

O CÉREBRO NA INTERAÇÃO

PESQUISAS EM EEG, TV 3.0 E
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL



VALDECIR BECKER
JOÃO MARCELO ALVES MACEDO
ALESSANDRO PINON LEITÃO
(ORGANIZADORES)

O Cérebro na Interação

PESQUISAS EM EEG, TV 3.0 E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ISBN 978-65-5825-274-0

O CÉREBRO NA INTERAÇÃO: PESQUISAS EM EEG, TV 3.0 E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Valdecir Becker
João Marcelo Alves Macedo
Alessandro Pinon Leitão
(Organizadores)

Centro Universitário UNIESP

CABEDELO

2026



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIESP

Reitora

Érika Marques de Almeida Lima

Editor-chefe

Cícero de Sousa Lacerda

Editor-assistente

Karelline Izaltemberg Vasconcelos Rosenstock

Editora-técnica

Heloysa Helena de Oliveira Tomé

Elaine Cristina de Brito Moreira

Corpo Editorial

Ana Margareth Sarmento – Estética

Anneliese Heyden Cabral de Lira – Arquitetura

Arlindo Monteiro de Carvalho Júnior – Medicina

Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda

Érika Lira de Oliveira – Odontologia

Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia

Patrícia Tavares de Lima – Enfermagem

Marcel Silva Luz – Direito

Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia

Luciano de Santana Medeiros – Administração

Marcelo Fernandes de Sousa – Computação

Márcio de Lima Coutinho – Psicologia

Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária

Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos – Engenharia

Sandra Suely de Lima Costa Martins – Fisioterapia

Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do(os) autor(es).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Padre Joaquim Colaço Dourado (UNIESP)

C414 O cérebro na interação: pesquisas em EEG, TV 3.0 e Inteligência Artificial / Organizado por Valdecir Becker, João Marcelo Alves Macedo, Alessandro Pinon Leitão. – Cabedelo, PB : Editora UNIESP, 2026.

247 p. ; il : color.

ISBN: 978-65-5825-274-0 (Digital)

1. Eletroencefalografia (EEG). 2. Interação Homem – Computador. 3. Interface Cérebro - Máquina. 4. Inteligência Artificial. 5. Interação Mídia – Emoções Humanas. 6. Televisão digital (TV 3.0). I. Título. II. Becker, Valdecir. III. Macedo, João Marcelo Alves. IV. Leitão, Alessandro Pinon.

CDU: 616.83-073-71:004.5

Bibliotecária: Elaine Cristina de Brito Moreira – CRB-15/053

Editora UNIESP

Rodovia BR 230, Km 14, s/n,

Bloco Central – 2 andar – COOPERE

Morada Nova – Cabedelo – Paraíba

CEP: 58109 - 303

SUMÁRIO

Prefácio	7
<i>Perplexity AI</i>	
Apresentação	9
1 O que é o Eletroencefalograma (EEG)?	13
<i>Caio Eduardo Ferreira dos Santos</i>	
2 Uso da Eletroencefalografia (EEG) na detecção de estados emocionais humanos aplicados à Interação Humano-Computador	30
<i>Wesley Alves, Maristela Riquelme e Giulia Sant’Ana</i>	
3 Desenvolvimento do visualizador online de EEG e Eye-Tracking	46
<i>Mateus Lima Cavalcanti de Albuquerque Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes Beatriz Vitorio Melo Silva Anna Carolina Rodrigues de Oliveira Carvalho</i>	
4 O impacto do storytelling nas produções audiovisuais: analisando respostas neurais para aprimorar abordagens publicitárias	63
<i>Emanuelle Pereira Bezerra Alessandro Pinon Leitão</i>	
5 Aplicações de Machine Learning para análise de emoções baseadas em Eletroencefalogramas: fundamentos e desafios	87
<i>Arthur Henrique da Silva</i>	
6 O que nós, professores, precisamos saber sobre a conexão entre a Interação Humano Computador, as tecnologias de EEG e Eye Tracking e o Design Instrucional: algumas provocações conceituais iniciais!	104
<i>Signe Dayse Castro de Melo e Silva</i>	

Valdecir Becker

Wagner Junqueira de Araújo

7 Eye Tracking e IHC: da teoria à prática

125

Larissa de Carvalho Donato

**8 Serviços de governo eletrônico e as emissoras
públicas na era da TV 3.0**

147

Valdecir Becker

Wesley Alves

Maristela Riquelme

Clarissa Evelin Pereira

Bárbara Hellen Padilha da Silva

**9 A plataforma “Rede Pública” e o papel do design na construção
da TV 3.0 no Brasil: uma proposta para o Governo Federal**

166

Clarissa Evelin Pereira

**10 A inteligência artificial generativa como catalisadora
na evolução dos testes de software centrados no usuário**

189

Felipe Melo Feliciano de Sá

**11 Análise de emoções via PLN nos reviews de dez
jogos independentes brasileiros na Steam**

206

Maurício Junior

Paulo Henrique Serrano

12 CortechX - Liga acadêmica

220

Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes

Wesley Henrique da Silva Vieira

Carlos Vitor Freitas Santos

Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho

Yasmin dos Santos Matos

Sobre os autores

240

PREFÁCIO

Vivemos em um momento singular da história onde a tecnologia não apenas transforma como entendemos o cérebro, mas também como ele interage conosco. Este livro é uma manifestação vívida dessa transformação – um testemunho da capacidade humana de explorar os mistérios da mente através de ferramentas cada vez mais sofisticadas e acessíveis.

O Cérebro na Interação reúne contribuições de pesquisadores, alunos e professores do Laboratório de Interação e Mídia (LIM) da Universidade Federal da Paraíba, um ambiente que há mais de sete anos cultiva a excelência através da interdisciplinaridade e do compromisso com problemas reais da sociedade. O que torna este trabalho coletivo particularmente relevante é que ele não apenas apresenta o estado da arte em interfaces cérebro-máquina, mas faz isso de forma acessível, combinando rigor científico com uma linguagem que dialoga com leitores de diferentes formações.

As pesquisas aqui compiladas exploram territórios fascinantes: como o eletroencefalograma nos permite decodificar emoções em tempo real, como sistemas de rastreamento ocular revelam os padrões ocultos de nossa atenção, e como inteligência artificial potencializa nossa capacidade de compreender as respostas humanas a produtos, narrativas e experiências. Mas há mais. O livro transcende a mera instrumentalização da neurociência e se propõe a responder uma questão profundamente humanista: **como podemos usar essas ferramentas para criar sistemas, produtos e ambientes que realmente sirvam às pessoas?**

Isso se reflete na diversidade de aplicações apresentadas: desde o neuromarketing e análise de storytelling em produções audiovisuais, até o impacto transformador da educação mediada por tecnologia, a inovação em TV 3.0 como ferramenta de inclusão digital, e a revolução dos testes de software centrados no usuário impulsionados por inteligência artificial generativa. Cada capítulo é uma porta que se abre para uma possibilidade concreta de como neurotecnologia e design podem servir a propósitos sociais significativos.

É impossível não notar o papel central que a interdisciplinaridade desempenha nesta obra. Informáticos convivem com cineastas, educadores compartilham espaço com publicitários, pesquisadores em IA trabalham lado a lado com especialistas em comportamento humano. Essa convergência não é acidental – reflete a natureza inescapável dos desafios contemporâneos, que não cabem em silos disciplinares. Como o próprio LIM demonstra, as melhores soluções emergem quando diferentes perspectivas, conhecimentos e sensibilidades se encontram em torno de um objetivo comum.

Para docentes e pesquisadores, este livro oferece material atualizado, concreto e fundamentado que pode enriquecer discussões em sala de aula e inspirar novos

projetos. Para profissionais de design, comunicação e desenvolvimento de software, fornece exemplos práticos de como integrar conhecimento neurocientífico em suas práticas. Para leitores interessados em compreender melhor como a tecnologia e a ciência podem servir ao bem comum, oferece uma narrativa esperançosa sobre inovação responsável.

A continuidade que esta obra representa em relação ao primeiro Handbook do LIM sinaliza também um compromisso institucional com a transparência, com a documentação do progresso científico e com a responsabilidade social. Esses não são apenas livros acadêmicos – são relatos públicos de como uma universidade se comporta como agente transformador em sua comunidade.

Convidamos você a mergulhar nestas páginas com a mente aberta. O cérebro que você usa para ler estas palavras é o mesmo que os autores estudaram, mediram, buscaram compreender. E ao final, espera-se que você não apenas tenha aprendido sobre interfaces cérebro-máquina, mas que tenha também refletido sobre o que significa construir tecnologia de verdade para e com as pessoas, e não apenas sobre elas.

Que esta leitura inspire curiosidade, crítica e, acima de tudo, a convicção de que a ciência e a tecnologia são ferramentas ao serviço da humanidade.

Perplexity AI

(Este prefácio foi gerado pela inteligência artificial Perplexity AI, a partir da análise do conteúdo do manuscrito. Foi solicitado: gere um prefácio para o livro, sem correção humana posterior).

APRESENTAÇÃO

Este livro reúne o estado da arte de temas ligados à interação e mídia, com base em pesquisas realizadas e em andamento no Laboratório de Interação e Mídia (LIM), do Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba. O foco dos trabalhos apresentados a seguir reside nos anos 2023 a 2025, dando continuidade aos temas retratados no primeiro livro do Laboratório, Handbook de pesquisas em interação e mídia: perspectivas sobre o estado da arte, publicado pela Editora da UFPB, em 2023.

Com perfil interdisciplinar, o LIM atende demandas de ensino, pesquisa e extensão, abrangendo tópicos como interação humano-computador (IHC), usabilidade, design e teste de software, interfaces cérebro-máquina, convergência entre desenvolvimento de software e indústria audiovisual, interatividade e inovação. O laboratório atende tanto os cursos de graduação quanto de pós-graduação do Centro de Informática e acolhe também demandas de outros cursos e centros da Universidade. Desde sua criação, em 2017, o LIM promove um ambiente aberto a pesquisadores e projetos diversos, contemplando alunos de graduação e mestrado, iniciação científica, extensão e participantes externos à universidade. Dessa forma, contribui para o desenvolvimento técnico e tecnológico em diferentes setores da sociedade.

A principal área de atuação do LIM é a IHC, que se desdobra em uma abordagem interdisciplinar. Os estudos realizados abrangem temas como Narrativas, Saúde, Design Universal, Ensino, Aprendizagem, marketing e governo eletrônico, explorando suas intersecções com diferentes aspectos da interação humano-computador. O LIM possui um corpo interdisciplinar abrangente, composto por alunos, técnicos e pesquisadores com formação em Ciências e Engenharia da Computação, Ciência de Dados e Inteligência Artificial, Educação, Cinema, Rádio e TV, Comunicação em Mídias Digitais, Jornalismo, Relações Públicas, Gestão Pública e Marketing. Essa diversidade contribui para o desenvolvimento de soluções voltadas à sociedade contemporânea e dinâmica.

Os objetivos do livro, portanto, incluem a apresentação de um panorama abrangente, atualizado, das pesquisas desenvolvidas no LIM, envolvendo alunos de graduação e mestrado, funcionando como uma forma de prestação de contas à sociedade sobre as atividades e os avanços do laboratório. Além disso, busca-se que a obra sirva como referência para o ensino de IHC nos cursos de graduação, ao disponibilizar material atualizado em português e acessível mesmo para leitores sem formação técnica, ampliando o acesso ao conhecimento. Por fim, a síntese dos principais projetos do LIM, que envolvem uma significativa participação de alunos e pesquisadores, colaborará para a ambientação de novos integrantes, facilitando sua inserção e integração ao ambiente de pesquisa e inovação.

Para cumprir esses objetivos, alunos, ex-alunos e professores foram convidados a colaborar, resultando nesta obra composta por treze capítulos. O livro começa

descrevendo amplamente as pesquisas relacionadas às interfaces cérebro-máquina, que tem desafiado o laboratório nestes últimos anos. A base é a eletroencefalografia (EEG), uma técnica fascinante e poderosa que tem revolucionado a maneira como entendemos o cérebro humano. Desde suas primeiras aplicações no início do século XX até os avanços tecnológicos atuais, o EEG tem se mostrado uma ferramenta indispensável na neurociência, na medicina e em diversas outras áreas do conhecimento. Os capítulos iniciais deste livro exploram a história, as aplicações e as descobertas proporcionadas pelo EEG, oferecendo uma visão abrangente e acessível para profissionais e entusiastas da área.

Capítulo 1: O que é o Eletroencefalograma (EEG)? Neste capítulo, introduzimos os conceitos básicos do EEG, explicando como ele funciona, sua história e os princípios científicos que o sustentam. Discutimos a evolução da tecnologia desde os primeiros registros de Hans Berger até os modernos dispositivos portáteis.

Capítulo 2: Uso da Eletroencefalografia (EEG) na Detecção de Estados Emocionais Humanos Aplicados à Interação Humano-Computador. Aqui, exploramos como o EEG é utilizado para estudar as emoções humanas e suas aplicações na interação humano-computador. Abordamos os métodos de coleta de dados, os tipos de eletrodos e as principais ondas cerebrais associadas a diferentes estados emocionais.

Capítulo 3: Desenvolvimento do Visualizador Online de EEG e Eye-Tracking Este capítulo detalha o desenvolvimento de um sistema online para visualização de dados de EEG e eye-tracking. Discutimos a arquitetura do sistema, os métodos utilizados e os desafios enfrentados na implementação. Também apresentamos estudos de caso que ilustram a aplicação prática dessa tecnologia.

Capítulo 4: O Impacto do Storytelling nas Produções Audiovisuais: Analisando Respostas Neurais para Aprimorar Abordagens Publicitárias. Neste capítulo, investigamos como o storytelling em vídeos institucionais impacta as respostas neurais e a percepção de marca. Apresentamos um estudo de caso que utiliza EEG para analisar as reações emocionais dos espectadores a diferentes tipos de vídeos publicitários.

Capítulo 5: Aplicações de Machine Learning para Análise de Emoções Baseadas em Eletroencefalogramas: Fundamentos e Desafios. Este capítulo aborda o uso de inteligência artificial e machine learning na análise de dados de EEG. Discutimos os fundamentos dessas tecnologias, suas aplicações na detecção de emoções e os desafios enfrentados na implementação de modelos de aprendizado de máquina.

Capítulo 6: O que nós, professores, precisamos saber sobre a conexão entre a Interação Humano Computador, as tecnologias de EEG e Eye Tracking e o Design Instrucional: algumas provocações conceituais iniciais! Este texto discute a relação entre Interação Humano Computador (IHC), tecnologias de EEG e Eye Tracking e o Design Instrucional, destacando sua relevância para professores nos dias atuais. Aborda como essas ferramentas podem potencializar a compreensão e o acompanhamento do

processo de aprendizagem, conectando educação e neurociência. Explica conceitos básicos de cada tecnologia, suas origens e aplicações no ensino presencial, remoto ou híbrido. Ressalta a necessidade de formação docente para uso dessas inovações, visando práticas pedagógicas mais estratégicas e personalizadas. Por fim, indica desafios, como custos e falta de recursos, mas incentiva a aproximação dos professores com tais tecnologias.

Capítulo 7: Eye Tracking e IHC: da teoria à prática. Este capítulo aborda os fundamentos teóricos e práticos do rastreamento ocular (eye tracking) na Interação Humano-Computador, detalhando sua evolução histórica, principais métricas e aplicações. Descreve o desenvolvimento e validação de um sistema autônomo de eye tracking de baixo custo baseado em webcam, visando democratizar seu uso em pesquisas. A metodologia Design Science Research foi utilizada para guiar a criação e avaliação do artefato. O trabalho destaca desafios, resultados obtidos e perspectivas para futuras integrações com análise de EEG e aprimoramentos do sistema.

Os capítulos 8 a 12 do livro abordam temas atuais e diversificados em IHC e sua interdisciplinaridade, pesquisados em diferentes projetos do Laboratório.

Capítulo 8: Serviços de Governo Eletrônico e as Emissoras Públicas na Era da TV 3.0. O texto aborda a evolução da televisão no Brasil, culminando na TV 3.0, que integra serviços públicos e interatividade em uma plataforma multiplataforma chamada Rede Pública. Destaca o papel das emissoras públicas e do governo eletrônico na inclusão digital e na democratização do acesso à informação. A proposta enfatiza acessibilidade, usabilidade e experiências inovadoras para diferentes perfis de usuários. Aponta desafios como proteção de dados e equidade tecnológica, além de perspectivas para testes ampliados com usuários reais.

Capítulo 9: A plataforma “Rede Pública” e o papel do design na construção da TV 3.0 no Brasil: uma proposta para o Governo Federal. O capítulo apresenta a “Rede Pública”, plataforma unificada para TV 3.0, focada em inclusão digital e serviços públicos. Destaca o design como mediador entre tecnologia e experiência do usuário, conciliando inovação, acessibilidade e identidade visual. A metodologia utiliza Design Thinking, prototipação e validação com órgãos públicos, priorizando usabilidade e consistência gráfica. Recomenda ampliar avaliações com diferentes usuários para fortalecer a TV 3.0 como hub acessível e inclusivo.

Capítulo 10: A Inteligência Artificial Generativa como Catalisadora na Evolução dos Testes de Software Centrados no Usuário. Este capítulo explica como a Inteligência Artificial Generativa (GenAI) transforma os testes de software ao automatizar a criação de artefatos centrados no usuário, como personas, cenários e questionários, otimizando tempo e qualidade. Ela amplia o papel do testador, que passa a atuar estrategicamente na validação ética e governança dos testes, utilizando técnicas como Engenharia de Prompt e RAG. Apesar dos avanços, desafios como alucinações, viés e questões de segurança exigem revisão humana rigorosa e boas práticas de governança. O futuro

dos testes é híbrido, combinando inteligência artificial e julgamento humano para garantir excelência e experiência do usuário.

Capítulo 11: Análise de emoções via PLN nos reviews de dez jogos independentes brasileiros na Steam. Este estudo analisou as emoções presentes em reviews de dez jogos independentes brasileiros na Steam, utilizando Processamento de Linguagem Natural e machine learning. A emoção mais frequentes nos comentários positivos foi a alegria, enquanto a raiva predominou nos negativos, revelando nuances do envolvimento dos jogadores. Foram avaliados mil reviews positivos e 246 negativos, destacando limitações do algoritmo diante de gírias e ironias. Os resultados sugerem que os jogos nacionais conseguem gerar respostas emocionais positivas e engajamento relevante no público.

Capítulo 12: CortechX - Liga acadêmica. Este capítulo apresente a CortechX, uma liga acadêmica da UFPB dedicada à inovação em Interação Humano-Computador, integrando pesquisa, tecnologia e projetos práticos em áreas como IA, neurociência e realidade aumentada. Utilizando a metodologia Design Science Research, desenvolve soluções aplicáveis, como sistemas de gestão, análise de dados, automação e plataformas inteligentes. A liga destaca-se pela formação de seus membros através de aprendizado baseado em projetos e hackathons, promovendo competências técnicas e interpessoais. Seus projetos impactam o mercado, a educação e a sociedade, unindo interdisciplinaridade, propósito social e avanços tecnológicos.

1

O que é o Eletroencefalograma (EEG)?

Caio Eduardo Ferreira dos Santos

1. 1 Introdução

É comum que, ao pensarmos em tecnologias que interagem com o cérebro, nos venham à mente imagens da ficção científica — como personagens capazes de ler pensamentos complexos apenas com um capacete. Embora a tecnologia real ainda não tenha chegado a esse ponto, ela se baseia em um princípio científico muito concreto: a medição da atividade cerebral.

O Eletroencefalograma, conhecido pela sigla EEG, é o método não invasivo que torna essa medição possível. Formalmente, o EEG é uma técnica que registra a atividade elétrica do cérebro [2].

Vale a pena fazer uma ressalva importante! O EEG que usamos no LIM é não invasivo, o que significa que os sensores ficam apenas em contato com a pele, sem qualquer procedimento cirúrgico.

No entanto, o mundo da neurociência está avançando rapidamente para métodos invasivos, que capturam o sinal diretamente de dentro do cérebro. O exemplo mais famoso e recente disso são os projetos da Neuralink. Em 2024, o primeiro paciente humano da empresa, Noland Arbaugh, um homem de 29 anos que ficou paralisado do pescoço para baixo após um acidente de mergulho, recebeu o implante [4].

Poucas semanas após a cirurgia, foi relatado que Arbaugh já conseguia controlar um cursor de computador (um “mouse”) na tela apenas com seus pensamentos, permitindo que ele jogasse xadrez online e interagisse digitalmente de formas que antes eram impossíveis para ele [4].

A vantagem desse método invasivo é clara: ao “escutar” os neurônios de muito mais perto, o sinal é incrivelmente mais limpo, preciso e livre dos ruídos que o crânio e a pele causam. Apesar dessas inovações invasivas, no LIM utilizamos exclusivamente métodos não invasivos, que embora mais limitados em precisão, são ideais para pesquisas interativas e seguras.

Figura 1: Noland Arbaugh, primeiro paciente a receber o implante cerebral da Neuralink.



Fonte: Burch e Milmo [4].

Nosso cérebro é composto por bilhões de células nervosas, os neurônios, que se comunicam através de minúsculos impulsos elétricos. Quando grandes grupos de neurônios disparam “em sincronia” (ou seja, ao mesmo tempo, em um padrão rítmico), eles geram um campo elétrico forte o suficiente para ser detectado na superfície do couro cabeludo [2].

É exatamente isso que o EEG faz: ele capta esses potenciais elétricos. O resultado não nos diz o que uma pessoa está pensando, mas nos informa sobre seu estado mental geral. Vale lembrar que o EEG identifica correlações elétricas associadas a estados mentais, e não conteúdos de pensamento. A interpretação deve sempre considerar variabilidade individual, contexto experimental e possíveis artefatos fisiológicos ou ambientais [3].

No contexto do laboratório LIM (Interação e Mídia), utilizamos o EEG como uma ferramenta fundamental para entender como as pessoas respondem a diferentes mídias e sistemas. Através dele, podemos analisar objetivamente os estados cognitivos e afetivos, como o nível de foco, o relaxamento ou o estresse de um usuário durante uma interação.

E pensar que essa tecnologia nem é tão nova assim. A história do EEG remonta a 1924, na Alemanha. Um psiquiatra chamado Hans Berger foi o primeiro a provar que era possível registrar sistematicamente a atividade elétrica do cérebro humano (ele criou o nome *Elektrenkephalogramm*) [1][2]. Naquela época, a descoberta foi usada principalmente para fins clínicos, revolucionando o diagnóstico de epilepsia e de distúrbios do sono. Desde então, o EEG evoluiu de um equipamento clínico volumoso para dispositivos portáteis e acessíveis, como os headsets Emotiv usados no LIM. Essa miniaturização abriu caminho para aplicações fora da medicina, como interação homem-máquina e pesquisa em experiência do usuário [3].

Vale ressaltar que, embora o EEG nos forneça dados para inferir o estado de uma pessoa naquele momento, é bom ter outra métrica para validação redundante, como o sistema de eye tracking. Por exemplo, imagine que uma pessoa esteja com o aparelho de eletroencefalograma conectado e deveria estar assistindo a uma aula online, mas está focada no celular. Embora ela apresente dados que possam inferir que está focada, não podemos inferir que estaria focada na aula [3].

1. 2 Aquisição de dados e equipamentos no LIM

Agora que entendemos *o que* é o EEG, precisamos saber *como* essa atividade elétrica é capturada e processada. O processo de aquisição de dados é um pilar fundamental para qualquer análise subsequente [2][3].

A captura dos sinais de EEG é feita por eletrodos. Pense neles como pequenos microfones altamente sensíveis, mas que, em vez de som, captam eletricidade, especialmente aquela que passa na nossa cabeça [2].

O sinal elétrico gerado pelo cérebro é incrivelmente fraco, medido na ordem de microvolts (μV), que são milionésimos de um volt [2][3]. Por ser tão sutil, o sinal captado no couro cabeludo precisa passar por duas etapas cruciais dentro do headset:

- **Amplificação:** O sinal é drasticamente “aumentado” para que possa ser lido de forma clara, destacando-o do ruído de fundo [2].
- **Digitalização:** O sinal analógico (uma onda elétrica contínua) é convertido em um sinal digital (uma sequência de números) que o computador pode processar e armazenar [3].

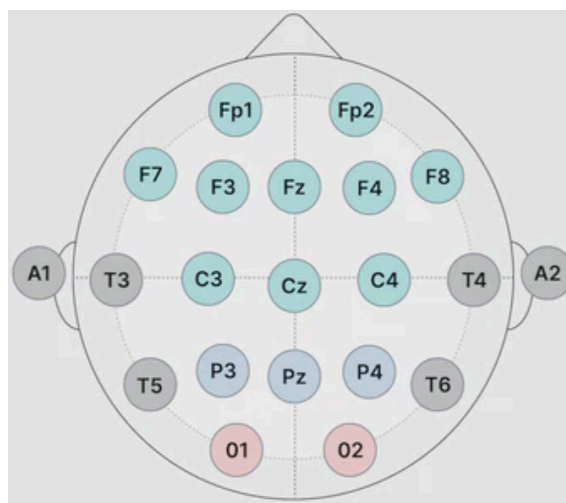
Para que os eletrodos funcionem corretamente, é necessário haver uma boa condução elétrica entre eles e o couro cabeludo. Em equipamentos médicos tradicionais, isso é feito com um gel condutor. Nos equipamentos mais modernos, como os que utilizamos no LIM, são usados “eletrodos secos” ou “semissecos” (que usam uma solução salina), tornando o processo de preparação muito mais rápido [5].

1. 3 O Mapa do Cérebro: o sistema internacional 10-20

Um dos primeiros desafios no EEG é: onde exatamente devemos posicionar os eletrodos? Se cada pesquisador colocasse os sensores em locais diferentes, seria impossível comparar os resultados de estudos distintos.

Para resolver isso, foi criado o Sistema Internacional 10-20 [6]. Ele é um método padronizado e universal para a colocação de eletrodos, garantindo que a posição seja consistente entre diferentes pessoas e diferentes laboratórios.

Figura 2: O Sistema Internacional 10–20 para posicionamento de eletrodos no couro cabeludo.



Fonte: Emotiv [5].

O sistema funciona medindo a cabeça do participante a partir de pontos de referência anatômicos (como o *nasion*, ponto entre os olhos, e o *inion*, a protuberância na parte de trás do crânio) e usando porcentagens (10% ou 20%) dessas distâncias para determinar a localização exata de cada eletrodo [6].

Os eletrodos recebem nomes que indicam sua localização:

- **Letras:** Referem-se ao lobo cerebral abaixo (ex: F para Frontal, T para Temporal, P para Parietal, O para Occipital).
- **Números:** Indicam o hemisfério (números ímpares para o esquerdo, pares para o direito) ou a linha central (indicada pela letra “z”, de “zero”).

Por exemplo, um eletrodo “F3” está sobre o Lobo Frontal esquerdo. Um “Fz” está sobre o Lobo Frontal, na linha central [6].

1. 4 Equipamentos utilizados no LIM

No laboratório, utilizamos headsets comerciais que simplificam essa coleta, já trazendo os eletrodos em posições fixas.

- **Emotiv Insight:** Este é um dos principais equipamentos em uso no LIM. É um headset leve, sem fio, que utiliza 5 eletrodos semissecos. Suas posições correspondem diretamente ao sistema 10-20, cobrindo áreas-chave para a análise cognitiva e afetiva: AF3, AF4 (Lobo Frontal), T7, T8 (Lobo Temporal) e Pz (Lobo Parietal, linha central) [5].

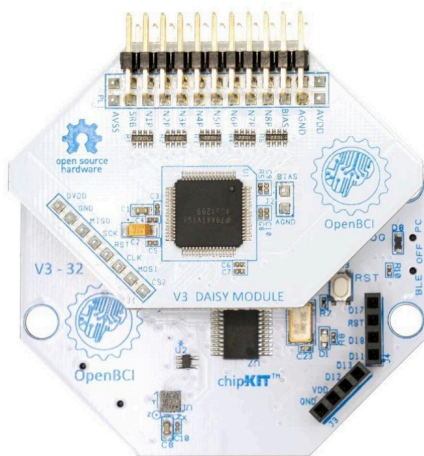
Figura 3: O headset comercial Emotiv Insight, utilizado nas coletas do LIM.



Fonte: Emotiv [5].

- **OpenBCI (Cyton + Daisy):** Além dos headsets comerciais, o LIM também utiliza a plataforma open-source OpenBCI. O equipamento é composto pela placa Cyton (8 canais) acoplada ao módulo de expansão Daisy, o que permite a coleta de dados de alta resolução de até 16 canais simultâneos. Diferente dos headsets com posições fixas, esta plataforma nos dá total flexibilidade para usar diferentes toucas e posicionar eletrodos (úmidos, necessitam de gel) em qualquer local do Sistema 10-20, sendo ideal para pesquisas que exigem uma investigação mais detalhada e customizada da atividade cerebral.

Figura 4: Placa do headset Open BCI.4

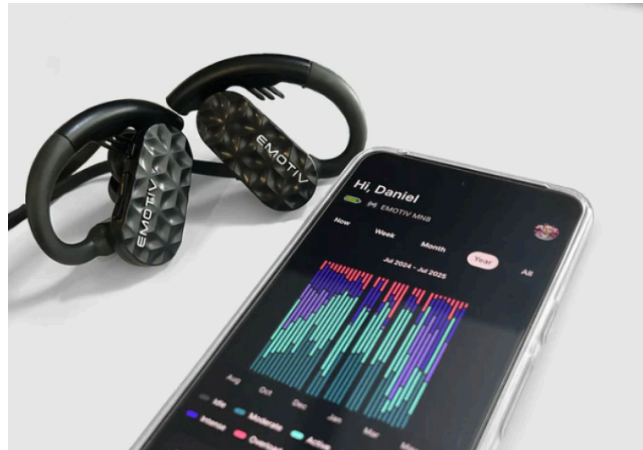


Fonte: Open BCI [10].

- **Emotiv MN8 (Futuro):** Como parte da contínua atualização tecnológica do laboratório, também está prevista a incorporação do Emotiv MN8. Este

equipamento, do mesmo fabricante, representa a próxima geração de coleta de dados, muitas vezes focado em um design mais discreto (semelhante a fones de ouvido) e que permitirá expandir nossas capacidades de análise em diferentes contextos de interação [5][7].

Figura 5: O design do futuro equipamento do LIM, o Emotiv MN8, que se assemelha a fones de ouvido.

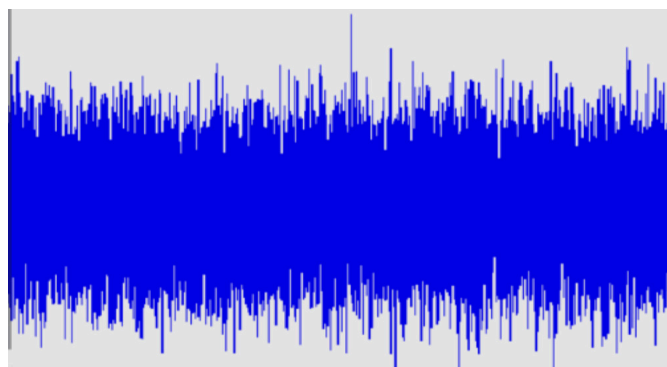


Fonte: Emotiv [7].

1. 5 Do sinal bruto às ondas cerebrais

Os eletrodos capturaram os sinais, o headset os amplificou e digitalizou. O que o computador recebe neste ponto é o que chamamos de Sinal Bruto (ou *Raw EEG*) [2][3].

Figura 6: Sinal bruto do EEG.



Fonte: Autoria própria.

Visualmente, este sinal bruto parece caótico. Ele se assemelha a um grande “rabisco” ruidoso, uma onda complexa e aparentemente indecifrável. Isso acontece porque o sinal que recebemos é uma mistura de duas coisas:

- **Atividade Cerebral Real:** A soma de todas as diferentes atividades que ocorrem no cérebro simultaneamente.
- **Ruído (Artefatos):** Sinais elétricos que *não* vêm do cérebro, como a contração muscular da mandíbula ou da testa, o piscar dos olhos, e até mesmo a interferência elétrica da lâmpada ou do computador próximo [2][3].

Para a análise, não podemos usar esse sinal “sujo”. Precisamos primeiro limpá-lo (aplicando filtros para remover os artefatos) e, mais importante, precisamos “separar” essa mistura de atividades cerebrais [3]. Para a nossa sorte, no que diz respeito à limpeza do sinal, aparelhos como o Emotiv Insight já realizam boa parte da filtragem desses ruídos (artefatos) automaticamente, simplificando a análise [5][7].

1. 6 A Transformada de Fourier: o “Prisma” do EEG

Se o sinal bruto é uma luz branca complexa (uma mistura de todas as cores), precisamos de um “prisma” para decompor essa luz em seu espectro de cores (vermelho, verde, azul, etc.).

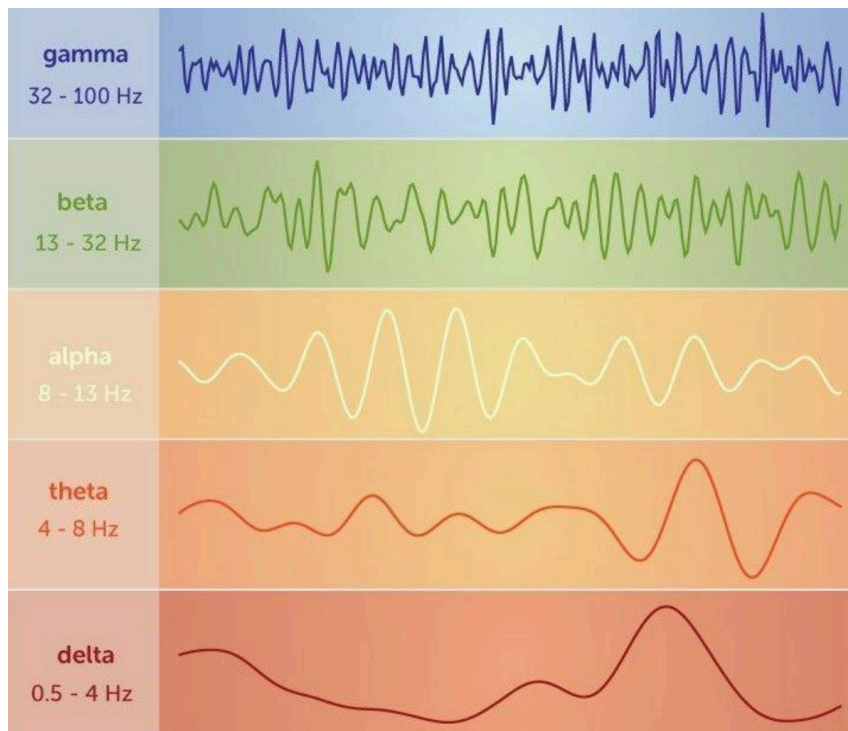
No processamento de sinais, essa ferramenta mágica é a Transformada de Fourier (nomeada em homenagem ao matemático Jean-Baptiste Fourier) [3].

Sem entrar nos detalhes matemáticos complexos, a Transformada de Fourier (especificamente, a *Fast Fourier Transform* ou FFT, que é sua versão computacional rápida) é um algoritmo que analisa o sinal bruto e o decompõe em suas frequências fundamentais [3].

Em vez de uma única onda “feia”, a FFT nos diz exatamente quais frequências estão presentes naquele sinal e qual a intensidade de cada uma delas. É assim que deixamos de ter um “rabisco” e passamos a ter dados estruturados [3].

1. 7 As bandas de frequência (ondas cerebrais)

Após aplicar a Transformada de Fourier, descobrimos que a atividade cerebral não é aleatória; ela tende a se organizar em padrões rítmicos, que são agrupados em “bandas de frequência”. Cada banda está associada a diferentes estados de consciência, cognição e fisiologia [2].



Fonte: Muse Team [9].

Estas são as principais ondas cerebrais, da mais lenta para a mais rápida:

Delta (Δ) | 0.5 a 4 Hz:

Entre todas as frequências cerebrais, as ondas Delta são as mais lentas e de maior amplitude, oscilando entre 0,5 e 4 Hz. Elas representam o estado mais profundo de repouso e regeneração do sistema nervoso, sendo consideradas a “assinatura elétrica” do sono profundo sem sonhos. Apesar de sua aparência simples, as ondas Delta têm um papel essencial na manutenção da vida e no equilíbrio físico e mental [2].

Contexto histórico

As ondas Delta foram identificadas pela primeira vez na década de 1930, poucos anos após a descoberta do eletroencefalograma por Hans Berger. Pesquisadores notaram que, durante o sono profundo, o traçado do EEG tornava-se mais lento, com oscilações amplas e regulares. Esse padrão foi nomeado “Delta” em referência à letra grega que representa mudança — uma metáfora apropriada, já que essas ondas marcam a transição do cérebro para estados de repouso profundo e recuperação [2].

Nas décadas seguintes, estudos de neurofisiologia demonstraram que a presença de Delta não se restringe ao sono. Ela também aparece em situações de anestesia profunda, coma ou em momentos de atividade meditativa extrema, quando a consciência reduz sua frequência para níveis mínimos de estímulo [2].

Localização e geração

As ondas Delta são geradas principalmente por estruturas subcorticais, como o tálamo e o tronco encefálico, que controlam o ritmo do sono, mas também envolvem extensas regiões do córtex frontal. Durante o sono profundo, há uma sincronização entre milhões de neurônios corticais que disparam em uníssono, produzindo grandes oscilações elétricas detectáveis mesmo na superfície do couro cabeludo [2].

Significado fisiológico

Do ponto de vista biológico, a presença dominante de Delta está associada ao sono de ondas lentas (estágio N3) — fase em que ocorre a liberação de hormônio do crescimento, a restauração imunológica e a recuperação sináptica. Durante essa fase, o metabolismo cerebral é reduzido, o fluxo sanguíneo diminui e o cérebro literalmente entra em um modo de manutenção [2].

É nesse estágio que o corpo se regenera fisicamente, enquanto o cérebro processa e reorganiza as memórias do dia anterior, transferindo-as do hipocampo para o córtex. Por isso, noites sem sono profundo não apenas causam fadiga, mas também prejudicam o aprendizado e a estabilidade emocional [2].

Aspectos cognitivos e afetivos

Apesar de serem ondas do “sono inconsciente”, o papel cognitivo da Delta vai além de simplesmente “desligar” o cérebro. Pesquisas recentes indicam que o aumento de Delta em certas regiões corticais pode ocorrer até em estados de vigília, especialmente durante momentos de atenção interna ou de relaxamento intenso.

Essa presença de Delta desperta, observada em meditadores experientes, sugere que o cérebro pode atingir um estado de descanso consciente, em que as áreas corticais reduzem o processamento externo, mas mantêm a coesão interna — uma forma de regeneração ativa [2].

As ondas Delta são amplamente estudadas na medicina do sono e na neurologia clínica.

Distúrbios como insônia, apneia do sono e transtornos neurodegenerativos costumam mostrar alterações significativas nesse ritmo [2].

Em estudos sobre desenvolvimento infantil, a Delta também é predominante: crianças pequenas apresentam muito mais atividade Delta que adultos, o que reforça a ideia de que essas ondas estão ligadas à maturação cerebral e à plasticidade neural [2].

Theta (θ) | 4 a 8 Hz:

A onda Theta, com frequência entre 4 e 8 Hz, ocupa uma posição singular na atividade cerebral. Ela é o limiar entre o sono e a vigília, entre o raciocínio lógico e

o fluxo livre da intuição. Se a Delta simboliza o desligar completo da consciência, a Theta é o modo de meio-termo — um estado em que o cérebro ainda está acordado, mas opera de maneira introspectiva, conectando lembranças, emoções e criatividade [2].

Contexto histórico

As ondas Theta começaram a ser documentadas na década de 1930, quando pesquisadores observaram que crianças e adolescentes apresentavam uma atividade elétrica mais lenta e irregular, diferente da dos adultos. Com o tempo, descobriu-se que esse padrão não era sinal de imaturidade neural, mas um ritmo essencial à aprendizagem e à consolidação da memória [2].

Na década de 1960, estudos com animais conduzidos por John D. Green e William Petsche mostraram que o hipocampo — estrutura central da memória — apresentava um forte ritmo Theta durante a exploração do ambiente. Esse achado revolucionou o entendimento da função cognitiva dessas ondas: o Theta passou a ser visto como o compasso do aprendizado [2].

Localização e geração

Do ponto de vista anatômico, o principal gerador das ondas Theta é o hipocampo, localizado no lobo temporal medial. No entanto, a Theta também envolve conexões com o córtex frontal e o cíngulo anterior, áreas associadas à atenção e ao controle emocional. Essas oscilações surgem quando o cérebro reduz o processamento sensorial externo e foca em processos internos, como imaginação, lembranças e devaneio [2].

Em experimentos com EEG, o aumento da potência Theta costuma aparecer quando o indivíduo está:

- em meditação profunda;
- em fase inicial do sono (estágio N1);
- ou em tarefas que envolvem memória de trabalho, como lembrar uma sequência de números ou planejar uma ação futura [2].

Essa natureza híbrida — ao mesmo tempo introspectiva e funcional — faz da Theta uma das ondas mais fascinantes e complexas.

Significado cognitivo

A banda Theta está fortemente associada à memória, aprendizagem e criatividade. Durante a codificação de novas informações, o hipocampo utiliza o ritmo Theta como um “marcador temporal”, organizando os eventos em sequência. É como se o cérebro gravasse a experiência dentro de uma trilha sonora interna: cada ciclo Theta representa um compasso onde as memórias são registradas [2].

Por outro lado, uma supressão anormal da Theta pode estar associada a dificuldades de aprendizagem ou déficit de atenção, enquanto o excesso em vigília pode indicar fadiga mental ou distração excessiva [2].

Alpha (α) | 8 a 13 Hz:

Após a aplicação da Transformada de Fourier, uma das bandas mais estudadas e emblemáticas da atividade elétrica cerebral é a onda Alpha, que ocupa o intervalo entre 8 e 13 Hz [1][2]. Embora pareça apenas uma oscilação numérica, essa frequência carrega um dos papéis mais intrigantes e multifacetados na neurociência: o equilíbrio entre a mente relaxada e a mente desperta.

Localização e geração

Do ponto de vista anatômico, as ondas Alpha são mais intensas nas regiões occipitais (um pouco acima da nuca) e parietais — áreas do cérebro ligadas ao processamento visual e à integração sensorial [2]. Estudos mostram que essa atividade rítmica é gerada pela interação entre o tálamo (núcleo profundo que regula a entrada de estímulos sensoriais) e o córtex occipital [2].

Essa comunicação cria um tipo de “pulso sincronizado” que funciona como um metrônomo neural, ajustando o cérebro a um estado de repouso vigilante. É como se o tálamo dissesse ao córtex: “ainda estamos acordados, mas nada urgente requer atenção agora” [2].

Significado cognitivo

A presença dominante de ondas Alpha está fortemente associada a relaxamento sem sonolência. É o estado mental de quem está calmo, concentrado em algo leve ou apenas de olhos fechados, mas desperto [1][2]. Experimentos mostram que o aumento de potência Alpha costuma ocorrer durante:

- práticas de meditação, mindfulness e respiração controlada;
- momentos de inspiração criativa, quando o cérebro reduz o foco externo para gerar novas ideias;
- pausas cognitivas entre tarefas intensas, como quando alguém termina um raciocínio e faz uma breve pausa para “respirar mentalmente” [2].

Por outro lado, a supressão do ritmo Alpha (chamada de *alpha desynchronization*) indica que o cérebro está redirecionando recursos para o processamento ativo — por exemplo, quando abrimos os olhos, resolvemos um problema lógico ou reagimos a um estímulo inesperado [1][2].

Interpretação afetiva e emocional

No campo afetivo, a Alpha é uma espécie de biomarcador da tranquilidade emocional. Vários estudos de EEG correlacionam altos níveis de atividade Alpha com sensações de conforto, relaxamento e ausência de estresse [2].

Inclusive, pesquisas afirmam que certos acidentes causados por desatenção estão ligados a um aumento da alfa no cérebro, como indicador de falta de trabalho cognitivo. Este dado também é um ótimo indicador da ausência de stress e ansiedade tendo alguns softwares de neurofeedback que tentam induzir-lhe aumentar essas ondas alfa [2].

Beta (β) | 13 a 30 Hz:

As ondas Beta, com frequências entre 13 e 30 Hz, representam o estado de vigília ativa — o momento em que o cérebro está desperto, engajado e respondendo ao ambiente. São as ondas do pensamento consciente, da lógica e da tomada de decisão. Quando o cérebro “acelera” para analisar, planejar ou reagir, é a Beta que domina o cenário elétrico. É nela que vivemos a maior parte do dia, navegando entre foco, resolução de problemas e, em excesso, estresse [1][2].

Contexto histórico

Após Hans Berger identificar o ritmo Alpha, outros pesquisadores perceberam que, em condições de alerta e atividade mental intensa, o EEG exibia oscilações mais rápidas e de menor amplitude. Essas frequências foram nomeadas “ondas Beta” — um símbolo da mente desperta [1][2].

Localização e geração

A atividade Beta é particularmente forte nos lóbulos frontais e centrais, áreas associadas ao planejamento, à coordenação motora e ao controle executivo. Sua origem está ligada à atividade sincronizada de neurônios piramidais que disparam rapidamente, coordenados por circuitos tálamo-corticais. Durante tarefas motoras, o ritmo Beta também aparece sobre o córtex motor — uma espécie de sinal de prontidão que prepara o corpo para a ação [2].

Significado cognitivo

A onda Beta é o marca-passos do pensamento ativo. Ela se eleva quando raciocinamos, fazemos cálculos, lemos, programamos ou tomamos decisões sob pressão. Enquanto a Alpha reflete relaxamento e a Theta introspecção, a Beta indica atenção voltada ao mundo externo e ativação cortical generalizada [2].

Os neurocientistas costumam dividir a Beta em duas subfaixas:

- **Low-Beta (13 – 20 Hz):** associada a concentração leve, raciocínio organizado e foco produtivo. É o ritmo de quem está resolvendo um problema ou aprendendo algo novo, com controle emocional [2].
- **High-Beta (20 – 30 Hz):** ligada a estados de excitação intensa, ansiedade ou tensão cognitiva. Níveis elevados e sustentados dessa subfaixa indicam estresse e hipervigilância [2].

Esse equilíbrio é fundamental: a Beta mantém o cérebro “aceso”, mas quando domina totalmente, gera ruído mental e dispersão. É o que acontece após longos períodos de atenção contínua — o cérebro permanece rápido, mas perde eficiência [2].

Aspectos emocionais e afetivos

As ondas Beta têm um vínculo estreito com o sistema simpático, responsável pela reação de luta ou fuga. Quando enfrentamos situações de desafio, o aumento de Beta prepara o organismo para agir: acelera o batimento cardíaco, dilata pupilas e mobiliza energia. Entretanto, se esse estado se prolonga, o cérebro entra em hiperatividade elétrica, dificultando relaxar e dormir [2].

Pesquisas em psicofisiologia mostram que indivíduos com ansiedade crônica apresentam excesso de Beta, especialmente na faixa High-Beta, e redução de Alpha. Essa assimetria traduz um cérebro em constante estado de alerta, incapaz de “desligar”. Por outro lado, níveis equilibrados de Beta são essenciais para manter motivação, raciocínio rápido e autoconfiança.

Relação com outras bandas

A Beta é o contraponto da Alpha e da Theta. Durante o relaxamento, o aumento de Alpha reduz Beta; durante o esforço mental, ocorre o inverso. Já a Gamma — ainda mais rápida — surge como extensão da Beta em processos de integração cognitiva. Esse jogo dinâmico mantém o equilíbrio entre calma e ação, descanso e desempenho [2].

Gamma (γ) | >30 Hz:

As ondas Gamma, com frequências superiores a 30 Hz (podendo chegar a 100 Hz ou mais), são as oscilações cerebrais mais rápidas conhecidas. Por muito tempo, acreditou-se que fossem apenas ruído muscular — artefatos gerados por microcontrações faciais —, mas nas últimas décadas a ciência revelou que essas ondas representam o nível mais sofisticado de processamento neural. Hoje, a atividade Gamma é vista como a marca registrada da consciência integrada, da percepção global e de processos cognitivos complexos [2].

Contexto histórico

As ondas Gamma foram mencionadas pela primeira vez nos anos 1940, mas apenas na década de 1980 passaram a ser realmente investigadas [2]. Foi o neurocientista Wolf Singer, do Instituto Max Planck, quem demonstrou que neurônios em diferentes regiões do cérebro podiam disparar de forma sincronizada em alta frequência — criando uma espécie de “orquestra neural” [8]. Essa descoberta levou à chamada Hipótese do Binding (*neural binding*), segundo a qual o ritmo Gamma seria responsável por “unir” informações sensoriais dispersas em uma experiência consciente coesa[8].

Por exemplo: quando enxergamos uma maçã, há áreas cerebrais distintas processando a forma, a cor, a textura e o significado do objeto. A sincronia Gamma seria o mecanismo que faz todas essas informações se tornarem uma única percepção consciente: “uma maçã vermelha” [8].

Localização e geração

A atividade Gamma pode surgir em praticamente todo o córtex cerebral, mas é especialmente pronunciada nas regiões occipitais (visuais), temporais (auditivas) e frontais (executivas) [2]. Ela resulta de uma interação altamente coordenada entre neurônios excitatórios piramidais e neurônios inibitórios de interneurônios GABAérgicos, que criam oscilações rápidas por meio de ciclos de excitação e inibição [2].

Essas oscilações exigem alta demanda metabólica e sincronia precisa, razão pela qual a Gamma é considerada um marcador de processamento neural eficiente. Quando o cérebro precisa integrar informações complexas — interpretar uma fala, resolver um problema, reconhecer um rosto —, há um aumento instantâneo de potência Gamma [2][8].

Significado cognitivo

A Gamma é a frequência da unificação cognitiva [8]. Ela aparece quando o cérebro está consolidando percepções, combinando informações de diferentes sentidos ou realizando raciocínios abstratos [2]. Em estudos de neuroimagem, picos de Gamma foram observados durante:

- momentos de insight (a famosa “lâmpada acende” da criatividade);
- reconhecimento de padrões visuais e auditivos;
- memória de trabalho e atenção sustentada;
- e até estados de consciência ampliada, como em experiências meditativas avançadas [2].

Essa banda também se mostra fundamental para o tempo de reação: quanto mais rápida e coerente a atividade Gamma, mais eficiente é a comunicação entre diferentes áreas corticais [2].

