nas sessões com o passar do tempo. Ao dar essa sugestão, a psicopedagoga disponibilizou como exemplo o relatório de Escala de Desenvolvimento Motor, utilizado em outro sistema que ela utiliza. Este relatório é exibido no Anexo A.

A psicopedagoga também sugeriu um sistema onde, enquanto é realizado o atendimento com o paciente, e os estímulos cerebrais do mesmo são monitorados, monitores atrás do paciente exibem a informação em forma de gráficos em tempo real. Dessa forma o profissional pode estar sempre ciente do estado atual do paciente, conferindo a informação através de visão periférica ou sinal visual. Resultados desse sistema incluem melhorias no atendimento e avaliações do paciente ocorrendo com maior precisão e rapidez, reconhecendo as melhores abordagens e procedimentos para cada paciente.

3.4.3 Dificuldades encontradas

Para o desenvolvimento foi utilizado a linguagem C-Sharp, para compatibilidade com o equipamento MindWave. O desenvolvimento foi facilitado com a criação de componentes padronizados para o protótipo, seguindo estilos semelhantes de funcionamento. A gravação dos registros ocorre através de arquivos salvos no sistema, necessitando de verificações constantes sobre a existência do diretório escolhido.

A conexão do MindWave com o computador Windows acontece através de bluetooth. Apesar do MindWave estar conectado com a máquina, a captura dessas informações através do protótipo pode ocorrer de até duas formas. A primeira e mais comum se utiliza de uma aplicação disponibilizada pela fabricante do equipamento, o sistema `ThinkGearConnector`, que realiza a comunicação entre a porta serial conectada ao MindWave e o protótipo. Enquanto essa foi a abordagem escolhida, há momentos onde não é possível estabelecer uma conexão válida entre os dispositivos, sendo necessário reiniciar o protótipo, ou em último caso, o computador. A segunda forma de conexão com o MindWave se baseia em conexão direta com a porta serial, realizando comunicação através de pacotes JSON, porém a esta altura não houve tempo hábil para esta alteração.

A principal dificuldade encontrada foi na implementação da verificação de uma sessão gravada. A decisão tomada inicialmente foi que, durante a gravação da sessão, os estímulos cerebrais captados seriam salvos junto do arquivo de vídeo. Então, ao reproduzir o vídeo dentro do protótipo, era necessário acessar a informação dos estímulos frame a frame para que os gráficos de informação fossem atualizados corretamente. Não foram encontrados reprodutores de vídeo capazes de obter o frame que está sendo exibido em tela, ou que realizem algum processamento a cada alteração de frame. Para essa situação foi desenvolvido um componente customizado para reprodução de vídeos, atendendo as necessidades do protótipo. Apesar de terem sido observadas oportunidades de melhorias para o componente customizado, não houve tempo hábil para estas alterações.

3.4.4 Comparativo entre protótipo e trabalhos correlatos

O Quadro 11 descreve o comparativo entre o trabalho atual, e os trabalhos correlatos definidos na seção 2.4.

Quadro 11 - Comparação entre protótipo desenvolvido e trabalhos correlatos

Características	NeuroExperimenter (Mellender, 2014)	EventIDE (Okazolab, 2012a, 2012b)	Paradigm (Perception Research Systems, 2016)	Protótipo desenvolvido (2018)
Permite scripts customizados	Não	Sim	Sim	Não
Exibe estímulos captados	Sim	Sim	Sim	Sim
Controle de Áudio	Sim	Sim	Sim	Não
Gravação de Vídeo	Não	Sim	Sim	Sim
Ambiente de utilização	Clínicas e pesquisas	Pesquisas	Pesquisas	Clínicas

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 11 é possível identificar particularidades e objetivos na utilização de cada um dos trabalhos. É importante esclarecer que nenhum dos sistemas desenvolvidos visa substituir a atuação de um profissional na área clínica ou acadêmica, mas sim

providenciar diferentes ferramentas que os auxiliem durante seu trabalho. O protótipo desenvolvido e o sistema desenvolvido por Mellender (2014) são os únicos descritos como disponibilizados para a área clínica, porém, considerando a usabilidade dos dois trabalhos, é possível notar que são de fácil utilização até mesmo para não profissionais da área.