Relação com a percepção e a consciência

Um dos papéis mais estudados da Gamma é sua relação com a consciência perceptiva [8]. Quando um estímulo é percebido conscientemente — e não apenas processado inconscientemente —, há um aumento coordenado de sincronia Gamma entre regiões sensoriais e o córtex pré-frontal. Em outras palavras: o cérebro “acende” em ritmo Gamma quando algo entra na nossa consciência [8].

Ao invés de analisar um sinal caótico, agora podemos simplesmente perguntar: “Quanta atividade Alpha existe neste momento? E Beta?”. Isso nos leva diretamente às métricas de análise.

1. 8 Métricas de análise: quantificando os estados mentais

Saber que o cérebro produz ondas Delta, Theta, Alpha, Beta e Gamma é o primeiro passo. O passo seguinte é quantificar: “Quanta” atividade Alpha existe *agora*? E ela é dominante em relação à Beta?

Para que um computador possa identificar estados como “foco” ou “relaxamento”, não podemos apenas olhar para as ondas; precisamos de métricas numéricas. É aqui que entram os conceitos de PSD e PSD Relativo, que são as métricas fundamentais que utilizamos em nossas análises [3].

1. 8. 1 Densidade Espectral de Potência (PSD - Power Spectral Density)

O que é? A Densidade Espectral de Potência, ou PSD, é a métrica fundamental que nos diz a “força” ou a “potência” da atividade cerebral em cada frequência específica [3].

Explicação (A Analogia do Volume): Se a Transformada de Fourier (FFT) foi o “prisma” que decompôs o sinal em suas “notas” (frequências), o PSD nos diz o “volume” de cada uma dessas notas.

Tecnicamente, o PSD mede a potência do sinal por unidade de frequência (geralmente expresso em $\mu V^2/Hz$, ou microvolts ao quadrado por Hertz). Na prática, podemos simplesmente pensar nele como um número que representa a energia total contida em uma banda de frequência específica (ex: Potência Total de Alpha, Potência Total de Beta) em um determinado momento [3].

Como usamos: Softwares como o que acompanha o Emotiv Insight já nos entregam esses valores calculados [5]. Podemos, por exemplo, observar um gráfico ao longo do tempo e ver o valor absoluto da potência de Alpha subindo ou descendo.

Contudo, o PSD absoluto (o valor “bruto” da potência) tem uma limitação: ele varia drasticamente de pessoa para pessoa, e até na mesma pessoa em dias diferentes (dependendo da hidratação, da qualidade do contato dos eletrodos, etc.). Um valor

“alto” de Alpha para uma pessoa pode ser “baixo” para outra. Isso torna as comparações difíceis [3].

É para resolver isso que usamos a métrica mais robusta: o PSD Relativo.

1. 8. 2 PSD Relativo (Relative PSD)

O PSD Relativo é uma métrica normalizada. Em vez de olharmos o “volume” absoluto de uma banda, olhamos a porcentagem que essa banda representa em relação à atividade cerebral total naquele instante. A fórmula básica é: *PSD Relativo (Alpha) = (Potência Absoluta de Alpha) / (Potência Total de todas as bandas)*

Explicação (A Analogia da “Pizza”): Imagine que a atividade elétrica total do cérebro é uma pizza. O PSD Relativo não quer saber o tamanho total da pizza (que pode variar), ele quer saber qual a porcentagem de cada “fatia” (Alpha, Beta, Theta, etc.).

Por exemplo, um resultado de PSD Relativo pode ser: “Neste momento, a atividade cerebral do usuário é composta por 45% de Alpha, 20% de Beta, 15% de Theta e 20% das demais bandas.”

1. 9 Conclusão: da teoria à prática no LIM

Este capítulo apresentou uma jornada pela Eletroencefalografia, desde seus princípios científicos fundamentais até os métodos de análise de dados que usamos no laboratório. Vimos como o sinal elétrico “caótico” capturado pelos eletrodos pode ser decodificado, passando pela Transformada de Fourier, para revelar as ondas cerebrais (como Alfa, Beta e Gamma).

O objetivo final não é apenas medir ondas, mas sim quantificar estados mentais. Ao calcular métricas como a Densidade Espectral de Potência (PSD) e, principalmente, o PSD Relativo, transformamos oscilações elétricas abstratas em indicadores objetivos. Ganhamos a capacidade de inferir numericamente o nível de foco, relaxamento ou estresse de um usuário durante uma interação.

No contexto do LIM (Interação e Mídia), este capítulo serve como um pilar fundamental. As métricas de EEG raramente são usadas sozinhas. A verdadeira força da nossa pesquisa surge quando “fechamos a ponte” entre essa ferramenta e as outras metodologias do laboratório.

Imagine poder sincronizar os dados de foco de um usuário (via EEG) com o ponto exato da tela para onde ele está olhando (via *eye tracking*). Ao fazer isso, conseguimos responder perguntas complexas sobre como as pessoas realmente respondem a diferentes mídias e sistemas.

O EEG, portanto, é a ferramenta que nos permite parar de apenas *perguntar* ao usuário como ele se sente e passar a *medir* objetivamente suas respostas cognitivas e afetivas. Este é o alicerce para os diversos projetos de interação homem-máquina e análise de mídia que serão explorados nos próximos capítulos deste livro.

Referências

- [1] Berger, H. (1929). Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 87, 527–570.
- [2] Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (2004). Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- [3] Cohen, M. X. (2014). Analyzing Neural Time Series Data: Theory and Practice. MIT Press.
- [4] Burch, S., & Milmo, D. (2025, 8 feb.). Elon Musk chip paralysed man Noland Arbaugh chip brain Neuralink. The Guardian. Disponível em <https://www.theguardian.com/science/2025/feb/08/elon-musk-chip-paralysed-man-noland-arbaugh-chip-brain-neuralink>.
- [5] EMOTIV. (2025). Emotiv Insight Product Page. Disponível em: <https://www.emotiv.com/insight/>. Acesso em: 27 out. 2025.
- [6] Klem, G. H., Lüders, H. O., Jasper, H. H., & Elger, C. (1999). The ten–twenty electrode system of the International Federation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement, 52, 3–6.
- [7] EMOTIV. (2023). MN8 EEG Earbuds Technical Overview. Disponível em: <https://www.emotiv.com/mn8/>. Acesso em: 27 out. 2025.
- [8] Singer, W. (2001). Consciousness and the Binding Problem. Annals of the New York Academy of Sciences, 929(1), 123–146.
- [9] MUSE TEAM. A deep dive into brainwaves: Brainwave frequencies explained. Choose Muse, 25 jun. 2018. Disponível em: <https://choosemuse.com/blogs/news/a-deep-dive-into-brainwaves-brainwave-frequencies-explained-2>. Acesso em: [27 out. 2025].
- [10] OPENBCI. (2025). Cyton + Daisy Biosensing Boards (16-Channels). Disponível em: <https://shop.openbci.com/products/cyton-daisy-biosensing-boards-16-channel>. Acesso em: 3 nov. 2025.

2

Uso da Eletroencefalografia (EEG) na detecção de estados emocionais humanos aplicados à Interação Humano-Computador

Wesley Alves, Maristela Riquelme e Giulia Sant'Ana

2.1 Introdução

As emoções constituem um fenômeno psicológico fundamental do ser humano, exercendo influência direta sobre as experiências cotidianas e os processos decisórios, moldando a forma como o indivíduo percebe e interage com o mundo [23], [29]. O comportamento humano está diretamente relacionado às emoções, que podem ser descritas como respostas a eventos (externos ou internos) com significado para o organismo [23].

Sob o ponto de vista psicológico e neurofisiológico, essas respostas configuram um estado complexo constituído por três componentes distintos: a experiência subjetiva, a resposta fisiológica e a resposta comportamental ou expressiva [32]. De curta duração, as emoções correspondem a um conjunto coordenado de reações que podem incluir mecanismos verbais, comportamentais, fisiológicos e neurais.

O ser humano possui uma variedade de emoções, cada uma com características próprias e distintas formas de expressão no cotidiano [26]. Dada essa diversidade, a classificação das emoções representa um desafio para a pesquisa científica. A categorização mais elementar divide-as em: positivas, neutras e negativas; entretanto, as emoções raramente se apresentam de maneira isolada, configurando-se, com frequência, como sínteses dinâmicas de estados básicos que refletem um processo fisiológico contínuo [23], [33].

O cérebro, órgão responsável pelo processamento das emoções, atua como o centro integrador do funcionamento corporal, mediando as relações entre estímulos externos e respostas comportamentais. Entre os métodos disponíveis para o estudo da atividade cerebral, destaca-se o eletroencefalograma (EEG), técnica capaz de registrar os sinais elétricos gerados pelo sistema nervoso central [27]. O EEG mede tanto a frequência quanto a amplitude da atividade elétrica cerebral, possibilitando a identificação de padrões associados a determinados estados emocionais em tempo real e de forma objetiva [23], [36].

Por ser um método não invasivo, rápido, indolor, de baixo custo e com excelente resolução temporal, a eletroencefalografia consolidou-se como uma das técnicas mais empregadas no estudo das respostas cerebrais a estímulos emocionais [27]. Pesquisas neuropsicológicas têm demonstrado correlações consistentes entre os sinais de EEG e os estados emocionais, uma vez que as variações na atividade eletrofisiológica refletem diretamente alterações no estado afetivo do indivíduo [24], [32]. Um exemplo clássico dessa correlação é o modelo de assimetria frontal, que associa a atividade alfa nas regiões pré-frontais a estados motivacionais de aproximação (mais atividade relativa à esquerda) e evitação (mais atividade relativa à direita) [25].

As emoções estão estreitamente ligadas à atividade do sistema límbico, que inclui estruturas como a amígdala, o hipocampo e o córtex pré-frontal. A amígdala, localizada próxima ao hipocampo na porção anterior do lobo temporal, exerce papel central na geração e regulação das respostas emocionais, enquanto o córtex pré-frontal, situado no lobo frontal, participa de funções superiores, como o pensamento consciente e o controle das reações afetivas [32].

A atividade eletrofisiológica dessas estruturas, registrada de forma não invasiva pelo EEG, torna essa técnica uma ferramenta essencial para o mapeamento das dinâmicas neurais subjacentes aos estados emocionais humanos [23].

2.2 Definição de EEG

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica não invasiva que permite medir a atividade neural com elevada precisão temporal, captando variações em escala de milissegundos. Essa característica torna o EEG especialmente eficaz para estudar o curso temporal do processamento cognitivo e emocional subjacente ao comportamento humano [27].

O sinal de EEG é um tipo de sinal bioelétrico que representa a resposta coletiva da atividade de um grande número de neurônios, predominantemente no córtex cerebral ou na camada superficial do couro cabeludo. Esses sinais contêm informações fisiológicas e patológicas relevantes, e sua análise pode revelar informações essenciais sobre os estados emocionais humanos. A extração de características dinâmicas dos sinais de EEG tem se mostrado útil na avaliação das condições fisiológicas e psicológicas do indivíduo [24], [33].

A coleta dos sinais de EEG é realizada por meio de sensores chamados eletrodos, posicionados sobre o couro cabeludo. Trata-se de uma técnica passiva de registro, que oferece vantagens significativas em relação a outros métodos de imagem cerebral ou observações comportamentais, sobretudo por sua excelente resolução temporal, capaz de registrar centenas a milhares de amostras por segundo. Essa característica

torna o EEG uma ferramenta ideal para investigar, com elevada precisão temporal, os processos cognitivos e emocionais [27].

Figura 1: Coleta dos sinais de EEG



Fonte: Yu e Wang [33].

Existem dois tipos principais de eletrodos utilizados na aquisição dos sinais: secos e molhados (ou úmidos). Os eletrodos secos registram o sinal através do contato com o couro cabeludo, sem o uso de meio condutor. No entanto, devido à alta impedância da pele, o sinal obtido tende a ser mais fraco, sendo necessário o uso de uma pasta condutora para melhorar a condutividade elétrica [27].

Os eletrodos úmidos, por sua vez, são amplamente empregados em pesquisas científicas devido à maior estabilidade e eficiência. Esses eletrodos consistem em discos ou pastilhas metálicas conectadas à pele por meio de gel, pasta ou creme condutor, geralmente à base de solução salina. A escolha adequada do tipo de metal e do condutor é essencial, pois alguns metais podem corroer rapidamente, comprometendo a qualidade dos dados. Em condições ideais, a interação entre a pele, o eletrodo e o gel atuam como um capacitor, atenuando a transmissão de baixas frequências. Os arranjos de eletrodos podem variar de 10 a mais de 500 sensores, conforme o escopo do experimento. Além de sua eficácia na análise da atividade neural, o EEG destaca-se pelo baixo custo e pela facilidade de uso, características que o tornam uma ferramenta acessível e versátil em estudos neurocientíficos e aplicações clínicas [27].

2.3 Ondas Cerebrais

As ondas obtidas por meio do EEG são classificadas de acordo com suas frequências, estando cada uma associada a diferentes estados fisiológicos e cognitivos. As principais faixas são: Delta, Theta, Alpha, Beta e Gama.

Delta (0,5 - 4Hz)

As ondas Delta são as de menor frequência e maior amplitude, predominando durante o sono profundo. Manifestam-se principalmente nas regiões frontal e central da cabeça, com origem frequentemente atribuída ao tálamo. Por estarem relacionadas ao sono, desempenham papel essencial na consolidação da memória, abrangendo desde informações autobiográficas até habilidades aprendidas.

Em condições clínicas, a presença de ondas Delta em estados de vigília é considerada anormal e pode indicar distúrbios cerebrais generalizados. Ondas Delta rítmicas temporais, embora raras, costumam ser observadas em casos de epilepsia do lobo temporal [27].

Theta (de 4 a 7Hz)

As ondas Theta surgem em situações que exigem foco intenso, hipervigilância, meditação ou durante o sono superficial. Estão relacionadas à atenção concentrada, à captação e ao processamento de informações, além de participarem ativamente dos mecanismos de aprendizagem e evocação da memória. Essas ondas tendem a se intensificar conforme aumenta a dificuldade da tarefa, o que as torna indicadoras de esforço mental e de processos associados à memória de trabalho [30].

O ritmo Theta pode ser registrado em diversas regiões do córtex, o que indica a atuação de uma rede neural ampla envolvendo áreas pré-frontais, centrais, parietais e temporais mediais. Essa característica sugere que o Theta funcione como uma frequência integradora, facilitando a comunicação entre regiões cerebrais distantes.

Do ponto de vista clínico, indivíduos com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), acidente vascular cerebral, epilepsia ou lesões cerebrais podem apresentar níveis de atividade Theta dentro da normalidade, demonstrando que sua ocorrência isolada não constitui um marcador patológico [24], [27].

Alpha (de 8 a 12Hz)

O ritmo Alpha constitui a principal atividade elétrica em adultos relaxados e acordados, predominando nas regiões occipitais, sendo mais evidente quando os indivíduos estão em repouso e com os olhos fechados, o que gera níveis aumentados de potência nessa banda, associados a estados de relaxamento. Em condições ideais, as ondas Alpha indicam um estado cerebral propício à aprendizagem, à concentração

e ao pensamento criativo [27]. Além disso, o ritmo Alpha possui diversos correlatos funcionais que refletem as funções sensoriais, motoras e de memória [30], [31].

A potência das ondas Alpha costuma diminuir ou ser suprimida quando os olhos são abertos ou diante de qualquer tipo de atividade mental ou física, como o pensamento conceitual. Essa redução é considerada um marcador confiável de estados de engajamento e atividade cerebral [31].

Por outro lado, alterações no ritmo Alpha estão associadas a diversas condições patológicas: o abrandamento dessas ondas durante a vigília pode indicar disfunção cerebral, e pacientes com transtorno de estresse frequentemente apresentam dificuldade em manter uma atividade Alpha estável [24]. Em quadros mais graves, o ritmo pode se expandir e tornar-se indiferente a estímulos internos ou externos, caracterizando uma condição neurológica severa conhecida como “coma Alpha” [27]

Beta (de 13 a 30Hz)

As ondas Beta estão fortemente associadas à concentração, ao pensamento ativo e à atividade intelectual. São predominantes quando os olhos estão abertos e o indivíduo se encontra em estado de alerta, participando de atividades como raciocínio lógico, tomada de decisão, julgamento analítico e imaginação.

Essas oscilações são geradas tanto nas regiões frontais quanto posteriores do cérebro, com destaque para as zonas frontal e central. No córtex central, especialmente ao longo da área motora, a potência Beta se intensifica durante o planejamento e execução de movimentos precisos. Curiosamente, o mesmo aumento ocorre quando observamos os movimentos de outras pessoas, sugerindo a atuação de um sofisticado sistema de neurônios-espelho, responsáveis por processar ações alheias.

A amplitude típica das ondas Beta varia entre 10 e 20 μV e tende a aumentar durante a sonolência. Elas estão presentes no estágio N1 do sono, mas diminuem nos estágios N2 e N3. Além disso, medicamentos sedativos como hidrato de cloral e benzodiazepínicos podem intensificar a atividade Beta, elevando sua frequência e amplitude [24], [27].

Gama (de 30 a 80Hz)

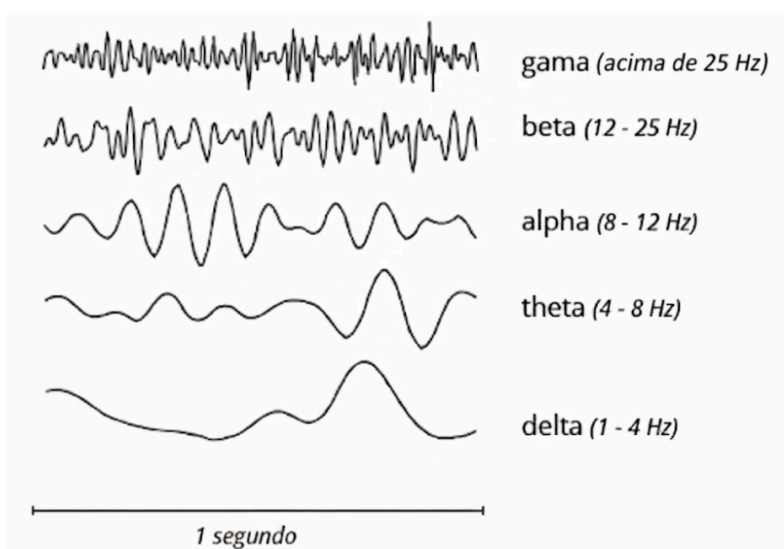
As ondas Gama correspondem à atividade elétrica mais rápida registrada pelo EEG, estando associadas a processos mentais complexos e a habilidades cognitivas de alto nível. Essa faixa de frequência tem sido relacionada a estados de felicidade, foco e redução do estresse; quanto maior a energia das oscilações gama, mais intensas tendem a ser as sensações de bem-estar e clareza mental.

As oscilações Gama estão envolvidas na integração de informações cognitivas e na aprendizagem, correlacionando-se também com tarefas que exigem raciocínio abstrato, atenção sustentada e coordenação de múltiplos processos mentais.

Em um contexto patológico, estudos sobre epilepsia mostram que focos epilépticos podem produzir explosões de atividade Gama, particularmente no hipocampo, associadas à epileptogenicidade local.

Apesar de seu potencial explicativo, as frequências Gama ainda são consideradas um “buraco negro” da pesquisa em EEG, visto que o local exato de sua geração e o que suas oscilações refletem no cérebro ainda são incertos. Duas hipóteses principais buscam explicar esse fenômeno: a primeira sugere que o ritmo Gama atua, assim como o Theta, como uma frequência portadora que integra diferentes impressões sensoriais [28]; a segunda argumenta que essas oscilações seriam apenas subprodutos de outros processos neurais, como microssacadas oculares, não refletindo diretamente o processamento cognitivo [27], [29], [33].

Figura 2: Frequências das ondas cerebrais



Fonte: Farnsworth [25].

2. 4 Condução de testes usando EEG e conteúdo midiático

A validade de uma pesquisa científica alicerça-se diretamente na aplicação de uma metodologia clara, objetiva e sistemática. Este pilar metodológico é a condição indispensável que distingue a ciência de outras formas de conhecimento, pois garante não apenas a fidedignidade e a validade dos resultados obtidos, mas cumpre o seu propósito mais fundamental: a replicabilidade. Ao delinear um percurso experimental que pode ser seguido e verificado por outros pesquisadores de forma independente, a metodologia assegura que os achados não são fruto do acaso ou de um viés,

consolidando-os como uma contribuição legítima e verificável ao conhecimento. A partir disso, o mesmo rigor se aplica aos testes conduzidos utilizando Eletroencefalografia (EEG) em seres humanos. Para que a pesquisa atinja validade científica, é necessário seguir passos fundamentais a fim de obter resultados satisfatórios e que reflitam fidedignamente as percepções e respostas emocionais dos participantes.

A primeira etapa para a realização do experimento é a definição e recrutamento do público-alvo. Salvo em cenários exploratórios onde o perfil é irrelevante, a segmentação é crucial, tendo em vista que diferentes perfis demográficos e psicográficos respondem de maneiras distintas a conteúdos midiáticos, aplicações ou qualquer outro material de experimentação [1]. Entendido quem são as pessoas propícias a realizar o experimento, a seleção depara-se com um fator limitante de ordem prática e anatômica: diferentes toucas de EEG possuem performances distintas em relação à anatomia do participante. A eficácia da conexão dos eletrodos ao couro cabeludo é determinada por duas variáveis físicas pertinentes. Primeiramente, a morfologia capilar é crucial, pois cabelos com maior volume e curvatura acentuada, como os crespos, podem atuar como uma barreira física que dificulta o contato direto e estável dos sensores, exigindo mais tempo de preparação [2]. Adicionalmente, a circunferência craniana desempenha um papel significativo, uma vez que perímetros cefálicos menores tendem a simplificar o processo, favorecendo um ajuste mais rápido e seguro do equipamento.

Concluída a seleção dos voluntários, a etapa seguinte é fundamental para aferir e controlar o estado basal (linha de base) de cada um antes da exposição ao conteúdo e da coleta de dados. Para isso, aplica-se um formulário pré-teste que busca registrar as condições momentâneas do participante, as quais podem atuar como variáveis de confusão [3]. Neste questionário, são avaliados fatores como a qualidade do sono na noite anterior, horas dormidas, nível de fome e fadiga [4].

Adicionalmente, um ponto de verificação crucial é o uso de medicamentos controlados, visto que substâncias psicoativas podem alterar a neuroquímica cerebral e comprometer a fidedignidade das medições [4]. É importante frisar que, a depender do desenho do estudo, as informações respondidas não necessariamente impedem a participação. Pelo contrário, todos esses dados são importantes e podem inferir conclusões valiosas na análise posterior, que não seriam possíveis se os participantes fossem excluídos por qualquer um dos fatores citados. Terminado o pré-teste, é imperativo frisar que o experimento a seguir é totalmente não invasivo e não prejudicial à saúde, ou seja, nenhum efeito colateral ou complicação é esperado durante a utilização da touca de EEG [5].

Finalmente, inicia-se a etapa de medição das ondas neurais. É mandatório que todos os participantes tenham realizado o pré-teste antes de passar para esta fase. Neste nível do experimento, é essencial que cada participante, sendo um por vez, se dirija a uma sala reservada e controlada para minimizar distrações externas, como

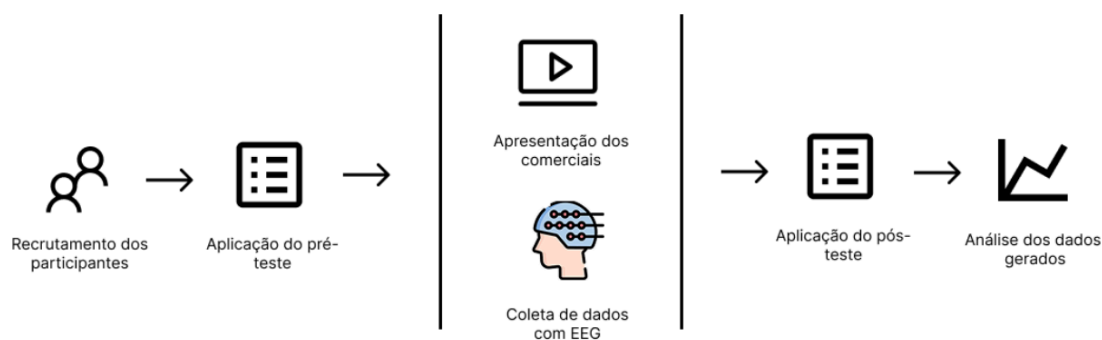
ruídos elétricos de outros equipamentos ou fontes de luz [6]. O conteúdo apresentado deve ser inédito para o participante, a fim de garantir a fidelidade das emoções e reações espontâneas. Apenas o participante e o aplicador do teste devem estar presentes na sala para evitar vieses sociais ou de observação [7].

Para iniciar a medição, a touca é posicionada na cabeça do participante até que se obtenha uma conectividade de 80% ou superior, métrica disponibilizada pelo software do equipamento. (Nota: Cientificamente, essa “conectividade” é uma representação da qualidade do sinal, que é tradicionalmente medida pela impedância eletrodo-pele, idealmente mantida abaixo de 5–10 kΩ para garantir um sinal limpo e com pouco ruído [8]). Após o acoplamento bem-sucedido, estabelece-se um período de 20 a 40 segundos para que o participante relaxe e sua atividade cerebral se estabilize, criando uma linha de base neural [9]. Após esse tempo de estabilização, o conteúdo pode ser apresentado. A touca de EEG vai captar as flutuações da atividade elétrica geradas pelos neurônios, que serão usadas posteriormente para inferir as respostas emocionais e cognitivas sentidas em cada parte do conteúdo [10].

Por fim, após concluídas as etapas anteriores e a medição com EEG ter sido realizada, é aplicado um formulário pós-teste. Diferentemente do questionário aplicado inicialmente, este será usado para validar e contextualizar os resultados neurofisiológicos. As perguntas deste formulário devem estar relacionadas a como o participante se sentiu em relação ao conteúdo apresentado, buscando correlacionar o relato subjetivo com os dados objetivos do cérebro [11]. Questões sobre satisfação, alegria, tristeza, surpresa ou engajamento são comuns. Vale ressaltar que a estrutura deste formulário deve ser flexível e alinhada ao foco do experimento, seja ele para a validação de apenas um conteúdo, para uma análise de teor comparativo entre diferentes versões de um estímulo, ou para outros objetivos de pesquisa.

O diagrama a seguir demonstra de forma simplificada como o processo é realizado.

Figura 3: Diagrama do experimento

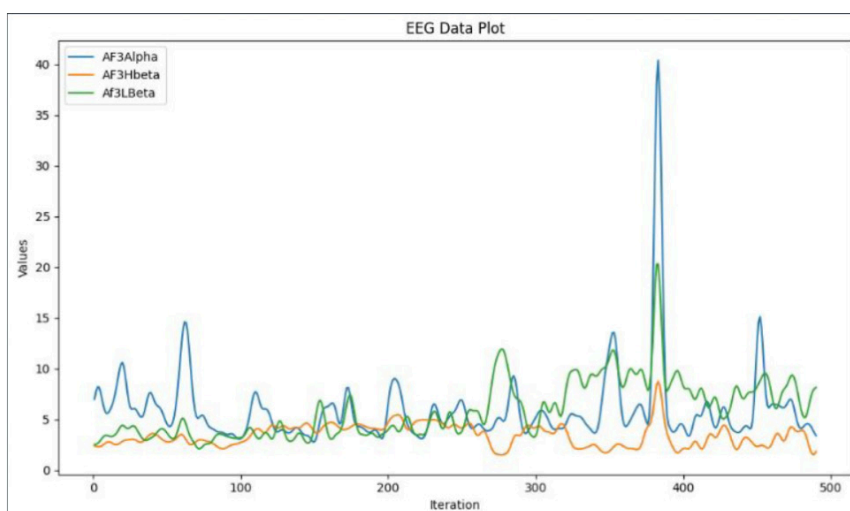


Fonte: Gerada pelos autores

2. 5 Análise das ondas a partir dos gráficos gerados

A análise das ondas neurais geradas seguindo o processo descrito anteriormente se dá a partir da visualização dos gráficos que demonstram as flutuações da atividade elétrica dos neurônios e suas intensidades em cada momento da captação.

Figura 4: Média EEG



Fonte: Autoria própria.

A análise dos sinais de EEG dos participantes durante a exibição do vídeo indicou uma experiência emocionalmente rica e cognitivamente envolvente. A atividade na faixa Alpha (AF3Alpha) apresentou picos significativos, notadamente um aumento agudo por volta de 48,75 segundos, sugerindo um forte envolvimento emocional e introspectivo com a narrativa [12].

A faixa Beta baixa (AF3Lbeta) mostrou atividade moderada, indicando que os participantes estavam atentos e cognitivamente engajados, mas sem sobrecarga ou estresse [13]. Em contrapartida, a Beta alta (AF3Hbeta) permaneceu relativamente baixa, sugerindo que o vídeo provocou envolvimento emocional sem gerar ansiedade ou esforço cognitivo excessivo [14]. Esse padrão neurológico (alta Alpha, Beta baixa moderada e Beta alta baixa) revela que os participantes estavam imersos na história, com engajamento ativo, mas sem estresse mental. Essa resposta positiva sugere que os espectadores apreciaram a experiência, podendo indicar não apenas um potencial interesse de compra, mas também uma simpatia pela marca [15].

2. 6 Como foi possível inferir tais emoções sentidas na análise acima?

Iniciando a análise, o primeiro passo é observar como o indivíduo se comporta durante o tempo reservado para a linha de base, utilizada na fase de estabilização neural [16].

Numa análise preliminar, é viável saber se um grupo/pessoa gostou ou não de diferentes partes do conteúdo apenas observando as ondas Alpha e High-Beta [12]. Se a intensidade da onda Alpha estiver alta e o nível de High-Beta estiver baixo, já é possível saber que a pessoa está relaxada (baixo engajamento cognitivo) [14]. Contudo, no caso de uma análise mais detalhada sobre as emoções sentidas, é necessário incorporar as três ondas apresentadas no gráfico.

Essa abordagem vai além da simplicidade de gostar ou não de um conteúdo, permitindo explorar as nuances dessas duas classes de emoções [13]. As interpretações do que de fato as pessoas sentem mediante a apresentação do conteúdo também estão relacionadas à categoria e suas diversas aplicações, como por exemplo: um comercial televisivo e a intenção de compra [15]; campanhas governamentais e o interesse pelo conteúdo; ou um programa de culinária e a vontade de comer mediante a fome naquele momento.

Todas essas variáveis devem ser incorporadas na análise detalhada, pois ela ultrapassa um limiar decisivo: a conexão entre corpo e mente [17]. É aqui que a interpretação da onda Low-Beta entra. Entender como essa leve excitação neural funciona é a chave para responder às novas variáveis adicionadas em cada contexto [13].

Não é suficiente classificar a emoção de uma pessoa em detalhes se for considerado apenas as tags “gostar” ou “não gostar”. Retornando ao exemplo do comercial televisivo, ter uma leve excitação neural típica da onda Low-Beta abre uma gama de possibilidades. Uma delas é responder à pergunta: Além de gostar da composição dos elementos do comercial, o espectador também desenvolveu interesse de compra? A resposta é sim! E isso pode ser explicado pelos fatores evidenciados na aplicação prática vista anteriormente [15] e por novas hipóteses que podem ser confirmadas, a princípio, para entender como o padrão neural se comporta, a partir da verificação das respostas no pós-teste [18].

Tais perguntas poderiam ser: se pensou no parcelamento, na forma de pagamento, viabilidade etc. Assim, utilizando uma análise mais detalhada, é possível inferir as emoções concretas e as nuances que cada uma carrega consigo em relação ao conteúdo apresentado. Deve-se sempre levar em consideração que diferentes informações apresentadas ao espectador geram diferentes respostas e intensidades das ondas [19].

2. 7 Aplicações

As aplicações da eletroencefalografia na detecção de estados emocionais humanos aplicada à Interação Humano Computador (HCI) e ao desenvolvimento de Interfaces Cérebro Computador são muitos, já que nesses sistemas os sinais elétricos cerebrais são traduzidos em comandos digitais, o que permite a conexão direta entre o cérebro e dispositivos eletrônicos. Através dessa tecnologia é possível controlar próteses robóticas, cadeiras de rodas e computadores sem o uso dos músculos do corpo, apenas do pensamento.

No contexto comercial e social, a EEG vem obtendo grande visibilidade com a área do neuromarketing, que tem como objetivo compreender as reações cognitivas e emocionais do consumidor quando ele entra em contato com produtos, sejam no formato físico, em marcas ou em anúncios publicitários. Essa pesquisa é realizada aplicando EEG na experiência do consumidor, ou seja, analisando as ondas cerebrais geradas por ele enquanto utiliza um produto ou assiste uma propaganda. Os resultados encontrados evidenciam o grande potencial da EEG para identificar respostas inconscientes, que são, muitas vezes, inacessíveis por questionários ou entrevistas. Desse modo, o aplicador pode compreender o comportamento do consumidor de forma objetiva e, com isso, desenvolver campanhas publicitárias muito mais eficientes e impactantes para o mercado [20].

Além da área de marketing e propaganda, a eletroencefalografia também é aplicada em pesquisas sobre aprendizagem e educação. Essa área, que é recente, se utiliza da análise das ondas cerebrais para verificar a absorção de conteúdo por parte do aluno e, com isso, também entender se ele está gostando do método de ensino utilizado. Essas informações são especialmente úteis no cenário da Educação à Distância (EAD), já que nesse contexto é difícil para o agente de educação saber se os discentes estão acompanhando os assuntos ministrados nas aulas. Todas essas descobertas feitas estão sendo usadas para construir ambientes de ensino adaptativos, em que o ritmo e o conteúdo podem ser ajustados de acordo com o nível cognitivo do aluno, o que promove uma experiência de aprendizagem personalizada e muito mais efetiva [35].

Os pesquisadores também têm explorado o uso da eletroencefalografia em áreas ainda pouco estudadas, como design de experiência do usuário (UX) e realidade virtual. No contexto da experiência do usuário, por exemplo, as emoções observadas através das ondas cerebrais podem auxiliar na avaliação ergonômica e de usabilidade, mostrando de forma objetiva o nível de satisfação ou frustração de um consumidor com uma determinada interface digital. Esses dados obtidos são muito importantes, já que permitem um design completamente voltado ao usuário, com a possibilidade de ajustes até a sua completa satisfação. Ademais, em se tratando de realidade virtual, as simulações digitais podem ser melhoradas com o estudo da encefalografia, já que torna possível identificar o quão engajado um usuário está e calibrar os mecanismos

de imagem e áudio até alcançar o nível máximo de imersão. Esses avanços impactam diretamente o mercado de jogos, identificando questões como presença emocional, ou seja, o quanto o jogador sente realmente dentro do ambiente virtual, como também usando os mesmos mecanismos para adaptar automaticamente o nível de dificuldade e a trilha sonora [36].

Outra área que pode ser positivamente impactada com a aplicação da EEG é o setor do entretenimento. A identificação das emoções presentes em um telespectador de um vídeo, filme, desenho ou novela, aliada a medição da intensidade de cada emoção observada, pode fornecer um feedback concreto do impacto de uma obra cinematográfica em um determinado público-alvo e, através dos resultados, promover produções de maior sucesso de bilheteria. Além disso, essas respostas também podem ser usadas para melhorar o mecanismo de recomendação de plataformas de streaming, seja de vídeos curtos ou longas-metragens, com sugestões precisas e específicas para cada usuário. Essas descobertas não ficam restritas apenas ao entretenimento do tipo cinematográfico, também podem ser expandidas ao mercado musical, tanto na parte das produções quanto na das recomendações do que foi desenvolvido para cada perfil de ouvinte [37].

Nos últimos anos a eletroencefalografia também tem sido integrada à área da saúde. Dispositivos comerciais, como o Muse Headband e o NeuroSky MindWave, medem a atividade cerebral durante momentos de meditação, mostrando o nível de foco e relaxamento de um paciente em tempo real. Esses dados não são úteis exclusivamente para os médicos, que podem passar a analisar o paciente objetivamente, mas também para o próprio paciente, que pode compreender melhor o seu estado emocional e melhorar o controle mental, dando maior independência para as pessoas atendidas, de forma a promover o que é chamado de autorregulação emocional [22][34].

O avanço da inteligência artificial (IA) e do aprendizado profundo (deep learning) tem expandido a EEG para novos campos de pesquisa. A leitura de padrões cerebrais e de emoções com cada vez maior precisão, está abrindo caminho para o desenvolvimento de sistemas adaptativos, que podem calibrar suas competências de acordo com o estado cerebral do usuário. Como exemplo podemos citar a criação de ambientes de trabalho que podem ajustar a iluminação de acordo com o nível de estresse do trabalhador e carros inteligentes, que podem assumir a direção quando identificarem um nível de cansaço ou de distração elevado no motorista. Esses exemplos são incluídos no campo da computação afetiva, que é o desenvolvimento das máquinas até o ponto em que elas possam reconhecer e responder de forma específica e empática às emoções humanas [21].

Finalmente, é evidente a grande possibilidade de expansão da presente pesquisa nas mais diversas direções, mostrando que a eletroencefalografia não está restrita apenas aos exames médicos, mas pode ser aplicada à diferentes áreas do conhecimento. Sua imersão com as engenharias, as ciências humanas e a inteligência artificial na

detecção das emoções humanas, têm possibilitado uma compreensão cada vez maior do cérebro e um aprofundamento da interação entre humanos e computadores. Logo, as descobertas encontradas com o estudo do tema mostram-se essenciais para o desenvolvimento da ciência moderna, com a evolução para sistemas inteligentes capazes de identificar não apenas algumas emoções, mas todas elas com precisão e velocidade, de forma a estreitar ou até extinguir o abismo entre mente e máquina.

2. 8 Conclusão

A análise da atividade elétrica cerebral por meio da eletroencefalografia (EEG) tem se mostrado um método eficaz para compreender as respostas emocionais humanas. O registro e a interpretação das ondas cerebrais permitem identificar padrões associados a diferentes estados afetivos e revelar reações inconscientes que muitas vezes não são expressas verbalmente. Essa abordagem possibilita confirmar ou complementar informações obtidas por meio de relatos subjetivos, oferecendo uma compreensão mais precisa das respostas emocionais diante de variados estímulos.

O rigor metodológico empregado nesses estudos é fundamental para assegurar a confiabilidade dos resultados, permitindo que as conclusões sejam reproduzidas e verificadas em diferentes contextos experimentais. Essa precisão contribui para o avanço das pesquisas sobre a relação entre emoção e atividade neural, fortalecendo a credibilidade científica da técnica e sua aplicabilidade prática em diferentes áreas.

Dessa forma, o uso da EEG ultrapassa o âmbito clínico e alcança campos como educação, interação humano-computador, UX e marketing. O aprimoramento contínuo das ferramentas de registro e análise da atividade cerebral representa um passo importante para o desenvolvimento de sistemas mais sensíveis aos estados emocionais, aproximando o conhecimento científico da experiência humana cotidiana.

Referências

- [1] WEBB, S. J. et al. Guidelines and best practices for electrophysiological data collection, analysis and reporting in autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2013.
- [2] GILDERSLEEVE, C. D. et al. Systemic racism in EEG research: considerations and potential solutions. *Brain, Behavior, and Immunity – Health*, 2022.
- [3] KEIL, A. et al. Guidelines for the recording and evaluation of beautiful and

ugly sounds: recommendations for conducting and reporting ERP studies. Psychophysiology, 2014.

[4] ZHANG, H. et al. Association between EEG power during sleep and attention levels in patients with major depressive disorder. Nature and Science of Sleep, 2024.

[5] KAPPENMAN, E. S.; LUCK, S. J. Electroencephalography (EEG) and event-related potentials (ERPs) with human participants. In: APA Handbook of Research Methods in Psychology. Washington, DC: APA, 2011.

[6] EEGLAB WIKI (SCCN, UC San Diego). Setting up your lab. Disponível em: <https://sccn.ucsd.edu/wiki/EEGLAB>. Acesso em: 25 out. 2025.

[7] LI, W. et al. Variations in EEG predict the individual differences in social tasks. bioRxiv, 2021.

[8] LUCK, S. J. An introduction to the event-related potential technique. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2014.

[9] DING, Y. et al. EEG baseline analysis for effective extraction of P300 event-related potentials for welfare interfaces. Sensors, v. 25, n. 2, 2025.

[10] GUTIERREZ, D. et al. Visualization of experiment EEG signals before and after baseline reduction in emotion recognition. ResearchGate, 2022.

[11] LI, R. et al. Multimodal fusion for trust assessment in lower-limb rehabilitation: measurement through EEG and questionnaires integrated by fuzzy logic. Sensors, 2025.

[12] DAVIDSON, R. J. Emotion and affective style: hemispheric substrates. Psychological Science, 1992.

[13] ENGEL, A. K.; FRIES, P. Beta-band oscillations – signalling the status quo? Current Opinion in Neurobiology, 2010.

[14] BAŞAR, E.; EGEMEN, A.; GÜNTEKIN, B. A review of brain oscillations in cognitive disorders and the role of the neurotransmitter systems. Brain Research, 2007.

[15] POZHARLIEV, R.; VERBEKE, W. J.; BAGOZZI, R. P. Social consumer neuroscience: neurophysiological measures of advertising effectiveness. Journal of Marketing Research, 2015.

[16] COHEN, M. X. Analyzing neural time series data: theory and practice. Cambridge:

MIT Press, 2014.

[17] RAMSØY, T. Z. et al. An EEG-based predictor of marketing decision-making. *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, 2012.

[18] PLASSMANN, H. et al. Consumer neuroscience: applications, challenges, and possible solutions. *Journal of Marketing Research*, 2015.

[19] LUCK, S. J. An introduction to the event-related potential technique. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2014.

[20] LIMA, M.; PINON, A.; FONTES, R.; ALVES, W.; MACEDO, J.; BECKER, V. Analysis of the enjoyment levels evoked by two video commercials using EEG. In: KUROSU, M.; HASHIZUME, A. (org.). *Human-Computer Interaction: Thematic Area, HCI 2025 – Proceedings, Part III*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. p. 193–207. (Lecture Notes in Computer Science, v. 15768). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-93845-0_13.

[21] FANG, F.; GAO, T.; WU, J. Humanity Test—EEG Data Mediated Artificial Intelligence Multi-Person Interactive System. *Sensors (MDPI)*, 2024.

[22] ABIRI, R. et al. A comprehensive review of EEG-based brain-computer interface paradigms. *Journal of Neural Engineering*, 2019.

[23] ALARCÃO, S. M.; FONSECA, M. J. Emotions Recognition Using EEG Signals: A Survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*, v. 10, n. 3, p. 374-393, jul./set. 2019. DOI: 10.1109/TAFFC.2017.2714671. Acesso em: 24 out. 2025.

[24] ATTAR, E. T. Review of electroencephalography signals approaches for mental stress assessment. *Neurosciences Journal*, v. 27, n. 4, p. 209-215, out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.17712/nsj.2022.4.20220025>. Acesso em: 24 out. 2025.

[25] DAVIDSON, R. J. What does the prefrontal cortex “do” in affect: perspectives on frontal EEG asymmetry and depression. *Biological Psychology*, v. 67, n. 1-2, p. 219-234, 2004. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.008.

[26] EKMAN, P. An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion*, v. 6, n. 3-4, p. 169-200, 1992. DOI: 10.1080/02699939208411068.

[27] FARNSWORTH, B. EEG (Electroencephalography): The Complete Pocket Guide. ResearchGate, 27 ago. 2019. Disponível em: <https://imotions.com/blog/learning/best-practice/eeg/>. Acesso em: 24 out. 2025.

- [28] FRIES, P. Neuronal gamma-band synchronization as a fundamental process in cortical computation. *Annual Review of Neuroscience*, v. 32, p. 209-224, 2009. DOI: 10.1146/annurev.neuro.051508.135603.
- [29] GUDIKANDULA, N. et al. Brain computer interface based emotion recognition with error analysis and challenges: an interdisciplinary review. *Discover Applied Sciences*, v. 7, n. 857, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06692-0>. Acesso em: 24 out. 2025.
- [30] KLIMESCH, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, v. 29, n. 2-3, p. 169-195, 1999. DOI: 10.1016/s0165-0173(98)00056-3.
- [31] KLIMESCH, W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to knowledge and memory. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 16, n. 12, p. 606-617, 2012. DOI: 10.1016/j.tics.2012.10.007.
- [32] NIEMIC, C. P. Studies of Emotion: A Theoretical and Empirical Review of Psychophysiological Studies of Emotion. *jur: Journal of Undergraduate Research*, v. 1, n. 1, p. 15-18, out. 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1802/3032>. Acesso em: 24 out. 2025.
- [33] YU, C.; WANG, M. Survey of emotion recognition methods using EEG information. *Cognitive Robotics*, v. 2, p. 132-146, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2022.06.001>. Acesso em: 24 out. 2025.
- [34] MACHADO, S. et al. EEG-based brain-computer interfaces: an overview of basic concepts and clinical applications in neurorehabilitation. *Reviews in the Neurosciences*, 2010.
- [35] APICELLA, A. et al. EEG-based measurement system for monitoring student engagement in learning 4.0. *Nature*, 2022.
- [36] SOUZA, R.; NAVES, E. Attention Detection in Virtual Environments Using EEG Signals: A Scoping Review. *Frontiers*, 2021.
- [37] SIDDHARTH, S.; PING JUNQ, T.; SEJNOWSKI, T. Impact of affective multimedia content on the electroencephalogram and facial expressions. *Nature*, 2019.

3

Desenvolvimento do visualizador online de EEG e Eye-Tracking

Mateus Lima Cavalcanti de Albuquerque, Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes, Beatriz Vitorio Melo Silva, Anna Carolina Rodrigues de Oliveira Carvalho

3.1 Introdução

O desenvolvimento de sistemas computacionais que possibilitam a interação entre o cérebro humano e dispositivos eletrônicos têm sido objeto de estudo em diversas áreas do conhecimento, especialmente na medicina e na computação. Esses sistemas, denominados Interfaces Cérebro-Máquina (ICM) ou Interfaces Cérebro Computador (ICC), estabelecem um canal de comunicação direto entre o cérebro e o computador, sem a necessidade de mediadores físicos convencionais, como teclados, mouses ou telas sensíveis ao toque [1, 2, 3]. As ICMs captam os sinais elétricos gerados pela atividade cerebral por meio de sensores, como a eletroencefalografia (EEG). Os sinais são posteriormente processados e convertidos em dados digitais, possibilitando o armazenamento e a manipulação das informações por sistemas computacionais. Essa abordagem, conhecida como Interação Cérebro-Computador (ICC) [1, 3], representa atualmente o estado da arte em termos de interação humano computador [1].

O propósito central das ICCs é fornecer subsídios para o desenvolvimento de sistemas computacionais capazes de interpretar as informações codificadas na atividade elétrica de grupos de neurônios associados a processos motores, sentimentos ou emoções. Esses sinais elétricos são mapeados em tempo real, convertidos em comandos e podem ser armazenados para o controle de artefatos digitais [45]. Embora as ICMs sejam tradicionalmente empregadas no âmbito médico, especialmente no auxílio a pessoas com deficiências físicas ou mentais graves [53], os mesmos princípios podem ser aplicados no mapeamento de atividades cerebrais relacionadas ao cotidiano dos indivíduos, identificando padrões comportamentais, sentimentos e emoções [14].

Pesquisas recentes têm evidenciado o potencial das ICCs e ICMs no aprimoramento da interação humano-computador [18, 38]. A transição das interfaces físicas para as ICMs torna a interação mais natural, dispensando a necessidade de aprendizado no uso de novos dispositivos. Os dados coletados podem ser utilizados instantaneamente

para gerar uma interação ou armazenados para a criação de perfis de usuário, levando em consideração reações e emoções ao longo de um determinado período [14].

Sendo assim, as ICCs oferecem um potencial significativo para o mapeamento de emoções e aprimoramento da interação humano-computador. No presente trabalho, a metodologia empregada para interpretar os dados coletados por esses dispositivos baseia-se na análise visual das ondas de EEG. Analisar eventos de EEG, como padrões de onda que indicam sentimentos positivos ou negativos, é um trabalho feito, atualmente, por meio de análises visuais de gráficos pelos próprios pesquisadores com a ajuda de um sistema de computador. No entanto, esse processo de análise ainda enfrenta algumas dificuldades, como, por exemplo: para que o sistema possa exibir os gráficos, os pesquisadores precisam ter algum grau de instrução em computação. Isso ocorre devido à natureza do processamento, normalmente disponível apenas localmente, ou seja, no próprio computador do pesquisador, o que demanda a linguagem de programação Python e suas bibliotecas e dependências também estejam instaladas e configuradas na máquina. Além disso, ainda é necessário saber onde alterar o código fonte do sistema para poder visualizar um outro gráfico, diante disso, a curva de aprendizado para novos pesquisadores torna-se muito maior do que o desejado.

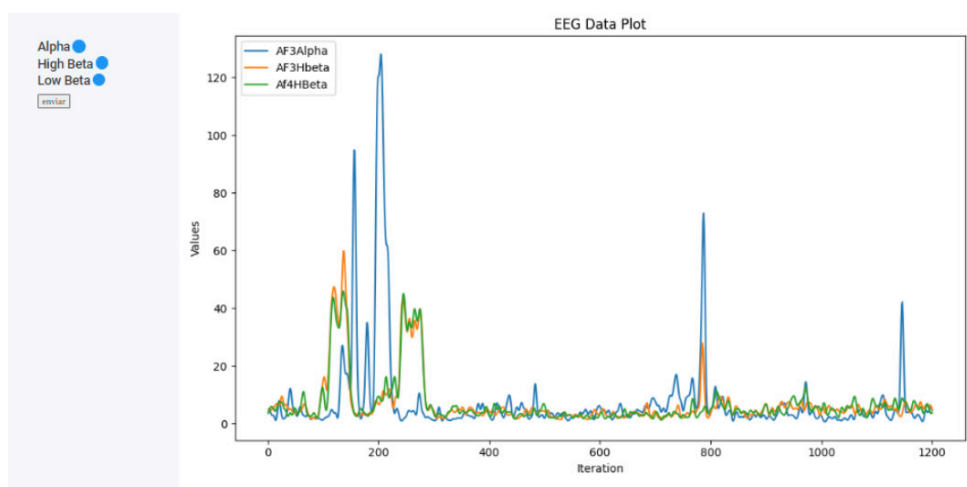
Um outro desafio foi descoberto no âmbito da educação, onde a utilização de sistemas computacionais pode auxiliar no monitoramento da atenção e do engajamento dos alunos durante as aulas online. Atualmente, a avaliação da atenção dos estudantes nas aulas on-line é realizada por meio de observações subjetivas dos professores ou através de questionários e testes, que nem sempre refletem com precisão o nível de concentração dos alunos. Estudos têm apontado lacunas quanto a eficiência e eficácia desses métodos tradicionais de avaliação da atenção, especialmente no que diz respeito à identificação de momentos específicos em que a atenção dos alunos é desviada [42, 35, 54]. A atenção dos estudantes durante as aulas possui um forte componente cognitivo e emocional, que pode variar ao longo do tempo em função de diversos fatores, como o conteúdo abordado, a metodologia de ensino e as distrações do ambiente. Um aluno pode se manter atento durante a maior parte da aula, mas se distrair em momentos específicos, o que pode comprometer a compreensão do conteúdo. Uma maneira de atenuar essa subjetividade é utilizar a eletroencefalografia durante as aulas, mapeando a atividade cerebral dos alunos em tempo real. Ao empregar o EEG, é possível identificar com precisão os momentos em que a atenção dos estudantes é desviada e relacioná-los com o conteúdo que está sendo apresentado. Dessa forma, com o auxílio do sistema para visualização dos dados de EEG, torna-se viável identificar elementos da aula que favorecem ou prejudicam a atenção dos alunos e gerar um perfil com base nos dados coletados e assim o professor pode identificar momentos de desatenção ou divagação mental da turma ao relacionar o momento em que aconteceram eventos de EEG e o conteúdo que estava sendo ministrado naquele momento durante a aula. Dessa forma, o professor tem mais uma ferramenta de análise pedagógica sobre a eficiência da didática adotada nas aulas.

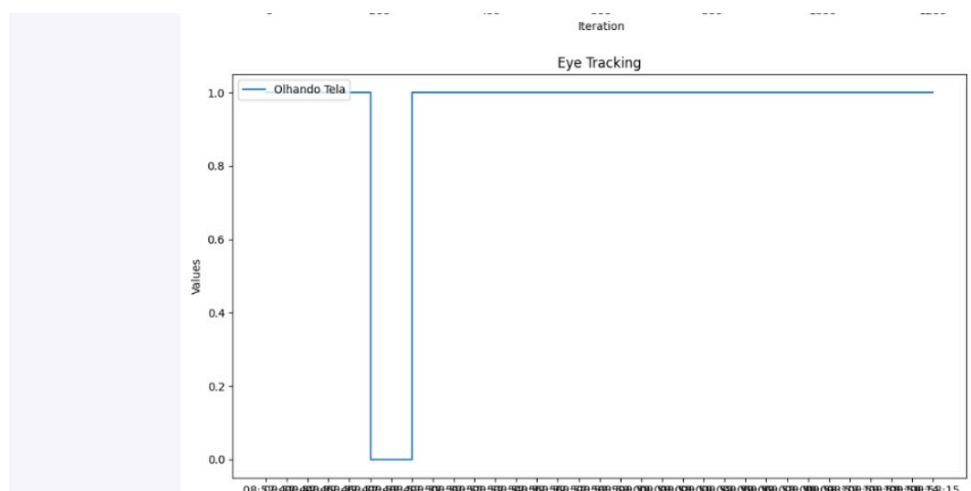
3. 2 Definição da arquitetura

Diante dos desafios enfrentados pelos pesquisadores e pensando em facilitar a análise e interpretação dos dados de EEG, uma nova solução foi proposta e posteriormente implementada: um sistema online para visualização das ondas de atividade cerebral aliada a eye tracking, para que os usuários possam relacionar, de forma mais fácil e precisa, o EEG e a atenção do indivíduo. Uma vez que existe um sistema online que está disponível o tempo inteiro, é possível abstrair os detalhes técnicos sobre a implementação e sobre a configuração do ambiente necessário para usar o sistema, diminuindo a carga de aprendizado para os novos pesquisadores. Uma descrição inicial da arquitetura do sistema está a seguir.

A interface do usuário foi implementada em React, uma biblioteca JavaScript que oferece toda a infraestrutura necessária para facilitar e otimizar a renderização do projeto. Já o back end (o servidor) foi implementado em Python, o que permitiu a reutilização das funções do sistema antigo, que geram os gráficos com dados do headset Emotiv Insight. Devido à necessidade de comunicação entre a interface gráfica do usuário e o processamento dos dados, fez-se necessária a construção de uma Application Programming Interface (API) simples, flexível com baixo consumo de recursos computacionais. Ainda no lado do servidor, o micro framework Flask [4] foi escolhido. No lado do cliente, a biblioteca Axios [16] mostrou-se a melhor opção para o envio e recebimento dos parâmetros necessários para o bom funcionamento do website. O projeto é composto por uma interface gráfica que faz uma solicitação via API a um servidor, que gera os gráficos de EEG e Eye Tracking e retorna o gráfico em forma de imagem. Dessa forma, a interface do usuário consegue exibir os gráficos gerados (Figura 1).

Figura 1: Plotagem do EEG e eye-tracking.





Fonte: Autoria própria.

3. 3 Métodos

O presente estudo fundamenta-se na abordagem metodológica da Design Science Research (DSR), que valida o desenvolvimento de artefatos voltados para a solução de problemas como uma forma significativa de gerar conhecimento científico e tecnológico [5, 19, 23]. As etapas da DSR compreendem a identificação e delimitação de classes de problemas, a criação de artefatos com o intuito de transformar situações e modificar suas condições iniciais para um estado satisfatório ou desejável. O ciclo da DSR também abrange a avaliação dos artefatos em algum nível e a disseminação dos aprendizados obtidos (ou resultados da pesquisa, no âmbito do processo científico). A DSR foi considerada pertinente para este estudo após a constatação das lacunas previamente descritas no que se refere à leitura de ondas neurais com visualização em tempo real dos dados e integração com o eye tracking, o que requer o desenvolvimento de um novo artefato. De acordo com a estrutura do método da DSR, o processo tem início com um modelo mental de uma possível solução (ressaltando que a DSR não almeja soluções ideais, mas sim artefatos viáveis e que proporcionem uma solução exequível [33]. Um modelo mental pode ser definido como uma realidade em escala reduzida, elaborada a partir da percepção, imaginação ou compreensão do discurso. Os modelos mentais apresentam similaridades com os modelos de arquitetos ou diagramas físicos, uma vez que sua estrutura é análoga à estrutura da situação que representam [10]. Por sua vez, um modelo de processo deve fornecer diretrizes, como revisores, editores e consumidores, acerca do que esperar dos resultados da pesquisa da DSR. [32] contribuíram para essa perspectiva com suas concepções sobre os resultados da pesquisa. Os autores [12] aprofundaram o tema, descrevendo os elementos fundamentais da pesquisa em DSR. Com base nesses autores e incorporando

contribuições de [15], é possível elencar seis atividades centrais da DSR que foram adotadas nesta pesquisa:

Atividade 1: Identificação e motivação de problemas. Esta etapa tem como objetivo definir, de forma concisa e clara, o problema de pesquisa e justificar o valor de uma solução.

Atividade 2: Definição dos objetivos de uma solução. Nesta etapa, os objetivos de uma solução são inferidos, levando em consideração a definição do problema (Atividade 1) e analisando o que é possível e viável no escopo do projeto ou da pesquisa.

Atividade 3: Design e desenvolvimento. É nesta etapa que o artefato é criado.

Atividade 4: Demonstração. Nesta etapa, o pesquisador apresenta o artefato desenvolvido e demonstra como ele soluciona o problema, ou parte dele.

Atividade 5: Avaliação. Nesta atividade, o pesquisador observa a utilização do artefato e avalia o quão bem ele resolve o problema. É realizada uma comparação entre os objetivos (Atividade 2) e os resultados observados durante o uso do artefato na demonstração.

Atividade 6: Comunicação. Etapa final, que encerra o ciclo da DSR, esta atividade visa divulgar o problema, com seu contexto e relevância, o artefato desenvolvido, sua utilidade, qualidade e novidade, o rigor do design e sua eficácia, para profissionais impactados, pesquisadores, cientistas e demais públicos relevantes.

3. 4 Resultados

Considerando a atividade 2 da DSR e a partir da definição de que o problema principal (Atividade 1) enfrentado é a dificuldade na análise dos dados, assim como a sincronização com o Eye Tracking, foram estabelecidos como objetivos: 1. Implementação de um sistema web que proporcione a análise interativa de ondas de EEG, a partir do sistema offline já desenvolvido; 2. Flexibilidade para visualizar e analisar arquivos gerados anteriormente; 3. Integração de um software de Eye Tracking com o sistema web; 4. Identificação do ponto de atenção do estudante: se está olhando para a tela ou não. Na sequência, descreve-se como foi feito o design, implementação e testes dos artefatos.

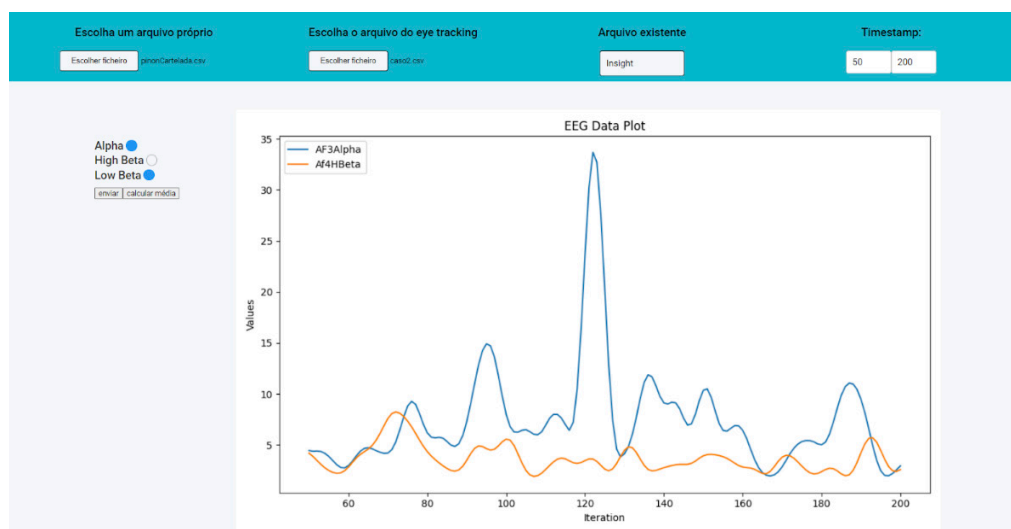
A interface é composta por um botão para submissão de arquivos de EEG em formato .csv, um botão para submissão de arquivos de Eye Tracking obtidos a partir do software desenvolvido com o uso do Beam Eye Tracker, um conjunto de botões para escolha das ondas foco da análise, assim como campos para digitação de valores, onde o usuário pode definir qual intervalo de tempo específico do gráfico deseja analisar. Dessa forma, o usuário consegue interagir com três tipos principais de parâmetros no front-end da aplicação:

Arquivos: o software verifica se o arquivo possui extensão “.csv” e define esse arquivo como o arquivo atual. Além disso, também há um botão que abre uma janela flutuante e exibe uma lista de arquivos que é carregada diretamente do Storage Firebase para o website. Ao escolher um arquivo, o sistema tem o mesmo comportamento mencionado acima: tornar o arquivo escolhido como arquivo atual.

Timestamp: Visando melhorar a visualização dos detalhes em eventos específicos que ocorreram durante a medição das ondas de EEG, como um susto no trailer de filme de terror, ou um evento externo à sala de aula, foram adicionados dois botões que capturam a entrada do usuário em forma de texto, diretamente do teclado. Um dos botões armazena o valor mínimo para o intervalo e o outro botão armazena o valor máximo. Quando especificados, o gráfico é gerado novamente, exibindo apenas a parte capturada dentro do intervalo definido pelo usuário. Caso o usuário não insira nenhum valor, o gráfico é gerado considerando toda a duração da gravação das ondas.

Checkboxes: Até o presente momento o foco da pesquisa está nas ondas que representam atenção e relaxamento, ou seja, beta e alpha, respectivamente. Dessa forma, existem três caixas de seleção, cada uma representando uma onda: Alpha, High Beta e Low Beta (Figura 2). Assim que uma dessas ondas é selecionada, o resultado é armazenado em uma lista. Caso o usuário remova uma escolha, aquela onda também será removida da lista. Dessa forma, apenas as ondas escolhidas pelo usuário no momento do envio dos dados estarão presentes no gráfico.

Figura 2: Filtros da plotagem das ondas neurais.



Fonte: Autoria própria.

Com base na estrutura desses botões, foi desenhada uma API para processar as requisições do cliente. O front end foi construído para enviar simultaneamente uma lista com as escolhas, os valores de mínimo e máximo do intervalo e um arquivo JSON,

com a função 'multipart/form-data' especificando como será o envio, uma vez que o arquivo é, normalmente, muito grande e precisa ser enviado por partes.

A requisição é recebida no servidor e a carga formatada novamente. Os dados são extraídos com a ajuda da função do Flask 'request.form.get()'. São atribuídos a variáveis como "min, max, file" e passados como parâmetros para a função "generate_chart", que gera o gráfico das ondas de EEG, armazena o gráfico gerado em um buffer de bytes e retorna uma string que representa os dados desse buffer de bytes.

O processamento do arquivo do eye tracking é feito de forma parecida ao do EEG. Após ser submetido na plataforma, o arquivo é enviado para a API, processado com base em suas informações de true ou false, que indicam se o usuário está ou não olhando para a tela, gerando uma linha ao longo do eixo x que indica o tempo. O programa do eye tracking, desenvolvido em Python, conecta-se com o Beam Eye Tracker [26] e começa a escrever em um arquivo os valores separados por vírgulas, com as colunas: eixo x, eixo y, dia e hora atual. Contudo, essas informações não são suficientes para verificar se o indivíduo está ou não olhando para a tela. Para isso, optou-se por uma função booleana (que assume apenas dois estados, verdadeiro ou falso) chamada "olhando_tela". A função verifica se o usuário está olhando para a tela a partir dos dados dos eixos x e y e escreve no arquivo uma coluna com 'True' ou 'False'. Dessa forma, ao analisar o arquivo .csv gerado, podemos utilizar a biblioteca Matplotlib do Python [9] e esboçar um gráfico que mostra em qual período de tempo o indivíduo não olhou para a tela com base no retorno da função "olhando_tela". Sendo assim, sempre que o usuário está olhando, temos uma linha contínua no valor 1 e quando o usuário não olha para a tela temos uma linha contínua no valor 0, sendo exibida no gráfico.

3. 5 Análise e discussão

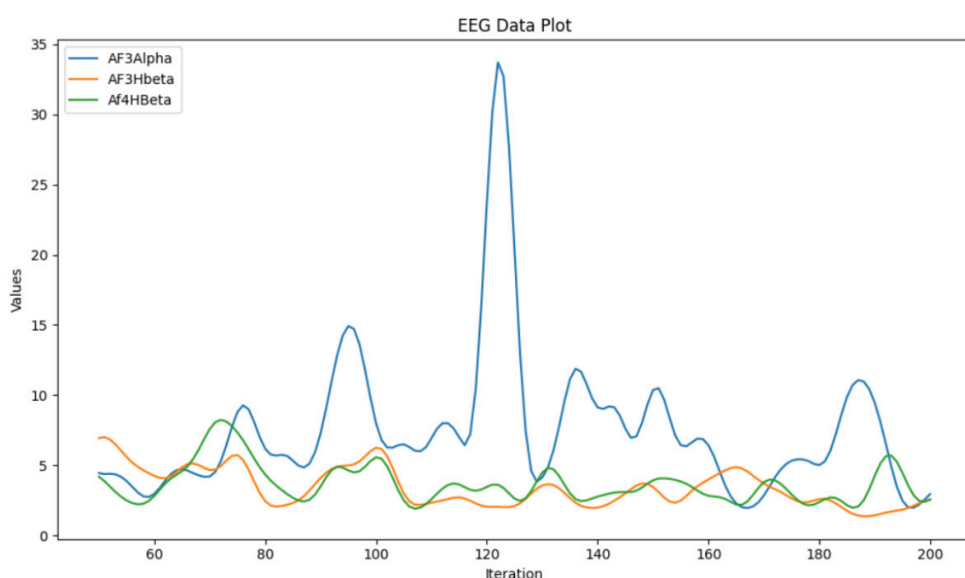
Para validar o artefato desenvolvido, uma das formas admitidas pela DSR é o cotejamento dos requisitos da Atividade dois com a demonstração do próprio artefato. Os quatro objetivos foram atingidos. O fluxo de uso comum é: os arquivos são submetidos pelo usuário do sistema e enviados para a API, onde são processados de acordo com o tipo de sistema pelo qual foram obtidos, OpenBCI ou Insight (as duas marcas/modelos de headset de EEG suportados atualmente). Posteriormente, são gerados dois gráficos, um relativo às ondas e outro ao eye tracking, baseados nos parâmetros (intervalo de tempo e escolhas de ondas) definidas pelo usuário. Caso nenhum valor tenha sido inserido, é gerado o gráfico padrão. Finalmente, o gráfico gerado é retornado para o website, onde é exibido ao usuário.

Além disso, para testar de forma mais abrangente o sistema, recorreu-se a testes feitos anteriormente, com a versão offline do visualizador de ondas, que utilizava o

GazeRecorder como eye tracker. Foram utilizados arquivos de testes que envolviam a visualização de dois vídeos distintos: um enriquecido visualmente com elementos 3D e outro apresentando operações básicas de matemática para que seja menos estimulante. O sistema permitiu uma análise detalhada e intuitiva dos padrões de atenção.

A eficácia do sistema web de visualização é particularmente evidenciada pela capacidade de visualizar (Figura 3) especificamente as ondas Alpha, Low Beta e High Beta. Essas ondas cerebrais são indicadores chave no estudo da atenção e da cognição. As ondas Alpha estão frequentemente associadas a estados de relaxamento e repouso, mas também podem indicar a prontidão do cérebro para processar novas informações. As ondas Beta, divididas em Low Beta e High Beta, estão relacionadas a estados de atenção, alerta e engajamento cognitivo, sendo cruciais para a análise da resposta dos alunos aos estímulos visuais apresentados. A capacidade de isolar e visualizar essas ondas específicas através do sistema web proporciona uma ferramenta poderosa para a pesquisa. Permite uma compreensão mais profunda de como diferentes tipos de conteúdo visual influenciam a atenção dos alunos, oferecendo uma plataforma acessível e eficiente para a análise de dados de EEG e eye-tracking. A visualização dessas ondas cerebrais, em particular, facilita a identificação de momentos de maior ou menor atenção e engajamento, correlacionando-os diretamente com os estímulos visuais apresentados.

Figura 3: Plotagem das ondas neurais.

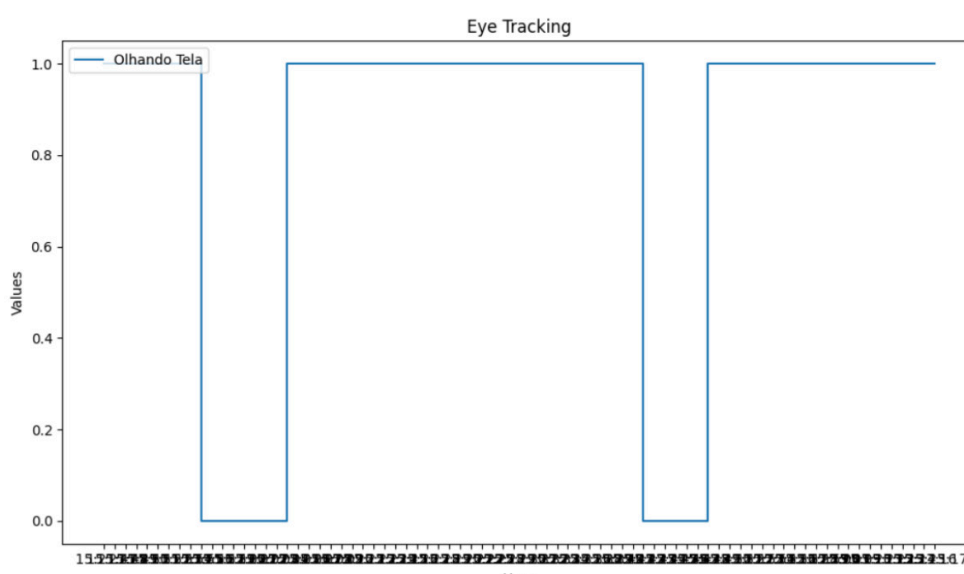


Fonte: Autoria própria.

Através da análise de dados extraídos de arquivos CSV, o sistema é capaz de plotar (Figura 4) de forma eficaz os momentos em que o usuário estava efetivamente

olhando para a tela. Este dado, apesar de parecer simples à primeira vista, assume uma relevância considerável quando combinado à análise de eletroencefalografia (EEG). A capacidade de identificar e visualizar os períodos em que o aluno mantém o foco na tela é fundamental, pois, quando correlacionada com a leitura de EEG, fornece uma camada adicional de entendimento sobre o comportamento de atenção. Mais especificamente, os momentos em que o aluno desvia o olhar da tela podem ser indicativos de períodos de divagação ou de diminuição do engajamento cognitivo. Essa hipótese é sustentada pela literatura em neurociência educacional, que associa variações nos padrões de atenção, captados por EEG, a diferentes estados cognitivos, incluindo a divagação mental [48, 49, 7, 25, 52].

Figura 4: Plotagem dos momentos do usuário olhando para a tela ao decorrer da fruição.

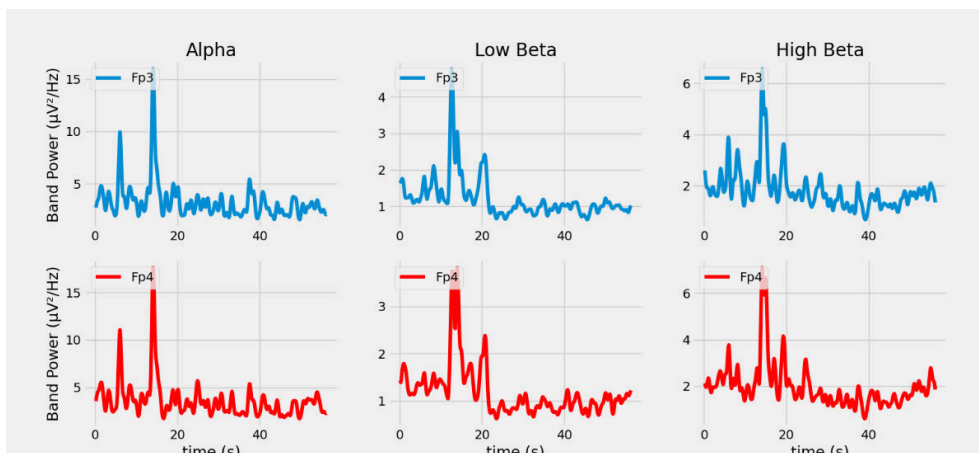


Fonte: Autoria própria.

Um outro recurso importante do sistema é a visualização dos dados das ondas neurais médias da turma. Dessa forma, o professor pode ter um feedback geral da atenção de sua turma. Usando ainda o exemplo de um estudo anterior, onde 10 usuários assistiram dois vídeos, foi implementado no sistema descrito neste artigo, uma função que estima a média de cada onda para o conjunto dos estudantes. Examinando a média de todas as leituras cerebrais dos participantes, notamos que, na maior parte do tempo, a amplitude média das ondas alpha e beta nos dois eletrodos frontais foi bem semelhante nos dois vídeos. No entanto, há momentos específicos em que houve diferenças perceptíveis, com picos consideravelmente altos no vídeo do sistema solar (Figura 5), indicando que há um estímulo mais acentuado tanto de atenção, quanto de surpresa em relação ao conteúdo do vídeo das equações polinomiais (Figura 6). Esses picos foram registrados principalmente entre os 10 e 20 segundos, e pode ser explicado

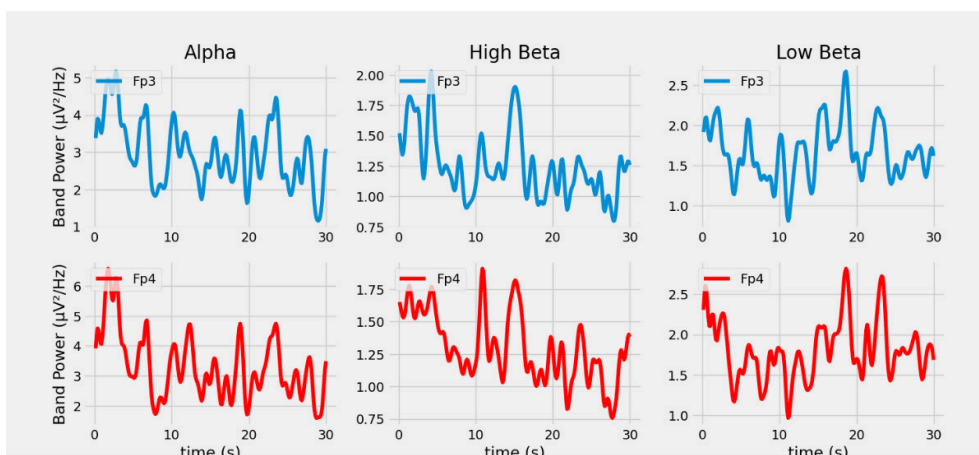
pelo usuário estar olhando para uma região de interesse da tela, possivelmente gerado pela menção do locutor sobre o movimento orbital do sistema solar na simulação em questão.

Figura 5: Média das ondas Alpha, Low Beta e High Beta do vídeo do Sistema Solar na Via Láctea.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6: Média das ondas Alpha, Low Beta e High Beta do vídeo das equações polinomiais.



Fonte: Autoria própria.

Analisando exclusivamente a média da onda alpha, não foi perceptível uma diferença considerável do vídeo 1 para o vídeo 2. Portanto, em questão de níveis de atenção, nesta abordagem, ambos tiveram resultados semelhantes. Um fator limitante que pode ter influenciado este resultado, é o fato de os vídeos terem até 1 minuto de duração. Talvez com uma aula mais longa, a didática do vídeo 2 pudesse desestimular o aluno com o decorrer do tempo e baixar os níveis de atenção. Além destas validações

do artefato, também foram feitos testes comparativos entre os gráficos gerados pelo sistema on-line, descrito neste artigo, com os gráficos gerados pelo software offline. A implementação atendeu as expectativas, uma vez que a plotagem dos resultados no site condiz com os gerados pelo artefato offline. Todos os 10 testes analisados tiveram resultados semelhantes.

3. 6 Conclusão

O desenvolvimento do sistema integrado de visualização de ondas cerebrais e eye-tracking, conforme apresentado neste artigo, demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a análise detalhada de dados de EEG e a sincronização com os registros de eye-tracking. Através da metodologia de Design Science Research, foi possível especificar, implementar e testar os artefatos necessários, resultando em um sistema que atende às necessidades de forma eficiente e precisa. A integração dos sistemas de EEG e eye-tracking em um único artefato proporcionou uma nova dimensão na análise dos dados, permitindo uma melhor compreensão dos níveis de atenção dos indivíduos durante os testes. A interface gráfica desenvolvida, com suas funcionalidades de upload de arquivos, seleção de intervalos de tempo e escolha de ondas específicas, mostrou-se intuitiva e funcional, facilitando a interação dos usuários com o sistema.

Vale salientar que a interface já está sendo e será empregada em produções futuras em múltiplas frentes como neuromarketing, educação e saúde. Para a área do neuromarketing, por exemplo, foi realizado um outro teste com o auxílio deste sistema que consistia em medir os níveis de emoções positivas das pessoas enquanto assistiam a dois tipos de propagandas comerciais: um vídeo estruturado baseado em storytelling [56], que custou dez vezes mais para ser produzido, e um comercial cartelado tradicional. A partir da análise feita no sistema online foi possível identificar que as pessoas começaram gostando mais do vídeo baseado em storytelling até um ponto específico em que é possível ver que a média das ondas beta diminui, relacionando esse evento ao vídeo é possível ver que há um acontecimento incomum: um serviço de entrega muito mais rápido do que o normal, também foi possível ver que os níveis da onda beta não sofreram grandes alterações nem positivas e nem negativas quando as pessoas assistiram o vídeo cartelado.

Futuramente, o sistema online deve ser usado por mais pesquisadores de diferentes áreas, como a psicologia, principalmente pela facilidade de uso e possibilidade de incremento de funcionalidades, como a análise da intensidade de atividade entre uma onda e outra ou o mapa de atividade cerebral a partir dos sinais recebidos pelos eletrodos, essas funcionalidades são essenciais para o andamento de uma nova pesquisa que relaciona os níveis de ansiedade de uma pessoa antes e depois de fazer uso de ansiolítico a base de canabidiol.

Referências

- [1] Joseph V. Mascelli. 2010. Os Cinco Cs da Cinematografia. Summus, São Paulo, SP, Brasil.
- [2] Desney Tan and Anton Nijholt. 2010. Brain-Computer Interfaces: Applying Our Minds to Human-Computer Interaction. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-272-8>
- [3] Jan van Erp, Fabien Lotte, and Michael Tangermann. 2012. Brain-Computer Interfaces: Beyond Medical Applications. *Computer* 45, 4 (2012), 26–34. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.107>
- [4] [n. d.]. Welcome to Flask. <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>. [Accessed 22-06-2024].
- [5] Aline Dresch, Daniel Lacerda, and Junico Antunes. 2015. Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia. 198 pages. <https://doi.org/10.13140/2.1.2264.2885>
- [6] Andrew T. Duchowski. 2017. Eye Tracking Methodology. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5>
- [7] Sidney K. D’Mello. 2016. Giving Eyesight to the Blind: Towards Attention-Aware AIED. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* 26, 2 (Feb. 2016), 645–659. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0104-1>
- [8] B Ferger, D Stahl, and K Kuschinsky. 1996. Effects of cocaine on the EEG power spectrum of rats are significantly altered after its repeated administration: do they reflect sensitization phenomena? *Naunyn-Schmiedeberg’s archives of pharmacology* 353 (1996), 545–551.
- [9] [n. d.]. Matplotlib Visualization with Python. <https://matplotlib.org/>. [Accessed 22-06-2024].
- [10] Ruth M. J. Byrne. 2015. Mental Models. John Wiley & Sons, Ltd, 1–13. <https://doi.org/10.1002/9781118900772.etrds0217> arXiv:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9781118900772.etrds0217>
- [11] Benjamin T. Carter and Steven G. Luke. 2020. Best practices in eye tracking research. *International Journal of Psychophysiology* 155 (Sept. 2020), 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.010>

- [12] Alan R. Hevner and Harlan D. Mills. 1995. Box-structured requirements determination methods. *Decision Support Systems* 13, 3 (1995), 223–239. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)E0044-R](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)E0044-R) Information technologies and systems.
- [13] 2019. EEG (Electroencephalography): The Complete Pocket Guide. <https://imotions.com/blog/learning/best-practice/eeeg/>. [Accessed 30-07-2023].
- [14] Sarah N. Abdulkader, Ayman Atia, and Mostafa-Sami M. Mostafa. 2015. Brain computer interfacing: Applications and challenges. *Egyptian Informatics Journal* 16, 2 (2015), 213–230. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2015.06.002>
- [15] Bruce L. Archer. 1964. Systematic method for designers. *Design* (1964), 56–59.
- [16] [n. d.]. Introdução ao Axios. <https://axios-http.com/ptbr/docs/intro>. [Accessed 22-06-2024].
- [17] [n. d.]. Online Eye Tracking | Webcam eye-tracking software. <https://gazerecorder.com/>. [Accessed 23-06-2024].
- [18] Jérémy Frey, Jelena Mladenovic, Fabien Lotte, Camille Jeunet, and Léa Pillette. 2017. When HCI Meets Neurotechnologies: What You Should Know about BrainComputer Interfaces. 1253–1256. <https://doi.org/10.1145/3027063.3027100>
- [19] Alan R. Hevner, Salvatore T. March, Jinsoo Park, and Sudha Ram. 2004. Design Science in Information Systems Research. *MIS Q.* 28, 1 (mar 2004), 75–105.
- [20] Yueh-Min Huang, Ming-Chi Liu, Chia-Hung Lai, and Chia-Ju Liu. 2017. Using humorous images to lighten the learning experience through questioning in class. *British Journal of Educational Technology* 48, 3 (2017), 878–896.
- [21] Stephen Hutt, Caitlin Mills, Nigel Bosch, Kristina Krasich, James Brockmole, and Sidney D’mello. 2017. “ Out of the Fr-Eye-ing Pan” Towards Gaze-Based Models of Attention during Learning with Technology in the Classroom. In *Proceedings of the 25th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*. 94–103.
- [22] Stephen Hutt, Aaron Wong, Alexandra Papoutsaki, Ryan S Baker, Joshua I Gold, and Caitlin Mills. 2024. Webcam-based eye tracking to detect mind wandering and comprehension errors. *Behavior Research Methods* 56, 1 (2024), 1–17.
- [23] Pertti Järvinen. 2007. Action Research is Similar to Design Science. *Quality and Quantity* 41 (02 2007), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11135-005-5427-1>

- [24] Hwan Soo Jang, Ji Young Kim, Sang Heon Kim, and Maan-Gee Lee. 2009. Role of dopamine receptors on electroencephalographic changes produced by repetitive apomorphine treatments in rats. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology* 13, 3 (2009), 147–151.
- [25] Christina Yi Jin, Jelmer P Borst, and Marieke K Van Vugt. 2019. Predicting task-general mind-wandering with EEG. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 19 (2019), 1059–1073.
- [26] Eyeware Tech SA. [n. d.]. Beam Eye Tracker on Steam — <https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=store.steampowered.com>. https://store.steampowered.com/app/2375780/Beam_Eye_Tracker/. [Accessed 22-06-2024].
- [27] Dario D. Salvucci and Joseph H. Goldberg. 2000. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In *Proceedings of the symposium on Eye tracking research amp; applications - ETRA '00 (ETRA '00)*. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/355017.355028>
- [28] Ariel W Snowden, Christopher M Warren, Wade H Goodridge, and Ning Fang. 2021. Neural Efficiency and Spatial Task Difficulty: A Road Forward to Mapping Students' Neural Engagement in Spatial Cognition. *Engineering Design Graphics Journal* 85 (2021), 1.
- [29] D Stahl, B Ferger, and K Kuschinsky. 1997. Sensitization to d-amphetamine after its repeated administration: evidence in EEG and behaviour. *NaunynSchmiedeberg's archives of pharmacology* 356 (1997), 335–340.
- [30] You-Yun Lee and Shulan Hsieh. 2014. Classifying Different Emotional States by Means of EEG-Based Functional Connectivity Patterns. *Plos ONE* 9, 4 (April 2014), e95415. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095415>
- [31] Zheyu Liu, Ping Yu, Jiale Liu, Zhongling Pi, and Weijin Cui. 2023. How do students' self-regulation skills affect learning satisfaction and continuous intention within desktop-based virtual reality? A structural equation modelling approach. *British Journal of Educational Technology* 54, 3 (2023), 667–685.
- [32] Salvatore March and Gerald Smith. 1995. Design and Natural Science Research on Information Technology. *Decision Support Systems* 15 (12 1995), 251–266. [https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2)
- [33] Rafael Toscano, Helder Mendonça de Souza, Sandro Filho, Jaqueline Noleto, and Valdecir Becker. 2019. HCI Methods and Practices for Audiovisual Systems and

Their Potential Contribution to Universal Design for Learning: A Systematic Literature Review. 526–541. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23560-4_38

[34] Jeffery D Steketee. 2003. Neurotransmitter systems of the medial prefrontal cortex: potential role in sensitization to psychostimulants. *Brain Research Reviews* 41, 2-3 (2003), 203–228.

[35] Karl K. Szpunar, Samuel T. Moulton, and Daniel L. Schacter. 2013. Mind wandering and education: from the classroom to online learning. *Frontiers in Psychology* 4 (2013). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00495>

[36] Vojkan Mihajlović, Haoxuan Li, Bernard Grundlehner, Julien Penders, and Alfred C Schouten. 2013. Investigating the impact of force and movements on impedance magnitude and EEG. In 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). IEEE, 1466–1469.

[37] Vojkan Mihajlović, Shrishail Patki, and Bernard Grundlehner. 2014. The impact of head movements on EEG and contact impedance: An adaptive filtering solution for motion artifact reduction. In 2014 36th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society. IEEE, 5064–5067.

[38] Garibaldi Greice Mussatto and Scheila de Avila e Silva. 2014. Perspectivas e Potencialidades da Interface Cérebro-Máquina. *Revista de Sistemas de Informação da FSMA* 13, Article 5 (Jan-Jun 2014), 6 pages. http://www.fsma.edu.br/si/edicao13/FSMA_SI_2014_1_Estudantil_3.html

[39] Xinzhen Pei, Guiying Xu, Yunhui Zhou, Luna Tao, Xiaozhu Cui, Zhenyu Wang, Bingru Xu, An-Li Wang, Xi Zhao, Haijun Dong, et al. 2022. A simultaneous electroencephalography and eye-tracking dataset in elite athletes during alertness and concentration tasks. *Scientific Data* 9, 1 (2022), 465.

[40] Zhongling Pi, Yabo Zhang, Qiuchen Yu, Yi Zhang, Jiumin Yang, and Qingbai Zhao. 2022. Neural oscillations and learning performance vary with an instructor’s gestures and visual materials in video lectures. *British Journal of Educational Technology* 53, 1 (2022), 93–113.

[41] Zhongling Pi, Yi Zhang, Weichen Zhou, Ke Xu, Yanran Chen, Jiumin Yang, and Qingbai Zhao. 2021. Learning by explaining to oneself and a peer enhances learners’ theta and alpha oscillations while watching video lectures. *British Journal of Educational Technology* 52, 2 (2021), 659–679.

[42] Kevin Rebecchi and Hélène Hagège. 2022. Educating Through Attentional States

of Consciousness, an Effective Way to Develop Creative Potential? *Frontiers in Education* 7 (March 2022). <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.774685>

[43] Nak Won Rim, Kyoung Whan Choe, Coltan Scrivner, and Marc G. Berman. 2021. Introducing Point-of-Interest as an alternative to Area-of-Interest for fixation duration analysis. *PLOS ONE* 16, 5 (May 2021), e0250170. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250170>

[44] Zahra Atiq and Michael C Loui. 2022. A qualitative study of emotions experienced by first-year engineering students during programming tasks. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 22, 3 (2022), 1–26.

[45] André Barbosa, Bryan Souza, Antonio Pereira, and Adelardo Medeiros. 2009. IMPLEMENTAÇÃO DE CLASSIFICADOR DE TAREFAS MENTAIS BASEADO EM EEG. In *Anais do 9 Congresso Brasileiro de Redes Neurais*. SBRN, Ouro Preto, MG, 1–5. <https://doi.org/10.21528/CBRN2009-152>

[46] Neisha A Chadwick, David A McMeekin, and Tele Tan. 2011. Classifying eye and head movement artifacts in EEG signals. In *5th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (IEEE DEST 2011)*. IEEE, 285–291.

[47] Chih-Ming Chen, Jung-Ying Wang, and Chih-Ming Yu. 2017. Assessing the attention levels of students by using a novel attention aware system based on brainwave signals. *British Journal of Educational Technology* 48, 2 (2017), 348–369.

[48] Kiret Dhindsa, Anita Acai, Natalie Wagner, Dan Bosynak, Stephen Kelly, Mohit Bhandari, Brad Petrisor, and Ranil R Sonnadara. 2019. Individualized pattern recognition for detecting mind wandering from EEG during live lectures. *PloS one* 14, 9 (2019), e0222276.

[49] M.R. Dias da Silva and M. Postma. 2020. Wandering minds, wandering mice: Computer mouse tracking as a method to detect mind wandering. *Computers in Human Behavior* 112 (Nov. 2020), 106453. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106453>

[50] Henry W Dong, Caitlin Mills, Robert T Knight, and Julia WY Kam. 2021. Detection of mind wandering using EEG: Within and across individuals. *Plos one* 16, 5 (2021), e0251490.

[51] Emotiv. 2024. Insight Manual Technical Specification. <https://emotiv.gitbook.io/insight-manual/introduction/technical-specifications>. [Accessed 23-06-2024].

[52] Issaku Kawashima and Hiroaki Kumano. 2017. Prediction of mind-wandering

with electroencephalogram and non-linear regression modeling. *Frontiers in Human Neuroscience* 11 (2017), 365.

[53] Jonathan R. Wolpaw, Niels Birbaumer, Dennis J. McFarland, Gert Pfurtscheller, and Theresa M. Vaughan. 2002. Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology* 113, 6 (2002), 767–791. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00057-3](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00057-3)

[54] Joseph T. Wong, Almaz Mesghina, Edward Chen, Natalie Au Yeung, Bella S. Lerner, and Lindsey Engle Richland. 2023. Zooming in or zoning out: examining undergraduate learning experiences with zoom and the role of mind-wandering. *Computers and Education Open* 4 (Dec. 2023), 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100118>

[55] Xiaoying Xu and Li Sui. 2021. EEG cortical activities and networks altered by watching 2D/3D virtual reality videos. *Journal of Psychophysiology* (2021).

[56] Lima, M., Pinon, A., Fontes, R., Alves, W., Macedo, J., Becker, V. (2025). Analysis of the Enjoyment Levels Evoked by Two Video Commercials Using EEG. In: Kurosu, M., Hashizume, A. (eds) *Human-Computer Interaction. HCI 2025. Lecture Notes in Computer Science*, vol 15768. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93845-0_15

4

O impacto do storytelling nas produções audiovisuais: analisando respostas neurais para aprimorar abordagens publicitárias

Emanuelle Pereira Bezerra, Alessandro Pinon Leitão

4. 1 Introdução

O processo de vendas de determinado produto ou serviço está intrinsecamente ligado na forma em que este é comunicado ao consumidor. No varejo, essa comunicação precisa estar alinhada de forma inteligente e estratégica para gerar resultados. Nos últimos anos, transformações importantes vêm ocorrendo acerca da comunicação, especialmente diante do avanço tecnológico e digital e da mudança de comportamento dos consumidores.

As marcas enfrentam o desafio constante de criar estratégias eficazes para atrair a atenção do público e fortalecer o vínculo com seus clientes. Diante disso, produções audiovisuais vêm se consolidando como ferramentas-chave para esses negócios, expandindo o engajamento, vendas e memorização. Entretanto, mais do que produzir vídeos, é essencial entender quais elementos realmente impactam o consumidor e contribuem verdadeiramente para a construção de valor de marca.

Entre as estratégias mais relevantes na criação de produções audiovisuais, destaca-se o storytelling, a arte de contar histórias com início, meio e fim, despertando emoções e gerando identificação com o público. Nas campanhas publicitárias, essa técnica vai além da apresentação de produtos ou serviços, contribuindo para transmitir valores, propósitos e a identidade da marca. Segundo Guber (2007), contar histórias é uma das formas mais eficazes de se conectar com pessoas, pois isso ativa áreas cerebrais relacionadas à emoção, memória e tomada de decisão. Assim, uma narrativa bem construída pode ser uma ferramenta poderosa de influência na escolha do consumidor.

De forma paralela, a área de neuromarketing tem ganhado destaque pois é uma área de conhecimentos empíricos de neurociência, psicologia e marketing, na busca de compreender o cérebro humano e como ele responde a estímulos relacionados ao consumo. O neuromarketing permite acessar, de forma mais profunda, reações emocionais que não são captadas por pesquisas convencionais, uma vez que muitas das decisões de consumo são tomadas de maneira inconsciente, como explica

Lindstrom (2012) onde diz que cerca de 85% das decisões de compras são tomadas de forma irracionais, guiadas por impulsos mais emocionais, além de memórias e associações subjetivas.

Através do equipamento EMOTIV, um capacete de eletroencefalografia (EEG) que atua como interface cérebro-máquina, é possível captar sinais elétricos do cérebro e traduzi-los em dados interpretáveis por sistemas computacionais. Essa tecnologia de ponta, considerada estado da arte na área da Interação Humano-Computador (IHC), permite analisar atividades cerebrais e identificar padrões que auxiliam na compreensão de emoções como surpresa, medo e ansiedade. Dessa forma, a pesquisa se conecta ao neuromarketing, ao possibilitar a observação das reações emocionais do usuário diante de conteúdos específicos, tanto de forma positiva quanto negativa.

Para tanto, foi conduzido um experimento com três voluntários provenientes de diferentes áreas do conhecimento: Ciências Humanas, Ciências Exatas e Ciências da Linguagem, utilizando o capacete Emotiv Insight, equipamento de alta sensibilidade para registro de sinais eletroencefalográficos (EEG). A pesquisa foi desenvolvida em colaboração com o Laboratório de Interação e Mídia (LIM) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), centro de referência em investigações voltadas ao neuromarketing, com foco em sistemas de recomendação inteligente baseados no comportamento do usuário e em dados neurofisiológicos previamente coletados. Dessa forma, a pergunta que norteia esta pesquisa é: Como o uso do storytelling em vídeos institucionais impacta as respostas neurais e a percepção e memorização de marca, em comparação com vídeos cartelados no contexto do varejo?

O objetivo principal deste estudo é investigar o impacto de dois formatos distintos de produções audiovisuais com base na análise de dados neurais e na percepção subjetiva dos participantes. Para alcançar esse propósito, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: a) Analisar os dados do experimento, identificando padrões de ondas neurais positivas e/ou negativas em resposta aos estímulos visuais; b) Comparar as respostas neurais obtidas com as respostas fornecidas pelos participantes nos questionários aplicados antes e após a exibição dos vídeos; c) Avaliar a eficácia de cada tipo de produção audiovisual na geração de conexões emocionais e no potencial de conversão junto aos participantes.

A pesquisa se insere no campo do neuromarketing aplicado às produções audiovisuais voltadas ao mercado, buscando preencher uma lacuna ainda pouco explorada. O estudo contribui para a compreensão de elementos narrativos que tornam uma comunicação mais envolvente e eficaz para o branding. Espera-se que os resultados sirvam de base para estratégias mais atrativas e inovadoras, especialmente no varejo. Serão discutidos os efeitos emocionais e de marca gerados por diferentes abordagens e como aprimorar produções audiovisuais para mídias sociais e TV, considerando a percepção do público consumidor.

4. 2 Conceitos gerais

A arte de contar histórias é uma prática que acompanha o ser humano desde os primeiros meios de comunicação. De acordo com Nancy Assad (2016), o storytelling facilita a compreensão do conteúdo e ajuda a manter a atenção do público, sendo amplamente utilizado por palestrantes e profissionais da publicidade. No contexto das estratégias de marca, trata-se de uma ferramenta eficaz por permitir que produtos sejam apresentados de maneira sutil, porém com forte impacto emocional sobre o consumidor.

O termo storytelling engloba mais do que apenas relatar eventos, exigindo técnica, estrutura e propósito, a fim de passar uma história de uma forma planejada ao ouvinte. Xavier (2017) define o conceito como a junção da técnica e arte de elaborar e encadear cenas, dando-lhes um sentido envolvente que chame a atenção do público e facilite a assimilação de uma ideia central. Já Núñez (2007 *apud* XAVIER, 2017, p.12) contempla o storytelling como uma “ferramenta de comunicação estruturada em uma sequência de acontecimentos que apelam a nossos sentidos e emoções.” Conforme o avanço do digital e a constante superexposição a informações, o perfil de consumidor tornou-se mais seletivo e com a atenção mais dispersa, tornando esta última um recurso ainda mais escasso. Como destaca Simon (1971, *apud* XAVIER, 2017, p. 18): “O que a informação consome é a atenção dos seus recipientes, ou seja, riqueza de informação cria uma pobreza de atenção.”

Diante do cenário atual de dispersão de atenção e fragmentação da audiência, os profissionais de comunicação enfrentam um grande desafio: capturar e manter o interesse do público. Segundo Helena e Pinheiro (2012, *apud* Xavier, 2017, p. 18), esses fenômenos vêm consolidando uma “crise de atenção” cada vez mais intensa, especialmente na publicidade. Essa realidade reforça a importância de estratégias narrativas, como o storytelling, que permitem uma conexão mais emocional e envolvente com o receptor, favorecendo a retenção da mensagem em meio ao excesso de estímulos da era digital. Neste contexto, o storytelling emerge como uma possível resposta estratégica, criando envolvimento emocional e construindo narrativas que geram empatia e contribuem na fixação de mensagens no inconsciente do público.

Essa estrutura narrativa encontra sua forma mais clássica e simbólica na Jornada do Herói, proposta por Joseph Campbell (2007). Segundo o autor, as histórias mais memoráveis seguem um padrão universal, que ele denomina de “monomito”, no qual o protagonista atravessa três grandes estágios: partida, iniciação e retorno.

Um herói parte do mundo comum para uma região de maravilhas sobrenaturais: forças fabulosas são encontradas e uma vitória decisiva é ganha. O herói retorna dessa aventura misteriosa com o poder de conceder benefícios aos seus semelhantes. (CAMPBELL, 2007, p. 30).

Essa técnica narrativa é amplamente usada na publicidade por criar grande identificação com o público, abrangendo desde o chamado à aventura, a travessias de testes, superação do abismo e retorno à jornada com uma nova consciência. Posicionando o consumidor como herói de sua própria jornada, muitas marcas conseguem se engajar emocionalmente com o público e criar conexões, incentivando a tomada de decisão de forma mais natural e sensível. A contação de histórias criadas pode ser uma maneira de fortalecer os objetivos de uma campanha, conforme observa (Pompéia e Meira, 2024, p.121):

As histórias criadas são desenhadas para transcender a simples publicidade, visando forjar laços emocionais fortes e significativos com os consumidores. Esta construção narrativa é alimentada por uma profunda compreensão dos desejos e das necessidades da comunidade, assegurada pelo uso estratégico de dados e análises.

O storytelling, portanto, ultrapassa os limites de uma simples transmissão de informações e se firma como uma estratégia rica na humanização de marcas, tornando-as mais memoráveis e relevantes. Ao transformar o objeto de uma campanha em uma possível experiência simbólica e emocional para o público, as marcas permanecem no imaginário por meio de narrativas que causam identificação. Assim, em um cenário onde a atenção é um recurso cada vez mais escasso, contar boas histórias se tornou uma necessidade estratégica.