Dentre os trabalhos comparados, apenas o protótipo desenvolvido não trabalha com áudio, seja gravando ou produzindo. Dos outros trabalhos, o de Mellender (2014) apenas reproduz áudio, como sinais sonoros e como estímulo auditivo durante sessões. Os outros dois trabalhos reproduzem áudios e também o gravam durante as sessões.

Os três trabalhos correlatos são descritos como utilizados em pesquisas, principalmente pela estrutura de exibição das informações coletadas. Os trabalhos de Okazolab (2012a) e Perception Research Systems (PRS) (2016), quando comparado com o de Mellender (2014), possuem maior gama de funcionalidades, permitindo principalmente a utilização de equipamentos externos que vão além do eletroencefalograma (EEG). Porém, quando verificado o objetivo principal no desenvolvimento do trabalho de Mellender (2014), e do protótipo desenvolvido, pode-se observar que não houve a necessidade de expandir a gama de equipamentos com que os trabalhos podem ser integrados.

4 CONCLUSÕES

Há uma crescente expansão de trabalhos de pesquisa na área da neurociência, incluindo a psicopedagogia. A cada ano, mais informações são obtidas e avaliadas, utilizando métodos já existentes, ou até propondo métodos novos. O presente trabalho tinha como objetivo desenvolver, através do contato com profissionais da área de psicopedagogia, um protótipo de sistema para atendimento de pacientes com reconhecimento de estímulos cerebrais. Uma das intenções do trabalho era tornar a área clínica mais próxima da área de pesquisa.

O protótipo visava auxiliar o psicopedagogo na realização da avaliação psicopedagógica clínica, permitindo o controle de informações de pacientes, especialistas e sessões. A proposta era de que o psicopedagogo poderia se concentrar inteiramente na realização do atendimento, para então utilizar a gravação da sessão, obtida através do protótipo, para revisar e melhorar suas observações, conclusões e avaliações de um paciente, sempre que achasse necessário.

A solução desenvolvida oferece cadastros de pacientes, especialista e sessões, gravação de vídeo de uma sessão e monitoramento de estímulos cerebrais de um paciente através do equipamento de EEG Mindwave, também permitindo a revisão destas informações. Diante disto é possível verificar que o objetivo geral e os objetivos específicos foram atendidos, mas que o desempenho do protótipo não foi completamente satisfatório nas mãos de um profissional da área.

Através do contato com a psicopedagoga que auxiliou neste trabalho, identificou-se a necessidade de ampliação do protótipo e melhorias em suas funcionalidades. As informações de críticas e sugestões do protótipo, citadas nas seções 3.4.1 e 3.4.2, foram relevantes para que o mesmo possa melhor atender a necessidade de um profissional na área de psicopedagogia. Pode-se concluir que, apesar do trabalho proposto não atingir a aceitação esperada, ele foi capaz de gerar discussões, críticas, ideias, e de identificar uma área onde há uma escassez de sistemas semelhantes ao proposto, além do protótipo desenvolvido poder ajudar em novas pesquisas relacionadas com esta área de estudo.

4.1 EXTENSÕES

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram identificadas oportunidades de melhorias futuras. Junto de algumas sugestões já citadas na seção 3.4.2, abaixo são listadas as sugestões de extensões para o protótipo:

- a) melhorar o leiaute e esquema de cores do protótipo, a fim de melhorar sua

usabilidade;