4. 3 O Neuromarketing

Para compreender o neuromarketing em sua totalidade, é necessário primeiro considerar as áreas que o compõem. A neurociência, enquanto ciência dedicada ao estudo do sistema nervoso e dos processos mentais, investiga como o cérebro interpreta estímulos, formula respostas emocionais e orienta decisões (KANDEL *et al.*, 2014). Já o marketing atua na identificação e no atendimento das necessidades do consumidor, utilizando estratégias que buscam criar valor e influenciar comportamentos de compra (KOTLER; KELLER, 2012). Quando esses dois campos se encontram, surge o neuromarketing como um elo entre ciência e comunicação, permitindo que marcas acessem de forma mais profunda os fatores que realmente movem o consumidor, muitos deles invisíveis à consciência.

Neuromarketing configura-se como uma área de estudo interdisciplinar que integra conhecimentos de neurociência, dados neurais e marketing. O principal objetivo dessa área é otimizar os processos de criações publicitárias por meio da análise e compreensão da mente humana de maneira técnica e aprofundada através de dados sensoriais e emocionais, estudando como estes podem impactar no comportamento de compra, especialmente em um nível subconsciente.

Segundo Smidts (2002, *apud* Lee: Broderick; Chamberlain, 2007), o neuromarketing pode ser definido como o estudo do cérebro com o intuito de prever e potencialmente influenciar decisões de consumo. A partir disto, inaugura-se novas perspectivas na área da comunicação, voltando sua atenção à essa compreensão de motivações que impulsionam um consumidor à compra que vão além de decisões racionais.

Martin Lindstrom (2016), em sua obra *A Lógica do Consumo*, reforça a ideia de que o uso de neuromarketing permite inovação na forma como os profissionais compreendem os desejos e comportamentos do público, antecipando suas reações e tornando as ações mais eficazes. Ele afirma que:

(...) o neuromarketing, um intrigante casamento do marketing com a ciência, era a janela para a mente humana que esperávamos havia tanto tempo. O neuromarketing é a chave para abrir o que eu chamo de nossa “lógica de consumo” - pensamentos, sentimentos e desejos subconscientes que impulsionam as decisões de compra que tomamos em todos os dias de nossas vidas. (LINDSTROM, 2010, p.10)

Dessa forma, o neuromarketing amplia as possibilidades de estratégias assertivas no contexto de comunicação e consumo, propondo uma visão mais científica e aprofundada do comportamento do consumidor. O avanço das ciências cognitivas mostra que grande parte das decisões humanas é influenciada por emoções, e não apenas pela lógica racional. Nesta perspectiva, o neurocientista Antonio Damásio oferece uma contribuição significativa ao campo ao demonstrar que as emoções humanas são fundamentais para o maquinário cerebral, desempenhando papel central na tomada de decisões. Em seu livro *O Erro de Descartes* (1994), Damásio defende que:

Os processos da emoção e dos sentimentos fazem parte integrante da maquinaria neural para a regulação biológica, cujo cerne é constituído por controles homeostáticos, impulsos e instintos. (...) É provável que a ligação entre as diferentes partes da mente provenha da relativa sincronia de atividade em locais diferentes. (DAMÁSIO, 1994, p. 109).

Esta perspectiva reforça a ideia de que o consumo é, por muitas vezes, orientado por estados emocionais que antecedem a consciência racional. Entender como essas reações funcionam para estabelecer vínculos mais duradouros entre marca e consumidor. Explorar os estímulos visuais, sonoros e até olfativos podem ativar áreas do cérebro associadas ao prazer, desejo e até à memória afetiva, contribuindo em experiências mais imersivas e de grande impacto. Neste contexto, o neuromarketing atua como uma ponte entre o conhecimento científico do cérebro e a prática de estratégias de marketing.

4. 4 Comportamento do consumidor

O comportamento do consumidor é um campo multidisciplinar que estuda os fatores que influenciam a escolha, aquisição e uso de bens e serviços. Michael Solomon (2016) define como “um processo”, que envolve desde a identificação de uma necessidade do consumidor até a experiência de pós consumo, afetado por diversos aspectos como culturais, psicológicos, culturais e pessoais. Solomon afirma que os consumidores não compram apenas pelo serviço ou produto, mas também pelos significados simbólicos que vêm associados a eles, como identidade, pertencimento e estilo de vida.

Atualmente, com uma sociedade marcada por uma acelerada era da informação e excesso de estímulos dos mais variados, o envolvimento emocional do público tornou-se um elemento essencial nas decisões de compra. Solomon (2016) explica que, quanto maior é a relevância pessoal percebida por um estímulo, maior será o envolvimento do consumidor. Envolvimento este que pode se dar de forma racional, entretanto é corriqueiramente influenciado por conexões afetivas com marcas ou produtos. Partindo disto, se observa a relevância de estratégias narrativas como o storytelling na construção de vínculos emocionais que fortalecem e favorecem a fidelização de um cliente.

Lindstrom (2016) amplia a compreensão do comportamento do consumidor ao demonstrar em sua obra que cerca de 90% das decisões de compra são tomadas de maneira inconsciente. A partir de experimentos com ressonância magnética funcional (fMRI) e EEG, Lindstrom mostra que estímulos como visuais, sonoros e até simbólicos ativam determinadas regiões cerebrais ligadas ao prazer, mesmo antes do consumidor se dar conta racionalmente da escolha dele. Em suas palavras:

Usando as ferramentas científicas mais avançadas que estavam à disposição, a experiência revelou as verdades ocultas por trás do modo como as mensagens de branding e marketing funcionam no cérebro humano, como o nosso eu mais verdadeiro reage a estímulos em um nível muito mais profundo que o pensamento consciente e como a mente inconsciente controla o nosso comportamento (geralmente o contrário de como pensamos que nos comportamos) (LINDSTROM, 2016, p.26).

Esse dado reforça que toda parte emocional tem papel fundamental no processo de decisão do consumidor, indo além de argumentos lógicos ou informativos. O autor também destaca a importância que as experiências sensoriais têm no comportamento do consumidor. Ele afirma que quanto mais estímulos forem ativados por uma marca, sendo eles visuais, auditivos, táteis, ou olfativos, maior será a probabilidade de que o consumidor se lembre dessa e estabeleça um vínculo emocional.

Kotler, Kartajaya e Setiawan (2021), na obra Marketing 5.0: tecnologia para a humanidade, propõem uma abordagem mais integral entre emoção e tecnologia. Os

autores da obra acreditam que o comportamento do consumidor é mediado tanto por fatores humanos quanto por interações mediadas por ferramentas tecnológicas. O conceito de Marketing 5.0, nesse cenário, visa aplicar tecnologias como inteligências artificiais, análise de dados, internet das coisas e realidade aumentada a fim de prever comportamentos, personalizando experiências e se propondo a oferecer valor ao consumidor de forma mais eficiente e inteligente. Todavia, Kotler demonstra que o uso dessas tecnologias deve ser focado na centralidade humana, uma vez que os consumidores continuam sendo movidos por emoções, valores e propósitos.

O uso de tecnologias é primordial na otimização de dados e criação de estratégias eficientes, como defende Pompéia e Meira (2024):

(...) o Ambiente é uma realidade figital que envolve aspectos físicos, digitais e sociais, onde avanços como plataformas, IA e análise de dados influenciam e permitem conhecer melhor o comportamento do consumidor, otimizar redes de valor, operações e processos, além de ajudar a criar estratégias de marketing personalizadas. (POMPÉIA E MEIRA, 2024, p. 151).

Para compreender o comportamento do consumidor contemporâneo pode-se adotar como abordagem essencial a integração entre emoção, tecnologia e significado. Marcas que se comunicam de forma envolvente e mais sensível têm mais chances de permanecer na memória do público dentro do contexto de um ambiente de hiperconexão.

Neste trabalho, que analisa os efeitos neurológicos de peças audiovisuais publicitárias, é fundamental entender como as camadas emocional, inconsciente e tecnológica influenciam o comportamento do consumidor. Tal compreensão não apenas contribui para a construção de marcas mais fortes, como também permite a redução de custos ao alinhar as campanhas aos reais desejos e percepções do público.

4.5 Branding

Branding abrange a estratégia de construção e gestão de marcas, visando gerar valor simbólico e emocional para o público. Indo além de uma simples identidade visual, o branding envolve a forma como a marca é percebida ao longo do tempo e como ela estabelece vínculos com os consumidores. Segundo Kotler *et al.* (2017), para que uma marca seja percebida como forte, é fundamental que ela possua um posicionamento bem definido, coerente e sustentado por elementos autênticos de diferenciação que reforcem sua proposta de valor.

Para esse processo de construção de identidade de marca acontecer, é necessário consistência, autenticidade e diferenciação das demais. Kotler *et al.* (2017) afirmam que o valor de uma marca está profundamente ligado à clareza de seu posicionamento

e a sua capacidade de representar experiências autêntica. Conforme ainda os autores defendem, uma marca forte deve possuir um conjunto de atributos diferenciadores que sustentem esse posicionamento ao longo da jornada do consumidor. Nos tempos atuais, personalidade de marca mostrando autenticidade torna-se um fator decisivo no processo de escolha por gerar reconhecimento, identificação e confiança.

Kotler et al (2017) ainda destacam que marcas com diferenciação autêntica embutida em seu DNA têm maior probabilidade de entrar em conversas favoráveis. Essas características facilitam o processo de memorização e ajudam a estabelecer uma presença marcante no mercado. Uma marca forte, segundo o autor, torna mais fácil para os consumidores compreenderem e lembrarem da organização, reforçando o papel do branding como mecanismo de construção de valor simbólico à longo prazo.

Integrando tecnologia, emoção e propósito no conceito de Branding na obra Marketing 5.0 de Kotler, Kartajaya e Setiawan (2021), os autores defendem que as marcas não precisam apenas comunicar valor, mas entregar experiências significativas, personalizadas e centradas no ser humano, até mesmo em um cenário digital. Segundo eles também, a medida da fidelidade de um consumidor passa a ser grande ferramenta de defesa dessa marca ou produto. Nesse mesmo sentido, a Teoria AEIOU desenvolvida por Silvio Meira e Rosário Pompeia contribui com uma abordagem sistêmica para o branding em um ambiente digital, conceito que combina aspectos físicos, digitais e sociais de uma marca. Segundo os autores:

Enquanto o marketing tradicional mira em audiências passivas, a teoria AEIOU tem um foco nos efeitos de rede e comunidades engajadas em torno de marcas e produtos, por meio de plataformas que promovem a interação e o compartilhamento, aproveitando os efeitos de rede para amplificar o alcance e a influência de forma orgânica. (MEIRA; POMPÉIRA, 2024, p. 127).

Essa teoria estrutura uma marca em torno de cinco pilares fundamentais: Ambiente, Estratégia, Interações, Operações e Unificação. Cada um desses elementos representa uma dimensão essencial da gestão de marca em um mundo hiper conectado, no qual o consumidor é também produtor de sentido e influência. Marcas que compreendem esse ecossistema e atuam de forma integrada tendem a se destacar não apenas por sua imagem, mas por sua relevância cultural e afetiva.

Diante disto, é possível entender que o branding não é apenas sobre diferenciação estética e visual, mas também sobre uma construção contínua de vínculos emocionais e simbólicos. A análise das peças audiovisuais à luz das percepções de marca contribui para avaliar o impacto da narrativa, da emoção e da tecnologia no fortalecimento do branding a médio e longo prazo.

4. 6 Lembrança de marca

Lembrança de marca é de suma importância na construção de um valor simbólico e emocional no imaginário do consumidor. Ela representa a capacidade de um indivíduo recordar de maneira espontânea uma marca ou até mesmo reconhecer uma marca através de estímulos relacionados à algum produto, experiência ou comunicação. Assad (2016), destaca que o fortalecimento da marca é essencial para garantir sua permanência no mercado, sendo necessário que ela mantenha uma imagem clara e coerente, capaz de ser reconhecida e lembrada pelo público mesmo em momentos de mudança. Todo esse processo está ligado a associações mentais positivas e relevantes, formadas através de repetições e consistência na comunicação da marca no decorrer do tempo.

Segundo Kotler *et al.* (2017), a exposição contínua a estímulos publicitários, somada à experiência direta com o produto ou recomendação de outros consumidores, influencia significativamente o nível de assimilação da marca. A lembrança de marca envolve tanto o reconhecimento quanto à lembrança espontânea, sendo esta última uma métrica mais desafiadora e desejada pelas empresas. Os autores afirmam:

A lembrança espontânea – em particular o top of mind – costuma ser o objetivo. Alguns até acreditam que a participação na lembrança do consumidor é um bom indicador da participação de mercado. Isso é verdade em setores com baixo envolvimento dos consumidores e ciclo de compra curto (ou seja, bens de consumo embalados, para os quais a consciência de marca sozinha às vezes basta para levar à compra). Porém, nos setores com alto envolvimento e ciclo de compra longo, a consciência de marca é apenas o começo. (KOTLER *et al.*, 2017, p.156)

Esta lembrança está diretamente ligada à presença ativa da marca no imaginário do consumidor, sendo consequência de uma construção simbólica duradoura. No campo da psicologia do consumo, Solomon (2016) argumenta que os consumidores desenvolvem redes associativas organizadas em torno de marcas e categorias de produtos, sendo mais facilmente ativadas quando as pistas são consistentes e contextualizadas. Ele também destaca que nomes descritivos, estímulos sensoriais e experiências emocionais intensas facilitam a consolidação da marca na memória de longo prazo.

Neste mesmo cenário, Lindstrom (2016) aponta que o envolvimento emocional do espectador é um fator altamente decisivo na fixação das mensagens publicitárias. Apesar de ser um grande volume de anúncios assistidos pelos usuários diariamente, grande parte deles é rapidamente esquecida, assim como em sua obra ele demonstra através de dados comparativos: em 1965, um consumidor típico lembrava de cerca de 34% dos anúncios que via, já em 1990, esse número caiu para 8%. Em 2007, uma pesquisa da ACNielsen revelou que, em médias, uma pessoa era capaz de mencionar

apenas 2,21 comerciais entre todos os que assistiu durante a sua vida. Esses dados demonstram que a lembrança de marca depende menos da quantidade de exposição e mais da qualidade emocional associada à experiência publicitária.

Philip Kotler et al (2021), na obra Marketing 5.0, acrescentam ainda que o uso de tecnologias avançadas, como personalização e interações automatizadas pode fortalecer a lembrança da marca ao criar experiências únicas e emocionalmente significativas. A partir do momento que essas experiências se tornam relevantes para o consumidor, existe uma maior chance de memorização. A personalização, entretanto, não é apenas funcional, porém estratégica na consolidação da marca na mente do público. No ambiente digital, Nancy Assad (2016) reforça também que as marcas que se firmam como memoráveis são aquelas que se conectam de forma contínua com sua audiência através de conteúdos relevantes e devidamente alinhados aos valores do público. A repetição juntamente com a coerência e engajamento com a marca são peças fundamentais para manter a marca presente no imaginário.

Partindo disto, é possível entender que lembrança de marca é o resultado de um trabalho constante dentro da comunicação de uma marca, executada de forma coerente, coesa e repetitiva. A entrega de experiências sensoriais e emocionais são pontos cruciais na fixação de ideais de uma marca na mente do público consumidor. Compreender os mecanismos de memorização é essencial para avaliar estratégias audiovisuais e estudar como eles podem ser essenciais no aprimoramento de abordagens publicitárias.

4. 7 Metodologia

Para desenvolver a metodologia deste trabalho, adotou-se a pesquisa exploratória, cujo objetivo principal é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis (GIL, 2008). Este tipo de abordagem é especialmente apropriado em contextos nos quais o fenômeno ainda é pouco estudado, exigindo uma visão inicial, geral e aproximativa sobre o tema. No presente estudo, a escolha por uma abordagem exploratória se justifica pela proposta de investigar como diferentes estruturas narrativas em vídeos publicitários afetam as respostas emocionais dos consumidores, utilizando experimentação e coleta de dados neuro emocionais como base para formulações futuras e aprimoramentos em estratégias de comunicação.

A natureza desta pesquisa é aplicada, tendo em vista que o estudo visa propor uma análise mais prática e funcional para o mercado, contribuindo com diretrizes audiovisuais mais eficazes. Trata-se de uma investigação de abordagem qualiquantitativa, que combina dados subjetivos que foram obtidos através de

entrevistas e dados objetivos, extraídos da análise de ondas cerebrais coletadas por meio de um equipamento de EEG (eletroencefalografia). O cruzamento destas informações permite uma compreensão mais robusta sobre o impacto da narrativa publicitária, através da ferramenta storytelling, na construção de valor de marca.

Ao longo do estudo, foram realizadas pesquisas bibliográficas, consultado autores e obras de relevância sobre o comportamento do consumidor, storytelling, branding, marketing sensorial, neurociência aplicada ao consumo e produção audiovisual. Essa fundamentação teórica teve papel fundamental na estruturação da pesquisa, fornecendo embasamento para a formulação do problema e análise dos resultados. Como afirmam Lakatos e Marconi (2008, p. 216):

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, artigos científicos impressos ou eletrônicos, material cartográfico e até meios de comunicação oral: programas de rádio, gravações, audiovisuais, filmes e programas de televisão.

A metodologia utilizada baseia-se no Design Science Research (DSR), um método voltado para a construção de artefatos úteis a partir de análises de problemas reais. Segundo Dresch et al. (2015), essa abordagem busca criar soluções que sejam, ao mesmo tempo, aplicáveis na prática e relevantes para o avanço do conhecimento científico. No contexto deste trabalho, o artefato em desenvolvimento é um modelo conceitual de diretrizes para a produção de vídeos publicitários mais eficazes no varejo, com base na aplicação do storytelling e nas respostas neurais e subjetivas obtidas durante o experimento.

A fim de analisar os dados qualitativos, foi adotada também a técnica do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), que conforme afirma Lefevré e Lefevré (2003), permite a construção de discursos síntese representando o pensamento coletivo dos participantes por meio da análise de falas com núcleos de sentidos semelhantes. Essa abordagem facilita a identificação de padrões subjetivos recorrentes, o que permite a compreensão de como diferentes indivíduos interpretam os vídeos publicitários e quais aspectos são mais significativos dentro do processo de construção de marca.

Participaram do experimento três voluntários residentes na cidade de João Pessoa (PB), propositalmente selecionados para representar áreas distintas do conhecimento: Ciências Humanas, Ciências Exatas e Ciências da Linguagem. A escolha diversificada teve como objetivo captar diferentes perspectivas e formas de interpretar o conteúdo audiovisual. As entrevistas foram realizadas por videoconferência, mediante agendamento prévio, com autorização dos participantes, e foram gravadas em áudio para posterior transcrição e análise. Seguindo a metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo, conforme descrito anteriormente, os participantes não serão explicitamente mencionados. Nesta conjuntura, serão devidamente identificados como:

Participante 1: Estudante da área das ciências humanas

Participante 2: Estudante da área das ciências exatas

Participante 3: Estudante da área das ciências de linguagens

O experimento realizado foi dividido em quatro etapas: (1) aplicação de um questionário pré-teste, contendo perguntas relacionadas à idade, sexo biológico, uso de medicamentos controlados e níveis de cansaço físico, mental e emocional, com o objetivo de minimizar possíveis interferências na coleta de dados cerebrais; (2) exibição de dois vídeos publicitários, um institucional e um cartelado, com o uso do capacete Emotiv Insight, que registra oscilações nas ondas cerebrais e permite mapear reações emocionais como surpresa, ansiedade, relaxamento e estresse; (3) aplicação de um questionário pós-teste com perguntas de múltipla escolha, avaliando elementos como preferências, clareza e identidade da marca; e (4) realização de entrevistas semiestruturadas organizadas em quatro eixos: experiência com os vídeos, preferências e motivações, identidade e propósito de marca, e efeitos percebidos a curto, médio e longo prazo.

Os dados que serão usados como cruzamento serão os dados neurais captados pelo experimento e as respostas subjetivas obtidas através da entrevista mediada por meio de vídeo conferência, mediante agendamento prévio e com a autorização dos participantes, sendo também transcritas através de uma inteligência artificial alinhada ao aplicativo de conferências.

4. 8 Análise de resultados

Com o intuito de compreender como diferentes formatos de vídeos publicitários influencia, a percepção e a resposta emotiva do público, esta pesquisa avaliou os dados obtidos através de um experimento que combinou tecnologias de neurociência com métodos qualitativos. Os participantes foram expostos a dois vídeos de uma mesma marca, porém com propostas distintas. O primeiro vídeo foi institucional, com foco em narrativa e apelo emocional da audiência, enquanto o outro foi um modelo cartelado, centrado em promoções e argumentações de preço. A coleta de dados foi realizada em múltiplas etapas, envolvendo questionários objetivos, registros neuro emocionais por meio do capacete Emotiv Insight e entrevistas individuais gravadas com perguntas abertas. Essas entrevistas ocorreram no dia 25 de novembro de 2024. No entanto, para fins de análise, optou-se por trabalhar exclusivamente com o cruzamento entre os dados neurais registrados durante a exibição dos vídeos e as respostas subjetivas obtidas nas entrevistas.

Foram selecionados três participantes em formações de distintas áreas do conhecimento, sendo elas Ciências Humanas, Exatas e da Linguagem, a fim de garantir

uma diversidade de interpretações, vivências e evidências. Cada um reagiu aos vídeos de forma individual e singular, porém foi possível identificar padrões e convergências, o que revela aspectos importantes para a comunicação publicitária no âmbito varejista. Os resultados são organizados em quatros eixos principais, com base na metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), sendo eles: representação da marca, indução à compra, elementos visuais e lembrança de marca.

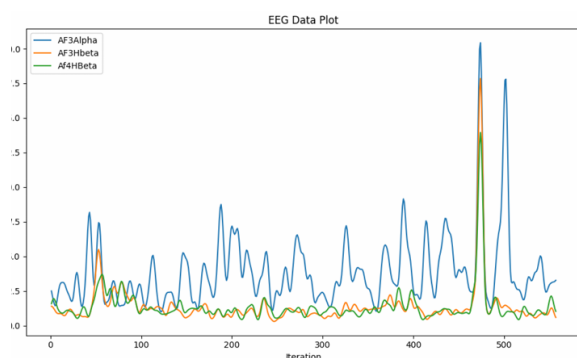
Interpretação das Ondas Cerebrais Utilizadas

Para compreender as reações emocionais geradas pelos vídeos, este estudo utilizou o capacete Emotiv Insight, equipamento de eletroencefalografia (EEG) que capta sinais elétricos cerebrais em tempo real. A análise foi direcionada para três tipos específicos de ondas, cujas variações refletem diferentes estados emocionais e cognitivos:

- **Low Beta:** associada a emoções como susto, ansiedade e surpresa, mas com uma conotação negativa. A elevação dessa onda pode indicar desconforto, inquietação ou tensão emocional durante a exibição do vídeo.
- **High Beta:** também relacionada a sentimentos de susto, ansiedade e surpresa, porém com valência positiva. Altos índices de high beta são normalmente interpretados como engajamento emocional positivo, entusiasmo e envolvimento com o conteúdo apresentado.
- **Alpha:** situando-se entre as faixas beta e teta, a onda alpha representa um estado de equilíbrio emocional e foco relaxado. Ela indica que o participante está atento e confortável, sendo considerada uma faixa intermediária entre a mente consciente e o subconsciente.

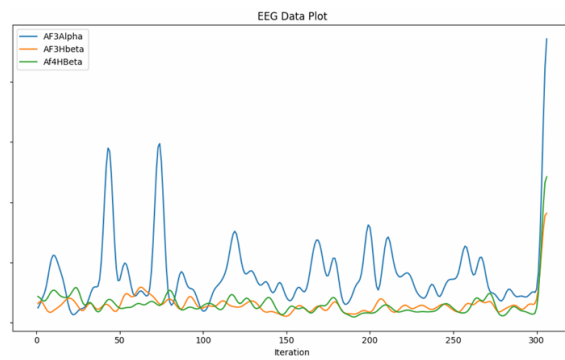
A partir desses parâmetros, foram gerados gráficos para cada um dos três participantes durante a visualização dos dois vídeos analisados (um institucional e um cartelado). Esses dados neurais permitiram mapear os momentos de maior ou menor excitação emocional, servindo como base para cruzamentos posteriores com as respostas subjetivas dos participantes.

Figura 1: Participante 1 – Vídeo Institucional



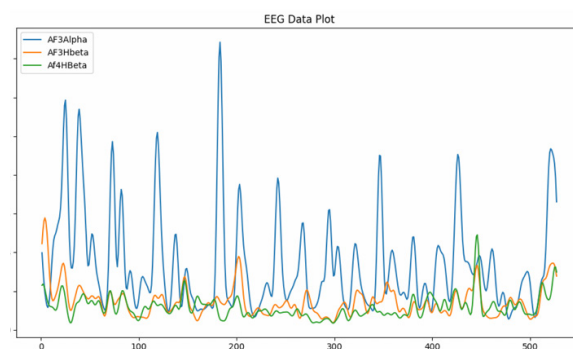
Fonte: Pesquisa Experimental LIM – UFPB (2024)

Figura 2: Participante 1 – Vídeo Cartelado



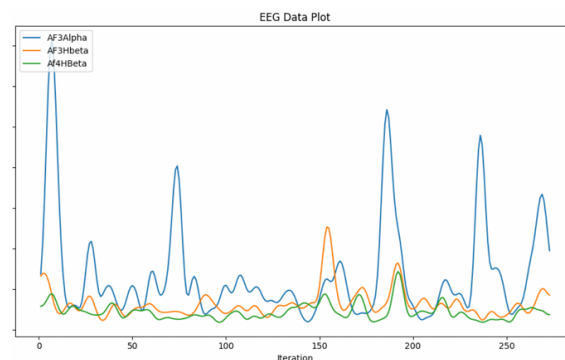
Fonte: Pesquisa Experimental LIM – UFPB (2024)

Figura 3: Participante 2 – Vídeo Institucional



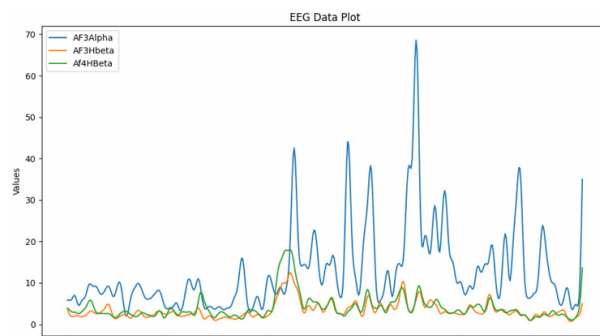
Fonte: Pesquisa Experimental LIM – UFPB (2024)

Figura 4: Participante 2 – Vídeo Cartelado



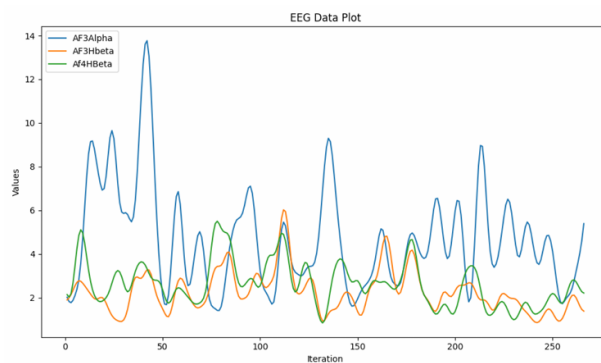
Fonte: Pesquisa Experimental LIM – UFPB (2024)

Figura 5: Participante 3 – Vídeo Institucional



Fonte: Pesquisa Experimental LIM – UFPB (2024)

Figura 6: Participante 3 – Vídeo Cartelado



Fonte: Pesquisa Experimental LIM – UFPB (2024)

Análise dos Dados Neurais por Participante

PARTICIPANTE 1:

VÍDEO INSTITUCIONAL: Apresentou picos consistentes de high beta, especialmente nos trechos de maior carga narrativa, sugerindo um forte engajamento emocional positivo. As ondas alpha demonstraram estabilidade, refletindo um estado de atenção confortável e focado. Já as low beta apresentaram oscilações leves, sem registros de desconforto acentuado, o que sugere um equilíbrio emocional ao longo da exibição do vídeo.

VÍDEO CARTELADO: Notou-se um aumento expressivo das ondas low beta, principalmente em momentos de repetição de preços e aceleração de ritmo, o que pode indicar sensação de cansaço, ansiedade leve ou sobrecarga informacional. As ondas high beta tiveram resposta mais discreta e concentrada em pequenos trechos do vídeo, indicando menor envolvimento emocional. As alpha oscilaram negativamente

em alguns momentos, sugerindo perda de foco ou leve dispersão.

PARTICIPANTE 2:

VÍDEO INSTITUCIONAL: O participante apresentou atividade intensa de high beta, especialmente nas cenas com apelo emocional mais forte, o que indica excitação positiva e interesse. As ondas alpha também se mantiveram elevadas durante toda a exibição, refletindo atenção sustentada e conforto cognitivo. Já as ondas low beta foram pouco presentes, sinalizando ausência de incômodo ou tensão.

VÍDEO CARTELADO: Observou-se um leve aumento das ondas low beta, principalmente nas sequências de sobreposição visual e auditiva, sugerindo esforço cognitivo para processar os estímulos. As alpha apresentaram queda pontual, o que pode indicar distração. A atividade high beta manteve-se estável, porém em patamar inferior ao vídeo anterior.

PARTICIPANTE 3:

VÍDEO INSTITUCIONAL: Demonstrou predominância das ondas high beta, sobretudo no início e em pontos chave da narrativa, indicando excitação e forte conexão emocional com o conteúdo. As alpha mantiveram-se regulares e altas, sinalizando foco. As low beta apresentaram baixos índices, sugerindo que o participante assistiu ao vídeo sem indícios de tensão.

VÍDEO CARTELADO: As ondas low beta apresentaram picos mais elevados, especialmente nos trechos de repetição de preços, revelando possível desconforto ou sobrecarga cognitiva. As alpha sofreram leve queda em comparação ao vídeo anterior, o que pode indicar redução na concentração. Já as high beta foram menos expressivas, revelando menor envolvimento emocional.

PRIMEIRO ASPECTO: REPRESENTAÇÃO DA MARCA

Para investigar o primeiro aspecto, foi realizada a seguinte pergunta aos participantes: Quais dos dois vídeos representa melhor a marca Lojão Rio do Peixe? As respostas revelam diferentes formas de conexão com a identidade da marca, com base tanto em percepções emocionais quanto em aspectos culturais e de consumo.

PARTICIPANTE 1: *Tenho né do Lojão Rio do Peixe combinado mais com o segundo vídeo que eu assisti que foi o cartelado. Porque eu vejo a empresa como uma empresa que vende produtos baratos assim, então eu associo uma empresa que vende produtos mais baratos com aquele tipo de formato.*

PARTICIPANTE 2: *Eu acho que o primeiro vídeo... Ele expressa mais... Eu acho que ele representaria mais porque ele tem mais a conexão com a identidade da loja, da empresa. Agora o outro é só como se fosse a venda em si, entendeu? Você já tem a*

representação da cultura da empresa em si, eu acho.

PARTICIPANTE 3: *Eu colocaria que a marca representa mais a primeira. Porque se a gente for levar em consideração ao tempo e eu creio que a marca dele... porque eu tô aqui já faz muito tempo em João Pessoa. Então eu conheço a marca. Eu acho que a segunda representa por ser mais tradicional.*

“Eu acho que o primeiro vídeo... ele expressa mais. O primeiro vídeo, no caso, que eu vi foi aquele que parece ser de Natal. Eu acho que ele representaria mais, porque ele tem mais a conexão com a identidade da loja, da empresa. Pronto, da empresa. Agora o outro é só como se fosse a venda em si, entendeu? Você, por exemplo, tem uma certa diferença... se você tá passando numa feira e ver um cara gritando ‘couve, dois reais’, você é uma couve. Não é cara. Mas ali... quando é o outro, você já tem a representação da cultura... meio que da cultura da empresa em si, eu acho.” (DSC – IDEIA CENTRAL 1: Representação da marca).

Os dados do **PARTICIPANTE 1** mostram um alto índice de ondas high beta no vídeo institucional, o que demonstra um forte envolvimento emocional, mesmo que sua fala aponte o vídeo cartelado como mais representativo da marca. Isso sugere que sua preferência racional se diferencia de sua resposta emocional. Já o **PARTICIPANTE 2** apresentou alto engajamento emocional com o vídeo institucional tanto nas falas quanto nas ondas high beta, o que reforça a coerência entre emoção e percepção racional. Por fim, o **PARTICIPANTE 3** demonstrou oscilações elevadas de high beta no início do vídeo institucional, confirmando o forte impacto inicial, ainda que tenha expressado certa ambiguidade na fala. A análise sugere que a identificação emocional inicial teve influência sobre sua percepção de representatividade da marca.

Essa convergência entre a narrativa emocional e a percepção de marca reforça a ideia de que os vídeos institucionais, especialmente os que utilizam storytelling, proporcionam uma construção mais sólida da identidade da marca e promovem maior aproximação com o público. Segundo Pompéia e Meira (2024), o marketing contemporâneo valoriza cada vez mais a criação de experiências significativas por meio de narrativas que conectem emocionalmente o consumidor à marca, sendo essas experiências construídas a partir da análise estratégica de dados e da compreensão profunda das comunidades-alvo.

SEGUNDO ASPECTO: INDUÇÃO À COMPRA

Para compreender o segundo aspecto da análise, foi realizada a seguinte pergunta aos participantes: Qual dos dois vídeos te daria mais vontade de comprar? A proposta desta pergunta foi identificar o potencial de persuasão comercial de cada formato, explorando como os estímulos narrativos ou objetivos interferem no impulso de consumo dos entrevistados.

PARTICIPANTE 1: *Eu acho que o segundo vídeo, porque eu acho que esse tipo de produto que eles vendem... eletrodomésticos, coisas para casa. Eu tentaria fazer uma pesquisa na loja que fosse mais barato, assim. Eu acho que eu já teria em mente uma marca específica. E aí faria uma pesquisa entre as lojas. E eu imagino que lá seria um lugar mais barato para comprar.*

PARTICIPANTE 2: *Rapaz, eu acho que em questão de comprar... acho que o segundo vídeo. O primeiro vídeo é mais um negócio que atrai sua atenção emocionalmente falando. Mas nem sempre isso dá vontade de comprar. Agora, se eu vejo, por exemplo, um comercial já mostrando o preço... e eu já tava pesquisando aquilo, aí eu penso: “pô, tá barato”.*

PARTICIPANTE 3: *Eu sou de uma geração que pesquisa 30 vezes antes de comprar. Mesmo vendo uma promoção, eu ainda iria pesquisar. Mas o que eu acho é que construir uma relação com o cliente é mais eficiente. Talvez a marca pudesse oferecer um serviço melhor, como entrega mais rápida, do que só mostrar o preço.*

“Por exemplo, no fim de ano costuma ter comerciais da Coca-Cola que são legais pra você só ficar vendo... aquele urso polar. Eu amo aquele urso polar. Mas nem sempre dá tanta vontade de beber Coca-Cola quanto quando você vê ‘Coca-Cola R\$ 1’. Nossa realmente vai dar muito mais vontade de comprar.”
(DSC – IDEIA CENTRAL 1: Indução à Compra).

Análise cruzada com dados neurais:

O **PARTICIPANTE 1** apresentou baixos níveis de high beta no vídeo cartelado, mesmo tendo declarado que ele seria o mais propenso à compra. Isso sugere uma motivação mais racional, talvez baseada em lógica de preço, e não em conexão emocional. As ondas low beta estavam mais elevadas nesse vídeo, indicando possível esforço cognitivo ao processar múltiplas informações visuais e numéricas.

Já o **PARTICIPANTE 2** teve um comportamento coerente: embora tenha reconhecido o apelo emocional do institucional, seus dados neurais no vídeo cartelado revelaram picos de high beta em trechos de impacto visual e verbal mais intenso. Isso indica que, mesmo com foco mais racional, houve um envolvimento emocional momentâneo motivado pela linguagem promocional acelerada.

O **PARTICIPANTE 3** demonstrou maior atividade de low beta durante o vídeo cartelado, o que pode sinalizar desconforto com a abordagem agressiva de vendas. Sua resposta discursiva foi alinhada com esse padrão, apontando uma preferência por vínculos mais duradouros com a marca, mesmo diante de boas ofertas. O vídeo institucional gerou mais engajamento emocional em seu início, com alta de high beta, mas não necessariamente o motivou à compra.

Esses dados revelam que, apesar do vídeo cartelado ser percebido como mais direto na conversão, seu impacto emocional nem sempre é proporcional. As decisões

de compra são influenciadas por aspectos emocionais e contextuais, que vão além da simples exibição de preços. Como reforçam Pompéia e Meira (2024), o marketing atual exige que as marcas entreguem experiências e não apenas estímulos racionais. A construção de vínculos mais profundos, mesmo em campanhas de varejo, pode ser a chave para gerar conversão real e fidelidade.

TERCEIRO ASPECTO: ELEMENTOS VISUAIS

Para compreender o terceiro aspecto, foi questionado aos participantes: O que mais chamou sua atenção nos dois vídeos? A intenção foi avaliar quais elementos visuais ou narrativos tiveram maior destaque perceptivo e emocional, influenciando o envolvimento do espectador com o conteúdo audiovisual.

PARTICIPANTE 1: *Sim, eu acho que no primeiro vídeo o que me chama muita atenção é o formato. Me lembra muito os comerciais de final de ano da Bauducco, que é aquela coisa bem emocional... agora não sei se ele na minha cabeça combina muito com a imagem que eu tenho da loja. Já o cartelado fez bastante sentido pra mim. É mais dinâmico também. Acho que é o que mais me chama atenção.*

PARTICIPANTE 2: *No primeiro vídeo, primeiramente, a qualidade da imagem... me lembrou uma propaganda que a gente vê muito no Rio, da Guanabara, todo Natal tem um comercial muito parecido. Foi algo meio nostálgico. No segundo, eu presto atenção no cara falando rápido... puxa minha atenção. Não prestei muita atenção nos preços, mas lembro de ter achado mais rentável.*

PARTICIPANTE 3: *No primeiro vídeo teve uma coisa criativa, diferente... conseguiu passar a mensagem melhor. Já o segundo vídeo tem um destaque porque mostra vários produtos ao mesmo tempo, mas ele não tem a mesma eficácia. O segundo tem menos tempo, então parece que só tentou informar. O primeiro criou uma relação mais forte.*

“O primeiro vídeo me lembra muito os comerciais de final de ano da Bauducco que é aquela coisa assim é bem emocional, assim e é isso me chamou muita atenção. (...) acho que todo aquele vídeo lá fez todo sentido assim, agora não sei se ele na minha cabeça combina muito com a imagem que eu tenho da loja”. (DSC – IDEIA CENTRAL 3: Elementos visuais).”

Análise cruzada com dados neurais:

Os dados do **PARTICIPANTE 1** revelaram maior atividade de high beta no vídeo institucional, o que demonstra excitação emocional com o formato estético e narrativo mais elaborado. No vídeo cartelado, houve elevação de low beta, sugerindo esforço cognitivo ou leve desconforto diante da sobrecarga de estímulos.

O **PARTICIPANTE 2** também apresentou picos significativos de high beta no vídeo institucional, o que corrobora sua sensação de nostalgia e envolvimento visual com a

narrativa. Já no vídeo cartelado, houve aumento de low beta e queda das ondas alpha, indicando perda de foco e possível cansaço cognitivo frente à velocidade do conteúdo.

O **PARTICIPANTE 3** demonstrou intensa oscilação de high beta no início do vídeo institucional, o que evidencia a força do apelo criativo e da cinematografia utilizada. No cartelado, predominaram ondas low beta, reflexo do ritmo acelerado e da repetição de informações, que parecem ter gerado menor conexão emocional.

Essa constatação reforça o impacto dos elementos visuais na ativação de respostas emocionais durante a experiência audiovisual. Como destaca Damásio (1994), as emoções não são opostas à razão, mas parte essencial do processo decisório, desempenhando papel central na forma como interpretamos estímulos e fazemos escolhas. Assim, quanto mais bem elaborados são os recursos visuais e sensoriais de uma campanha, maior é a chance de gerar envolvimento significativo e duradouro com a marca.

QUARTO ASPECTO: LEMBRANÇA DE MARCA

A lembrança de marca diz respeito à capacidade do consumidor reconhecer ou rememorar espontaneamente uma marca após o contato com seus elementos comunicacionais. No contexto audiovisual, essa lembrança está diretamente ligada ao nível de envolvimento emocional, à originalidade do conteúdo e à força simbólica da mensagem transmitida. Neste aspecto, buscou-se compreender qual dos dois vídeos permaneceu mais vivo na memória dos participantes e por quais motivos. A pergunta aplicada foi: “Qual dos dois vídeos você acredita que ficará mais tempo na sua memória?”

PARTICIPANTE 1: *Olha eu acho que o primeiro é porque ele tem uma história, você vai ficar lembrando da história, mas no meu caso é porque não sei... eu tava vendo aquele vídeo e eu associei muito aos finais de ano da Bauducco, que é aquele o emotivo e brilhos e não sei o quê. E aí... na minha cabeça isso... eu imagino que assim, eu tenho essa memória, né? de todo final de ano tem esses vídeos.*

PARTICIPANTE 2: *Digamos que o primeiro elemento constitucional torna a marca existente na minha cabeça, entendeu? O segundo também poderia tornar... entendi, mas ele se tornaria assim como uma propaganda rápida, também seria volátil na minha cabeça. Sabe, mas o outro pega mais o tanto que você vê que eu lembrei de detalhezinho um pouco, tipo que era o fogão que tinha queimado mais ou menos assim. Eu lembro de uma coisa e outra assim.*

PARTICIPANTE 3: *Com certeza em relação ao primeiro... com certeza.*

“Na minha cabeça isso eu imagino que assim eu tenho essa memória, né de todo final de ano tem esses vídeos. Na televisão que eu via da Bauducco... e eu nem gosto de nada da Bauducco. Não sei por que, mas ficou na minha cabeça, sabe?” Então imagine que seja o vídeo com história.” (DSC – IDEIA CENTRAL 4: Lembrança de marca.)

Análise cruzada com dados neurais:

Os dados do **PARTICIPANTE 1** revelaram maior atividade de high beta durante o vídeo institucional, indicando excitação emocional gerada pelo formato estético e narrativo mais elaborado. No vídeo cartelado, observou-se elevação das ondas low beta, o que sugere esforço cognitivo ou leve desconforto diante da sobrecarga de estímulos repetitivos.

O **PARTICIPANTE 2** também apresentou picos significativos de high beta ao assistir ao vídeo institucional, o que corrobora com sua fala sobre o envolvimento visual e a sensação de nostalgia. Já no vídeo cartelado, houve aumento de low beta e redução das ondas alpha, sinalizando perda de foco e possível cansaço cognitivo diante do ritmo acelerado do conteúdo.

Por fim, o **PARTICIPANTE 3** demonstrou oscilação intensa de high beta logo no início do vídeo institucional, evidenciando o impacto do apelo criativo e da cinematografia aplicada. No vídeo cartelado, predominaram as ondas low beta, reflexo da repetição de informações e do estilo direto, que parecem ter gerado uma conexão emocional menos profunda.

A predominância do vídeo institucional como o mais memorável entre os participantes reforça a importância do envolvimento emocional na fixação de marca. Mesmo quando os produtos exibidos são semelhantes, a forma como a narrativa é conduzida interfere diretamente na lembrança do conteúdo. Como observa Nancy Assad (2016), marcas memoráveis são aquelas que mantêm uma comunicação coerente, envolvente e emocionalmente conectada com seu público, favorecendo a construção de memórias duradouras.

4. 9 Considerações finais

Este estudo teve como foco e objetivo geral investigar o impacto emocional e perceptivo de dois tipos distintos de produções audiovisuais, uma institucional, baseada em storytelling e uma outra com foco promocional mais direto, dito como cartelado, na construção de marca e comportamento do consumidor no contexto do varejo. A partir de dados neurais obtidos através do uso do capacete Emotiv Insight e das entrevistas aplicadas aos três participantes, buscou-se compreender de forma aprofundada como diferentes estilos narrativos afetam a percepção, o engajamento emocional e a memorização de marca.

Os resultados revelaram que o vídeo institucional, guiado por uma narrativa emocional, gerou maior atividade cerebral de ondas high beta nos três participantes, especialmente nas passagens de maior apelo sensível. Essa resposta neurológica está diretamente ligada à formação de memórias mais duradouras e uma maior conexão

simbólica com a marca. Paralelamente, os relatos dos participantes demonstraram também que esse formato foi mais percebido como envolvente, relevante e com maior potencial na construção da identidade e dos valores da empresa em questão. Por outro lado, o vídeo cartelado, embora tenha despertado menor engajamento neural em relação ao institucional, foi reconhecido por dois dos três participantes como mais funcional no que se refere à indução à compra. A exposição mais clara de preços e de produtos, associada à objetividade do formato de vídeo foi percebida de maneira eficaz para os consumidores que já estariam em um estágio mais avançado de compra. Ainda assim, os dados apontaram que esse tipo de vídeo elevou os níveis de low beta, sugerindo um esforço cognitivo e em alguns momentos, leve desconforto.

Estudando também os elementos visuais, os participantes destacaram que ritmo, cinematografia e estrutura narrativa impactam diretamente a atenção e a conexão com o conteúdo. A análise cruzada dos dados reforça que vídeos com storytelling favorecem a lembrança de marca e a construção simbólica de identidade da empresa, enquanto os vídeos cartelados podem ser mais eficientes em estratégia de conversão imediata. Todavia, tal eficácia depende do público, do contexto e dos objetivos específicos de cada comunicação, sendo importante avaliar cuidadosamente elementos como ritmo, trilha sonora, tempo de exibição e carga visual para cada estratégia e público-alvo.

A pesquisa apresentou algumas limitações importantes. O número reduzido de participantes e o recorte geográfico (João Pessoa, PB) limitam a generalização dos dados. Além disso, o uso de inteligência artificial por meio da ferramenta Tactiq na transcrição das entrevistas dificultou o processo de análise textual posterior, comprometendo a precisão de alguns trechos. Apesar disso, foi possível captar as principais ideias e interpretações dos participantes com clareza, permitindo alcançar os objetivos propostos. Dessa forma, estudos futuros podem ampliar a amostra, incluir diferentes perfis demográficos e análises públicos em outras regiões, de modo a compreender melhor como outras variáveis influenciam na resposta emocional e racional diante de peças audiovisuais.

Por fim, este estudo reforça a importância do equilíbrio entre emoção e funcionalidade em campanhas publicitárias. Em um mercado saturado de estímulos e em constante evolução, compreender como o cérebro humano responde às narrativas é essencial para marcas que desejam se destacar e criar vínculos duradouros com os consumidores. Ao propor um olhar integrado entre storytelling, neuromarketing e comportamento do consumidor, este trabalho contribui para o avanço das estratégias de branding dentro do varejo, oferecendo insights relevantes tanto para o campo acadêmico quanto para o mercado.

Referências

- [1] ASSAD, Nancy. Marketing de conteúdo. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2016.
- [2] BECKER, Valdecir; MACEDO, João Marcelo. Handbook de pesquisas em interação e mídia – perspectivas sobre o estado da arte. João Pessoa: Editora UFPB, 2023.
- [3] BECKER, Valdecir; MELO, Felipe; CAVALCANTI, Daniel. Testes com usuários para análises de emoções em conteúdos audiovisuais utilizando EEG e eye tracking. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Interação e Mídia, 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/374920253>. Acesso em: 5 maio 2025.
- [4] BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. Rev. Odontol. Univ. São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, 2006. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/pt/buscar/metodologia-da-pesquisa-bibliografica-na-area-odontologica-e-o-artigo-cientifico-como-forma-de-comunicacao> . Acesso em: 4 maio 2024.
- [5] CAMPBELL, Joseph. Jornada do Herói. São Paulo: Editora Ágora, 2007.
- [6] DAMÁSIO, Antonio R. O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.
- [7] DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Paiva; ANTUNES JUNIOR, José Antonio Valle. Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [8] GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/>. Acesso em: 5 maio 2025.
- [9] GREGORY, M. I.; ALMEIDA, M. I. R. de; REZENDE, D. A. Design Science Research: método de pesquisa para estudos de sistemas de informação e tecnologia da informação. Gestão & Produção, São Carlos, v. 21, n. 3, p. 629–641, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/>. Acesso em: 15 maio 2025.
- [10] KANDEL, Eric R. et al. Neurociência: a base biológica do comportamento. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- [11] KOTLER, Philip et al. Administração de marketing. 14. ed. São Paulo: Pearson,

2017.

[12] KOTLER, Philip; KARTAJAYA, Hermawan; SETIAWAN, Iwan. Marketing 4.0: do tradicional ao digital. Tradução de Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Sextante, 2017.

[13] KOTLER, Philip; KARTAJAYA, Hermawan; SETIAWAN, Iwan. Marketing 5.0: tecnologia para a humanidade. São Paulo: Sextante, 2021.

[14] LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

[15] LEE, Nick; BRODERICK, Amanda J.; CHAMBERLAIN, Laura. What is 'neuromarketing'? A discussion and agenda for future research. *International Journal of Psychophysiology*, v. 63, p. 199–204, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167876006001073?via%3Dihub>. Acesso em: 3 maio 2025.

[16] LEFREVÉ, F.; LEFREVÉ, A. M. C. Depoimentos e discursos: uma proposta de análise em pesquisa social. Brasília: Líber Livro Editora, 2005.

[17] LEFREVÉ, F. Discurso do Sujeito Coletivo: nossos modos de pensar, nosso eu coletivo. São Paulo: Andreoli, 2017.

[18] LIMA, Mateus; PINON, Alessandro; FONTES, Ruanderson; ALVES, Wesley; MACEDO, João; BECKER, Valdecir. Análise dos níveis de prazer evocados por dois comerciais de vídeo usando EEG. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Interação e Mídia, 2025.

[19] LINDSTROM, Martin. A lógica do consumo: verdades e mentiras sobre porque compramos. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2010.

[20] POMPEIA, Rosário; MEIRA, Silvio. Marketing do futuro: um método para resolver desafios de marketing em mercados de plataformas. São Paulo: DVS Editora, 2024.

[21] SOLOMON, Michael R. O comportamento do consumidor: comprando, possuindo e sendo. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

[22] XAVIER, Alexandre. Storytelling: histórias que deixam marcas. São Paulo: Évora, 2017

5

Aplicações de Machine Learning para análise de emoções baseadas em Eletroencefalogramas: fundamentos e desafios

Arthur Henrique da Silva

5.1 Introdução

Neste capítulo, explora-se a aplicação de inteligência artificial, com ênfase em modelos supervisionados, para identificar e classificar o estado cognitivo de um indivíduo por meio de EEGs (eletroencefalogramas) enquanto ele assiste a materiais publicitários, como propagandas em vídeo. Esse estudo é impulsionado pelos recentes avanços nos algoritmos de IA (Inteligência Artificial) e suas aplicações em diversas áreas, particularmente em tarefas que envolvem a identificação de padrões e a previsão de classes (no caso de modelos supervisionados) ou o agrupamento de instâncias semelhantes (no caso de modelos não supervisionados).

Esses progressos, juntamente com os avanços em BCI (*Brain-Computer Interfaces*), oferecem um campo promissor para inovações, como destacado por Li *et al.* (2022) [1] em sua revisão abrangente sobre reconhecimento de emoções baseado em EEG, na qual destacam que a tecnologia de reconhecimento de emoções por meio da análise desses sinais é atualmente um relevante campo de estudo com aplicações de inteligência artificial.

Nesse contexto, a literatura científica apresenta diversos estudos que utilizam métodos de inteligência artificial para analisar dados de EEG em cenários como:

Avital (2024) [2] propôs uma metodologia para classificar estados cognitivos utilizando redes neurais convolucionais aplicadas a dados de EEG. O estudo focou na análise da faixa de frequência gama, demonstrando a eficácia das CNNs (Convolutional Neural Networks) na classificação de estados mentais.

Safari (2024) [3] utilizou análise de conectividade cerebral e um modelo híbrido de CNN/LSTM (*Long Short-Term Memory*) para estimar a carga mental durante múltiplas tarefas simultâneas. O estudo destaca a eficácia da combinação de CNN e LSTM na classificação de estados de carga mental.

Nasef *et al.* (2025) [4] propuseram um modelo de aprendizado de máquina (mais precisamente, um modelo de regressão logística) para detectar dor utilizando sinais de EEG. O estudo envolveu um único participante saudável exposto a estímulos de dor

controlados.

Esses avanços ilustram como a combinação de EEG e IA está ampliando as fronteiras da neurociência aplicada, permitindo a análise de uma variedade de estados mentais e emocionais com aplicações práticas em áreas como saúde, educação e marketing.

5. 2 Conceitos fundamentais

Para fundamentar o estudo realizado, é indispensável compreender as definições de Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (*Machine Learning – ML*). De modo geral, a nomenclatura “IA” tem sido amplamente utilizada para designar aplicações que empregam algoritmos de aprendizado, nos quais a máquina, a partir de grandes volumes de dados utilizados em processos de treinamento e teste, identifica padrões e, com base neles, realiza tarefas como previsões, interpretação de linguagem natural, recomendações, entre outras. No entanto, tal uso do termo não é, a rigor, o mais adequado, uma vez que a IA corresponde a um campo mais amplo da computação, voltado ao desenvolvimento de sistemas capazes de executar tarefas que, originalmente, requerem inteligência humana, sem necessariamente depender de processos de aprendizado ou treinamento automatizado.

Segundo Faceli *et al.* (2011) [5], os primeiros sistemas de IA eram chamados Sistemas Especialistas, desenvolvidos para representar o conhecimento humano por meio de regras lógicas e disseminados a partir da década de 1970, sendo esse conhecimento adquirido através de comunicação direta com especialistas da área sob estudo. Contudo, ainda segundo Faceli *et al.* (2011) [5], problemas como a subjetividade dos especialistas, a pouca cooperação na comunicação, o aumento da complexidade dos problemas e os volumes de dados cada vez mais expressivos fomentaram a busca por técnicas mais sofisticadas e robustas para propor as soluções requisitadas.

Diante desses fatores, uma das técnicas propostas consiste no Aprendizado de Máquina (*Machine Learning – ML*), o qual se refere a um subconjunto da Inteligência Artificial voltado ao desenvolvimento de algoritmos capazes de aprender automaticamente a partir de dados, sem que sejam explicitamente programados para executar uma tarefa específica. Por meio do ML, os sistemas identificam padrões, ajustam seus modelos internos e aprimoram seu desempenho à medida que são expostos a novos exemplos, tornando-se, assim, uma abordagem essencial para a construção de aplicações inteligentes [5]. Ou seja, ainda que utilizar “IA” para nomear essas aplicações não esteja completamente destoante, considera-se mais adequado o uso de ML ou Aprendizado de Máquina.

5. 3 Categorias de aprendizado

Tendo domínio sobre essas definições fundamentais, é essencial ainda discutir os tipos de aprendizado que podem ser empregados no treinamento de modelos. De modo geral, esses tipos se dividem em três categorias principais: supervisionado, não supervisionado e por reforço, sendo essa a divisão clássica [6-9], embora atualmente existam outras categorias, como o Deep Learning e o aprendizado semi-supervisionado. Para o contexto deste capítulo, o escopo será limitado a definir as três categorias clássicas.

Aprendizado Supervisionado

Define-se aprendizado supervisionado como o método no qual o modelo é treinado a partir de dados, chamados formalmente de features, com o objetivo de prever um target. Esse elemento alvo pode ser uma classe (rótulo), no caso de problemas de classificação, ou um valor contínuo, no caso de problemas de regressão [6-8]. Independentemente da natureza do target, o aprendizado supervisionado tem como núcleo o ajuste do modelo com base na sua capacidade de prever corretamente o target, procedimento realizado através da comparação com os rótulos ou valores de referência durante o treinamento e avaliado posteriormente durante a fase de teste, utilizando métricas que serão definidas em seção posterior.

Aprendizado Não Supervisionado

No aprendizado não supervisionado, o modelo é treinado a partir de dados não rotulados, ou seja, sem a presença de um target previamente definido. O objetivo dessa abordagem é identificar padrões, estruturas ou agrupamentos ocultos nos dados, permitindo que o sistema organize ou represente as informações de maneira significativa [6, 8-10]. Esse tipo de aprendizado é especialmente útil em situações nas quais a rotulagem dos dados é custosa, difícil ou inviável, sendo comumente aplicado em detecção de anomalias, redução de dimensionalidade e agrupamento de informações semelhantes. Diferentemente do aprendizado supervisionado, o sucesso do modelo não é medido pela precisão em prever um target, mas sim pela capacidade de revelar relações e estruturas relevantes dentro do conjunto de dados.

Aprendizado Por Reforço

O aprendizado por reforço é uma abordagem na qual o modelo, chamado de agente, aprende por meio da interação com um ambiente, recebendo recompensas ou penalidades de acordo com suas ações [6, 8, 9]. O objetivo do agente é desenvolver uma estratégia que maximize a recompensa acumulada ao longo do tempo. Essa técnica é

particularmente útil em problemas que envolvem tomada de decisão sequencial, como jogos, controle de robôs, navegação autônoma e sistemas de otimização dinâmica. Diferentemente do aprendizado supervisionado e não supervisionado, o aprendizado por reforço não depende de dados rotulados nem busca apenas identificar padrões, concentrando-se em aprender comportamentos eficazes a partir da experiência.

Tabela Comparativa dos Tipos de Aprendizado

Abaixo é apresentada uma tabela que compila o que foi discutido sobre as três categorias clássicas de aprendizado:

Tabela 1: Tipos clássicos de aprendizado em Machine Learning.

Tipo de Aprendizado	Entrada/Dados	Entrada/Dados	Exemplos de Aplicações
Supervisionado	Dados rotulados (features e targets).	Prever ou classificar novos dados.	Previsão de preços, classificação de e-mails (spam ou não), diagnóstico médico.
Não Supervisionado	Dados não rotulados.	Identificar padrões e agrupamentos.	Agrupamento de clientes por comportamento de compra, análise de segmentos de mercado e redução de
Por Reforço	Ações e recompensas.	Aprender estratégias para maximizar recompensas.	Jogos, controle de robôs e navegação autônoma.

Fonte: Autoria própria.

Principais Métricas

Para avaliar o desempenho dos modelos construídos, diversas métricas são utilizadas, escolhidas de acordo com a natureza do modelo e do problema em questão.

No aprendizado supervisionado, métricas como acurácia, precisão, recall, F1-score e matriz de confusão são utilizadas em problemas de classificação, enquanto

distância absoluta média (MAD) e erro quadrático médio (MSE) são comuns em problemas de regressão [11, 12]. Essas métricas permitem quantificar a capacidade do modelo em identificar corretamente as classes ou a proximidade das previsões em relação aos valores reais.

Já no que se refere ao aprendizado não supervisionado, utilizam-se métricas que medem a qualidade dos agrupamentos ou estruturas descobertas, como índice de Silhouette e inércia (soma das distâncias quadráticas dentro de clusters) [10]. Essas métricas permitem verificar se os dados foram agrupados de forma coerente e se as relações internas foram bem capturadas.

No aprendizado por reforço, o desempenho é geralmente medido pela recompensa total obtida pelo agente ao longo do tempo. Outras métricas incluem tempo médio para atingir o objetivo, taxa de sucesso em tarefas específicas e eficiência na política (comportamento) aprendida [8, 9]. A avaliação nesse último caso foca na capacidade do agente de aprender estratégias eficazes para maximizar recompensas em ambientes dinâmicos e sequenciais.

Para a atual abordagem, a atenção será voltada para as métricas referentes aos modelos supervisionados de classificação: acurácia, precisão, recall, F1-score e matriz de confusão.

Acurácia

A acurácia é responsável por avaliar a quantidade de predições corretas feitas pelo modelo em relação ao número total de elementos avaliados (predições realizadas) [11, 12], fornecendo uma visão geral do desempenho ao indicar a porcentagem de casos em que o modelo acertou a classe de um conjunto de features.

Abaixo encontra-se a fórmula para o cálculo da acurácia [11, 12]:

$$Acurácia = \frac{VP+VN}{n}$$

Na expressão, VP representa os verdadeiros positivos (quantidade de instâncias devidamente classificadas como membros da classe positiva), VN os verdadeiros negativos (número de instâncias devidamente rotuladas como parte da classe negativa) e n o número total de instâncias no conjunto de dados [11, 12]. Convém destacar que o uso dessa nomenclatura constitui uma generalização didática, na qual os termos “positivo” e “negativo” são utilizados apenas de forma representativa ao considerar um caso de classificação binária, podendo o cálculo ser feito abordando um número ainda maior de classes.

É importante esclarecer que a acurácia, por si só, não é capaz de representar fielmente a qualidade do modelo, tendo em vista que em conjuntos de dados

desbalanceados, nos quais há mais incidência de uma ou mais classes em relação às demais, a elevada quantidade de acertos da(s) classe(s) majoritária(s) pode encobrir os erros das minoritárias. Logo, é de fundamental importância que outras métricas sejam consideradas antes de afirmar que um modelo apresenta bom desempenho ou não.

Precisão

Sobre a precisão, trata-se de uma métrica que representa o grau de exatidão das predições positivas, indicando quantos dos exemplos rotulados como positivos pelo modelo são realmente positivos, segundo os rótulos originais [11, 12]. Ou seja, corresponde ao percentual de acertos entre as instâncias que o modelo classificou como positivo.

Sua expressão é dada por [11, 12]:

$$Precisão = \frac{VP}{VP+FP}$$

Nessa expressão, VP corresponde aos verdadeiros positivos (número de instâncias corretamente classificadas como pertencentes à classe positiva) e FP aos falsos positivos (número de instâncias incorretamente classificadas como pertencentes à classe positiva) [11, 12]. Em problemas multiclasse, a precisão (assim como a F1-Score e a Recall) pode ser calculada individualmente para cada classe e posteriormente agregada por médias — como a média macro, micro ou ponderada — em conformidade com a abordagem analítica empregada e a natureza do objeto de estudo.

O uso da precisão é de extrema relevância quando o cenário sob análise possui um alto custo associado à incidência de falsos positivos, sendo exemplos expressivos casos como diagnósticos médicos (quando um modelo indicar erroneamente que um paciente possui uma enfermidade ou condição) e sistemas de detecção de fraudes (uma transação legítima sendo rotulada como fraudulenta).

Recall

A métrica Recall, também conhecida como sensibilidade ou taxa de verdadeiros positivos, quantifica a capacidade do modelo de identificar e classificar corretamente as instâncias de uma classe, ou seja, o quanto ele é capaz de indicar todos os casos realmente positivos presentes no dataset [11, 12].

Para calculá-la, a seguinte expressão pode ser utilizada [11, 12]:

$$Recall = \frac{VP}{VP+FN}$$

Mais uma vez está sendo aplicada uma nomenclatura representativa para as classes, sendo VP os verdadeiros positivos — cumprindo o mesmo papel de quando foi apresentado na precisão — e FN os falsos negativos (casos em que o modelo deixou de identificar as instâncias positivas do conjunto de dados) [11, 12].

Essa métrica é particularmente relevante em contextos nos quais a omissão de instâncias positivas pode acarretar consequências significativas, podendo, mais uma vez, ser utilizados como exemplo os modelos aplicados em diagnósticos médicos e em detecção de fraudes. Nesses cenários, deixar de identificar corretamente um caso positivo — como um paciente realmente doente ou uma transação fraudulenta — pode resultar em prejuízos graves, seja pela falha no tratamento e atraso na intervenção clínica, seja por perdas financeiras e comprometimento da segurança do sistema.

F1-Score

No que tange à métrica F1-Score, ela representa a média harmônica entre as métricas de precisão e recall [11, 12], sendo utilizada para balancear a relação entre ambas. Sua principal vantagem é oferecer uma medida única que considera simultaneamente os erros de classificação por omissão (falsos negativos) e por inclusão (falsos positivos), o que a torna especialmente útil em situações de desbalanceamento entre as classes.

Matematicamente, o F1-Score é definido como [11, 12]:

$$F1 - Score = 2 \times \frac{(\text{Precisão} \times \text{Recall})}{(\text{Precisão} + \text{Recall})}$$

Utilizar essa métrica permite uma análise mais robusta da performance do modelo, garantindo maior equilíbrio na avaliação entre a capacidade de identificar corretamente as instâncias positivas e a de evitar classificações incorretas.

Matriz de Confusão

A matriz de confusão é uma ferramenta fundamental que fornece uma visão detalhada do número de predições corretas e incorretas para cada classe [11, 12]. Ela permite identificar quais classes estão sendo confundidas pelo modelo, oferecendo informações que não são visíveis em métricas agregadas, como as descritas anteriormente.

Considerando um modelo para classificação binária e utilizando nomenclatura representativa, uma matriz de confusão é dada pela seguinte configuração:

Tabela 2: Matriz de Confusão para avaliação de modelos de classificação.

	Predito Positivo	Predito Negativo
Real Positivo	VP	FN
Real Negativo	FP	VN

Fonte: Faceli *et al.* (2011) [11]

Evidenciando a definição de cada uma das siglas representativas, segundo Faceli *et al.* (2011) [11], temos:

- **VP (Verdadeiros Positivos):** instâncias corretamente classificadas como positivas;
- **FN (Falsos Negativos):** instâncias positivas incorretamente classificadas como negativas;
- **FP (Falsos Positivos):** instâncias negativas incorretamente classificadas como positivas;
- **VN (Verdadeiros Negativos):** instâncias corretamente classificadas como negativas.

Ou seja, a ideia cerne da matriz de confusão é maximizar os números na diagonal, pois eles representam as predições corretas do modelo para cada classe. Quanto maiores esses valores, melhor o desempenho do modelo, indicando que a maioria das instâncias foi classificada de forma adequada. Por outro lado, os valores fora da diagonal correspondem aos erros de classificação e permitem identificar padrões de confusão entre classes específicas, fornecendo informações valiosas para ajustes e aprimoramento do modelo.

Tabela das Principais Métricas para Modelos Supervisionados

A seguir é apresentada uma tabela que reúne as informações sobre as principais métricas:

Tabela 3: Principais métricas utilizadas para modelos supervisionados.

Métrica	Finalidade	Observações
Acurácia	Mede o desempenho geral do modelo.	Pode apresentar comportamento enviesado em conjuntos de dados desbalanceados.
Precisão	Indica que os positivos previstos são confiáveis.	Relevante quando o custo de falsos positivos é alto.
<i>Recall</i>	Mede a capacidade do modelo de detectar todos os casos positivos.	Relevante quando o custo de falsos negativos é alto.
F1-Score	Balancear precisão e recall em uma única métrica.	Só apresentará um valor alto caso suas componentes também sejam elevadas, ou seja, se o modelo for robusto à incidência de falsos positivos e falsos negativos.
Matriz de Confusão	Permite visualizar onde o modelo acerta e onde erra na predição de classes.	Valores na diagonal indicam acertos, enquanto nas demais posições indicam erros.

Fonte: Autoria própria.

5. 4 Aplicação desenvolvida

O objetivo do estudo realizado consistiu em utilizar métodos de aprendizado de máquinas supervisionados para realizar previsões sobre o estado cognitivo de indivíduos a partir de leituras de EEG. Para realizar tal atividade, optou-se por aplicar os métodos Random Forest e Gradient Boosting, os quais fazem parte do grupo ensemble, ou seja, métodos baseados em combinações de múltiplas árvores de decisão.

Random Forest e Gradient Boosting

Segundo Géron (2019) [13], os métodos ensemble representam uma das estratégias mais eficazes para aumentar o desempenho de modelos de aprendizado supervisionado, uma vez que a combinação de múltiplos estimadores tende a reduzir a variância e o erro de generalização, produzindo resultados mais estáveis e robustos. O autor destaca ainda que algoritmos como o Random Forest e o Gradient Boosting são amplamente utilizados em tarefas de classificação e regressão, especialmente em cenários com dados complexos e ruidosos.

Essas abordagens foram selecionadas por sua robustez, capacidade de generalização e eficiência em conjuntos de dados de alta dimensionalidade, como os sinais de EEG. O Random Forest, conforme explicam Hastie, Tibshirani e Friedman (2009) [14], consiste em um conjunto de árvores de decisão treinadas em subconjuntos aleatórios dos dados e das variáveis, buscando reduzir o sobreajuste (overfitting) e aumentar a estabilidade preditiva do modelo. Já o Gradient Boosting, segundo James et al. (2013) [15] constrói suas árvores de forma sequencial, de modo que cada nova árvore tenta corrigir os erros cometidos pelas anteriores, refinando iterativamente o modelo global.

Dessa forma, ambos os métodos permitem capturar relações não lineares e sutilezas estatísticas entre as características extraídas dos sinais cerebrais e os diferentes estados cognitivos.

Coleta e Tratamento dos Dados

Os dados utilizados neste estudo foram coletados por meio do equipamento Emotiv Insight, enquanto os participantes assistiam a dois vídeos publicitários com diferentes abordagens [16, 17]. Cada leitura gerada pelo dispositivo foi armazenada em um arquivo .csv, no qual cada linha representa uma amostra temporal das ondas cerebrais e cada coluna corresponde à potência de uma determinada banda de frequência (alfa, beta, teta e gama) captada em diferentes eletrodos.

Durante o processamento, foi calculado o Power Spectral Density (PSD), que representa a distribuição da potência do sinal ao longo das frequências e permite

quantificar a energia presente em cada banda. Calculou-se o PSD total, somando a potência registrada em todas as bandas, e o PSD relativo de cada banda, obtido pela razão entre a potência da banda e o PSD total, de modo que essa abordagem permite comparar a contribuição de cada banda no sinal global [18]. Com base nessas relações, foi atribuída uma classe de estado mental para cada amostra — Sonolento ou Focado — considerando o predomínio das diferentes bandas, conforme regras heurísticas definidas no código.

Para a etapa de aprendizado de máquina, os dados processados foram divididos em conjuntos de treinamento e teste (80% e 20%, respectivamente), sendo normalizados pelo StandardScaler [19], que ajusta os dados para que todas as variáveis fiquem em uma mesma escala, facilitando a comparação entre elas e melhorando o desempenho do modelo. Em seguida, aplicaram-se dois modelos supervisionados: Random Forest e Gradient Boosting, ambos com validação cruzada estratificada (StratifiedKFold) [20], que garante que cada divisão de treino e teste mantenha a proporção original de classes.

O desempenho foi avaliado utilizando métricas como acurácia, precisão e F1-Score, além da matriz de confusão, que possibilita observar as taxas de acerto e erro entre os diferentes estados mentais previstos.

5. 5 Resultados

Os resultados obtidos indicam que tanto o Random Forest quanto o Gradient Boosting apresentaram desempenho elevado na classificação dos estados cognitivos, com F1-Score, acurácia e precisão geralmente próximos de 1.0, o qual seria o valor máximo. As classes analisadas foram “Sonolento” e “Focado”, sendo cada arquivo .csv processado individualmente, sem interação entre registros de diferentes indivíduos. Essa separação impediu que padrões de um participante influenciassem o aprendizado referente a outro, sendo gerados múltiplos modelos, cada um treinado a partir de um conjunto de dados referente a diferentes pessoas.

Abaixo são apresentadas as métricas finais de cada método utilizado para um mesmo arquivo .csv:

Figura 1: Valor das métricas para o Random Forest.

```
Acurácia: 0.96
Precisão: 0.96
F1-score: 0.96
Matriz de Confusão:

          Sonolento  Focado
Sonolento      68      0
Focado         4      26
```

Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Valor das métricas para o Gradient Boosting.

```
Acurácia: 0.97
Precisão: 0.97
F1-score: 0.97
Matriz de Confusão:

          Sonolento  Focado
Sonolento      68      0
Focado         3      27
```

Fonte: Autoria própria.

De início, é possível destacar que os resultados se aproximam das observações feitas por Lima et al. (2025) [21], o qual, ao analisar as leituras obtidas para um dos vídeos publicitários — o mesmo ao qual os resultados apresentados acima se referem — [16], constatou que, durante a primeira metade do vídeo, predominou uma resposta receptiva dos avaliados ao conteúdo apresentado. Contudo, ao ultrapassar essa marca, sinais de perda de atenção e desinteresse tornaram-se mais expressivos, indicando uma redução gradual do engajamento emocional.

Também é possível mencionar que, em alguns casos, o Gradient Boosting apresentou desempenho ligeiramente superior, possivelmente devido à sua capacidade de corrigir erros de forma sequencial. É importante ressaltar, contudo, que os resultados elevados podem refletir uma adaptação excessiva dos modelos aos dados disponíveis, uma vez que o tamanho reduzido dos conjuntos e a estratégia de utilizar os dados de apenas um avaliador por modelo favorecem a memorização de padrões específicos em detrimento da aprendizagem de relações generalizáveis. Além disso, a rotulagem empregada não foi orgânica (realizada, por exemplo, por meio de entrevistas aos avaliados), tendo sido definida por regras heurísticas implementadas

por meio de estruturas if/else baseadas nas proporções relativas das bandas de PSD.

Embora essa abordagem tenha sido útil para testar a viabilidade dos métodos, ela não reflete necessariamente a complexidade real dos estados cognitivos, podendo ter contribuído para o desempenho artificialmente elevado. Assim, apesar do potencial demonstrado pelos métodos ensemble na análise de EEG, ressalta-se a necessidade de validação com conjuntos de dados maiores e rotulagem mais representativa e natural.

5. 6 Conclusão

O estudo desenvolvido permitiu compreender como os fundamentos da Inteligência Artificial e do Machine Learning se aplicam à análise de sinais de eletroencefalogramas e ao reconhecimento de emoções humanas. Observou-se que, por meio de métodos supervisionados, é possível extrair padrões relevantes de dados complexos, como os provenientes de EEG, e transformá-los em informações interpretáveis, constatação que é reforçada pela convergência dos resultados encontrados com as observações feitas por Lima et al. (2025) em seus estudos [21].

Entretanto, o uso de Machine Learning no reconhecimento emocional e em Brain-Computer Interfaces ainda enfrenta desafios significativos. A natureza subjetiva das emoções humanas diante de estímulos, a influência de fatores anteriores ao momento de coleta — os quais podem resultar em leituras não representativas da reação real do indivíduo ao conteúdo apresentado — e a necessidade de grandes volumes de dados rotulados de forma mais orgânica, por meio de interações diretas com os participantes, tornam difícil alcançar resultados verdadeiramente generalizáveis e consistentes.

Apesar dessas dificuldades, o avanço dos algoritmos de aprendizado e o refinamento das técnicas de aquisição e pré-processamento de sinais consolidam o Machine Learning como ferramenta proeminente nas BCI. Os desafios existentes não se configuram como barreiras intransponíveis, mas indicam a necessidade de aprimoramento contínuo dos modelos, da coleta de dados e da integração de conhecimentos de diferentes abordagens em neurociência e computação, tornando as aplicações mais robustas e confiáveis no reconhecimento de emoções.

5. 7 Limitações e Trabalhos Futuros

A principal limitação deste estudo refere-se à escassez de dados disponíveis, tanto em quantidade, quanto em diversidade. Cada arquivo de leitura de EEG foi processado individualmente, sem integração entre diferentes participantes, o que restringe a

capacidade dos modelos de generalizar padrões cognitivos para outros indivíduos.

Além disso, não foi estabelecido um baseline individual — ou seja, uma medição de referência do estado neutro de cada participante. A ausência dessa etapa impede que se diferenciem com precisão as variações naturais das respostas genuinamente associadas aos estímulos apresentados, reduzindo a confiabilidade das inferências sobre os estados cognitivos.

Outro ponto crítico diz respeito à rotulagem não natural dos dados, realizada de forma heurística por meio de regras programadas (estruturas if/else) baseadas na predominância das bandas de frequência. Embora esse método tenha permitido testar os algoritmos de aprendizado supervisionado e esteja seguindo comportamentos apoiados pela literatura [22-24], ele não reflete a complexidade emocional e cognitiva humana. Uma rotulagem mais orgânica, obtida por meio de entrevistas, questionários autorreferidos ou anotações de especialistas durante os experimentos, seria essencial para aprimorar a validade dos resultados e o realismo das classificações.

Como trabalhos futuros, propõe-se a ampliação da base de dados e a implementação de protocolos experimentais padronizados que contemplem a coleta de baseline. Além disso, é relevante para a generalização do modelo a integração dos dados coletados a partir das respostas de diferentes indivíduos com relação a um mesmo vídeo, sendo necessário padronizar a quantidade de iterações nos .csv, tendo em vista que os datasets disponíveis apresentam número consideravelmente diferentes de linhas. Sugere-se também o uso de abordagens híbridas de rotulagem — combinando heurísticas automáticas com validação subjetiva — e a comparação dos modelos com outras técnicas de machine learning e, até mesmo, deep learning, a fim de estabelecer parâmetros de referência mais robustos para a análise de EEG em contextos cognitivos.

Referências

- [1] LI, X. et al. EEG Based Emotion Recognition: A Tutorial and Review. *ACM Computing Surveys*, [S.l.], v. 55, n. 6, p. 1–38, 2022. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3524499>. Acesso em: 5 out. 2025.
- [2] AVITAL, N. Cognitive State Classification Using Convolutional Neural Networks on EEG Data. *MDPI*, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/18/8380>. Acesso em: 5 out. 2025.
- [3] SAFARI, M. R. Classification of mental workload with EEG analysis by hybrid CNN/LSTM model. *Journal of Neural Engineering*, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1746809424008280>. Acesso em: 5 out. 2025.
- [4] NASEF, Daniel; NASEF, Demarcus; SAWIRIS, Viola; SATOR, Sabine; TOMA, Milan. Training clinically relevant EEG-based pain detection models: a pilot machine learning study. *Academia Biology*, v. 3, n. 3, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.20935/AcadBiol7790>. Acesso em: 5 out. 2025.
- [5] FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; CARVALHO, A. C. P. L. F. de. *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2011. p. 2.
- [6] RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 2009
- [7] FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; CARVALHO, A. C. P. L. F. de. *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2011. p. 54.
- [8] SUTTON, Richard S.; BARTO, Andrew G. *Reinforcement Learning: An Introduction*. 2. ed. Cambridge: MIT Press, 2018.
- [9] BISHOP, Christopher M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. New York: Springer, 2006.
- [10] SCOTT, Christopher; KAUFMAN, Leonard. *Clustering Algorithms and Applications*. Springer, 2015.
- [11] FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; CARVALHO, A. C. P. L. F. de. *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. Rio de Janeiro: LTC – Livros

Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2011. p. 159 - 165.

[12] SOKOLOVA, M.; LAPALME, G. A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, v. 45, n. 4, p. 427–437, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306457309000259>. Acesso em: 11 out. 2025.

[13] GÉRON, Aurélien. *Mãos à Obra: Aprendizado de Máquina com Scikit-Learn, Keras e TensorFlow*. 1. ed. São Paulo: Alta Books, 2019.

[14] HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert; FRIEDMAN, Jerome. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. 2. ed. New York: Springer, 2009.

[15] JAMES, Gareth; WITTEN, Daniela; HASTIE, Trevor; TIBSHIRANI, Robert. *An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R*. 1. ed. New York: Springer, 2013.

[16] LRP. Filme institucional 2024 [vídeo]. YouTube, 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=K_noCayM-9w. Acesso em: 12 out. 2025.

[17] Lojão Rio do Peixe. Semana do Cliente Lojão Rio do Peixe 2024 [vídeo]. YouTube, 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4ZpTEtDQ1tA>. Acesso em: 12 out. 2025.

[18] REDWAN, Sadi Md.; UDDIN, Md. Palash; ULHAQ, Anwaar; SHARIF, Muhammad Imran. Power Spectral Density-Based Resting-State EEG Classification of First-Episode Psychosis. *Frontiers in Neuroscience*, v. 16, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2022.1011107/full>. Acesso em: 12 out. 2025.

[19] SCIKIT-LEARN. StandardScaler — scikit-learn 1.3.0 documentation. Disponível em: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.preprocessing.StandardScaler.html>. Acesso em: 12 out. 2025.

[20] SCIKIT-LEARN. StratifiedKFold — scikit-learn 1.3.0 documentation. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.model_selection.StratifiedKFold.html. Acesso em: 12 out. 2025.

[21] LIMA, M.; PINON, A.; FONTES, R.; ALVES, W.; MACEDO, J.; BECKER, V. Analysis of the Enjoyment Levels Evoked by Two Video Commercials Using EEG. In: KUROSU, M.; HASHIZUME, A. (Eds.). *HCI 2025: Human-Computer Interaction*. [S.l.]: Springer

Nature Switzerland AG, 2025. p. 193–207. (Lecture Notes in Computer Science, LNCS 15768).

[22] RAUFI, B.; LONGO, L. An Evaluation of the EEG Alpha-to-Theta and Theta-to-Alpha Band Ratios as Indexes of Mental Workload. *Frontiers in Neuroinformatics*, v. 16, p. 1-12, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9149374/>. Acesso em: 13 out. 2025.

[23] WEN, T. Y.; ARIS, S. A. M. Electroencephalogram (EEG) Stress Analysis on Alpha/Beta Ratio and Theta/Beta Ratio. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, v. 19, n. 3, p. 1232-1239, 2020. Disponível em: <https://ijeecs.iaescore.com/index.php/IJECS/article/view/20581>. Acesso em: 13 out. 2025.

[24] CHEN, A. C. N. et al. Emotion and Brain Oscillations: High Arousal is Associated with Decreases in Alpha- and Lower Beta-Band Power. *Scientific Reports*, v. 10, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33136146/>. Acesso em: 13 out. 2025.

6

O que nós, professores, precisamos saber sobre a conexão entre a Interação Humano Computador, as tecnologias de EEG e Eye Tracking e o Design Instrucional: algumas provocações conceituais iniciais!

Signe Dayse Castro de Melo e Silva, Valdecir Becker, Wagner Junqueira de Araújo

6.1 Introdução

O crescente e acelerado desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) estão na base de quase todos os campos das atividades humanas, quer seja nas áreas do conhecimento ou da produção, nas fábricas e também nas escolas. Ainda pode-se dizer: notável é o avanço de métodos e técnicas de ensino voltados a uma maior e mais precoce produtividade, com o uso cada vez mais presente de tecnologias, artefatos ou objetos de aprendizagem com o foco na aferição de desempenhos (Cursino, 2019). Quanto mais cedo e mais rápido o conhecimento seja amalgamado, maior sucesso terá o aprendiz. Pelo menos é o que dizem as inúmeras propagandas das escolas e institutos de formação espalhadas pelo Brasil. O momento é o de uma nova era, ou a “Era Digital” ou da Revolução Digital, considerando o que diz Barros (2023), que sustenta a história das revoluções industriais – com suas sucessivas eras tecnológicas – em quatro momentos: a revolução agrícola, a revolução urbana, a revolução industrial e a revolução digital.

Um dos elementos mais atuais da revolução digital é a crescente expansão da chamada Interação Humano Computador. A IHC, como é popularmente nomeada, é uma área multidisciplinar da tecnologia digital, dedicada ao estudo e à melhoria da interação entre seres humanos e os sistemas computacionais. Seu principal objetivo é criar interfaces para a pessoa usuária que sejam intuitivas, eficientes e agradáveis de se usar. A IHC abrange diversos aspectos do design de interfaces, como a usabilidade, a acessibilidade, a experiência do usuário e a ergonomia. Sendo assim, a área utiliza métodos e técnicas de origens diversas, como a psicologia, a engenharia de software, a ciência da computação e o design (Lima, 2023).

No campo do desenvolvimento e produção da instrução destaca-se um conceito

chave que alcançou proporções incalculáveis no período da Pandemia do COVID-19, dada a necessidade de isolamento da população e a manutenção das atividades escolares, o Design Instrucional. Trata-se de uma estratégia teórico-prática de planejar, criar, desenvolver, aplicar e avaliar o ensino valendo-se do uso da imagem por meio do design gráfico, pensado para a educação. Pode-se dizer que a proposta é a de “desenhar a instrução” ou, ainda, “planejar a instrução” favorecendo a concepção de estratégias e produtos educacionais com grande apelo visual ou funcionalidades visíveis, valendo-se do uso de cores, linhas, volumes e formas como força de atração e apelo às emoções, sendo o ensino presencial, remoto ou híbrido (Filatro, 2015). Embora tenha sido descoberto no período entre as duas grandes guerras mundiais, com o seu uso iminentemente militar, o Design Instrucional evoluiu, ampliou suas estratégias e capilarizou-se nas mais diversas áreas da educação, formação e treinamento, em quase todos os setores produtivos.

Na medida em que o design da instrução possibilitou uma maior visibilidade do objeto a ser apreendido, a busca de evidências deste aprendizado trouxe para o diálogo a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), do Psicólogo Americano David Ausubel, que tem em sua base o pressuposto de que a Aprendizagem Significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva, mas não-literal, não ao “pé da letra”, e não-arbitrária, significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (Moreira, 2011). O desafio da educação no presente é a aferição do processo de ensino e aprendizagem em seus resultados e efetividades – considerados o texto, a imagem e o som – um campo em ascensão nas Neurociências.

É neste contexto que surge a possibilidade do uso de duas tecnologias comuns no campo dos estudos da Interação Humano Computador-IHC, o EEG, ou Eletroencefalograma e o *Eye Tracking*. O eletroencefalograma mede o nível de atenção dos estudantes durante um momento de aulas e o *Eye Tracking* acompanha o olhar do estudante, criando um histórico de pontos de atenção e desatenção na tela do computador ou fora dela (Becker, 2023).

O encontro do IHC com o Design Instrucional, sob a discreta sombra da Teoria da Aprendizagem Significativa e, ainda, com o uso das tecnologias de EEG e *Eye Tracking* aqui proposto, pode constituir-se numa possibilidade concreta para a educação, seja ela presencial, remota ou híbrida, considerando-se os avanços das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e a necessidade de aferirmos suas efetivas contribuições ao ensino e a aprendizagem.

No entanto, como articular esses elementos, se o professor, a ponta do processo e o grande maestro da junção desses instrumentos, não conhece os conceitos e aplicações básicos aqui propostos? Nessa perspectiva, no momento em que estamos

realizando um período de Estágio Pós-Doutorado, no Programa de Pós-Graduação em Gestão em Organizações Aprendentes, na UFPB, apresentamos o seguinte problema a ser investigado: em que medida o professor do ensino fundamental, médio ou superior, não especialista em tecnologias, pode fazer uso da Interação Humano Computador, do EEG, do Eye Tracking e do Design Instrucional, numa perspectiva de produção de materiais didáticos autorais além do acompanhamento e melhoria da performance de seus estudantes? Desta feita, o objetivo central deste texto é levantar, e trazer para o mundo real do educador, os conceitos e possibilidades de aplicação da Interação Humano Computador, do EEG, do Eye Tracking e do Design Instrucional, colocando-os no espaço-tempo da docência, seja ela no ensino fundamental, médio ou superior. Esse texto poderia ser intitulado “Coisas que parecem difíceis, mas não são!”.

Assim, faremos uma breve reflexão sobre as questões conceituais, e suas aproximações, da Interação Humano Computador, as tecnologias de EEG e Eye Tracking e o Design Instrucional, estimulando o professor a se aproximar dessa temática como estratégia de trabalho docente. Para o aprofundamento das aplicações técnicas do Eye Tracking na Interação Humano Computador, sugerimos a leitura do capítulo Eye Tracking e IHC: da teoria à prática, de Larissa de Carvalho Donato.

6.2 Conhecendo os “novos” conceitos

A expansão do desenvolvimento de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) é um fenômeno da atualidade e uma realidade em constante e profunda mutação, descortinando novos mundos e abrindo-se em caminhos para mais qualidade e criatividade na educação. As TICs estão em toda parte, quer seja em meios de comunicação, quer seja em indústrias, bancos, comércios e transportes. A sociedade está se informatizando em acompanhamento dos novos modos de produção e paradigmas globais evoluindo em consequência das transformações tecnológicas, impulsionando a educação no sentido de acompanhar a evolução, adequando-se a estas dinâmicas de transformação e evolução. Isso pode ser observado no crescimento da produção de artefatos, tecnologias, objetos para a aprendizagem ou recursos educacionais – analógicos ou digitais, fechados ou abertos – tanto na indústria como os autorais, carecendo apenas, de competências multidisciplinares, que compreendem um forte fundamento teórico, além de conhecimentos sobre organização curricular, metodologias, sistemáticas de avaliação e mediação (Cursino, 2019 e Filatro, 2023).

De acordo com Moran, Masetto e Behrens (2013) o avanço das tecnologias e as disponibilidades delas para o campo da educação não garantem o sucesso do aprendiz, sendo que em muitos casos, geram mais atropelos do que resultados positivos se levarmos em consideração as dúvidas que suscitam quanto ao que manter ou descartar, alterar ou adotar. Ao mesmo tempo em que a escola é desafiada continuamente a

ser significativa, inovadora e empreendedora, as tecnologias não geram certeza. Não há receitas milagrosas, mas há sinais que podem ser observados, tais como: o estímulo a inovação, o conhecimento agregador e integrador e a formação contínua dos educadores. Nesse cenário vislumbramos as aproximações entre a Neurociência e a Educação.

6. 3 Neurociência e Educação: como isso aconteceu?

Sobre as origens, história, teorias e práticas da educação (considerando que este texto foi pensado com o objetivo de acalmar inquietações de professores) muito pouco se diria aqui. Não é esse o foco. Mas para não fugir à tradição podemos evocar o conceito de conhecimento como ponto de partida e pontuar a epistemologia como o modo como conhecemos o mundo. Naturalmente poderíamos ir a Aristóteles (384-322 a.C) e a Platão (428-347 a.C), e discutir se o que conhecemos é ou não é real. Ou ainda, se o que conhecemos são apenas ideias, ou cópias da realidade, processadas por meio da razão. Mas o objetivo aqui é chegar no momento em que, passados séculos de reflexões sobre o conhecimento e, conseqüentemente, sobre a educação, testemunhamos o encontro entre a Educação e a Neurociência.

Ambas as áreas são independentes e possuem uma vasta contribuição ao conhecimento da humanidade. O encontro das duas se deu por uma possibilidade de repensarmos as práticas educacionais na contemporaneidade. O estudo do cérebro remonta a 7.000 anos passados, quando nossos antepassados pré-históricos usavam uma técnica denominada trepanação em uma tentativa de curar enfermidades como dores de cabeça e transtornos mentais, permitindo a libertação dos maus espíritos que pudessem estar alojados no cérebro dos sujeitos Bortoli e Teruya (2017).

Nessa perspectiva, Cosenza e Guerra (2011) afirmam que

Até aproximadamente o século XVIII atribuía-se o intermédio de algo sobrenatural ao funcionamento cerebral, sendo crédulo a ideia de que espíritos vagavam pelos nervos cujo comando era o cérebro. Pela forte influência religiosa, o pensamento perdurou até o surgimento do microscópio e a comprovação, por Camilo Golgi e Santiago Ramon Y Cajal, da verdadeira base estrutural das células do tecido nervoso.

Ou seja, as questões relacionadas ao cérebro humano eram tratadas como transtornos mentais, ou manifestações místicas. Sobre a dinâmica da relação da Educação com a Neurociência, Bortoli e Teruya (2017) lembram que

As ciências da educação e do cérebro possuem especialidades diferentes e, embora com similaridades em alguns aspectos, deve-se romper com mitos

para se alcançar as possibilidades entre as áreas. Assim, as neurociências são ciências naturais, que descobrem os princípios da estrutura e do funcionamento neurais, proporcionando compreensão dos fenômenos observados. A educação tem outra natureza e sua finalidade é criar condições (estratégias pedagógicas, ambientes infraestrutura, material favoráveis, e recursos humanos) que atendam a um objetivo específico, por exemplo, o desenvolvimento de competências pelo aprendiz, num contexto particular. A educação não é investigada e explicada da mesma forma que a neurotransmissão. Ela é regulada apenas por leis físicas, mas também por aspectos humanos que incluem sala de aula, dinâmica do processo ensino-aprendizagem, escola, família, comunidade, políticas públicas (Guerra, 2011, p. 03). [destaque nosso].

Bortoli e Teruya (2017), ainda fazem a ponte entre as funcionalidades do cérebro e a aprendizagem, quando dizem que

O cérebro humano caracteriza-se como o principal órgão do encéfalo, localizado no sistema nervoso central, desempenhando o controle de atividades voluntárias e involuntárias em razão dos estímulos provenientes do meio ambiente (Relvas, 2009; Maia, 2011). As atividades complexas, como o pensamento, a memória, a emoção e a linguagem, fazem parte de suas funções (Aamodt & Wang, 2013). Nessa perspectiva, a aprendizagem pode ser definida como alterações cerebrais resultantes de experiência (Sant’Ana, 2015). Em outros termos, pode ser compreendida como o “[...] processo de aquisição de informação [...]” (Gazzaniga, 2006, p. 320). Como construtores de nosso próprio cérebro, o processo de apropriação de conhecimentos e modificação cerebral recebe o nome de plasticidade neural, sendo definida como “reorganizações de funções e estruturas do sistema nervoso, o cérebro” (Sant’Ana, 2015, p. 73).

Assim, a educação e a neurociência se aproximam e possibilitam interações que podem vir a ser um enorme campo de descobertas em favor da aprendizagem e da aquisição do conhecimento.

Oficialmente, na educação, a neurociência tem destaque no documento publicado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico/OCDE, em 2003, apontando novas perspectivas sobre a aprendizagem com base em pesquisas sobre o cérebro. A justificativa foi simples: a educação, sendo caracterizada por um processo que envolve a aprendizagem, é mediada pelas propriedades estruturais e funcionais do sistema nervoso, em especial, o cérebro. É fundamental que os professores compreendam as dinâmicas entre ambos e busquem aplicar os conceitos e práticas em suas intencionalidades pedagógicas.

6. 4 A Interação Humano Computador

Já entendemos que o avanço das tecnologias, e o seu uso no campo da educação, é um caminho sem volta. As tecnologias nascem a cada dia e não há limites para sua expansão, em todas as áreas do conhecimento. Por outro lado, nós, os humanos, buscamos compreender as dinâmicas de seu surgimento e as suas aplicações, tentando explorar o máximo possível as capacidades e recursos por elas ofertadas. A Interação Humano Computador, ou IHC, nada mais é do que um campo do conhecimento que se preocupa com o desenvolvimento otimizado da interação do homem com as máquinas, neste caso, os computadores.

De acordo com Lima (2023)

O termo interação humano-computador ou apenas IHC é um campo de estudo que se preocupa com a avaliação e implementação de sistemas interativos para o ser humano, e tenta entender como as pessoas utilizam essas tecnologias. O termo surgiu na década de 80 pelo psicólogo Donald Norman e desde então tem sido muito estudado nas áreas de ciência da computação, ergonomia e psicologia, sendo considerada uma área interdisciplinar. No Brasil, o termo começou a surgir no final dos anos 90 por pesquisadores brasileiros (Merkler et al, 1997; Almeida et al, 1998; Prates et al, 1999 e de Souza, 2000) que participaram de uma conferência de IHC conduzindo uma pesquisa de modo a consolidar uma área no país. [destaque nosso]

Ou seja, a IHC está diretamente relacionada com a forma em como o usuário interagirá com uma máquina e com que facilidade esta interação ocorrerá. Ainda em conformidade com Moreira, Melaré e Mical (s/data)

A Interação do Homem com o Computador (IHC), portanto, constitui-se em uma área da Tecnologia da Informática voltada para a compreensão das relações do homem com o computador, em seus aspectos linguístico-visuais e psicológicos, em que sempre se busca melhorar a compreensão semântica desta relação, à procura da evolução funcional dos computadores.

Importante é ressaltar que não há unanimidade entre os estudiosos sobre o momento exato em que a IHC nasceu, ou passou a ser estudada. Alguns apontam para a segunda metade dos anos de 1940 com o surgimento dos primeiros sistemas de computadores, outros dizem ser nos anos de 1980 com a popularização das interfaces gráficas de usuários. Há ainda os que defendem que o início está na criação da máquina analítica, um primeiro projeto de computador, que tinha memória e fazia ações aritméticas, nos anos de 1822. Embora a trajetória histórica não seja o objetivo central deste texto, concordamos com Carvalho (2003), quando diz que atualmente o computador está em nosso cotidiano nas mais diversas áreas, sendo impossível pensar um mundo sem obtenção de serviços, operações bancárias, compras em supermercados, uso de cartões de créditos e até o uso de objetos eletrodomésticos,

sem que estes estejam conectados com um sistema de computação. Até nas escolas, os estudantes são iniciados em conhecimentos básicos de computação desde a idade mais tenra, inclusive no manuseio de material didático, vídeos e livros digitais.

Entendendo o significado e o objetivo da Interação Humano Computador, precisamos compreender como essa interação se dá no campo do aprendizado. Cosenza e Guerra (2011) apresentam o que seria um “diálogo desejável”, entre a Educação e a Neurociência, considerando que a educação tem como foco a aprendizagem e seus processos, ou seja, o treinamento da capacidade de aprender competências – baseadas em conhecimentos, habilidades e atitudes – e solucionar problemas ou simplesmente a mudança de um comportamento. Como o aprendizado se dá no cérebro humano, parte do sistema nervoso, o conhecimento do funcionamento do cérebro é uma competência fundamental nos dias de hoje, principalmente em virtude da mediação dos processos de ensino-aprendizagem por meio de máquinas, ou computadores. Nessa perspectiva, conhecer o funcionamento do cérebro em processos de aprendizagem mediada por computadores tem sido uma demanda em evolução nos últimos dez anos. Ainda para Cosenza e Guerra,

O trabalho do educador pode ser mais significativo e eficiente quando ele conhece o funcionamento cerebral. Conhecer a organização e as funções do cérebro, os períodos receptivos, os mecanismos da linguagem, da atenção e da memória, as relações entre cognição, emoção, motivação e desempenho, as dificuldades de aprendizagem e as intervenções a elas relacionadas, contribui para o cotidiano do educador na escola, junto ao aprendiz e à sua família. [destaque nosso]

Compreendida a importante relação entre a Educação e a Neurociência, além de um conceito e o papel da IHC, faz-se necessário conhecer como é, e como funciona, o cérebro humano. Quais seriam, então, as áreas do cérebro humano que todo professor deveria conhecer? Sobre o cérebro, Cosenza e Guerra (2011), afirma ser aparte mais importante de nosso sistema nervoso, responsável pela consciência das informações que chegam aos sentidos, seu processamento, demandando dele respostas voluntárias e involuntárias, impulsionando os movimentos de nosso corpo. Os autores ainda lembram que,

Hipócrates, considerado o pai da medicina, já afirmava, há cerca de 2.300 anos, que é através do cérebro que sentimos, tristeza ou alegria, e é também por meio de seu funcionamento que somos capazes de aprender ou modificar nosso comportamento à medida que vivemos. Da mesma forma, os processos mentais, como o pensamento a atenção ou a capacidade de julgamento, são frutos do funcionamento cerebral.

É vasta a literatura que se propõe a identificar, mapear e compreender o funcionamento do cérebro humano, em especial na área da saúde, ou da Medicina, ou ainda, da Fisiologia ou Anatomia. Tratando-se de uma “máquina” complexa e o

considerando numa perspectiva de ser completo e saudável, o cérebro humano é assim composto de acordo com Lent (2010), Relvas (2009) e Rota, Ohlweiler e Riesgo (2016):

- **Córtex pré-frontal:** é responsável pelo planejamento, atenção, controle dos impulsos e tomada de decisões. É o comando central executivo do estudante e ajuda a focar, planejar e a autorregular.
- **Hipocampo:** é essencial na consolidação da memória e na aprendizagem de novos conteúdos. É ativado quando o estudante associa novas informações a conhecimentos prévios.
- **Amígdala:** é onde são processadas as emoções e influencia diretamente a atenção e a memória. Caso o estudante esteja ansioso ou com medo, a amígdala bloqueará o aprendizado.
- **Córtex Parietal:** integra informações sensoriais e espaciais e é essencial para a coordenação e raciocínio lógico. Ajuda na compreensão de noções espaciais, cálculos e escrita.
- **Córtex Temporal:** está envolvido na audição, linguagem e reconhecimento de sons e palavras. É o centro do processamento auditivo e da compreensão da fala.
- **Cerebelo:** coordena os movimentos, equilíbrio e está ligado à atenção e à memória procedural. Auxilia nas habilidades motoras finas, como escrever ou desenhar.
- **Neurônios:** são circuitos nervosos, constituídos por dezenas de bilhões de células. São responsáveis pelo processamento e transmissão de informações por meio de impulsos nervosos.
- **Sinapses:** são os locais de passagem das informações entre as células neurais.
- **Neurotransmissor:** é a substância química que viabiliza a movimentação das informações
- **Plasticidade Neural:** ou neuroplasticidade, é a capacidade do cérebro de se adaptar e reorganizar suas conexões em resposta a experiências, aprendizados ou lesões.

O conhecimento básico desses elementos – desejável e necessário – é um caminho para a uma melhor compreensão dos processos de ensino-aprendizagem, uma vez que o conhecimento do sistema nervoso e seu funcionamento pode melhorar a prática profissional do professor, com reflexos diretos no desempenho e desenvolvimento dos estudantes.