- b) melhorar a responsividade do protótipo e seus componentes internos;
- c) aumentar a quantidade de informações salvas relacionadas a um paciente, incluindo informações de tópicos de conhecimento a idades de aprendizagem, como matemática e linguagem;
- d) aumentar a quantidade de informações salvas relacionadas a uma sessão, incluindo informações de tópicos de conhecimento avaliados durante um atendimento, e que poderá ser associado progresso do paciente mais tarde. Essa sugestão extensão está ligada à extensão anterior;
- e) melhorar a qualidade da imagem gravada em vídeo, que impacta na verificação de uma sessão;
- f) implementar a gravação de áudio com o vídeo;
- g) melhorar a performance durante a gravação e verificação de sessões, para garantir que a filmagem e seu processamento ocorram com mais fluidez e qualidade;
- h) alterar o processo de codificação e decodificação da filmagem, a fim de garantir maior credibilidade às informações dos estímulos cerebrais ali salvos;
- i) desenvolvimento de um relatório geral do paciente, informando dados de identificação, como nome e idade, e dados clínicos, como idades de aprendizagem, observações e desempenho durante as sessões;
- j) permitir a marcar momentos importantes na gravação da sessão, durante sua verificação, como também dar a possibilidade de adicionar uma descrição à marcações;
- k) alterar o processo de conexão do equipamento de monitoramento de estímulos cerebrais MindWave, utilizando comunicação direta com portas seriais do computador, a fim de eliminar o sistema intermediário ThinkGearConnector, e diminuir as chances de ocorrerem problemas de conexão;
- l) implementar a conexão de outros equipamentos de monitoramento de estímulos cerebrais.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, Clarissa G. de; **Psicopedagogia Clínica e as Dificuldades de Aprendizagem: Diagnóstico e Intervenção**. 2010. 46 f. Dissertação (Graduação em Pedagogia) – Curso de Graduação em Pedagogia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. Disponível em: <
<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/139/1/Clarissa%20Guedes%20de%20Arag%C3%A3o.pdf>>. Acesso em 15. jun. 2018.
- ARNS, Martijn; CONNERS, Charlene; KRAEMER, Helena C.; A decade of EEG/Theta ratio research in ADHD: a meta-analysis. **Journal of Attention Disorders**, v. 17, n. 5, p. 374-383, 2013. Disponível em:
 <https://pdfs.semanticscholar.org/78f9/be16c5e7949897d35b1e154accf56db5906c.pdf?_ga=2.169826145.1556413797.1530869099-1238762684.1498421349>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- BERKA, Chris et al.; EEG Correlates of Task Engagement and Mental Workload in Vigilance, Learning and Memory Tasks. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 78, n. 5, p. 231-244, maio 2007.
- CARDOSO, Fabrício B.; CARNEIRO, Rosângela R.; Estimulação do desenvolvimento de competências funcionais hemisféricas em escolares com dificuldades de atenção: uma perspectiva neuropsicopedagógica. **Revista da Associação Brasileira de Psicopedagogia**, São Paulo, v. 26, n. 81, p. 458-469, 2009. Disponível em: <
http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862009000300013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 08 jun. 2018.
- CASSON, Alexander J. et al. Wearable Electroencephalography, **Engineering in Medicine and Biology Magazine IEEE**, v. 29, p. 44-56, 2010.
- CHAMBERS, Jonathin A., SANEI, Saeid. EEG Signal Processing. **John Wiley & Sons**, v. 1, p. 312, 2013.
- CIPRIANO, Thais B. de S.; **Diagnóstico Psicopedagógico**. Campo Grande, 2011. Disponível em: <
<https://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/10325/diagnosticopsicopedagogico>>. Acesso em: 08 jun. 2018.
- EBERSOLE, John E.; PEDLEY, Timothy A. **Current Practice of Clinical Electroencephalography**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2003.
- FREITAS, Joelma da S.; ROTA JUNIOR, César; O eletroencefalograma como instrumento de avaliação de queixas escolares: medicalizando a educação escolar. **Revista Entreideias**, Salvador, v. 3, n. 1, p. 63-78, 2014.
- HEINRICH et al. EEG spectral analysis of attention in ADHD: implications for neurofeedback training?. **Frontiers in Human Neuroscience**. 2014. Disponível em: <
https://pdfs.semanticscholar.org/f9a8/3f4d641d7c8d48531b3d150781748be94973.pdf?_ga=2.57495658.1556413797.1530869099-1238762684.1498421349>. Acessado em: 02 jul. 2018.
- ISA, Iza S. et al. Study on EEG Steady State Alpha Brain Wave Signals Based on Visual Stimulation for FES. In: **Proceedings of the 2014 International Conference on Systems, Control, Signal Processing and Informatics II (SCSI '14)**, v. 1, p. 115-119, abr. 2014.
- JARRET et al. A EEG Study of Children with and without ADHD Symptoms. **Journal of Attention Disorders**, ago. 2017. Disponível em:
 <https://pdfs.semanticscholar.org/4b3b/7a480c92c5f055672c2eb5a39df8b33b44f9.pdf?_ga=2.203372625.1556413797.1530869099-1238762684.1498421349>. Acesso em: 01 jul. 2018.

LARSEN, Erik A. **Classification of EEG Signals in a Brain-Computer Interface System**, p. 72, jun. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Norwegian University of Science and Technology, Noruega.