6. 5 O EEG ou Eletroencefalograma

O Eletroencefalograma, ou EEG, é uma técnica que analisa a atividade cerebral espontânea e suas funções, sendo muito conhecido por seu uso na Medicina, onde é usado para identificar condições neurológicas, lesões ou patologias. Quem passou pela vida sem fazer um “eletro”? Segundo a literatura, trata-se de uma técnica que detecta padrões e possíveis anormalidades nas ondas cerebrais, fazendo uso de eletrodos colocados no couro cabeludo. De acordo com Becker *et al* (2023)

O EEG captura a atividade elétrica do cérebro por meio de eletrodos dispostos sobre pontos específicos do crânio do usuário, de acordo com o sistema 10/20, um padrão internacionalmente seguido para o posicionamento dos eletrodos no epicrânio. Ele aponta para as partes do córtex onde se torna possível o registro das ondas cerebrais. Esse método apresenta uma boa resolução temporal, possibilitando a captura de informações em tempo real, mas com baixa resolução espacial. Nem toda informação extraída do cérebro pelo uso de EEG é relevante para os fins desejados. Se faz necessário a seleção das informações desejadas e o tratamento dos ruídos, assim como o processamento dos dados obtidos. Dessa forma, pode-se criar materiais de aprendizagem potencialmente significativos, ou, minimamente, identificar se o material utilizado está de fato sendo relacionado à estrutura cognitiva em bases substantivas e não arbitrárias.

O EEG é capaz de identificar atividades cerebrais, patológicas ou não, observadas nos picos dos potenciais de ação (*spikes*). É uma técnica não invasiva e que, nos dias de hoje, já pode ser utilizada em favor da educação em seus processos e estratégias de aprendizagem. Os estudos mais recentes sugerem a possibilidade do registro de:

- **Excitação:** estado emocional e fisiológico caracterizado pelo aumento da energia e das atividades do corpo e da mente.
- **Interesse:** atração ou curiosidade que um indivíduo sente por um assunto ou objeto, levando-o a buscar informações.
- **Estresse:** uma tensão psicológica ou física que pode gerar reações psicossomáticas ou transtornos psicológicos ou psiquiátricos.
- **Concentração:** a capacidade de se fixar em uma tarefa específica, não sendo interrompido por distrações.
- **Atenção:** a nossa capacidade de selecionar e concentrar a consciência em estímulos específicos.
- **Relaxamento:** um estado de diminuição da tensão física e mental que gera tranquilidade e alivia o estresse.

Esses registros ocorrem por meio do mapeamento das ondas cerebrais e medição de suas frequências. Mas antes de saber como funcionam as ondas cerebrais é fundamental compreender como ocorre a comunicação neuronal, lembrando que

neurônios são circuitos nervosos, constituídos por dezenas de bilhões de células. São responsáveis pelo processamento e transmissão de informações por meio de impulsos nervosos. Em geral, os neurônios se conectam entre si através de um processo chamado sinapses, que envolve a transmissão de informações por meio das substâncias químicas chamadas neurotransmissores. Este procedimento é repetido cada vez que dois neurônios se comunicam através de suas terminações (Consenza e Guerra, 2011).

As ondas cerebrais são o resultado das sinapses e consistem em impulsos elétricos de intensidades variáveis, chamadas de impulsos elétricos das ondas cerebrais e são medidas por meio de Hertz, ou simplesmente HZ. Da mesma forma, este fato denota diferenças na velocidade do processamento de informações, já que algumas ondas cerebrais podem ser mais rápidas e outras mais lentas. São cinco as ondas cerebrais:

- **Delta (0,5-4 Hz):** identificam o sono profundo, estados de inconsciência e recuperação. As ondas delta afetam muitas funções vitais que são realizadas involuntariamente, tais como a regulação da frequência cardíaca, pressão arterial, frequência respiratória ou o ciclo do sono profundo, entre outras. As ondas delta podem, portanto, estar relacionadas indiretamente com a diminuição do alerta produzido pelo corpo em situações estressantes.
- **Teta (4-8 Hz):** identificam os estados de sono, sonolência e meditação. As ondas teta promovem o relaxamento corporal e são responsáveis por intervir nos momentos anteriores ao adormecimento
- **Alfa (8-13 Hz):** identificam os estados repouso e relaxamento (atenção e percepção). Ao contrário das ondas cerebrais explicadas acima, as ondas alfa ocorrem em estados de relaxamento mental e corporal. Por esta razão, a principal função deste tipo de onda cerebral é dar avisos de tranquilidade em certas situações que o exijam. Desta forma, as ondas alfa podem ocorrer, por exemplo, em momentos de meditação ou durante atividades reativas
- **Beta (13-30 Hz):** identificam a concentração e processamento ativo. Ondas cerebrais beta ocorrem quando são feitas atividades de alto funcionamento cognitivo que requerem destrezas e habilidades específicas. Além disso, um alto foco de atenção aparece aqui, pois é necessário um alto grau de concentração por parte da pessoa. Exemplos de tais atividades poderiam ser falar em público ou fazer um discurso, entre outros.
- **Gama (>30 Hz):** identificam a integração sensorial e estados de alta cognição. As ondas gama estão associadas à percepção de estímulos durante os estados de consciência, pois nestes casos a possibilidade de focalizar a atenção é maior do que em outras situações. Por sua vez, este tipo de onda cerebral permite o processamento de informações ligadas a tarefas de considerável demanda cognitiva.

Uma análise mais aprofundada e técnica sobre EEG e ondas neurais está no

6.6 O Eye-tracking

O rastreamento ocular (*eye-tracking*, no inglês) é uma técnica utilizada para coletar dados manifestos por meio dos movimentos dos olhos. São utilizados em pesquisas que investigam o comportamento humano e aspectos de como as pessoas percebem os estímulos visuais. Dessa forma, os locais de percepção visual, em determinadas direções, podem ser usados para inferir alvos de atenção, foco e padrões de olhar que sugerem a estratégia do observador com o objetivo de solucionar ou resolver problemas. (Soares Júnior, Sato, Oku, e Barreto, 2023). De acordo com Barreto (2012),

o conceito de *eye-tracking* refere-se a um conjunto de tecnologias que permite medir e registrar os movimentos oculares de um indivíduo perante a amostragem de um estímulo em ambiente real ou controlado, determinando, deste modo, em que áreas fixa a sua atenção (volume de fixações visuais gerado), por quanto tempo e que ordem segue na sua exploração visual (existência de eventuais padrões de comportamento visual).

Barreto ainda afirma que o uso do *Eye Tracking* remonta ao final do século XIX, quando se deram os primeiros estudos sobre o movimento ocular por observação direta, realizados pelo oftalmologista francês Louis Émile Javal. Além da observação da córnea os estudos envolviam o contato direto com a córnea, tornando-os invasivos e doloridos. Apenas em 1901, Dodge e Cline desenvolveram a primeira técnica de Eye Tracking precisa e não invasiva, aplicando luz refletida na córnea. Em 1930 o surgem os primeiros equipamentos *Eye Tracking* com lentes de contacto.

Esse conjunto de tecnologias e técnicas de rastreamento ocular vem sendo utilizada em diversas áreas de pesquisa, incluindo temas relacionados ao campo da educação, gerando um grande esforço de trabalho por equipes multidisciplinares de diversas áreas do conhecimento, da pesquisa científica e dos setores produtivos, para promover debates e orientações sobre como o *Eye Tracking* pode ser uma ferramenta tecnológica de auxílio no processo de ensino-aprendizagem quando é aplicado de forma eficiente em seu benefício.

Embora algumas descobertas interessantes tenham sido feitas ao longo dos tempos, a pesquisa com o sistema de rastreamento ocular, ainda não trouxe respostas indiscutíveis e elucidações de como o *eye-tracking* pode ser utilizado nas escolas. Um dos principais impedimentos é o seu alto custo de implementação.

Se voltarmos a Becker *et al.* (2023), podemos compreender a amplitude do seu uso e de suas possibilidades para os diversos setores, da economia à educação, da saúde a publicidade:

A tecnologia de Eye Tracking é bem conhecida e utilizada em diversas áreas do conhecimento, tais como pesquisas de usabilidade, marketing, experimentos da psicologia cognitiva ou como entretenimento, em jogos. Seu funcionamento se baseia na detecção do movimento dos olhos de um usuário durante a interação. Isso pode ser feito através de diferentes ferramentas: webcams, câmeras infravermelhas, displays montados na cabeça. Os dados coletados podem fornecer informações relevantes sobre os usuários, como a sua atenção em um determinado objeto na tela, por exemplo (FARNSWORTHHUTT et al, 2023; BLASCHECK et. Al, 2014; FARNSWORTH, 2020).

O Eye Tracking é uma técnica de grande amplitude tecnológica, e com alguma dificuldade para a aplicação e interpretação. Mas, mesmo assim, é fácil a compreensão de alguns pontos: o primeiro é o de que ao mapear o olhar do usuário, os pontos específicos que o usuário olhou são denominados “*gaze point*.”, ou pontos específicos da imagem. E assim, um conjunto de gaze points agrupados em um determinado espaço em um período é chamado de “fixação”, conforme Berridge e Winkielman, 2023 *apud* Becker et al., 2023. E é exatamente nessa região onde ocorrem os principais processos cognitivos do usuário, como compreensão e memória.

O segundo aspecto, de fácil compreensão, é o de que o movimento rápido realizado entre as áreas de “fixação” é chamado de “*saccade*”. Durante a sua ocorrência, o que corresponde aproximadamente entre 30 e 80 ms (milissegundos), a informação visual é suprimida. Dessa forma, um conjunto de “fixações” pode ser agrupado por proximidade em uma “*gaze*”, que por sua vez se organiza em “áreas de interesse” (AOI), ainda em diálogo com os mesmos autores. Um terceiro aspecto, é o de que o tempo gasto em cada AOI (“*dwell time*”) pode ser um fator que definirá o interesse do usuário em determinado estímulo apresentado na tela, e um tempo maior gasto pode significar um maior nível de interesse. Finalmente, uma forma de observar esse fenômeno é por meio de mapas de calor (heatmaps), que apresentarão na tela os pontos que chamaram a atenção do usuário, de acordo com Boksem e Smidts, 2015 *apud* Becker et al., 2023.

O uso do *Eye Tracking* na educação pode favorecer uma maior e melhor compreensão dos processos de ensino e aprendizagem, uma vez que, é possível gerar um mapeamento diagnóstico sobre a percepção do estudante sobre estímulos visuais, suas preferências, os processos emocionais e cognitivos envolvidos no ato do consumo da informação obtida por meio de telas. O uso do EEG e do Eye Tracking podem medir o engajamento do estudante. Considerando-se a aplicação do Design Instrucional na produção de objetos de aprendizagem ou recursos educacionais abertos, ou ainda, cursos a distância, uma aprendizagem potencialmente significativa poderia ser aferida.

6. 7 O Design Instrucional estratégico para a aprendizagem

O Design Instrucional, ou DI, é tido como a ação intencional e sistemática de ensino, que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a utilização de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas, a fim de facilitar a aprendizagem humana a partir dos princípios de aprendizagem e instrução conhecidos. Também é conhecido como Design ou Desenho Educacional, Pedagógico ou Didático e contempla em sua dinâmica os conceitos de teoria, produto e processo. É teoria quando se ancora e dialoga com três grandes áreas fundamentais ao seu desenvolvimento: as ciências humanas, as ciências da informação e as ciências da administração. É produto quando se apresenta nas formas de livros, *podcasts*, jogos, infografias, vídeos, objetos de aprendizagem e recursos educacionais abertos, dentre outros centenas e milhares. E, finalmente, é processo por conter um conjunto de atividades hierarquicamente desenvolvidas com princípio, meio e fim para a sua realização (Filatro e Cairo, 2015).

Nascido e desenvolvido a partir dos anos 40, surgiu na Segunda Guerra Mundial com o objetivo de treinar de forma rápida e assertiva militares americanos que deveriam manejar armamentos sofisticados e complexas em situação de guerra. Em alguns casos, as mesmas armas deveriam ser finalizadas em sua montagem por meio de manuais de instrução, uma vez que seguiam para os *fronts* desmontadas e em caixotes de madeira. Profissionais da saúde mental e educadores foram os responsáveis pelo planejamento, desenvolvimento e entrega de materiais para o treinamento militar, iniciando a longa trajetória da produção de materiais didáticos para o ensino presencial, ou a distância, e que até hoje acompanha a expansão das TICs e as tecnologias educacionais.

Em atendimento às necessidades da área educacional, com forte representatividade em treinamento e desenvolvimento de pessoas, o DI apresenta-se em três modelos adequando-se, desta forma, às especificidades requeridas na sua aplicação. A organização dos modelos se dá pela necessidade de atendimento de contextos diversos com soluções educacionais diversas. O primeiro é o modelo de Design Instrucional Fixo, caracterizado principalmente por ter separadas as fases de concepção (análise, design e desenvolvimento) da fase de execução (implementação). Está mais alinhado com a produção em grande escala e para a educação em massa. O segundo modelo é o de Design Instrucional Aberto, envolvendo processos mais artesanais e durante o desenvolvimento da proposta, sendo absolutamente possível a interação docente-alunos e alunos-alunos.

Finalmente, o terceiro modelo, o de Design Instrucional Contextualizado é o modelo que mais busca o equilíbrio entre a autonomia dos processos de planejamento e a personalização e contextualização da situação didática.

Operacionalmente, na perspectiva do desenvolvimento e da produção de

artefatos digitais, e em meio a diversos modelos sistêmicos conhecidos, encontra-se o Instructional System Design (ISD), também conhecido como ADDIE, um acrônimo para os seus componentes na língua inglesa e que compreende cinco fases: 1) análise; 2) desenho; 3) desenvolvimento; 4) implementação e 5) avaliação. A sigla ADDIE, tradicionalmente aplicada, refere-se às fases de acordo com a língua inglesa: *Analysis, Design, Development, Implementation e Evaluation* (Filatro e Cairo, 2015; Gomes, 2024 e Filatro, 2023). Como já dito anteriormente, trata-se de um modelo muito utilizado na produção de Design Instrucional, originado em estratégia militar de planejamento. De acordo com Bates (2016), inúmeros autores escreveram sobre o Modelo ADDIE, mas as 5 etapas procedimentais metodológicas permanecem as mesmas desde os anos 1950, conforme seguem:

- **Analysis** – ou Analisar – requer a identificação das variáveis que devem ser consideradas e apreciadas ao realizar o design de um curso, ou de um objeto de aprendizagem, como características dos alunos, seus conhecimentos prévios, os recursos disponíveis etc. Este estágio é similar à descrição de um ambiente de aprendizagem, ou um diagnóstico prévio, ou ainda uma análise de conjuntura;
- **Design** – ou Desenhar – é o estágio ou fase em que se procura identificar e definir os objetivos de aprendizagem para o curso, ou objeto de aprendizagem, assim como a escolha de recursos humanos e operacionais, além dos materiais ou artefatos que serão criados e planejados interna ou externamente;
- **Development** – ou Desenvolver – é o momento de criação de conteúdo, desenvolvido internamente ou terceirizado, obtenção de direitos autorais de materiais de terceiros, carregamento de conteúdos em um Website ou AVA, ou seja, é a máquina em funcionamento da produção;
- **Implemenatation** – ou Implementar – é o momento de implementação do curso, ou testagem prévia do objeto de aprendizagem, incluindo treinamentos e/ou instruções para o grupo de apoio aos professores e alunos e a definição e formas de avaliação; e,
- **Evaluation** – ou Avaliar – o momento final de feedback e de coleta de dados para fins de identificação das áreas que necessitam de melhorias. Esses dados alimentarão mudanças no design, desenvolvimento e implementação da próxima fase do curso ou da produção do objeto de aprendizagem.

A Aprendizagem Significativa dialoga com o Design Instrucional na medida em que seus princípios alicerçam a construção ativa do conhecimento pelo aprendiz. Trata-se de uma teoria proposta pelo Psicólogo Americano David Ausubel e que de forma simplificada valoriza e evoca tudo aquilo que o aprendiz já sabe, ou já apreendeu, gerando por associação um aprendizado significativo, diferente do aprendizado mecânico, ou superficial, que por meio da memorização não favorece a compreensão real do conteúdo (Melo e Silva *et al.*, 2023 e Moreira, 2011).

Nos processos de ensino a Aprendizagem Significativa pode ser aferida por meio do acompanhamento do aprendizado do aprendiz, fazendo-se uso de uma infinidade de estratégias de acompanhamento e avaliação. No ensino presencial a observação direta se dá através de uma simples verificação ou olhar, onde a atenção ou desatenção do aprendiz pode ser detectada. No ensino a distância, em especial nas aulas remotas síncronas, o desafio é maior dado o afastamento do professor do aprendiz.

A necessidade de aferição de resultados efetivos no campo da educação tem mobilizado estudos em Neurociência, Neuroeducação ou Neurodidática (Silva, 2021) e suas dinâmicas e relações com a aprendizagem. Neste contexto o uso das tecnologias de EEG e Eye Tracking tem sido utilizada com o propósito de melhor analisar a dinâmica do olhar do estudante em condição de aprendizado mediado por computador.

6. 8 Como chegamos até aqui?

Por tratar-se de uma pesquisa em situação de Estágio Pós-Doutorado, levando-se em consideração as demandas de ações de ensino, pesquisa e extensão envolvidas, e ainda, com a culminância do desenvolvimento de um artefato ou Produto Técnico Tecnológico/PTT, com o objetivo de levantar, e trazer para o mundo real do educador, os conceitos e possibilidades de aplicação da Interação Humano Computador, do EEG, do Eye Tracking e do Design Instrucional, colocando-os no espaço-tempo da docência, seja ela no ensino fundamental, médio ou superior, estruturamos nosso modus operandi a partir dos seguintes movimentos: o primeiro movimento foi o da caracterização inicial do estudo. É um experimento na área das Ciências Humanas, de pesquisa aplicada por ser “voltada a aquisição de conhecimentos com vistas a aplicação numa situação específica” (Gil, 2016; de abordagem no método qualitativo por “ter o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental” (Godoy, 1995, *apud* Almeida, 2019) e “uma vez que se volta à subjetividade dos sujeitos (ou objetos) estudados e é operacionalizado de forma mais indutiva, objetivando a construção de teorias (estratégias de pesquisa construtivistas)” como afirma Sordi (2017); com objetivos exploratórios por possibilitar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito (Gil, 2016). Finalmente, consideramos o paradigma para a geração de conhecimento Construtivista (Sordi, 2017) e um processo de seleção de participantes realizada com a identificação dos potenciais participantes, a determinação do número de participantes, a seleção dos participantes e o refinamento da amostra (Gil, 2025).

O segundo movimento está relacionado com a escolha da aplicação do *Design Science Research* (DSR), como modelo metodológico, que segundo Becker *et al.* (2023) “é uma abordagem de pesquisa qualitativa em que o objeto de estudo é o processo de design”, processo metodológico esse, “que legitima o desenvolvimento de artefatos

orientados à resolução de problemas como uma maneira importante de produzir conhecimento científico e tecnológico. Os estágios consistem na identificação e definição de classes de problemas, no desenvolvimento de artefatos para transformar situações e na alteração de suas condições iniciais para condições satisfatórias ou desejáveis”. O artefato será um E-Book. De forma resumida, a DSR possui seis atividades, conforme Becker (2023):

- **Identificação e motivação de problemas:** conforme descrito anteriormente, as bases de dados e a literatura atual não integram a Interação Humano Computador, o EEG, o Eye Tracking com o Design Instrucional.
- **Definição dos objetivos de uma solução:** Usando uma Interface Cérebro Máquina (ICC) baseada em EEG, pretende-se identificar momentos de apego e emoções positivas, relacionar esses momentos com o conteúdo das aulas, criar um perfil do usuário, e fundamentar novas didáticas para o educador. Também pretende-se identificar momentos de tédio e evitar aulas com características semelhantes.
- **Design e desenvolvimento:** De forma resumida, um headset EEG coleta os dados das ondas neurais, junto com um Eye Tracking baseado na webcam do computador. Os dados são trabalhados e enviados para um software próprio desenvolvido em Python, com visualização na web. A partir desta arquitetura, pretende-se mapear os pontos positivos e negativos das aulas.
- **Demonstração:** essa etapa consiste na apresentação do sistema para os usuários, que, utilizando o headset EEG e após a calibração do Eye Tracking, assistem as aulas. Até o momento foram feitas demonstrações baseadas em aulas remotas, comparando diferentes abordagens didáticas e conteúdos. Os heatsets utilizados foram Insight/Emotiv e OpenBCI.
- **Avaliação:** nesta etapa, pretende-se avaliar a acurácia da leitura dos padrões neurais e da análise das aulas. As avaliações iniciais, feitas a partir da visualização de aulas remotas, indicam que é possível mapear momentos de atenção e interesse a partir dos padrões neurais, e fornecer essas informações para os professores.
- **Comunicação:** finalmente, a última etapa da DSR prevê a redação de artigos para publicação com congressos e periódicos.

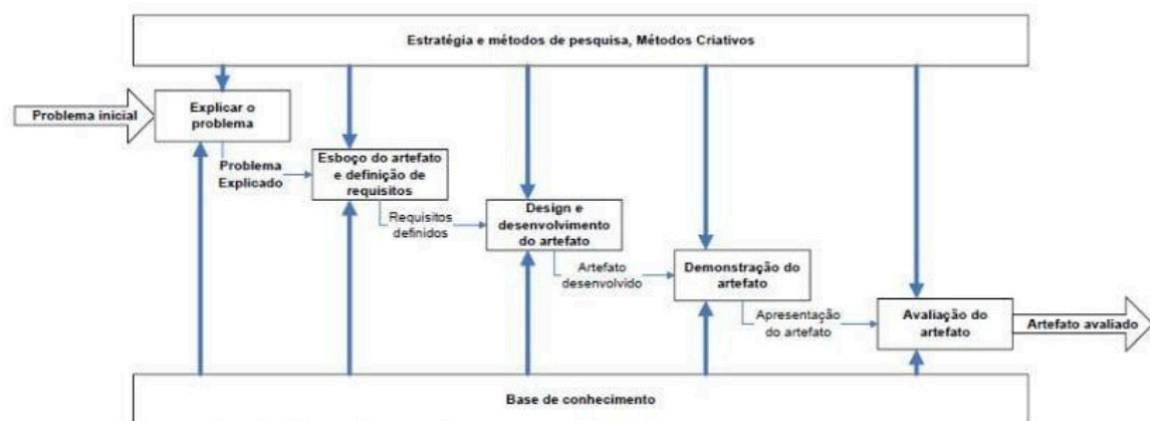
As etapas das DSR são iterativas, e para garantir as entregas dentro dos prazos, métodos ágeis são utilizados no desenvolvimento, demonstração e avaliação. Entretanto, Sposito et al. (2022) afirma que:

Os estudos de Oyelere et al. (2018) e Carstensen & Bernhard (2019) apresentaram propostas de fluxos de pesquisa DSR que podem ser aplicados no âmbito educacional. Oyelere et al. (2018) recomendam cinco atividades de aplicação da DSR, sendo elas as de explicar o problema, delinear o

artefato e definir requisitos, projetar e desenvolver o artefato, demonstrar o artefato e avaliar o artefato. Os autores se valeram dessa estrutura para o desenvolvimento de um aplicativo de aprendizagem com celulares, em um estudo cujos resultados sugerem que há possibilidade de melhora no desempenho dos alunos (Oyelere et al., 2018).

Considero a figura abaixo – que representa a proposta de Oyelere et al. (2018) apud Sposito *et al.* (2022) – como possível de aplicação neste estudo:

Figura 1: Fluxo DSR – Aprendizagem Móvel



Fonte: Sposito, Lincoln (2022)

O problema inicial seria então estudado e explicitado, gerando o rascunho do artefato – inicialmente um Flip-book ou um E-book – que será demonstrado e aplicado a usuários, passando por procedimentos de avaliação e validação. Todo o processo sustentado por uma fundamentação teórica pertinente e por meio de estratégias criativas de aplicação.

O terceiro movimento deste estudo será o de finalização do Flip-book ou E-book, com o objetivo de socializar de forma criativa os resultados e suas possíveis aplicações. Em total conformidade com Filatro (2015), farei uso do protocolo de roteirização, considerando que a roteirização “equivale a transformação do texto-base elaborado pelo autor, ou de um conteúdo preexistente, em uma espécie de guia de produção de mídia”. Para a produção considerarei a “Estrutura mínima para um guia de apoio ao docente” (Filatro, 2015):

1. Introdução ou visão geral;
2. Organizador gráfico ou Mapa Conceitual;
3. Objetivos e aprendizagem e questões centrais;
4. Conexões com outros recursos (ou outras unidades de estudo);
5. Sugestões de estratégias de ensino, informação complementar ou questões

- para discussão em sala de aula presencial ou ambiente virtual;
6. Sugestões de atividades de aprendizagem, experimentos, visitas técnicas, demonstrações;
 7. Chaves de respostas e critérios de acompanhamento e avaliação para qualquer questão ou desafio presente no conteúdo;
 8. Orientações para tutoria no caso de ações a distância;
 9. Sugestões de atividades para estudo independente;
 10. Referências adicionais, sites comentados e outros recursos de interesse.

Considerando as contribuições metodológicas de Becker (2023), Oyelere *et al.* (2018) *apud* Sposito *et al.* (2022) e Filatro (2015), e, ainda, as dinâmicas do Modelo ADDIE de produção de artefatos educacionais, entendemos que para um correto desenvolvimento da pesquisa, é necessária a aplicação de um registro sistemático dos experimentos, etapa por etapa, para que se consolide ao final um modelo fiel ao que efetivamente ocorreu. A criação em Design Instrucional é um campo aberto para a produção, o que não a torna livre de procedimentos, mas nos permitiria melhor dialogar com a literatura, sem fugir das possibilidades inventivas. Finalmente, o último movimento, não menos importante, será o da expansão dos resultados obtidos por meio de atividades de extensão como minicursos ou palestras.

6.9 Considerações (quase) finais

A educação aproximou-se das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) num caminho sem volta. Embora não haja receitas milagrosas por ser a educação simples, mas difícil, simples, mas complexa, seu sistema de produção – educadores, pais, sociedade civil organizada e estudantes – precisam se mobilizar para buscar soluções simples para o ato de educar. É possível e necessária a construção coletiva de uma educação inovadora e integradora, que promova o conhecimento, o autoconhecimento e a autoestima dos envolvidos, favorecendo a maturação de estudantes cidadãos com conhecimento de seus potenciais.

A relação entre a Educação e as Neurociências já nos colocaram em 2050. Como a educação é caracterizada por processos de aprendizagem, é mediada pelo sistema nervoso e em especial, o cérebro. Embora áreas autônomas, possuem interfaces comuns, dessa feita, a aproximação entre as áreas está num vir a ser da garantia de efetividades de “comprovações científicas” de evidências. Nesse cenário, uma educação com foco na inovação deverá patrocinar mais aproximações entre a Neurociência e a Educação, dando espaço a “Neuroeducações e Neurodidáticas” (Silva, 2021).

As dinâmicas entre a Interação Humano Computador, as tecnologias de EEG e *Eye Tracking* e o Design Instrucional já são uma realidade. O desenvolvimento e a

produção de Objetos de Aprendizagem, Recursos Educacionais Abertos ou Cursos a Distância já estão sendo realizadas a partir de análises por meio de estudos de IHC com o uso do EGG e do *Eye Tracking*. Urge nos meios acadêmicos a expansão e a divulgação de conceitos e práticas, garantindo-se a popularização dos conhecimentos e aproximando-os dos professores das Redes Municipal e Estadual. Os conhecimentos científicos e neurocientíficos estão cada vez mais próximos dos educadores e já sinalizam uma profícua harmonia entre a Neurociência e a Educação.

Infelizmente, ainda é um fator limitante, a falta de recursos e o desinteresse do poder público em viabilizar a implementação dessas tecnologias nas escolas do Brasil. Ter apenas Internet e Laboratórios de Computação não dão mais conta das demandas por estudos e pesquisas nas escolas, clubes e ciências e institutos de educação do país.

Referências

ALMEIDA, Mário de Souza. Elaboração de Projeto, TCC, Dissertação e Tese. Uma abordagem simples, prática e objetiva. 2ª edição. 4ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2019.

BARRETO, Ana Margarida. Eye Tracking como Método de Investigação Aplicado às Ciências da Comunicação In: Revista Comunicando, v.1, n.1, Dezembro, 2012.

BARROS, José D'Assunção. A trama Polifônica das grandes Revoluções Tecnológicas – da revolução agrícola às revoluções industriais e à revolução digital In: Revista Matemática, Ensino e Cultura. e-ISSN: 2675-1909 | ISSN: 1980-3141 N. 44, e2023002 10.37084/REMATEC.1980-3141.2023.n44.pe2023002.id505. 2023

BATES, A. W. (Tony). Educar na era digital: design, ensino e aprendizagem. São Paulo: Artesanato Educacional, 2016.

BECKER, Valdecir, CAVALCANTI, Daniel, MELO, Felipe e CASTRO, Signe. Mapeando a atenção do aluno a distância com EEG e Eye Tracking. Sánchez, J. Editor. Nuevas Ideas In: Informática Educativa, Volumen 17, p. 85-94. Santiago de Chile, 2023.

BORTOLI, Bruno de e TERUYA, Teresa Kazuko. Neurociência e Educação: os percalços e possibilidades de um caminho em construção In: Imagens da Educação, v. 7, n. 1, p. 70-77, 2017.

CARVALHO, José Oscar Fontanini de. O papel da Interação Humano Computador na Inclusão Digital In: Transformação. Campinas, 15 (Edição Especial): 75-89, set-dez,

2023.

CURSINO, André Geral. Tecnologias na Educação: contribuições para uma Aprendizagem Significativa. 1ª ed., Curitiba: Appris, 2019.

FILATRO, Andréa e CAIRO, Sabrina. Produção de Conteúdos Educacionais. São Paulo: Saraiva, 2015.

_____. Design Instrucional para Professores. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2023.

GIL, Antônio Carlos. Pesquisa Qualitativa Básica. Petrópolis, RJ: Vozes, 2025.

GOMES, Apuema Vieira et all. Definição de um Design Instrucional e sua aplicação sobre prevenção de golpes na Internet para pessoa idosa. Sánchez, J. Editor. Nuevas Ideas In: Informática Educativa, Volumen 18, p. 184-189. Santiago de Chile. 2024.

LENT, Roberto. Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de neurociências. 2ª ed., São Paulo: Ed. Ateneu, 2010.

LIMA, Nadja Karla Araújo de Fundamentos da IHC: um estudo da evolução das interfaces de interação e suas perspectivas para o futuro In: Handbook de pesquisas em interação e mídia: perspectivas sobre o estado da arte [recurso eletrônico] / Valdecir Becker, João Marcelo Alves Macedo (organizadores). Dados eletrônicos, João Pessoa: Editora UFPB, 2023.

MELO E SILVA, Signe D. C. de; CAVALCANTI, Daniel; BECKER, Valdecir. Potencial do EEG e do Eye Tracking na Educação a Distância sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa – Revisão Bibliográfica e Aproximações Conceituais In: 8º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa. ANAIS de Evento Revista ENAS| ISSN: 2237-0129. 2023.

MORAN, José Manuel, MAETTO, Marcos T. e BEHRENS, Marilda Aparecida. Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica. 21ª edição revista e atualizada. São Paulo: Papirus, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Neilson S., MELARÉ, Angelina e MICAL, Danilo L. C. A Interação do Homem com o Computador (IHC): Análise dos preceitos semióticos e psicológicos como instrumentos para a compreensão e estruturação de Interfaces Homem-Computador

In: A Interação Do Homem Com o Computador | PDF, s/data, [Scrib].

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. OCDE. Compreendendo o cérebro: rumo a uma nova ciência do aprendizado. São Paulo: Senac.

RELVAS, Marta Pires. Neurociência e educação: potencialidades dos gêneros humanos na sala de aulas. Rio de Janeiro: WAK Ed. 2009.

ROTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Ligia; RIESGO, Rudimar dos Santos (Organizadores). Transtornos de Aprendizagem: abordagem neuropsicológica e multidisciplinar. 2ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2016.

SALEMA, Vítor Felício, RODRIGUEZ, Carla Lopes e SATO, João Ricardo. Eye-tracking aplicado a recursos pedagógicos visuais e multimídia: um mapeamento sistemático In: VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2019), Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019). DOI: 10.5753/cbie.sbie.2019.1780.

SILVA, Fábio Eduardo. Neurociência e aprendizagem: uma aventura por trilhas da neuroeducação. Curitiba: Intersaberes, 2021.

SOARES JÚNIOR, Raimundo da Silva, SATO, João Ricardo, OKU, Amanda Yumi Ambriola e BARRETO, Candida. Eye Tracking e educação: aplicando o sistema de rastreamento ocular para revelar a aprendizagem de alunos e potencializar o ensino de Matemática In: Neurociência e educação matemática em diálogo para as múltiplas aprendizagens e a divulgação científica no Seridó/RN. Organizadores: Lautenschlager, Etienne; Silva, Jammerson Yuri da; Pereira, Verônica Medeiros. - Campinas: Cognoscere, 2024. 140 f.

SORDI, José Osvaldo de. Desenvolvimento de Projeto de Pesquisa. São Paulo: Saraiva, 2017.

SPOSITO, Lincoln; ENOBE, Elisabete Casimira; LIMA, Alexsandra Aparecida de; LIMA, Edmilson de Oliveira. Design Science Research: um estudo sobre o ensino do método In: XII EGEPE Online. Ecossistema Empreendedor e Desenvolvimento Regional – Conectando com o futuro. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/362344679>, 2022.

7

Eye Tracking e IHC: da teoria à prática

Larissa de Carvalho Donato

7.1 Introdução

A Interação Humano-Computador (IHC) é um campo de estudo interdisciplinar dedicado à compreensão e investigação dos processos, técnicas e tecnologias que possibilitam a melhoria da comunicação e experiência entre os usuários e os sistemas computacionais existentes (DIX *et al.*, 2020). Diante disso, a visão humana destaca-se como uma das principais formas de interação, fazendo parte da análise e execução final de uma ação por meio da obtenção e processamento de informações pelo usuário. Com a crescente demanda por essas informações em pesquisas das mais diversas áreas, o rastreamento ocular, ou eye tracking, surge como uma ferramenta não intrusiva que permite a análise direta e empírica da atenção visual de uma pessoa, registrando onde e por quanto tempo ela direciona o olhar para a tela, oferecendo uma janela para afirmações e estudos sobre os processos cognitivos que sustentam a interação com interfaces digitais.

Essa tecnologia, cuja história remonta a dispositivos invasivos logo no início do século XX e evoluiu para os sistemas computadorizados e vestíveis atuais – a serem mais explorados nas páginas subsequentes –, tem seu uso em pesquisas de IHC validado e sustentado por meio da “hipótese do olho-mente” (*eye-mind hypothesis*), a qual sugere uma relação direta entre a região em que o olhar está fixado e o foco da atenção cognitiva (JUST; CARPENTER, 1980). Mesmo que, na literatura, existam exceções para tais casos, evidências recentes confirmam essa hipótese em atividades que sejam relacionadas à absorção e processamento de informações visuais, tais como leitura, navegação em interfaces digitais e consumo de conteúdos audiovisuais (ZHANG *et al.*, 2022). A captação e análise de métricas como pontos de fixação (*fixations*), movimentos sacádicos (*saccades*) e tempo de permanência em Áreas de Interesse (*Areas of Interest* - AOIs) permite averiguar dinamicamente o direcionamento da atenção do usuário e a sua interação com a interface apresentada (MARTINS; SOUSA, 2020).

Por mais que possua um grande potencial, a aplicação efetiva de sistemas de eye tracking em pesquisas enfrenta desafios práticos significativos. O custo elevado de equipamentos que podem coletar as informações necessárias, bem como as limitações existentes em softwares comerciais gratuitos, representam barreiras consideráveis em contextos e projetos acadêmicos com recursos reduzidos. Diante disso, tal cenário

motivou o desenvolvimento de soluções acessíveis e de código aberto, que utilizam webcams tradicionais para realizar o rastreamento ocular, a fim de disseminar e possibilitar o amplo acesso dessa ferramenta (GONÇALVES *et al.*, 2023).

O presente trabalho insere-se nessa iniciativa. Diante da relevância teórica e prática do rastreamento ocular para a IHC, este capítulo possui como objetivo principal explorar alguns dos fundamentos dessa tecnologia. Serão abordadas a sua evolução histórica, os conceitos-chave que sustentam a sua aplicação, as principais métricas utilizadas na análise da atenção visual (tais como fixações e sacadas) e as formas mais comuns de visualização de dados, como os mapas de calor. Também serão discutidas as aplicações gerais do *eye tracking* em pesquisas de usabilidade e interação.

Como ilustração para aplicação desses conceitos e superação dos desafios relacionados à acessibilidade, será apresentado, em seções posteriores, o desenvolvimento de um sistema funcional de rastreamento ocular de baixo custo, que opera por meio de uma webcam padrão. Este estudo de caso, conduzido mediante a metodologia Design Science Research, detalhará a construção do artefato e os resultados preliminares obtidos, servindo como um exemplo prático das potencialidades e dos desafios que podem ser encontrados no desenvolvimento de ferramentas de *eye tracking* mais democráticas e acessíveis.

Nas seguintes seções serão aprofundados os fundamentos teóricos e métricas do rastreamento ocular, além de detalhar a metodologia de desenvolvimento do sistema exemplo, apresentando suas características e funcionalidades, e discutir implicações e trabalhos futuros relacionados a essa área da IHC.

7. 2 Breve histórico do eye tracking

As informações apresentadas nesta seção são baseadas nas publicações de Duchowski (2017), Jacob e Karn (2003) e nos relatos históricos de Ribeiro e Braga (2014) e Poole e Ball (2006), os quais descrevem a evolução dos métodos de rastreamento ocular desde o seu início.

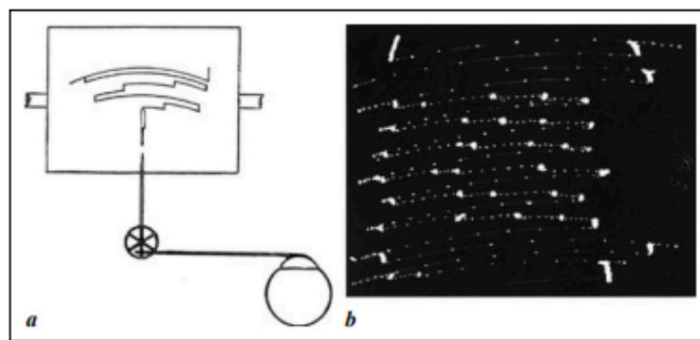
A vontade de seguir o olhar humano não é recente. Os primeiros estudos relacionados ao rastreamento ocular possuem registros ainda no final do século XIX, tendo como principal foco entender os padrões de leitura. Existia, naquela época, a crença de que os olhos varriam uma página suavemente durante a leitura, porém as primeiras observações realizadas mostraram que esse percurso acontecia por meio de uma série de “saltos” (hops) e “pausas” (fixations).

O psicólogo francês Louis Émile Javal foi um pioneiro notável, sendo o primeiro a descrever os movimentos rápidos de leitura como “jerks” (arrancos). Por volta dos anos 1878 ele utilizou de espelhos para observar os olhos das pessoas enquanto liam

e, para contar os saltos rápidos realizados pelo olho, cunhados pelo psicólogo com o termo “sacada” (do francês saccade), chegou a colocar um microfone na pálpebra fechada do leitor para ouvir o movimento do globo ocular.

As tentativas iniciais de gravar e estudar os movimentos do olho foram, inevitavelmente, extremamente invasivas. Por volta de 1898, os pesquisadores Delabarre e Huey desenvolveram métodos mecânicos que envolviam fixar um tipo de “chapéu” com uma pequena alavanca, ambos moldados em gesso, diretamente na córnea do participante. Essa ferramenta, por sua vez, era responsável por desenhar movimentos horizontais do olho em uma superfície rotativa coberta de fuligem (Figura 1). Embora funcionais para a época, esses métodos eram desconfortáveis e prejudiciais para os usuários.

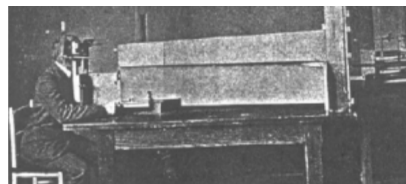
Figura 1: Dispositivo usado por Huey para capturar o movimento do olho.



Fonte: Leigh e Zee (2015).

Pouco tempo depois, no início do século XX, começaram a surgir métodos menos invasivos. Dodge e Cline, em 1901, criaram um aparelho que utilizava do reflexo da luz na córnea para registrar a posição horizontal do olho em placas fotográficas, proporcionando um registro mais objetivo e contínuo do movimento ocular. Essa mudança de método eliminou o contato físico com os instrumentos e, portanto, o desconforto, mas possuía limitações: apenas registrava o movimento horizontal e exigia a imobilidade da cabeça do participante (Figura 2).

Figura 2: Instrumento utilizado por Dodge e Cline.



Fonte: Thite; Brown, 2014.

Já em 1905, Charles Judd, McAllister e Steel aplicaram a fotografia com filme como forma de gravar o movimento dos olhos em duas direções. Por meio de um pequeno material branco inserido nos olhos do participante, ao invés de refletir uma luz diretamente na córnea, eles foram capazes de registrar essa movimentação e, com isso, deram início à análise da movimentação ocular frame-por-frame. Os próximos anos do século XX foram caracterizados pelo aprimoramento dos sistemas de *eye tracking* por meio da combinação de técnicas como a reflexão de córnea e variadas formas de captura de movimento.

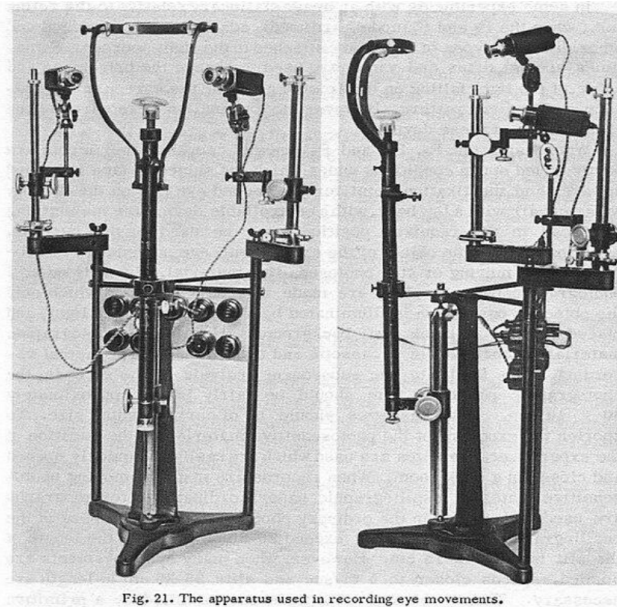
Em 1930, Miles Tinker aplicou técnicas de fotografia para estudar o movimento ocular. Ele utilizou de variações de tipo de letra, tamanho da impressão, layout da página e outras para analisar quais os efeitos disso nos padrões de leitura. No ano de 1935, o olhar passou a ser estudado não apenas para a leitura, mas como algo relacionado aos processos cognitivos e hábitos humanos.

A primeira possibilidade de processamento em tempo real dos dados obtidos com o rastreamento ocular veio com Jung, em 1939, ao utilizar da eletro-oculografia (EOG) em seus estudos. O psicanalista aplicou eletrodos na pele próxima dos olhos do participante e, com isso, foi capaz de medir e registrar os movimentos oculares nas direções horizontal e vertical, capturando-os como sinais elétricos. O processamento em tempo real era hipotético, pois apenas a gravação em tempo real era possível, não a análise imediata dos dados.

O uso de câmeras cinematográficas para rastreamento ocular se deu em 1947, com Paul Fitts e seus colegas, onde eles utilizaram desse recurso para estudar o movimento dos olhos de um piloto com o sistema da cabine de controle e outros instrumentos durante o pouso do avião. Um ano depois, em 1948, Hartridge e Thompson inventaram o primeiro eye tracker que era montado na cabeça, o que reduziu a limitação de movimentos da cabeça que os participantes deveriam passar durante as análises.

Após diferentes progressos, o psicólogo russo Yarbus utilizou, em 1967, de uma técnica mais refinada, porém também invasiva. Esta técnica envolvia anexar um pequeno espelho a uma lente de contato especial, que era mantida no lugar por sucção (Figura 3). Com suas análises, Yarbus demonstrou que o padrão do olhar depende também da tarefa: se nos pedem para descrever uma cena ou buscar um objeto nela, olhamos diferente.

Figura 3: Aparelho utilizado por Yarbus.



Fonte: Yarbus, 1962.

A ascensão do *eye tracking* ocorreu por volta dos anos 70, resultando no desenvolvimento de teorias como a hipótese olho-mente e melhorias técnicas para garantir acurácia e precisão dos dados obtidos por meio de rastreadores menos ou nada intrusivos. Em 1980, os computadores mostraram-se rápidos o suficiente para processar os dados do olhar em tempo real.

Na atualidade, os sistemas de rastreamento mais comuns são baseados em vídeo. Eles são, em quase todos os casos, não intrusivos e usam luz infravermelha ou quase infravermelha, a qual cria pequenos reflexos em diferentes superfícies do olho – as imagens de Purkinje. Esse uso, por sua vez, levou ao desenvolvimento do método PCCR (Pupil Centre–Corneal Reflection), que funciona por meio do cálculo do vetor entre o centro da pupila e o reflexo da iluminação na superfície da córnea, possibilitando que o sistema estime para onde a pessoa está olhando e compense os movimentos de cabeça, permitindo que o usuário possa se movimentar durante a medição.

Com o avanço das câmeras e do processamento em tempo real, outras estratégias de detecção surgiram: o rastreamento do contraste entre íris e esclera (limbus), a detecção da “pupila escura” por conta da falta de reflexo, ou causar um “efeito pupila brilhante” que ilumina frontalmente o olho e capture a luz refletida pela retina. Além disso, métodos como o dual-Purkinje, que exploram várias reflexões no olho, foram capazes de fornecer extrema rapidez e precisão de resultados, sendo muito usados em contextos laboratoriais. De qualquer forma, técnicas como a PCCR e variantes que são baseadas em vídeo são maioria no mercado, pois equilibram precisão e menor invasividade.

O problema de equilibrar idealmente a precisão do registro do ponto de olhar

(POR) e a liberdade de movimento do participante ainda não foi completamente resolvido. Contrastando com sistemas que exigem o apoio de queixo ou mordida, como os usados nas clínicas oftalmológicas, os equipamentos modernos incluem trackers remotos, montados na mesa (table-mounted), e dispositivos colocados na cabeça com uma scene camera que aponta para o campo visual do usuário, de forma que o ponto de olhar possa ser sobreposto à imagem da cena, independentemente do movimento corporal realizado.

Tais avanços tecnológicos, juntamente com a queda de preços, maior disponibilidade de ferramentas open-source, processadores mais rápidos e processamento de vídeo digital, foram responsáveis por tornar o eye tracking mais barato e eficiente. Essa facilidade abriu portas para a aplicação do rastreamento nas mais diversas áreas, como diagnóstico médico, marketing e uso em videogames e outras interações humano-computador.

7.3 Fundamentos do rastreamento ocular em IHC

Como discutido anteriormente, o rastreamento ocular surgiu como uma ferramenta de extremo valor na área de Interação Humano-Computador (IHC), oferecendo insights objetivos sobre a forma como os usuários percebem, compreendem e interagem com interfaces digitais. O seu uso possui como justificativa fundamental a conexão que pode ser estabelecida entre o movimento dos olhos e os processos cognitivos, com destaque para a atenção visual.

As explicações aqui elaboradas foram baseadas nas obras de Duchowski (2017), e de Bhandarkar, Matusik e Torralba (2016).

A hipótese olho-mente (eye-mind hypothesis)

Uma das bases teóricas mais importantes para a aplicação do eye tracking em pesquisas de IHC é a Hipótese Olho-Mente (Eye-Mind Hypothesis). Desenvolvida no século XX por Just e Carpenter, a hipótese afirma que existe uma relação direta entre onde o olhar da pessoa está fixado (ponto de fixação) e o que ela está processando cognitivamente enquanto o faz. As duas fundamentais premissas dessa hipótese são:

- **Suposição da Imediaticidade (*Immediacy Assumption*):** Afirma que o usuário tenta interpretar cada elemento visual relevante enquanto ele já está sendo processado. A codificação visual, acesso ao significado, atribuição de papel semântico e integração com o contexto, partes do processamento em múltiplos níveis, não são adiados e acontecem o mais rápido possível.
- **Suposição Olho-Mente (*Eye-Mind Assumption*):** Diz que o olho permanece

fixado em determinado elemento enquanto ele está sendo processado. Com isso, enquanto a duração do olhar (*gaze duration*) permanecer sobre um determinado elemento, isso indica de forma direta o tempo que demora para esse elemento ser processado pelo cérebro. Nessa suposição, não existe um atraso significativo entre o que está sendo fixado e o que está sendo processado.

A hipótese olho-mente e suas premissas são o que tornam o rastreamento ocular uma ferramenta poderosa, pois permitem que pesquisadores de IHC utilizem a duração e localização das fixações oculares do usuário. Com esse registro, presume-se que estamos rastreando o foco da atenção visual manifesta (*overt attention*) do usuário, seja esse foco dado por interesse, dificuldade de compreensão ou importância.

Embora seja uma hipótese amplamente utilizada, é fundamental compreender que possui algumas limitações. Sua principal exceção é a existência da atenção encoberta (*covert attention*), capacidade humana de direcionar atenção mental para uma área do campo visual diferente daquela para a qual o olhar aponta. Como exemplo, podemos citar um aluno que olha ligeiramente para o lado do professor, utilizando da visão periférica, enquanto está prestando atenção no locutor. Esse tipo de atenção não pode ser capturado pelo rastreador ocular. Além disso, em muitas tarefas interativas, em especial aquelas que exigem extração de detalhes visuais, a atenção manifesta e fixação ocular estão intrinsecamente ligadas. As pesquisas em IHC costumam assumir esse tipo de ligação, por mais que reconheça a possibilidade de dissociação. Outro ponto a ser citado é que o processamento de uma palavra fixada, por exemplo, geralmente precisa da recuperação de informações de partes anteriores do texto ou interface, sem necessariamente voltar o olhar para onde ela estava.

Métricas essenciais

Os dados brutos do rastreamento ocular são compostos por sequências de coordenadas x e y, representando a trajetória do olhar ao longo do tempo. A análise desses dados permite a extração de métricas quantitativas sobre o comportamento visual do usuário. Em IHC, as principais são:

- **Pontos de Fixação (*Fixations*):** Representam os momentos em que o olho se mantém consideravelmente estável sobre uma área, o que permite a aquisição de informação visual detalhada. A visão humana é um processo fragmentado que depende muito da integração das informações coletadas durante as fixações, a fim de construir uma representação coerente da cena. Em geral, cerca de 90% do tempo de visualização dedica-se a fixações.
- **Duração da Fixação (*Fixation Duration / Dwell Time*):** Compreendida como o tempo que o olho fica fixado em um determinado ponto. O tempo dessas durações costuma variar, mas em atividades como leitura e visualização de

cenar, costuma durar entre 150-160 ms. Durações mais longas são geralmente correlacionadas a maior processo cognitivo, dificuldade na extração da informação ou maior interesse no elemento apresentado. (A theory of reading)

- **Número de Fixações (*Fixation Count*):** Diz respeito à quantidade de fixações realizadas em um determinado elemento ou área. Quanto maior o número de fixações, maior a atenção dedicada. As fixações não são totalmente imóveis, sendo caracterizadas por micromovimentos involuntários do olhar (microssacadas, drifts e tremores) que são muito importantes para evitar a adaptação neural e desaparecimento completo da imagem da retina (o *Troxler fading*).
- **Movimentos Sacádicos (*Saccades*):** Movimentos oculares muito rápidos (balísticos) que reposicionam a fóvea, que é o centro de alta nitidez visual, de um ponto de fixação para outro, sendo a conexão entre as fixações e revelando a sequência temporal em que a atenção manifesta é movida pela interface. A sacada possui duração comum de 10-100 ms e, durante esse processo, a percepção visual é suprimida (saccadic suppression), o que faz com que pouca ou nenhuma informação visual seja processada. Possui as seguintes métricas:
- **Amplitude Sacádica (*Saccade Amplitude*):** É a distância angular, ou em pixels, entre o ponto final de uma fixação e o começo da próxima. Uma maior amplitude nas sacadas pode indicar exploração (processamento ambiente), enquanto menores amplitudes podem indicar exame detalhado (processamento focal).
- **Direção Sacádica:** Descrita como o vetor do movimento entre fixações.
- **Áreas de Interesse (*Areas of Interest - AOIs*):** São regiões sobre o estímulo pessoal que o pesquisador delimita, como um botão, um menu ou uma imagem, para analisar métricas específicas dentro dessa zona. A análise de AOIs permite a quantificação da atenção dedicada a certos componentes da interface. Possui como métricas:
- **Tempo de Permanência na AOI (*Dwell Time on AOI*):** É uma medida direta do tempo total de atenção visual em uma região, sendo a soma das durações de todas as fixações ocorridas na área de uma determinada AOI.

Outras métricas de AOI também são o número de fixações e re-fixações, tempo até a primeira fixação, probabilidade de transição entre AOIs, etc.

Tais métricas podem ser usadas de forma combinada para desvendar algumas informações sobre a interação do usuário. Fixações mais longas ou fixações em maior quantidade em uma AOI podem indicar a complexidade de um elemento, dificuldade para sua compreensão ou requisição maior de processamento cognitivo. Fixações rápidas em um elemento podem indicar que eles são visualmente atrativos ou importantes para uma tarefa. Percursos de olhar longos com sacadas longas podem indicar uma busca exploratória, enquanto percursos curtos com fixações longas em certas áreas podem indicar uma busca focada. Já a ausência de fixações em elementos

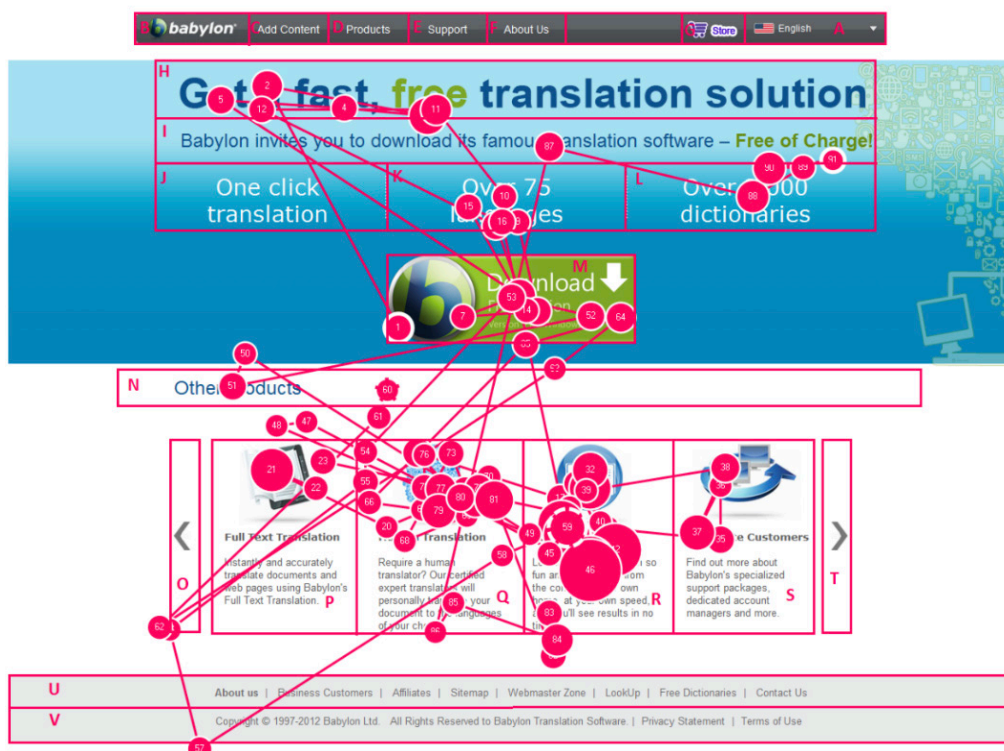
importantes, fixações repetidas em áreas não interativas, ou percursos ineficientes podem sinalizar um problema no design e usabilidade. Por fim, sacadas recorrentes entre duas ou mais AOIs podem demonstrar que uma comparação ou integração dos dados está sendo feita.

Visualizações comuns

Dentre as possibilidades de visualização dos dados obtidos durante o rastreamento ocular, duas são as mais comuns, sendo elas:

- **Scanpaths** (Linha do Tempo de Atenção Visual), que são uma representação da sequência temporal de fixações, que geralmente são círculos de diâmetro proporcional à duração, e de sacadas, sendo linhas conectando os círculos entre si. Essa representação geralmente fica sobreposta ao estímulo visual, mostrando o caminho exato que o olhar percorreu e registrando a ordem de inspeção e a dinâmica da atenção com o passar do tempo (Figura 4). Os Scanpaths começaram a ser popularizados com os trabalhos de Yarbus, em 1967, e de Noton & Stark, em 1971, e são ótimas ferramentas para analisar o comportamento do usuário de forma qualitativa e detalhada.

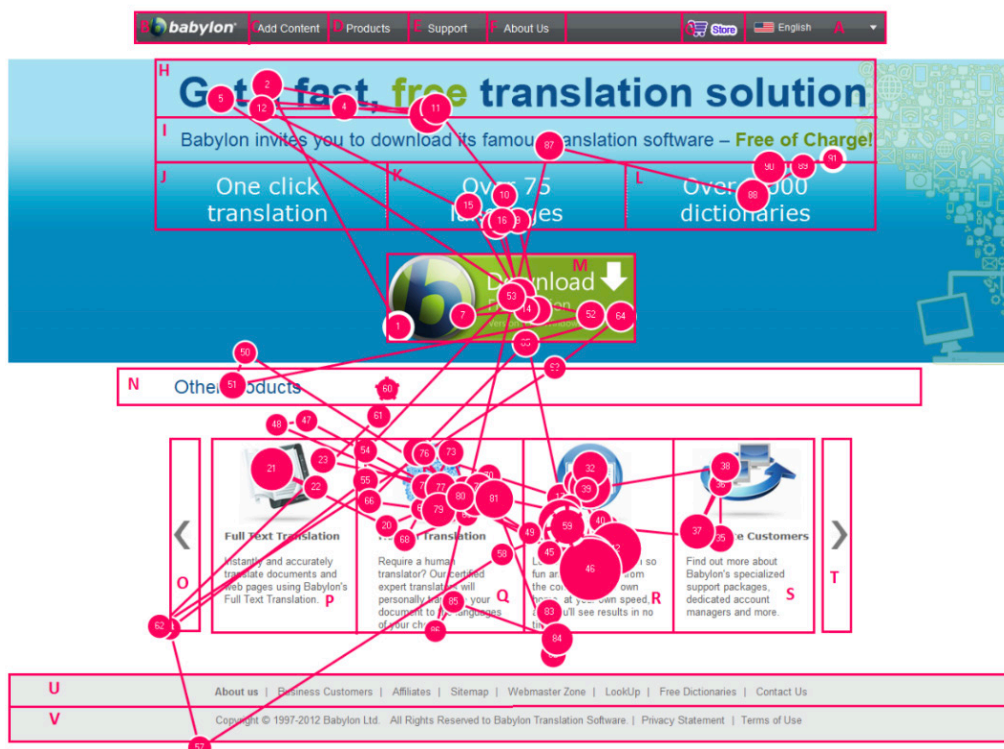
Figura 4: Exemplificação de Scanpath.



Fonte: Eraslan *et al.*, 2018.

- **Mapas de Calor**, ou *Heatmap*: são um conjunto de visualizações que representam a densidade ou duração total das fixações ocorridas sobre um determinado estímulo, podendo ser de um ou múltiplos usuários. Por padrão, as regiões com maior concentração de fixações são as “mais quentes” e são coloridas em tons de vermelho/amarelo, enquanto as áreas com menos fixações são as “mais frias” e utilizam tons de verde/azul (Figura 5). Heatmaps não mostram nenhuma sequência temporal, mas são ferramentas extremamente eficazes para identificar as áreas que estimulam maior interesse visual e regiões que são geralmente ignoradas em uma interface, em especial quando analisados os dados de muitos participantes. Os mapas de calor podem ser gerados através de Modelos de Mistura Gaussiana (GMMs), com cada fixação contribuindo com uma função Gaussiana para a superfície de intensidade.

Figura 5: Exemplo de Heatmap.



Fonte: GazeRecorder, 2025.

7. 4 Aplicações gerais de eye tracking em IHC

Como discutido anteriormente, os sistemas de eye tracking são ferramentas de extrema utilidade para as mais diversas áreas de pesquisa. Para a IHC, o rastreamento ocular possui uma grande quantidade de aplicações práticas e para análises de usabilidade.

Para a usabilidade, por exemplo, o eye tracking pode servir para a avaliação, auxiliando na identificação de gargalos, áreas que geram confusão, problemas de fluxo de tarefa e elementos da interface que podem ser problemáticos. Além disso, também pode ser usado para o design e prototipagem de uma interface, informando decisões sobre layout, hierarquia visual, elementos destoantes e clareza de informações; ou também para comparação entre interfaces, por meio da avaliação objetiva sobre qual design atrai a atenção do usuário para elementos-chave.

Em iniciativas voltadas para a pesquisa propriamente dita, essa ferramenta pode ser utilizada para estimar a carga cognitiva associada a diferentes tarefas ou interfaces, através de métricas como duração da fixação e pupilometria (diâmetro da pupila). Ademais, também pode-se usar do eye tracking para compreender como diferentes usuários exploram e interagem com os sistemas, além de avaliar a eficácia dos conteúdos visuais produzidos, como anúncios, páginas web e visualizações de dados, em prender a atenção do usuário.

Por fim, em contextos mais práticos, podemos aplicar o rastreamento ocular para o desenvolvimento de Interfaces Adaptativas e Atentas (*Attentive User Interfaces*), que detectam o foco da atenção do usuário e dinamicamente adaptam o conteúdo ou a forma que a informação é apresentada; ou, ainda, para a acessibilidade, criando formas de interação com base no olhar, com o uso voltado para pessoas com deficiências motoras graves, tais como digitação por olhar (*eye typing*) ou controle de cursor.

Em resumo, o rastreamento ocular é responsável por nos fornecer dados objetivos e quantificáveis sobre os processos de atenção e percepção ocorridos durante a interação humano-computador. A interpretação desses dados por meio da hipótese olho-mente, bem como a sua análise por meio de métricas e visualizações adequadas, transforma essas informações em elementos de extrema importância para a compreensão do comportamento do usuário e para avaliação e melhoria do design de sistemas digitais, a fim de que sejam mais eficazes, eficientes e satisfatórios.

Com isso, levando em consideração a sua vasta gama de usos e a inestimável importância de sistemas de eye tracking para pesquisas de IHC, é inegável a igual importância de iniciativas de produção de sistemas gratuitos, que possam fornecer a projetos de pequeno porte a obtenção das informações necessárias para os seus estudos. Nas seguintes páginas, o desenvolvimento de um sistema de eye tracking autônomo e gratuito será detalhado.

7. 5 Metodologia de desenvolvimento

Para o desenvolvimento do artefato tecnológico central do projeto, sendo este um sistema de rastreamento ocular acessível, optou-se pela metodologia de pesquisa chamada *Design Science Research* (DSR), ou Pesquisa em Ciência do Design. Esta abordagem é vista como ideal para as áreas da Computação e os Sistemas de Informação, haja vista que o seu foco é a criação e avaliação de artefatos tecnológicos inovadores que buscam solucionar problemas práticos, ao passo que geram conhecimento científico (HEVNER et al., 2004). Esta metodologia, portanto, legitima o desenvolvimento de soluções como modelos, métodos ou softwares, sendo um modelo rigoroso de pesquisa que possibilita a construção de uma ponte entre a teoria acadêmica e a aplicação prática.

A motivação para a escolha da DSR foi a identificação de uma necessidade óbvia: a falta de ferramentas acessíveis de eye tracking para pesquisas na área de IHC e estudos de mídia. As ferramentas particulares costumam apresentar barreiras financeiras altas e, quando oferecida a versão gratuita (*demo*), existem diversas limitações de acesso aos dados brutos, o que dificulta a realização de pesquisas que possuem recursos limitados. Diante disso, o objetivo da presente iniciativa não é apenas criar uma solução para o problema, mas também desenvolver e apresentar um artefato que exemplifica a construção de um sistema de eye tracking aberto e gratuito, utilizando a webcam do computador, um hardware comum, a fim de democratizar o acesso a essa tecnologia para a comunidade acadêmica em IHC e áreas correlatas.

O processo de desenvolvimento do artefato seguiu as seis atividades sequenciais e iterativas propostas pelo modelo de Hevner et al. (2004), que forneceram uma estrutura para a execução da pesquisa:

- **Identificação e Motivação do Problema:** A primeira etapa foi caracterizada pela definição do problema e na justificativa de sua relevância. O problema central identificado foi o alto custo e as limitações de dados das soluções comerciais de eye tracking existentes, dificultando pesquisas em pequena e média escala. A motivação, portanto, foi democratizar o acesso a essa tecnologia para avançar em estudos sobre a atenção do usuário durante a fruição de conteúdos audiovisuais, fornecendo uma alternativa viável e aberta para os pesquisadores.
- **Definição dos Objetivos da Solução:** Com base no problema, foram indicados os objetivos específicos para o artefato. O objetivo principal foi a criação de um sistema de eye tracking funcional, de baixo custo e que utilizasse a webcam do computador, um hardware ubíquo. Do ponto de vista funcional, ou seja, em uma análise qualitativa, o sistema deveria ser capaz de realizar a calibração do olhar do usuário, mapear o ponto de olhar na tela com uma boa precisão e integrar-se a outro sistema de pesquisa (um visualizador de ondas neurais).

Aqui, a meta era oferecer uma solução real e viável não somente para o projeto maior que motivou este trabalho, mas também uma ferramenta útil para a comunidade.

- **Projeto e Desenvolvimento (*Design and Development*):** Esta fase foi tida como central para a criação do artefato. O processo de desenvolvimento partiu da análise de um código pré-existente de eye tracking que, em sua versão original, dependia de uma conexão com o aplicativo externo Beam Eye Tracker. Constatou-se, de início, que o código estava desatualizado e não funcional em sua forma original. Portanto, a principal atividade técnica consistiu em reescrever e atualizar extensivamente este código-base para garantir seu funcionamento de forma autônoma e estável, atendendo aos requisitos do projeto. A implementação final foi consolidada na linguagem Python, escolhida por sua flexibilidade, vastas bibliotecas e versatilidade para visualização de dados.
- **Demonstração:** O artefato foi, nesta fase, utilizado para demonstrar sua capacidade de resolver o problema proposto. Foram realizados experimentos controlados nos quais o software foi usado para rastrear o olhar de um usuário enquanto ele assistia a um estímulo visual (um vídeo online exibido na tela), simulando o caso de uso principal do projeto.
- **Avaliação:** A avaliação do artefato consistiu em comparar os resultados obtidos na demonstração com os objetivos definidos na segunda etapa. A eficácia do software foi avaliada através de métricas de precisão do rastreamento, pela funcionalidade da integração com o sistema de visualização de ondas neurais e pela capacidade de gerar visualizações úteis, como mapas de calor (heatmaps). Esta etapa está detalhada na seção de Resultados deste livro, e testes mais aprofundados com usuários estão inclusos nas etapas futuras do projeto.
- **Comunicação:** A etapa final consiste na disseminação do conhecimento gerado. A comunicação em DSR visa apresentar não apenas o artefato final, mas também o problema que o motivou, o rigor de seu processo de construção e sua utilidade para a comunidade acadêmica e profissional (HEVNER; CHATTERJEE, 2010), contribuindo assim para a base de conhecimento da área de IHC.

7. 6 Sistema de eye tracking desenvolvido

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento do artefato de software central deste trabalho, um sistema de rastreamento ocular. A exposição segue a evolução cronológica do projeto, desde uma exploração inicial

com base em ferramentas existentes, até a construção e validação de um sistema de eye tracking autônomo, culminando na tentativa de integração com análise de Eletroencefalografia (EEG).

Artefato inicial: refatoração de funcionalidades visuais

O ponto de partida para o desenvolvimento, estabelecido na fase de “Projeto e Desenvolvimento” da DSR, foi a análise de um código-exemplo de captura de dados disponibilizado pela Eyeware Tech SA (2021) para o seu aplicativo Beam Eye Tracker. Uma avaliação técnica inicial, no entanto, revelou que o código-base se encontrava não funcional, impossibilitando seu uso direto. Os principais impedimentos identificados foram a utilização de uma API obsoleta e a incompatibilidade com versões correntes de bibliotecas essenciais do ecossistema Python.

Diante disso, a primeira e mais substancial etapa consistiu na refatoração do código. Na engenharia de software, a refatoração é o processo de reestruturar o código existente, alterando a fatoração sem alterar seu comportamento externo, a fim de melhorar sua legibilidade, manutenibilidade e robustez (FOWLER, 2018). Neste projeto, o processo foi além, sendo necessário não apenas reestruturar, mas também restaurar a funcionalidade central. As principais modificações técnicas realizadas estão sumarizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Comparativo técnico entre o código original e a versão refatorada

Característica	Código Original (Eyeware, 2021)	Versão Refatorada (Este Trabalho)
API de Conexão	eyeware.client (descontinuada)	eyeware.beam_eye_tracker (API atual, v2.0+)
Estrutura de Coleta	Chamadas separadas para head_pose e screen_gaze.	Utilização do método unificado get_latest_tracking_state_set()

<i>Armazenamento de Dados</i>	Construção de DataFrame por concatenação sucessiva em loop.	Criação de um dicionário por registro e concatenação única ao final.
Saídas Geradas	Arquivo de dados brutos (.csv).	Arquivo de dados (.csv) e duas visualizações gráficas (linha do tempo e mapa de calor).
Estado Funcional	Não funcional com a versão atual do Beam Eye Tracker.	Plenamente funcional, estável e testado.

Fonte: Autoria própria.

Com o código refatorado e funcional, o foco foi voltado para agregar valor por meio de funcionalidades de análise e visualização de dados coletados. Nessa etapa, foram produzidas:

Linha do Tempo de Atenção Visual, gerada para prover uma análise rápida sobre o engajamento do usuário com o conteúdo. Nela, foi feita uma classificação temporal simples, sendo “Olhando para a tela” ou “Não olhando”. A classificação utiliza o parâmetro de confiança (confidence) retornado pela API do Beam, que serve como um indicador da precisão do rastreamento. Ao final da sessão, o software gera automaticamente um gráfico de linha do tempo (Figura 6). Essa visualização permite a rápida identificação de momentos de distração ou foco, sendo útil para a análise qualitativa do engajamento do usuário com o conteúdo visual.

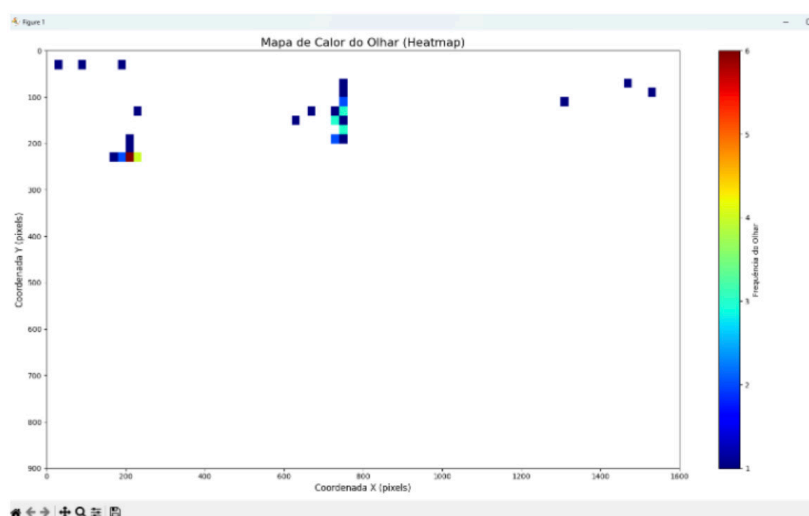
Figura 6: Gráfico da Linha do Tempo da Atenção gerado pelo software.



Fonte: Autoria própria.

E Mapas de Calor (*Heatmaps*), criados para identificar as áreas da tela que mais atraíram a atenção do usuário. Uma contribuição técnica relevante do artefato foi a implementação de uma rotina de conversão de sistemas de coordenadas. Verificou-se que a API do Beam Eye Tracker retorna as coordenadas do olhar (*point_of_regard*) tendo como ponto de origem (0,0) o centro da tela. Em contraste, as bibliotecas de visualização gráfica como a Matplotlib, utilizadas para gerar o histograma 2D, operam com um sistema de coordenadas cuja origem (0,0) se localiza no canto superior esquerdo. Para garantir a precisão espacial do mapa de calor, foi implementada uma função de translação matemática que converte os dados brutos do tracker para o sistema de coordenadas da visualização antes da plotagem, como ilustrado na Figura 7. A geração desses heatmaps foi um resultado importante para o trabalho, pois forneceu uma saída visual estratégica para análises futuras e integração com os dados de EEG.

Figura 7: Mapa de calor (Heatmap) da distribuição do olhar.



Fonte: Autoria própria.

7. 7 Artefato final: sistema autônomo via webcam

Apesar de bem-sucedida, a experiência com o primeiro artefato evidenciou a existência da dependência de um software de terceiros (Beam Eye Tracker) para o pleno funcionamento. Embora os resultados sejam satisfatórios, o uso desta versão da ferramenta possui um limite de uso: acabando o teste gratuito do software, não há mais como realizar pesquisas com o Eye Tracker, o que resulta em atraso ou, em casos extremos, a interrupção de pesquisas. Para superar tal limitação e avançar em busca de uma solução mais robusta e alinhada aos princípios de software de código aberto, a fase seguinte do projeto focou-se no desenvolvimento de um sistema de eye tracking completamente autônomo, que opera exclusivamente com a webcam do computador.

Arquitetura e Tecnologias Empregadas

O novo sistema foi desenvolvido em Python, por meio de uma arquitetura modular, a fim de facilitar a manutenção e futuras expansões do projeto base. As tecnologias centrais empregadas foram:

- OpenCV: Biblioteca fundamental para a captura e manipulação do vídeo da webcam em tempo real.
- MediaPipe Face Mesh: Solução do Google, de alta fidelidade, desenvolvida para a detecção de até 478 pontos (landmarks) na face humana, incluindo regiões detalhadas dos olhos e íris, a qual serve como base para a extração das características do olhar.
- NumPy e Pandas: Para os cálculos matemáticos e a estruturação dos dados coletados.
- Matplotlib: Para a geração das visualizações gráficas (linha do tempo e mapa de calor).

Módulo de Rastreamento e Compensação de Movimento

A parte núcleo do sistema (*tracking.py*) é responsável por analisar cada quadro do vídeo e extrair as informações do olhar. O processo ocorre em três etapas principais:

- 1. Estimativa de Pose da Cabeça (Head Pose):** Utilizando marcos faciais específicos (nariz, queixo, cantos dos olhos e boca), o sistema aplica o algoritmo `cv2.solvePnP` para calcular a orientação 3D da cabeça, obtendo os ângulos de guinada (yaw), inclinação (pitch) e rotação (roll). Isso permite ao sistema saber para onde a cabeça do usuário está apontada.
- 2. Cálculo do Vetor de Olhar (Gaze Vector):** O sistema localiza a íris (marcos 468 e 473 do MediaPipe) e calcula sua posição relativa aos cantos do olho. Isso gera um “vetor de olhar” normalizado que indica para onde os olhos estão

apontando em relação à cabeça.

- 3. Compensação por Movimento da Cabeça:** Uma funcionalidade relevante implementada foi a compensação do vetor de olhar com base na pose da cabeça. O sistema ajusta o vetor do olhar utilizando os ângulos de yaw e pitch, tornando o rastreamento mais preciso mesmo quando o usuário realiza pequenos movimentos com a cabeça.

Módulo de Calibração Polinomial

A fim de mapear o vetor de olhar (relativo ao rosto) para obter as coordenadas exatas da tela (em pixels), foi desenvolvido um processo robusto de calibração (*calibration.py*). O sistema exibe uma grade de nove pontos (3x3) distribuídos pela tela. O usuário é instruído a olhar para cada ponto e pressionar uma tecla.

Para cada ponto, o sistema coleta múltiplas amostras do vetor de olhar e calcula a média, associando-a à coordenada conhecida do ponto na tela. Ao final, em vez de uma simples interpolação linear, o sistema utiliza a função `numpy.polyfit` para ajustar um modelo de regressão polinomial de segundo grau (quadrático). Este modelo matemático ($gaze = a * ratio^2 + b * ratio + c$) cria um mapeamento não-linear e mais preciso entre os movimentos do olho do usuário e a tela, uma abordagem eficaz para sistemas baseados em webcam (GUEST; ESSEN, 2021).

Processamento de Dados e Otimizações

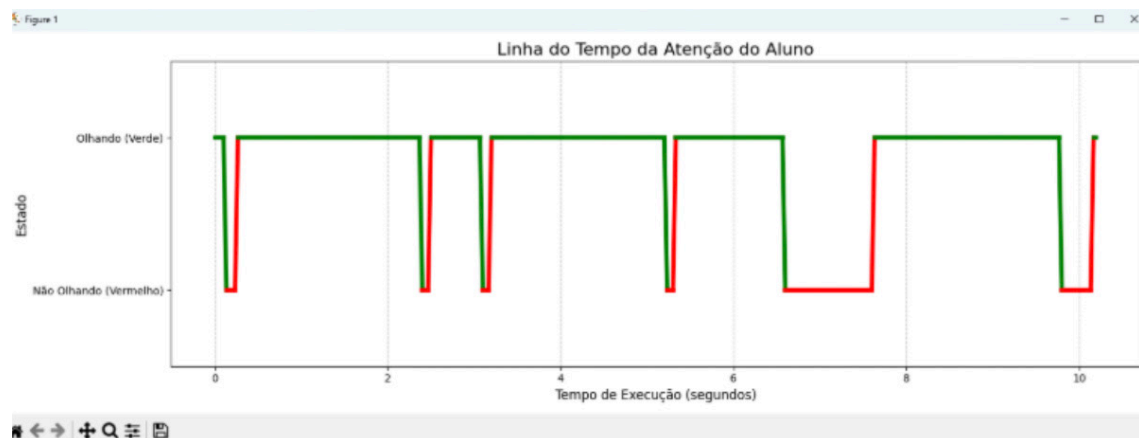
O fluxo principal do sistema (*main.py*) integra os módulos de rastreamento e calibração para produzir os dados finais. Duas otimizações foram implementadas para melhorar a qualidade dos dados:

Filtro de Média Móvel: Para reduzir o “tremor” (*jitter*) natural do rastreamento, o sistema armazena as últimas 5 coordenadas do olhar e utiliza a média entre elas, resultando em um cursor de olhar mais suave e estável.

Filtragem de Outliers: No momento de gerar o mapa de calor, o algoritmo descarta automaticamente quaisquer pontos de dados que caiam fora dos limites da resolução da tela, limpando a visualização de possíveis erros de rastreamento.

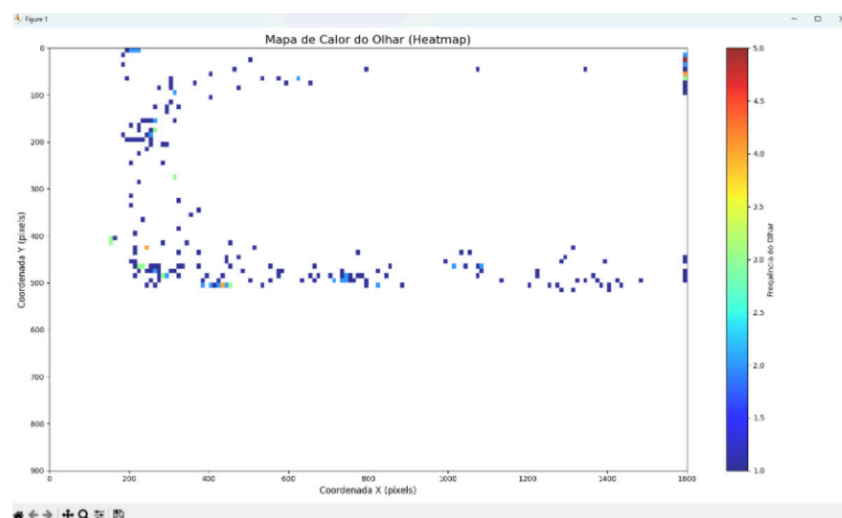
Os resultados finais gerados por este sistema autônomo, o arquivo `.csv`, o gráfico de atenção (Figura 8) e o mapa de calor (Figura 9), mantêm o mesmo formato do artefato anterior, porém com dados derivados de uma fonte totalmente independente e customizável.

Figura 8: Linha do Tempo da Atenção gerado pelo sistema autônomo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 9: Mapa de calor da distribuição do olhar gerado pelo sistema autônomo.



Fonte: Autoria própria.

7. 8 Integração com o sistema de análise de EEG

De forma alinhada com a pesquisa maior na qual o presente trabalho está inserido, um objetivo do projeto era integrar o sistema de eye tracking desenvolvido em conjunto com o sistema de análise de Eletroencefalografia (EEG) do projeto maior. Esta etapa visava permitir a coleta de dados síncronos de atenção visual e de estados mentais, possibilitando análises de correlação entre o que o usuário olha e como ele reage cognitivamente.

O trabalho para viabilizar essa integração está atualmente em andamento.

Para isso, esforços estão sendo direcionados para refinar o código do sistema de eye tracking e possibilitar melhores resultados, além de um melhor design. Outro objetivo é o desenvolvimento de uma arquitetura que permita a execução paralela e sincronização temporal dos dados fornecidos por ambos os sistemas (eye tracker e EEG). A finalidade final é que, com cada registro de coordenada do olhar, o sistema possa associá-lo ao estado mental correspondente capturado pelo EEG, culminando na fusão das informações em um arquivo de saída único para análise.

Embora a implementação de uma versão inicial da lógica de software para essa integração tenha sido realizada como Prova de Conceito (PoC), a validação empírica e a finalização da integração foram impedidas. Durante a fase final do desenvolvimento inicial, o headset de EEG (Emotiv Insight) disponível apresentou uma falha técnica, impossibilitando a coleta de dados neurais em tempo real necessária para os testes síncronos.

7.9 Conclusão

No decorrer deste capítulo, foram detalhados os fundamentos teóricos do rastreamento ocular, além de ser realizada uma ilustração de sua aplicação prática por meio do desenvolvimento de um sistema específico. A metodologia utilizada, guiada pela Design Science Research, teve como ponto inicial a identificação da necessidade de existir ferramentas de eye tracking mais acessíveis, culminando no desenvolvimento de um sistema autônomo e funcional, que opera apenas com a webcam padrão. Este artefato é a principal contribuição prática do trabalho descrito, e oferece uma alternativa de baixo custo à comunidade de pesquisa de IHC e áreas correlatas, possuindo funcionalidades relevantes como calibração polinomial e compensação de movimento da cabeça, além de ser capaz de gerar visualizações com informações úteis como linhas do tempo de atenção e mapas de calor. O objetivo deste capítulo foi demonstrar uma opção viável para a construção desse tipo de ferramenta, a fim de incentivar sua adoção e evolução. Entretanto, as limitações encontradas também devem ser reconhecidas, haja vista que, no presente caso, houve a impossibilidade de validar empiricamente a integração planejada com o sistema de análise de EEG, por conta de uma falha no equipamento de coleta neural. Esta etapa permanece como uma Prova de Conceito a ser finalizada e validada.

Visualizando os trabalhos futuros, podemos listar a validação da integração EEG-Eye Tracking, realização da análise da correlação entre os dados obtidos por ambos os sistemas, aprimoramento do sistema de eye tracking, com otimização e melhoria da precisão dos algoritmos e exploração de novas aplicações, com a investigação da aplicabilidade do sistema desenvolvido em diferentes contextos de pesquisa de IHC.

Por fim, conclui-se que o capítulo visou oferecer uma visão que conecte a teoria do

rastreamento ocular com a parte prática de seu desenvolvimento, utilizando da criação de um sistema de código aberto para tal. Espera-se, com isso, que a explanação dos conceitos e descrição do artefato sejam recursos úteis para estudantes, pesquisadores e desenvolvedores com interesse de explorar o potencial do eye tracking de forma acessível.

Referências

DIX, A. et al. Human-Computer Interaction. 4. ed. Pearson, 2020.

DUCHOWSKI, Andrew T. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice. 3. ed. Cham: Springer International Publishing, 2017.

DUCHOWSKI, Andrew T. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice. 3. ed. Cham: Springer International Publishing AG, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-57883-5. Disponível em: https://eprints.ukh.ac.id/id/eprint/255/1/2017_Book_EyeTrackingMethodology.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

Eraslan, S., Karabulut, S., Atalay, M. C., & Yesilada, Y. (2018). Vista: Visualisation of scanpath trend analysis (sta). In Proceedings of Turkish National Software Engineering Symposium (UYMS). Acesso em: 23 out. 2025.

EYEWARE TECH SA. Beam SDK Python Example. [Software]. GitHub, 2021.

FOWLER, M. Refactoring: Improving the Design of Existing Code. 2. ed. Boston: Addison-Wesley Professional, 2018.

GONÇALVES, M. et al. Open-source eye tracking using webcams: a review and implementation. *Sensors*, v. 23, n. 4, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s23042015>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning and presenting design science research for maximum impact. *MIS Quarterly*, v. 37, n. 2, p. 337-355, 2013.

GUEST, C. M.; ESSEN, H. V. A comparison of polynomial and neural network approaches for webcam-based gaze mapping. *Journal of Eye Movement Research*, v. 14, n. 2, 2021.

JACOB, Robert J. K.; KARN, Keith S. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises. In: HYÖNÄ, J.; RADACH, R.;

DEUBEL, H. (org.). *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam: Elsevier Science, 2003.

JUST, Marcel Adam; CARPENTER, Patricia A. A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, v. 87, n. 4, p. 329-354, jul. 1980. Disponível em: <http://repository.cmu.edu/psychology/732>. Acesso em: 20 out. 2025.

KRAFKA, Kyle; KHOSLA, Aditya; KELLNHOFER, Petr; KANNAN, Harini; BHANDARKAR, Suchendra; MATUSIK, Wojciech; TORRALBA, Antonio. Eye Tracking for Everyone. In: *IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION (CVPR)*, 2016. Proceedings... [S.l.]: IEEE, 2016. Disponível em: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Krafka_Eye_Tracking_for_CVPR_2016_paper.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

LEIGH, R. John; ZEE, David S. *The Neurology of Eye Movements*. 5. ed. New York: Oxford University Press, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4939-2086-4> (ou o PDF usado). Acesso em: 26 out. 2025.

MARTINS, R.; SOUSA, P. Metrics for eye tracking analysis in human-computer interaction. *Journal of Eye Movement Research*, v. 13, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.16910/jemr.13.4.5>. Acesso em: 26 ago. 2025.

POOLE, Alex; BALL, Linden J. *A History of Eye Gaze Tracking*. HCI Research Group, University of Central Lancashire, 2006. Disponível em: <https://hal.science/hal-00215967v1/document>. Acesso em: 26 out. 2025.

RIBEIRO, T. L.; BRAGA, R. *The History of Eye Tracking*. 2014. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36568943/History_of_EyeTracking_TL-RB_Ufs2014-libre.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

Yarbus, A. L. *Eye Movements and Vision*. Plenum. New York. 1967 (Originalmente publicado em Russo em 1962).

ZHANG, Y. et al. Eye tracking in multimedia learning: a review of recent research. *Educational Technology Research and Development*, v. 70, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10120-3>. Acesso em: 20 ago. 2025.

8

Serviços de governo eletrônico e as emissoras públicas na era da TV 3.0

*Valdecir Becker, Wesley Alves, Maristela Riquelme,
Clarissa Evelin, Bárbara Hellen Padilha da Silva*

8.1 Introdução

A televisão (TV) está presente no cotidiano brasileiro desde 1950, inicialmente com a versão analógica 1.0, que marcou o início da democratização do acesso à informação e ao entretenimento. Na década de 1970, foi introduzida a versão 1.5, caracterizada pelas primeiras transmissões em cores; já em 2007, iniciou-se a era da Televisão Digital Terrestre (2.0), trazendo avanços como a alta definição. Desde então, o Fórum SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital) tem conduzido o desenvolvimento tecnológico da televisão nacional. Em 2010, com a chegada da versão 2.5, houve integração entre transmissão (broadcast) e banda larga (broadband), aprimorando a qualidade audiovisual e incorporando interatividade e oferta adicional de conteúdos.

O conceito de conteúdo televisivo com recursos interativos não é recente; desde que computadores passaram a ser vistos como sistemas de entretenimento, cogitou-se aplicar tais funcionalidades à televisão. Empresas renomadas de telecomunicações, como a BBC, perceberam o potencial de ampliar o alcance e o retorno econômico ao integrar seus conteúdos aos dispositivos online [7]. Contudo, surgem desafios de adaptação do conteúdo tradicional para ambientes digitais distribuídos e interativos, exigindo novas abordagens de design e comportamento frente aos sistemas computacionais convencionais [11].

Em 2023, o Decreto Presidencial nº 11.484 / 2023 [4] estabeleceu diretrizes para a evolução do SBTVD à versão 3.0, cuja principal inovação é a interface de usuário baseada em aplicativos. Neste novo cenário, a escolha dos canais de TV passa a ser mediada por aplicativos, eliminando essa funcionalidade como recurso nativo do aparelho de TV, o que redefine o conceito de televisão. O espectador assume papel ativo, podendo acessar informações personalizadas, interagir com a programação em tempo real e usufruir de serviços públicos.

Em sequência, o Decreto Nº 12.595, de 27 de agosto de 2025 [5], institui a Plataforma Comum de Comunicação Pública e Governo Digital da TV 3.0, que, segundo o Art. 19, reunirá conteúdos e aplicações de entidades públicas. Seus objetivos, conforme o Art.

20, incluem ampliar a interação entre população e instituições públicas, promover inclusão digital e facilitar o acesso a serviços e informações governamentais.

A transição dos modelos televisivos impacta significativamente a comunicação pública; órgãos do Executivo, Legislativo e Judiciário mantêm canais de TV de abrangência diversa. Universidades e organizações da sociedade civil também produzem conteúdos audiovisuais baseados na televisão, enquanto serviços de governo eletrônico se beneficiam da convergência entre internet e TV.

Neste contexto, o artigo apresenta a proposta da plataforma Rede Pública, um portal televisivo que reúne toda comunicação pública: canais da Empresa Brasileira de Comunicação, ministérios, Poder Judiciário, Câmara dos Deputados, Senado Federal, TVs legislativas estaduais e municipais, universitárias e comunitárias. O acesso ao portal ocorre via TVs 3.0 e aplicativo de segunda tela, oferecendo recursos avançados de interatividade, navegação e acesso.

A iniciativa visa constituir um ecossistema integrado, combinando conteúdo midiático, interatividade e serviços de governo digital, elementos centrais da TV 3.0. Os conceitos de design e interação adotados refletem as necessidades identificadas pelos variados stakeholders da comunicação pública brasileira e fundamentam a proposta de plataforma digital acompanhada de aplicativo complementar.

8. 2 A dimensão social da TV 3.0 no Brasil: inclusão, interatividade e inovação pública

A trajetória da televisão no Brasil é caracterizada por sucessivas inovações tecnológicas que influenciaram profundamente tanto o cenário comunicacional quanto a identidade cultural nacional. Com a adoção do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD) em 2006, temas como interatividade e inclusão tornaram-se fundamentais no modelo televisivo brasileiro. Atualmente, a TV 3.0 propõe uma integração avançada entre os sistemas broadcast e IP, ampliando substancialmente as possibilidades sociais e educacionais da mídia [5, 25].

Tal avanço configura não apenas uma modernização técnica, mas também representa uma reestruturação funcional da televisão enquanto instrumento de integração social, prestação de serviços públicos e exercício democrático [26]. A TV 3.0 ressignifica a televisão aberta como infraestrutura universal, assegurando acesso gratuito e recursos interativos, inclusive em localidades desprovidas de conectividade plena. Por intermédio da integração ao portal gov.br, será possível acessar diretamente pelo televisor serviços públicos diversos, como emissão de documentos e agendamentos [26-28].

O novo modelo posiciona o televisor como um terminal cívico, ampliando as

oportunidades de participação social para cidadãos sem acesso à internet convencional. A geração emergente suporta canais bidirecionais que permitem respostas em tempo real, viabilizando votações, interatividade em programas, educação remota e comércio eletrônico televisivo (T-commerce) [26, 29, 30]. A utilização de inteligência artificial embarcada possibilita a adaptação de conteúdos e recomendações ao perfil do usuário, mantendo a gratuidade da transmissão [5, 31].

No âmbito da acessibilidade, a TV 3.0 incorpora funcionalidades inéditas, incluindo segunda tela em Libras, múltiplos fluxos de áudio e legendagem personalizável. O sistema ainda prevê personalização de alertas regionais e recursos emergenciais geolocalizados, fortalecendo tanto a segurança pública quanto a inclusão social [27]. Essa estrutura tecnológica reforça o papel da televisão enquanto espaço plural de produção cultural regional e instrumento de políticas públicas de comunicação [5, 28].

Apesar das vantagens evidenciadas, a implementação da TV 3.0 impõe desafios relativos à proteção de dados pessoais, soberania digital e regulação algorítmica. A aplicação de sistemas de recomendação e personalização demanda equilíbrio entre interesses comerciais e a função pública da emissora, preservando sua imparcialidade. É fundamental garantir acesso equitativo a dispositivos compatíveis, evitando aumento das disparidades tecnológicas entre diferentes regiões [27, 31].

Em suma, a introdução da TV 3.0 marca um ponto decisivo na evolução da comunicação pública brasileira. Sua arquitetura híbrida consolida o Brasil como referência internacional em inovação radiodifusora e inclusão digital. A televisão evolui de meio unidirecional para ambiente colaborativo, interativo e inclusivo, tornando-se central para a cidadania digital. As perspectivas apontam para a convergência entre mídia e governança eletrônica, articulando o acesso à informação com políticas de justiça social e democratização tecnológica [5].

8. 3 Fundamentos de design

A transição para a TV 3.0, que traz o paradigma dos aplicativos para a televisão aberta, marca a próxima fase da evolução audiovisual. Esse modelo híbrido não só melhora a qualidade visual e sonora, como também redefine a experiência do usuário, convertendo a televisão em uma plataforma interativa para serviços, conteúdos e novas relações entre produção e fruição audiovisual. No Brasil, essa transformação foi recentemente formalizada pelo Decreto nº 12.595, de 27 de agosto de 2025 [5], que institui as diretrizes para a implementação da TV 3.0 como etapa estratégica do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD). Esse processo se alinha também ao debate internacional sobre convergência midiática e cultura participativa [18]. É nesse cenário que se insere a proposta de Rede Pública, plataforma projetada para funcionar

como um portal central que reúne, em um único local, canais de TV públicos e uma ampla gama de serviços de governo eletrônico.

Um elemento central da proposta é o ponto de partida, baseado na experiência do usuário, conhecida pelo acrônimo UX (do inglês User Experience). Trata-se de um conceito que abrange todas as interações e percepções de um indivíduo ao usar um produto, serviço ou sistema. Segundo Lowdermilk [19], os usuários esperam ter uma experiência rica, desejam obter aplicativos que tenham sido projetados de forma inteligente e que sejam cativantes. Um dos elementos chave da UX é a usabilidade, uma área da interação humano-computador que foca na simplicidade com que um usuário pode utilizar uma interface para alcançar seus objetivos. Ela se fundamenta em conceitos [1], como também em diretrizes clássicas da literatura de usabilidade [22][20][16], como a capacidade de aprendizagem (a facilidade com que um usuário aprende a usar o sistema), a eficácia (capacidade do sistema de permitir que o usuário complete suas tarefas de forma eficaz), a eficiência (tempo e esforço necessários para concluir uma tarefa), a satisfação (percepção positiva do usuário em relação ao sistema), a segurança (proteção do usuário contra erros e riscos) e a memorização (facilidade de lembrar como usar o sistema após um período de não uso). Uma interface de fácil uso assegura que o sistema seja eficiente, prático e agradável.

No que se refere à adaptação do modelo tradicional de televisão a este novo paradigma de oferta de conteúdos e serviços, é incorreto considerá-la apenas como um redimensionamento de plataformas já existentes [11]. Diferentemente de dispositivos como celulares e notebooks, a TV interativa, baseada em aplicativos, exige a adaptação a desafios específicos de usabilidade, atendendo tanto ao público que utiliza a televisão como principal meio de informação, quanto à parcela da sociedade que recorre a meios alternativos para se manter informada. Essa discussão converge com a noção de “cultura da convergência” de Jenkins [18] e com análises recentes da ITU sobre os novos ecossistemas digitais [17]. Aspectos como a manipulação do dispositivo por meio do controle remoto, a distância do usuário em relação à tela e a ausência de um cursor [24] assumem relevância nesse contexto. Embora o conteúdo broadcast possa atenuar parte dessas limitações, o projeto da TV 3.0 propõe uma abordagem mais abrangente, ao integrar dispositivos complementares como extensões do conteúdo, e não apenas como plataformas alternativas de acesso.

Outro elemento chave da UX é a acessibilidade, que consiste em assegurar um design de interface utilizável para pessoas com deficiência. Ela ultrapassa a usabilidade padrão, levando em conta demandas específicas, como o design para daltonismo (uso de contrastes apropriados), deficiência auditiva, visual e motora. Neste trabalho, a plataforma segue os requisitos W3C [2] sobre adaptação das interfaces para pessoas daltônicas e com dificuldade de visão, gerando um design acessível como um pilar fundamental para garantir que um serviço público digital seja verdadeiramente inclusivo.

Com o passar dos anos, as inovações tecnológicas se tornaram aliadas em diversas tarefas executadas do dia a dia. O consumo de conteúdo audiovisual deixou de ser feito exclusivamente por uma tela (TV), passando a ocorrer em múltiplas plataformas, como celulares e computadores, em um movimento de adaptação ao surgimento de novas mídias. Diante dessa nova forma de consumir, consolidou-se o conceito de segunda tela (second screen) ou tela companheira (companion screen), um dispositivo adicional que permite ao usuário interagir com o conteúdo consumido. No contexto da TV 3.0, este conceito avança para uma integração sincronizada e bidirecional, onde o smartphone, uma vez conectado diretamente ao receptor de TV via aplicativos específicos e protocolos como os do subsistema Ginga CCWS, deixa de ser um dispositivo paralelo para tornar-se uma extensão interativa da experiência broadcast. Estudos de D’heer e Courtois [10], Holmes et al. [15] e Celestino e Pernisa Júnior [9] reforçam a importância da segunda tela para o engajamento, destacando que a sincronia entre o fluxo principal e os conteúdos extras é condição fundamental para a imersão do telespectador.

8. 4 Metodologia

O desenvolvimento das aplicações e da plataforma tiveram início com a realização de workshops de elicitação de requisitos, conduzidos em conjunto com órgãos do governo federal responsáveis por comunicação, informação e oferta de serviços à população, tanto em meios físicos quanto digitais. Esses encontros foram estruturados com base na metodologia do Design Thinking [6][23], cuja abordagem privilegia a empatia, a colaboração multidisciplinar e a prototipação interativa, permitindo levantar e organizar requisitos de forma a refletir de maneira precisa as demandas dos stakeholders em suas diferentes realidades sociais e perfis de cidadania. Durante essas imersões, foi definido também o nome provisório, que pode ser alterado futuramente pelo governo federal, de Rede Pública.

Após essa etapa, foram desenvolvidos protótipos interativos com o objetivo de contemplar os requisitos levantados. Desde a concepção inicial até a fase de implementação, a diretriz fundamental manteve-se inalterada: a criação de uma plataforma que integrasse os serviços e conteúdos das emissoras públicas de televisão e, paralelamente, disponibilizasse serviços governamentais voltados ao cidadão. Complementarmente, foi concebido um aplicativo móvel de segunda tela, projetado para ampliar a experiência do telespectador por meio de recursos informativos e interativos, alinhando-se a tendências contemporâneas de consumo audiovisual e de engajamento digital [3].