LI, Yi-Wei; CHEN, Hui-Ju; HUNG, Kun-Long; Electroencephalography Abnormalities in Non-epileptic Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. **Neuropsychiatry(London)**. v. 8, n. 2, p. 677-683, 2018. Disponível em: <<http://www.jneuropsychiatry.org/peer-review/electroencephalographic-abnormalities-in-non-epileptic-children-with-attentiondeficit-hyperactivity-disorder.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

MASKELIUNAS, Rytis et al. Consumer-Grade EEG devices: are they usable for control tasks? **PeerJ**, v. 4, p. 1-27, 2016.

MELLENDER, Fred. **NeuroExperimenter**. 2014. Disponível em: <<https://docs.google.com/document/d/1mB1YIZUbSr39ytF5U7u1KHGC0h9220JxVQE8X4yHXs/edit>>. Acesso em: 26 maio 2018.

OKAZOLAB. **EventIDE**. 2012a. Disponível em: <<http://www.okazolab.com>>. Acesso em: 26 maio 2018.

_____. **EventIDE**. 2012b. Disponível em: <<http://wiki.okazolab.com/>>. Acesso em: 26 maio 2018.

PERCEPTION RESEARCH SYSTEMS. **Paradigm**. 2016. Disponível em: <<http://www.paradigmexperiments.com/>>. Acesso em: 26 maio 2018.

QUINONEZ, Delores. Common applications of electrophysiology (EEG) in the past and today: The technologists' view. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**. v. 106, n. 2, p. 108-112, fev. 1998.

SILVA, Sabrina R. C. da; **Protótipo de Sistema para Apoio à Avaliação Psicopedagógica Clínica**. 2015. 104 f. Dissertação (Graduação em Sistemas de Informação) – Curso de Graduação em Sistemas de Informação, Universidade Regional de Blumenau. Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2015_2_sabrina-rozeni-cabral-da-silva_monografia.pdf>. Acesso em 16 jun. 2018.

SALABUN, Wojciech. Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave. **Przegląd Elektrotechniczny**, v. 2014/2, p. 169-173, fev. 2014.

TEPLAN, Michal. Fundamentals of EEG measurement. **Measurement Science Review**, v. 2, p. 1-11, 2002.

ANEXO A – Relatório de exemplo disponibilizado pela psicopedagoga

A seguir é apresentada a Figura 27, que exibe o relatório de Escala de Desenvolvimento Motor, apresentado como exemplo para o desenvolvimento do relatório do protótipo.

Figura 27 - Escala de Desenvolvimento Motor

Escala E. D. M.

ESCALA DE DESENVOLVIMENTO MOTOR - E. D. M.

FICHA DE RESULTADOS

NOME: [REDACTED]

DATA DE NASCIMENTO: 18/04/2007 DATA DE EXAME: 28/09/2017 SEXO: Feminino

OUTROS DADOS: IDADE: 125 Meses

TESTES / ANOS	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Resultados	
Idade Cronológica - IC											125	meses
Motricidade Fina - IM1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		10,0	anos
Motricidade Global - IM2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		9,0	anos
Equilíbrio - IM3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		10,0	anos
Rapidez - IM4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		9,0	anos
Organização Espacial - IM5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		10,0	anos
Organização Temporal - IM6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		10,0	anos

PERFIL MOTOR

Idade Cronológica	IC	125	meses
Idade motora geral	IMG	116	meses
Idade Motora 1	IM1	120	meses
Idade Motora 2	IM2	108	meses
Idade Motora 3	IM3	120	meses
Idade Motora 4	IM4	108	meses
Idade Motora 5	IM5	120	meses
Idade Motora 6	IM6	120	meses
Idade Positiva/Negativa	IP/IN	-9	meses

ESCALA DESENVOLVIMENTO MOTOR

Muito Superior Superior Normal Alto Normal Médio

Normal Baixo Inferior Muito Inferior

QUOCIENTES MOTORES

Quociente Motor Geral	QMG	92,8
Quociente Motor 1	QM1	96
Quociente Motor 2	QM2	86,4
Quociente Motor 3	QM3	96
Quociente Motor 4	QM4	86,4
Quociente Motor 5	QM5	96
Quociente Motor 6	QM6	96

MÃOS

Direita Esquerda

Indefinido

OLHOS

Direito Esquerdo

Indefinido

PÉS

Direito Esquerdo

Indefinido

LATERALIDADE

Destro Completo Sinistro Completo Cruzada Indefinida

Prof^oDr. Francisco Rosa Neto