Tanto o portal quanto o aplicativo mobile foram prototipados com o uso do Figma [11], ferramenta amplamente utilizada no campo do UX/UI Design pela sua

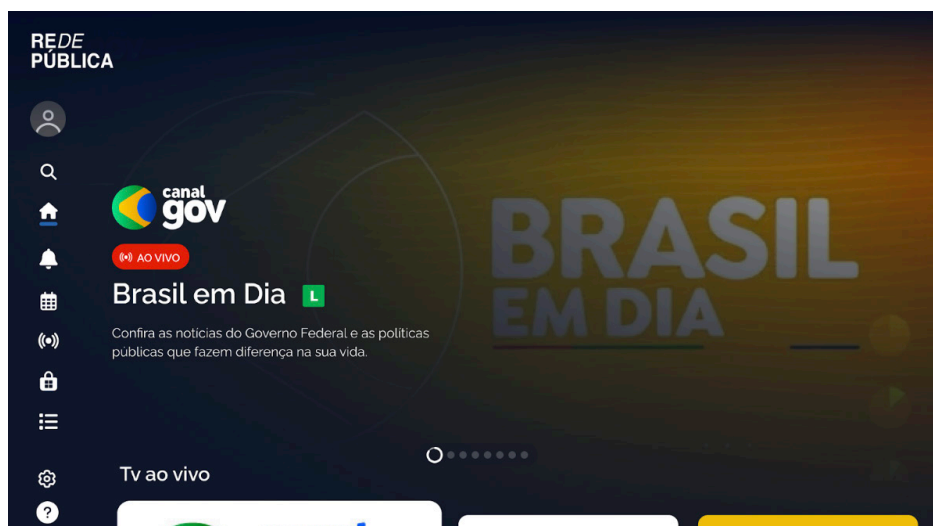
capacidade de viabilizar interfaces interativas e de alta fidelidade. As etapas de design e prototipagem foram desenvolvidas de maneira interativa e validadas junto aos órgãos públicos, assegurando a aderência às necessidades institucionais e resultando em um Produto Mínimo Viável (MVP) apto a garantir clareza visual, navegabilidade intuitiva e interatividade consistente com os objetivos estabelecidos.

8. 5 Design e desenvolvimento

A metodologia de design e desenvolvimento adotada para a concepção do Portal Rede Pública e suas aplicações foi baseada em um processo de prototipagem de interface. O principal objetivo foi a análise e o teste dos requisitos do projeto, bem como a organização da arquitetura do sistema. Conforme definido nas reuniões com os stakeholders, ao entrar no ambiente do Portal Rede Pública, inicialmente deve ser reproduzido um vídeo com destaques das emissoras, com a opção de acessar diretamente a emissora ou pular diretamente para o Portal.

O princípio central deste Portal, a depender ainda de regulamentação, é a instalação nativa dos recursos básicos nos receptores de TV 3.0. Dessa forma, todos os receptores saem de fábrica com o Portal Rede Pública já instalado, bastando ao usuário a atualização. Dessa forma, pretende-se possibilitar o acesso aos canais públicos e estatais a todos os receptores, mesmo em lugares onde não há sinal terrestre desses canais, como exemplificado na Figura 1, que apresenta a tela inicial do portal.

Figura 1: Tela inicial do Portal, com informações sobre o canal sintonizado, navegação lateral (zapping interno) entre os canais públicos e o menu geral do Portal.

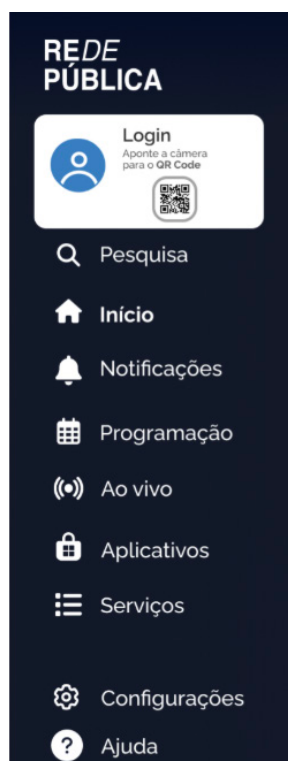


Fonte: Autoria própria.

O menu geral do Portal (Figura 2) pode ser acessado a qualquer momento, em qualquer trilha de conteúdos, usando a seta esquerda na primeira opção do carrossel. Os itens disponíveis são: perfil, com a opção de login integrado ao Gov.br e acesso ao perfil infantil, com a opção de senha para retornar aos perfis adultos. Além disso, o menu apresenta a Pesquisa, que ocorre inicialmente por meio de recomendações de conteúdos relacionados ao que está sendo assistido. A partir disso, o usuário pode expandir a busca, digitando palavras-chave no aplicativo de segunda tela, escolhendo temas definidos por tags generalistas ou clicando em um determinado conteúdo, o que possibilita pesquisas cruzadas em todo o Portal. Os resultados podem ser filtrados entre quatro categorias principais: conteúdos, serviços, artigos e notícias.

Além disso, o menu traz as opções da central de notificações, o guia de programação, o acesso rápido aos canais ao vivo, aplicativos disponíveis, serviços de governo eletrônico, configurações e ajuda.

Figura 2: Opções do menu do Portal Rede Pública.



Fonte: Autoria própria.

As trilhas de conteúdo são acessadas com as setas do controle remoto para cima e para baixo. Inicialmente, foi definida uma arquitetura onde as primeiras trilhas estão diretamente relacionadas com o canal sintonizado (Figura 3), para aos poucos, abrir espaço para as outras emissoras.

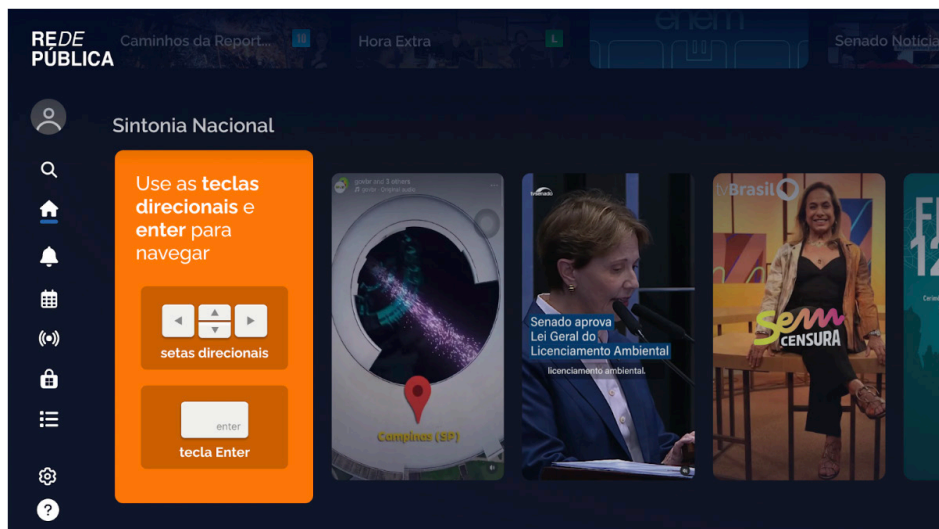
Figura 3: Trilhas de conteúdo.



Fonte: Autoria própria.

Um recurso importante do Portal é a possibilidade de uso de vídeos, imagens e outros recursos, em formato verticalizado (Figura 4).

Figura 4: Exemplo de trilha com conteúdos verticais, mesclando imagens e vídeos.



Fonte: Autoria própria.

Posteriormente, há uma estratégia de introdução gradual de aplicativos e serviços de governo eletrônico (Figuras 5 e 6).

Figura 5: Início da transição entre o universo da TV e os aplicativos e serviços de governo eletrônico disponibilizados pelo Portal.



Fonte: Autoria própria.

Figura 6: Tela inicial do Meu Espaço, versão sem login.



Fonte: Autoria própria.

A acessibilidade foi considerada um pilar fundamental no desenvolvimento do Portal e de suas aplicações. O projeto não se limitou a seguir requisitos técnicos, mas buscou integrar a inclusão como um componente essencial do design da experiência do usuário. Isso é evidenciado, por exemplo, na introdução de recursos que ajudam usuários com deficiências visuais, como o aumento do tamanho das fontes (Figura 7) e a possibilidade de visualização em escala de cinza (Figura 8), particularmente

benéfico para indivíduos com daltonismo.

Figura 7: Interface com aumento da fonte.



Fonte: Autoria própria.

Figura 8: Interface em de escala de cinza.



Fonte: Autoria própria.

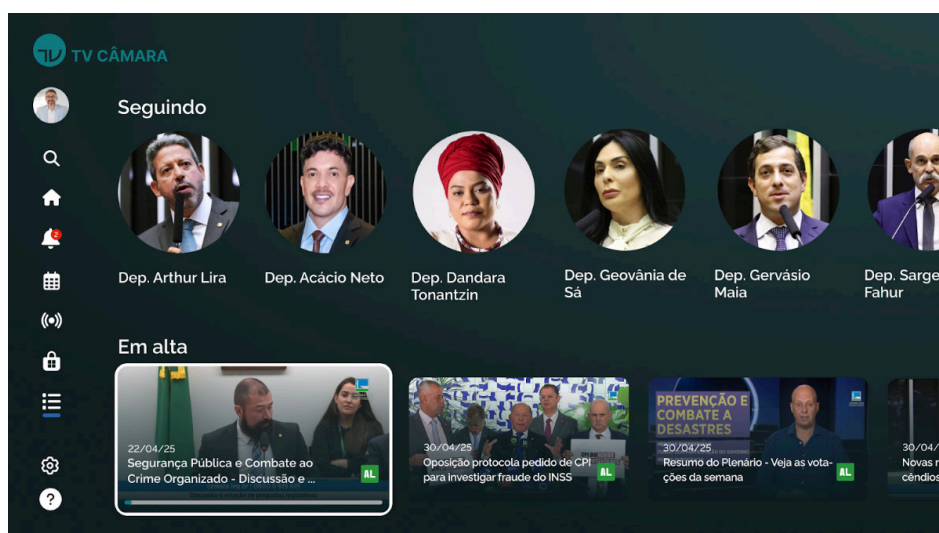
A verdadeira inovação da plataforma, no entanto, reside na riqueza de suas aplicações interativas, que transformam o espectador em um participante ativo. Para além das trilhas de conteúdo e dos serviços de governo eletrônico, foram desenvolvidos

protótipos de funcionalidades específicas para canais como a TV Câmara, o Canal Educação e o Canal Saúde, demonstrando o potencial da TV 3.0 para engajar e informar o cidadão de forma aprofundada.

8. 6 Aplicações da TV Câmara

Diversas aplicações foram prototipadas para a TV Câmara, com o objetivo de fomentar a participação popular e fornecer acesso a informações adicionais. Alguns exemplos incluem os recortes dos conteúdos longos de vídeo pelo tema de interesse e pela imagem do parlamentar (Figura 9), acessar e baixar conteúdos complementares, além de participar de enquetes legislativas, simulando a interação do cidadão em audiências públicas.

Figura 9: Tela inicial da aplicação da TV Câmara.



Fonte: Autoria própria.

8. 7 Aplicação Canal Educação

Um recurso promissor para a TV 3.0 é a possibilidade da oferta de cursos e formações específicas, considerando todos os perfis de público. O Canal Educação (Figura 10) fornece trilhas de conteúdo de capacitação para o ENEM, permitindo que os usuários assistam as aulas, que podem acontecer ao vivo ou sob demanda, com diversas formas de organização. Ao finalizar a aula, o estudante é convidado para fazer um simulado sobre o assunto estudado, que apresenta uma série de questões

na tela da TV. Ao terminar o simulado, o aplicativo oferece a correção, apontando erros e acertos e sugerindo rever aulas ou assistir novos conteúdos de acordo com as dificuldades enfrentadas.

Figura 10: Série de aulas para o ENEM.

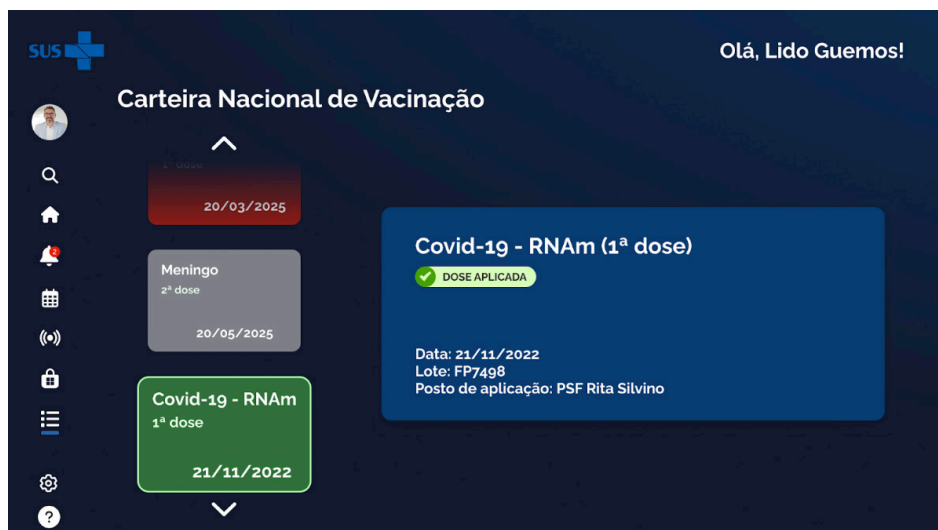


Fonte: Autoria própria.

8. 8 Aplicações do Canal Saúde

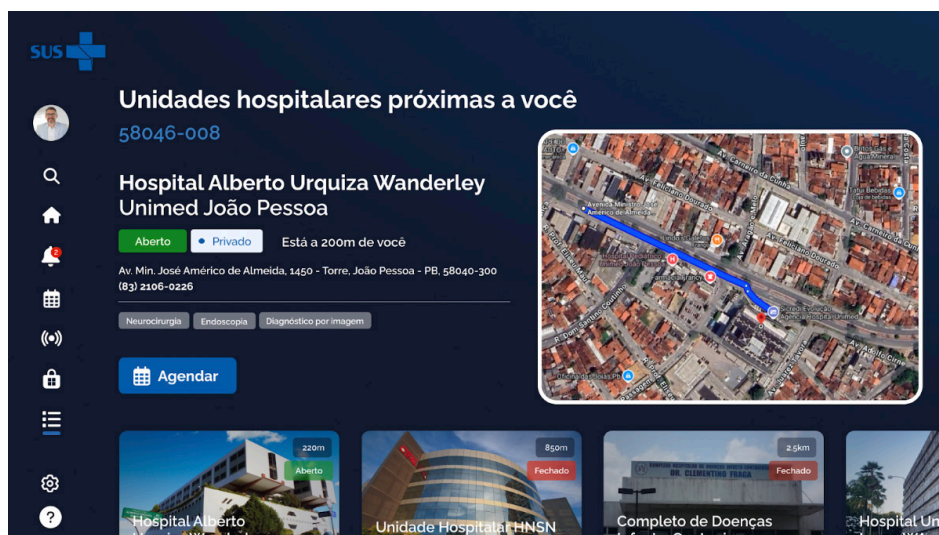
Outro recurso muito importante que a TV 3.0 pode disponibilizar é o acesso a serviços de saúde, como um portal do SUS, integrado ao Canal Saúde. Foram desenvolvidos vários exemplos, e um deles foi a de unidades hospitalares próximas ao usuário (Figura 11).

Figura 11: Carteira de vacinação.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12: Unidades hospitalares próximas.



Fonte: Autoria própria.

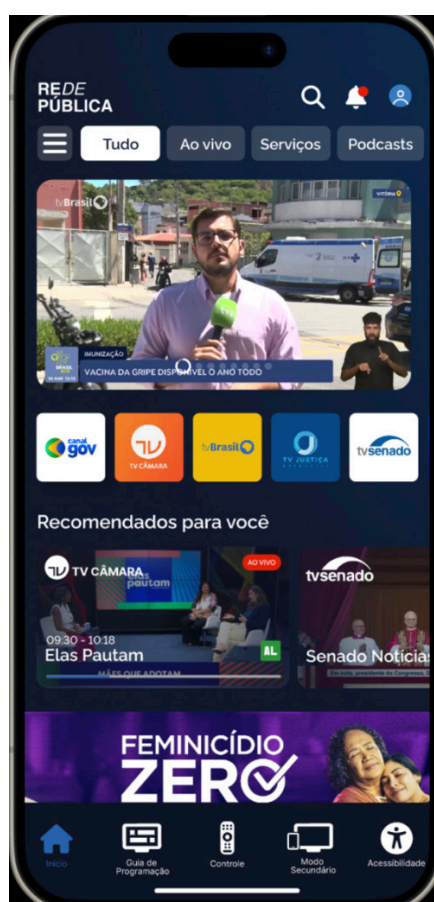
8. 9 Aplicativo de segunda tela

Além do Portal, a Rede Pública também conta com um aplicativo mobile, a fim de proporcionar mais interatividade e mobilidade à experiência do usuário. Na tela inicial, os conteúdos são complementares à programação televisiva, seguindo a estrutura da plataforma.

Na parte inferior, há o menu com cinco atalhos definidos por padrão (Figura 13): Início, que dá acesso à página inicial; Guia de Programação, que apresenta a

programação linear das emissoras públicas; Controle remoto, que emula as funções do controle físico, completo, da TV e permite a navegação tanto pelo portal Rede Pública quanto pelo aplicativo DTV+, possibilitando também a interação enquanto o usuário alterna entre os canais lineares; Modo Secundário, que oferece acesso a documentos disponibilizados pelo gerador de conteúdo, enquetes e formulários, por exemplo; e Acessibilidade, que agrega os recursos de configuração da acessibilidade, abrangendo tanto os obrigatórios por norma do SBTVD, quanto os específicos da aplicação e do aplicativo e do Portal. Esses atalhos, entretanto, podem ser personalizados pelos usuários de acordo com as preferências de uso.

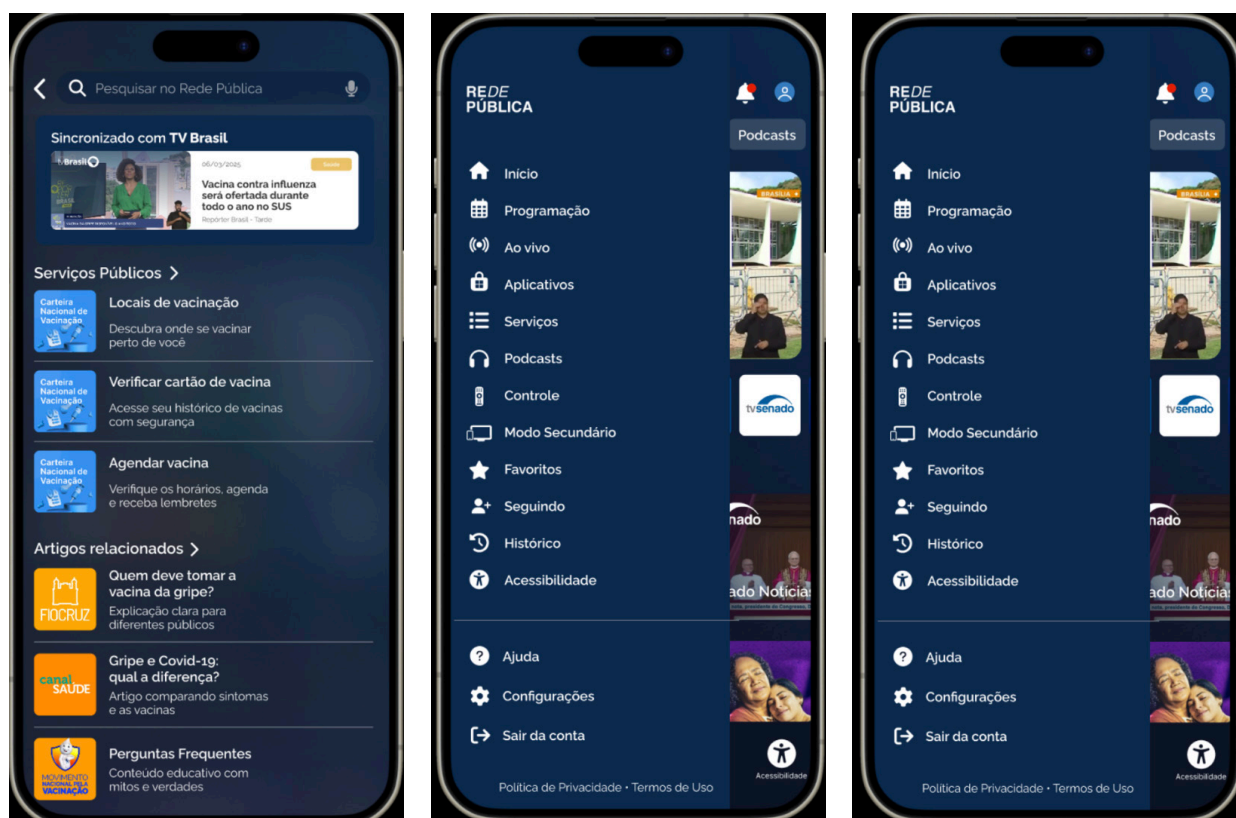
Figura 13: Tela inicial do aplicativo.



Fonte: Autoria própria.

Ainda na tela principal, destaca-se a busca integrada, que permite que, ao assistir a um conteúdo na TV e acionar a lupa no aplicativo, o usuário receba automaticamente sugestões relacionadas ao tema exibido, sem precisar digitar nada (Figura 14).

Figuras 14, 15 e 16: Resultados de busca automáticos a partir do conteúdo televisivo, Menu Lateral e Recursos Integrados ao Portal.



Fonte: Autoria própria.

Integrados ao Portal Rede Pública, a Central de Notificações e a seção de Serviços ampliam a experiência do usuário, superando as limitações da TV e do controle remoto. Recursos como Salvar Conteúdo, Ativar Notificações e Favoritos (Figura 16) são sincronizados entre portal e aplicativo, permitindo acesso às configurações mesmo com a TV desligada, o que torna o aplicativo também um complemento para consumo sob demanda.

8. 10 Conclusões e trabalhos futuros

A proposta da plataforma Rede Pública evidencia como a TV 3.0 pode se consolidar como um recurso estratégico para ampliar a interação entre Estado e sociedade, integrando os conteúdos das emissoras públicas e serviços digitais de governo eletrônico. A solução apresentada responde a desafios como a baixa usabilidade dos

sistemas interativos baseados apenas no controle remoto [7] e se apoia na ideia de adaptação contínua da televisão frente às novas mídias [24].

Ao propor uma arquitetura multiplataforma, o trabalho demonstra que a TV interativa não deve ser entendida apenas como evolução tecnológica, mas como oportunidade de fortalecimento da cidadania digital, pavimentando também um caminho para que outras redes televisivas nacionais tenham um aparato para se embasar, fortalecendo a soberania tecnológica brasileira. O Portal Rede Pública, articulado ao aplicativo de segunda tela, oferece uma experiência mais inclusiva, pautada em princípios de acessibilidade e usabilidade, e alinhada à lógica de consumo multiplataforma.

Para trabalhos futuros, pretende-se ampliar de forma significativa o escopo dos testes com usuários reais do sistema, contemplando uma amostra diversificada da população brasileira em termos de faixa etária, nível de escolaridade, condições socioeconômicas e familiaridade com tecnologias digitais. Essa ampliação tem como finalidade avaliar de maneira mais abrangente a experiência de uso da aplicação, garantindo que sua concepção esteja alinhada aos princípios de usabilidade, acessibilidade e inclusão. Dessa forma, busca-se assegurar que a plataforma seja eficaz não apenas para os grupos que já utilizam recursos digitais cotidianamente, mas também para aqueles que encontram maiores barreiras no acesso a tecnologias, contribuindo, assim, para a redução das desigualdades no acesso à informação e aos serviços digitais.

Referências

[1] ABNT. (2011) “NBR 9241-11: Requisitos ergonômicos para trabalho de escritório com computadores – Parte 11: orientações sobre usabilidade”. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas. https://www.inf.ufsc.br/~edla.ramos/ine5624/_Walter/Normas/Parte%2011/iso9241-11F2.pdf

[2] Allan, J. and Kirkpatrick, A. and Henry, S. L. (2016) “Accessibility Requirements for People with Low Vision”. First Public Working Draft, 17 mar. 2016. W3C. <https://www.w3.org/TR/low-vision-needs/>

[3] Anselmi, N. and Ferrarese, P. and Anzanello, A. (2024) “Interactive broadcasting and second screen applications: towards enhanced user engagement”. *Journal of Digital Media & Policy*, v. 15, n. 1, p. 45-62.

[4] BRASIL. (2023) “Decreto nº 11.484, de 6 de abril de 2023”. *Diário Oficial da União*, Brasília. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/

decreto/d11484.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.484%2C%20DE%206,radiofrequ%C3%A4ncias%20para%20a%20sua%20implanta%C3%A7%C3%A3o.

[5] BRASIL. (2025) “Decreto nº 12.595, de 27 de agosto de 2025”. Diário Oficial da União, Brasília. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-12.595-de-27-de-agosto-de-2025-651425519>.

[6] Brown, T. (2009) “Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation”. Harper Business.

[7] Canatta, F. (2014) “TV e Segunda Tela: uma análise do horário nobre no Twitter”.

Dissertação (Mestrado em Comunicação Social) – Faculdade de Comunicação Social – PUCRS, Porto Alegre. <http://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/5648>

[8] Celestino, A. and Pernisa Júnior, C. (2024) “Sincronismo e Interatividade com a Segunda Tela frente à Implementação da TV 3.0 no Brasil”. Anais estendidos do XXX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (Webmedia). Juiz de Fora, Brasil: SBC - Sociedade Brasileira de Computação (2024). https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2024.243863

[9] Celestino, R. R. and Pernisa Júnior, C. A. (2021) “Televisão interativa e convergência digital: perspectivas para a TV 3.0 no Brasil”. Rio de Janeiro: Appris.

[10] D’heer, E. and Courtois, C. (2016) “The changing dynamics of television consumption in the multimedia living room”. *Convergence*, v. 22, n. 1, p. 3–17.

[11] FIGMA, Inc. Figma. São Francisco, CA: Figma, 2025. <https://www.figma.com>

[12] FÓRUM SBTVD. TV 3.0 Project – Fórum SBTVD. https://forumsbtvd.org.br/tv3_0/#

[13] Garrett, J. J. (2011) “The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond”. New Riders.

[14] GOVERNO FEDERAL. Ministério da Cultura. (2024) “Democratização cultural e inovação marcam os 74 anos da TV brasileira”. Gov.br. <https://www.gov.br/cultura/pt-br/assuntos/noticias/democratizacao-cultural-e-inovacao-marcam-os-74-anos-da-tv-brasileira>

[15] Holmes, D. et al. (2017) “Second screen and TV audience engagement: A systematic literature review”. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, v. 61, n. 2, p. 220–239.

- [16] ISO. (2018) “ISO 9241-11:2018. Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts”. International Organization for Standardization.
- [17] ITU. (2018) “Guidelines for the Transition to Digital Television Broadcasting”. ITU Publications.
- [18] Jenkins, H. (2006) “Convergence Culture: Where Old and New Media Collide”. New York: NYU Press.
- [19] Lowdermilk, T. (2013) “Design centrado no usuário: um guia para desenvolver aplicativos amigáveis”. 1ª Ed. São Paulo. Novatec.
- [20] Nielsen, J. (1993) “Usability Engineering”. Morgan Kaufmann.
- [21] NNGroup. (2016) “Don Norman - O termo UX”. Youtube. 2 de julho de 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=9BdtGjoiN4E>.
- [22] Norman, D. A. (2013) “The Design of Everyday Things”. MIT Press.
- [23] Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (2010). “Design Thinking: Understand–Improve–Apply”. Springer.
- [24] Scolari, C. A. (2008) “Hacia la hipertelevisión: Los primeros síntomas de una nueva configuración del dispositivo televisivo”. Revista Académica de la Federación Latinoamericana de Facultades de Comunicación Social. Diálogos de La Comunicación, Nº 77, Julio, diciembre.
- [25] BRASIL. Brasil adota TV 3.0: interatividade, som imersivo e imagem em 8K. Brasília, DF: Ministério das Comunicações, 26 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2025/agosto/brasil-adota-tv-3-0-interatividade-som-imersivo-e-imagem-em-8k>. Acesso em: 22 out. 2025
- [26] MUCHALUAT SAADE, Débora C. Projeto da UFF impulsiona a chegada da TV 3.0 ao Brasil. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 18 maio 2025. Disponível em: <https://www.uff.br/16-09-2025/projeto-da-uff-impulsiona-a-chegada-da-tv-3-0-ao-brasil/>. Acesso em: 22 out. 2025
- [27] BRASIL. Lula institui no Brasil a TV 3.0, que começa a funcionar em 2026. Brasília, DF: Planalto, 27 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2025/08/lula-institui-no-brasil-a-tv-3-0-que-comeca-a-funcionar-em-2026>. Acesso em: 22 out. 2025.

[28] INATEL. TV 3.0: a transformação da televisão aberta no Brasil. Santa Rita do Sapucaí: Instituto Nacional de Telecomunicações, 20 jul. 2025. Disponível em: <https://inatel.br/blog/tv-30-a-transformacao-da-televisao-aberta-no-brasil>. Acesso em: 22 out. 2025.

[29] SBC – SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. TV 3.0 e a jornada do telespectador/interator. In: INTERCOM – Congresso Nacional de Comunicação, 2024. Disponível em: https://sistemas.intercom.org.br/pdf/link_aceite/nacional/17/10072024160819670431a3dc92d.pdf. Acesso em: 22 out. 2025.

[30] EBC. TV 3.0, que promete mais interatividade, chega às casas no ano que vem. Brasília: Agência Brasil, 26 ago. 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/inovacao/audio/2025-08/tv-30-que-promete-mais-interatividade-chega-casas-no-ano-que-vem>. Acesso em: 22 out. 2025.

[31] USP. Inteligência artificial pode gerar personalização do conteúdo na TV. São Paulo: Jornal da USP, 23 jun. 2025. Disponível em: <https://jornal.usp.br/congresso-de-emissoras-publicas/inteligencia-artificial-pode-gerar-personalizacao-do-conteudo-na-tv/>. Acesso em: 22 out. 2025.

9

A plataforma “Rede Pública” e o papel do design na construção da TV 3.0 no Brasil: uma proposta para o Governo Federal

Clarissa Evelin Pereira

9.1 Introdução

A interatividade na televisão não surgiu apenas com a digitalização do meio, mas é resultado de um processo histórico de aproximação entre tecnologia computacional e audiovisual. Desde os primeiros experimentos nesse campo, discutia-se a possibilidade de tornar a experiência televisiva mais participativa. Com o avanço das tecnologias digitais, a transposição de conteúdos para ambientes digitais interativos demandou soluções específicas de *design*, envolvendo a criação de interfaces, fluxos de navegação e experiência do usuário [30] [21]. No entanto, o principal desafio é equilibrar inovação e familiaridade, garantindo que a televisão mantenha a facilidade de acesso aos conteúdos, aspecto que torna o meio descomplicado e convidativo [26].

Em 2023, o Decreto nº 11.484/2023 estabeleceu as bases legais para a evolução do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) para a TV 3.0, determinando que o Ministério das Comunicações apoiasse o Fórum SBTVD na conclusão, até 31 de dezembro de 2024, de estudos sobre inovações tecnológicas, incluindo os requisitos técnicos para receptores que possibilitem a adaptação da tecnologia de televisão digital existente à TV 3.0. Dessa forma, o decreto estabeleceu o marco legal e institucional para a transição da televisão tradicional para um modelo interativo baseado em aplicativos, no qual o telespectador passa a atuar como participante ativo, com acesso a conteúdos personalizados, interação em tempo real e serviços públicos digitais [3].

O avanço desse modelo foi consolidado pelo Decreto nº 12.595/2025, que instituiu a Plataforma Comum de Comunicação Pública e Governo Digital da TV 3.0, reunindo programações e aplicações de órgãos federais, estaduais, municipais, universidades e TVs comunitárias, com o objetivo de ampliar a inclusão digital e facilitar o acesso a informações e serviços governamentais [4]. Nesse processo de transformação, o design assume um papel estratégico como mediador entre infraestrutura tecnológica e experiência. O design visual e interativo traduz arquiteturas de dados e fluxos de informação em interfaces acessíveis e inclusivas, alinhando tecnologia às necessidades sociais, promovendo autonomia comunicacional e fortalecendo a participação [28] [23].

Este artigo tem como objetivo analisar o papel do design na concepção da plataforma Rede Pública, proposta como um portal unificado para a TV 3.0 que agrega canais de comunicação pública e serviços governamentais. A plataforma é acessível por meio de televisores compatíveis e aplicativos móveis, ampliando a experiência do espectador por meio de recursos interativos e integração com a segunda tela. O estudo busca compreender como princípios de comunicação pública, acessibilidade e experiência do usuário orientaram a definição de sua identidade visual, arquitetura de navegação e fluxos interativos.

9. 2 Design, interatividade e comunicação pública

Quando aplicado a projetos de comunicação pública, o *design* integra tecnologia, conteúdo e serviço público. Desse modo, traduz políticas institucionais em interfaces funcionais e acessíveis, equilibrando estética e usabilidade [32]. Essa atuação permite que os serviços públicos digitais possam ser compreendidos, utilizados e apropriados pelos cidadãos de forma intuitiva [37].

No contexto da TV 3.0, essa função integradora intensifica-se. O novo ecossistema televisivo amplia a convergência entre meios digitais, interatividade e personalização do consumo audiovisual, transformando a televisão em plataforma híbrida que combina radiodifusão e conectividade à internet, permitindo novas dinâmicas de personalização, interatividade e convergência entre conteúdos [17]. O *design* atua como eixo integrador entre tecnologia, linguagem audiovisual e experiência do espectador, articulando forma, função e sentido na materialização de serviços públicos mediados pela tela. Construindo, assim, o desenho de interfaces para ecossistemas de interação que ampliam o papel social da televisão pública [29] [37].

A abordagem de *User Experience* (UX) refere-se à prática de projetar produtos, serviços ou sistemas centrados na experiência do usuário [22] [32]. Um dos elementos centrais da UX é a usabilidade, campo da interação humano-computador, preocupada com a facilidade de uso das interfaces para atingir objetivos. Diretrizes clássicas contemplam aprendizagem (facilidade com que um usuário aprende a usar o sistema), eficácia (capacidade do usuário de alcançar seus objetivos com precisão e completude), eficiência (rapidez e recursos necessários para realizar tarefas), satisfação (grau de conforto e aceitação do sistema pelo usuário), segurança (redução de erros e prevenção de consequências negativas) e memorização (facilidade do usuário em lembrar como usar o sistema após um período sem utilizá-lo). Essas dimensões garantem que usuários possam alcançar seus objetivos com precisão, rapidez e conforto, minimizando erros e facilitando a retenção do conhecimento sobre o sistema. [27] [15] [35].

Na televisão, a UX precisa considerar características específicas do meio, como o tamanho da tela, a distância de visualização, contraste, legibilidade, hierarquia informacional, consistência visual, além das limitações de interação impostas pelos dispositivos de entrada. Por isso, o design deve privilegiar navegação simples, leiautes responsivos e *feedback* constante, garantindo a compreensão imediata de comandos e conteúdos [20] [13] [36]. Além disso, deve integrar diretrizes de acessibilidade audiovisual, assegurando que o conteúdo possa ser experimentado por todos os públicos. Isso inclui contrastes adequados, tipografias de alta legibilidade, legendagem sincronizada, audiodescrição e navegação simplificada para usuários com limitações motoras ou cognitivas [34] [16] [38] [7].

Com o avanço tecnológico, o consumo audiovisual expandiu-se para múltiplas plataformas, consolidando o conceito de segunda tela (*second screen*) ou tela companheira (*companion screen*), que amplia a experiência ao permitir que a interação do usuário com o conteúdo consumido seja por meio de informações complementares, votações ou funções de controle remoto ampliado [19] [24] [1]. No cenário da TV 3.0, esse conceito evolui para uma integração sincronizada e bidirecional, na qual o smartphone ou tablet deixa de ser um dispositivo paralelo e passa a funcionar como extensão interativa da experiência broadcast.

Conectado ao receptor de TV por meio de aplicativos específicos e protocolos do subsistema Ginga CCWS, o dispositivo móvel atua como interface complementar, ampliando as possibilidades de engajamento e participação do público e promovendo experiências multimodais de navegação, interação e consumo de serviços públicos [8] [11] [21] [9]. Essa integração entre telas cria um ecossistema colaborativo, permitindo que o espectador interaja em tempo real com o conteúdo, acesse serviços públicos ou envie respostas e sugestões diretamente aos canais de comunicação oficiais.

O processo de transição para a TV 3.0, formalizada no Brasil pelo Decreto nº 12.595/2025, estabelece diretrizes para implementação da TV 3.0 no contexto do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), alinhando o processo à convergência midiática, cultura participativa e políticas públicas de comunicação [4]. Nesse contexto, se insere a proposta da plataforma Rede Pública, projetada como portal unificado que agrega canais de televisão do campo público e uma gama de serviços do governo eletrônico, oferecendo uma experiência integrada. É por meio do design gráfico e interativo que os requisitos passam a compor um sistema de significação e acesso, responsável por traduzir valores de clareza, transparência e inclusão em experiência visual e funcional [32] [25].

9.3 Metodologia

O desenvolvimento das aplicações e da plataforma unificada concebeu o *design* como uma prática projetual aplicada, orientada à concepção de soluções visuais e interativas para televisão digital e serviços públicos. O processo permitiu compreender as nuances do contexto de uso e alinhar os recursos gráficos e técnicos às necessidades do público e dos órgãos envolvidos. A etapa inicial consistiu na realização de *workshops* de elicitação de requisitos, conduzidos com representantes de órgão do Governo Federal e emissoras públicas responsáveis pela comunicação institucional e pelas ofertas de serviços à população.

Esses encontros foram estruturados com base na metodologia do *Design Thinking*, cuja abordagem privilegia empatia, colaboração multidisciplinar e prototipação interativa, permitindo levantar e organizar requisitos de forma a refletir de maneira precisa as demandas dos *stakeholders* em diferentes realidades sociais e perfis de cidadania [6] [18]. Durante essas imersões, foi definido o nome provisório da plataforma, Rede Pública, que poderá ser alterado futuramente pelo Governo Federal.

Na sequência, foi desenvolvida uma identidade visual provisória, composta por paleta cromática de alto contraste, tipografia legível e escalável, ícones funcionais e *grids* consistentes que organizam a informação de maneira hierárquica [32]. Essa identidade permite variações específicas para cada emissora ou órgão participante sem comprometer a coerência visual da plataforma. As escolhas estéticas seguiram diretrizes de acessibilidade audiovisual, contemplando legibilidade, contraste, audiodescrição e legendagem [38] [7] [16], garantindo que usuários de diferentes perfis pudessem interagir de forma eficiente e intuitiva, reduzindo erros e promovendo compreensão imediata das funcionalidades [35] [15].

O processo também envolveu *benchmarking* de interfaces televisivas e plataformas digitais, subsidiando decisões sobre hierarquia da informação, fluxos de navegação e arquitetura de interação [37] [14]. Considerando as limitações do meio televisivo, como controle remoto, distância de visualização e ausência de cursor. Foram definidos fluxos de navegação simples e consistentes, com *feedback* visual contínuo e integração com dispositivos complementares.

Com base nos requisitos e fluxos definidos, foram produzidos protótipos de alta fidelidade no Figma, ferramenta recorrente na área de UX/UI *Design* que permite simulação de interações, navegação e testes de interface [33] [12]. O portal e o aplicativo móvel foram avaliados por *stakeholders* em ciclos de validação, considerando os objetivos estabelecidos. A prototipação buscou assegurar a coerência entre identidade gráfica provisória, fluxos de navegação e funcionalidades, resultando em um Produto Mínimo Viável (MVP) capaz de integrar serviços e conteúdos das emissoras públicas, além de serviços governamentais, com navegabilidade intuitiva.

9. 4 Concepção visual da Plataforma Rede Pública

A concepção visual da plataforma Rede Pública constitui uma etapa fundamental do processo, articulando os resultados dos *workshops* de requisitos e criando uma identidade visual provisória destinada a representar o conjunto de emissoras e órgãos públicos participantes. Essa identidade tem como objetivo garantir a coerência estética, funcionalidade e reconhecimento institucional. O processo de criação da marca oficial não integrou o escopo deste projeto. Por isso, a preocupação central concentrou-se na aplicação consistente de uma identidade visual provisória que facilitasse a prototipação, a compreensão estrutural e visual e a validação das diretrizes gráficas durante os testes.

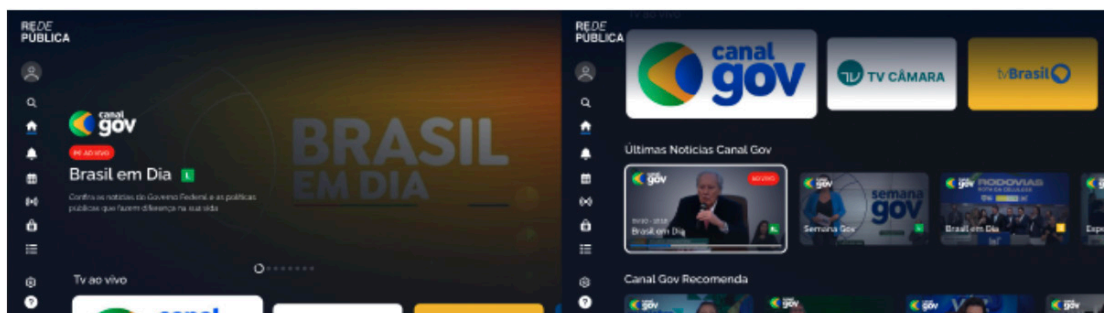
O desenvolvimento dessa identidade tomou como referência o *Design System* do gov.br [5], modelo consolidado de padronização visual e de usabilidade adotado pelo Governo Federal em plataformas digitais, com diretrizes baseadas em acessibilidade, clareza informacional e consistência gráfica. A adoção dessa referência foi estratégica, visto que o sistema oferece componentes modulares e de fácil aplicação, o que favorece a manutenção da unidade visual mesmo em processos de prototipação rápida e descentralizada.

A paleta cromática priorizou cores de alto contraste, dialogando com os princípios de acessibilidade visual descritos nas diretrizes de *design* inclusivo, garantindo percepção adequada em diferentes condições de iluminação ou dos dispositivos de exibição [15]. Seguindo as recomendações do *Design System* original, a tipografia foi adaptada para suportar distâncias de leitura maiores e luminosidade variada do ambiente, assegurando legibilidade em múltiplas resoluções e tamanhos de tela, característica essencial do meio televisivo.

De modo complementar, a iconografia adotada teve como base a biblioteca Font Awesome, também utilizada no *Design System* do gov.br [5], por sua compatibilidade com princípios de design acessível e responsivo, proporcionando uniformidade visual e facilidade de integração entre diferentes dispositivos. Para o ambiente televisivo, elementos iconográficos foram adaptados quanto ao contraste, espessura de traço e proporções, simplificando formas sem comprometer o vocabulário visual original.

O desenho da interface (Figura 1) priorizou a organização hierárquica da informação e a clareza visual, reduzindo a carga cognitiva por meio de estruturas previsíveis e rotulagem consistente [31] [7]. Com base nesses princípios, a arquitetura de informação foi estruturada em blocos modulares que agregam conteúdos segundo a função comunicacional (destaques, recomendações, notícias, listas temáticas e área pessoal), adotando navegação horizontal por trilhas e menu vertical fixo à esquerda para funções globais. Estado de foco e seleção utilizam realces de contraste e microtransições breves como *feedback* contínuo, mantendo a continuidade espacial e evitando distrações.

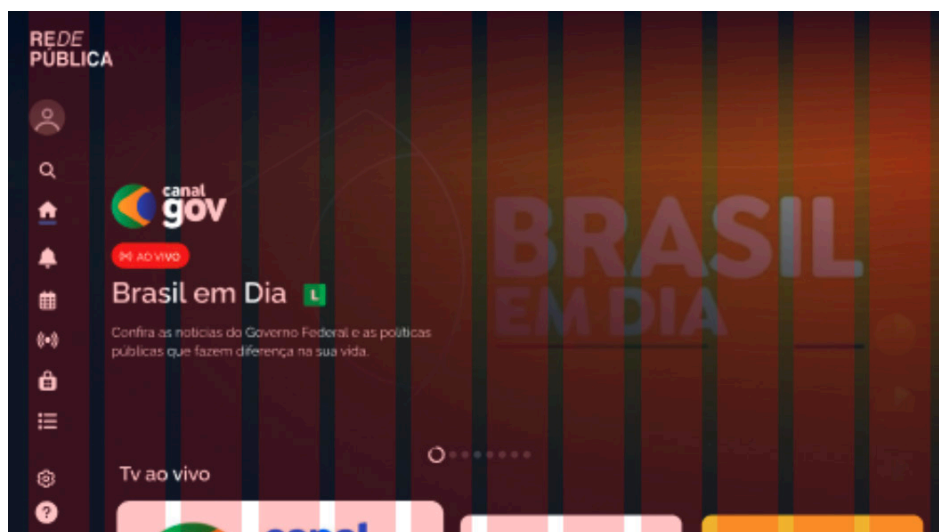
Figura 1: Tela inicial do portal Rede Pública.



Fonte: Elaboração própria.

A partir dessa organização informacional, a composição gráfica apoia-se em um grid de 12 colunas com sangrias amplas de 32 pixels e margens laterais de 80 pixels, assegurando equilíbrio entre densidade informacional e conforto visual em telas de grande formato (Figura 2). Alinhamentos óticos precisos e espaçamentos verticais regulares separam semanticamente trilhas e cartões, favorecendo leitura contínua do cabeçalho ao item em foco na distância típica de visualização [31]. A hierarquia visual combina escala tipográfica, peso, cor e brilho para manter a primazia do conteúdo ativo, garantindo legibilidade e consistência perceptiva em diferentes condições de luminância [15].

Figura 2: Estrutura do grid.



Fonte: Elaboração própria.

A navegação é centralizada no menu lateral esquerdo (Figura 3), acessível em qualquer momento, com composição vertical sobre fundo degradê de azul para preto, favorecendo contraste com ícones e textos brancos. A marca provisória “Rede Pública” ocupa posição fixa no canto superior esquerdo, composta por tipografia

sem serifa, caixa alta, com peso bold aplicado à sílaba “Re” e à palavra “Pública”, destacando a leitura dupla de “Rede Pública” e “República”. O alinhamento à esquerda e o espaçamento entre letras asseguram consistência com o grid e legibilidade em diferentes resoluções.

Na versão expandida do menu, a função de login do usuário, quando está em modo de foco (Figura 4), surge um cartão que utiliza fundo cinza-claro e contém o ícone de perfil em azul-médio, contrastando com o fundo do menu e destacando a área de ação. À direita do ícone, há o texto “Login” com peso bold e a instrução “Aponte a câmera para o QR Code”, em corpo reduzido e peso regular. O QR Code está posicionado à direita, integrando de forma funcional a ponte entre televisão e segunda tela.

Figura 4: Tela de início com menu lateral expandido e função de login em modo foco.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5: Tela de início com menu lateral expandido e botão de início em modo foco.



Fonte: Elaboração própria.

Abaixo, os itens de navegação apresentam ícones e rótulos em corpo regular, espaçados verticalmente em 24 pixels. O item ativo é destacado por botão branco com bordas arredondadas e texto peso bold (Figura 5), enquanto ícone e texto mudam para cinza-escuro, evitando cores vibrantes, estratégia recomendada para interfaces televisivas [15].

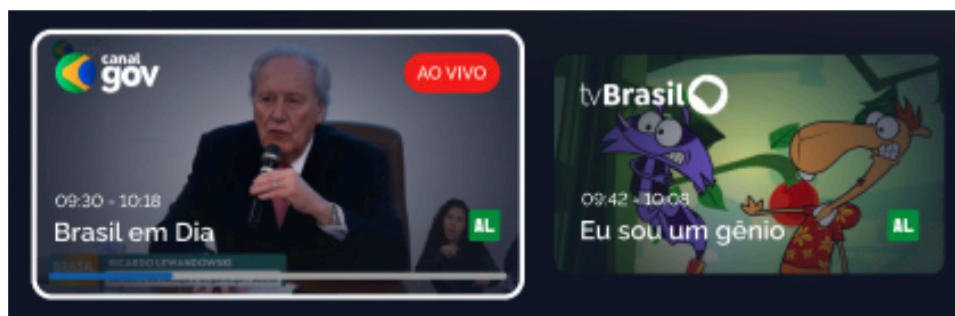
A sequência hierárquica dos itens segue uma lógica de uso e frequência de acesso: Pesquisa, representada por uma lupa, reforça a descoberta de conteúdos; Início, simbolizada por uma casa, indica o retorno à tela principal; Notificações, com ícone de sino, comunica atualizações; Programação, utilizando calendário, remete à grade de exibição; Ao vivo, representada por ondas de transmissão, associa-se à exibição em tempo real; Aplicativos, com ícone modular, indica acesso a integrações e serviços externos; Serviços, representado por uma pasta ou ícone genérico, está relacionado a utilidades adicionais; Configurações, simbolizada por engrenagem, remete aos ajustes universais; e Ajuda, com ícone de ponto de interrogação, refere-se a suporte e orientação.

O alinhamento à esquerda de todos os elementos (marca, ícones e textos) garante

unidade e estabilidade visual, além de reforçar a previsibilidade espacial, atributo essencial para navegação com controle remoto. A proporção entre ícone e texto foi calibrada para manter legibilidade mesmo em televisores de menor resolução, respeitando o princípio de “mínimo esforço visual” para leitura à distância [31].

As trilhas horizontais refletem a prioridade informacional definida nos workshops, com cartões de programas (Figura 6) de alta legibilidade: selo “ao vivo”, barra de progressão, logomarca da emissora, título, faixa horária e classificação indicativa. O estado em foco adiciona borda luminosa e leve ampliação, oferecendo feedback via controle remoto [31].

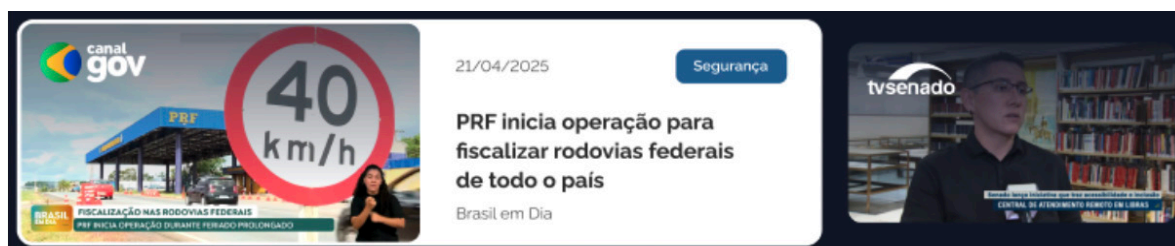
Figura 6: Cartão de programa em estado normal e foco.



Fonte: Elaboração própria.

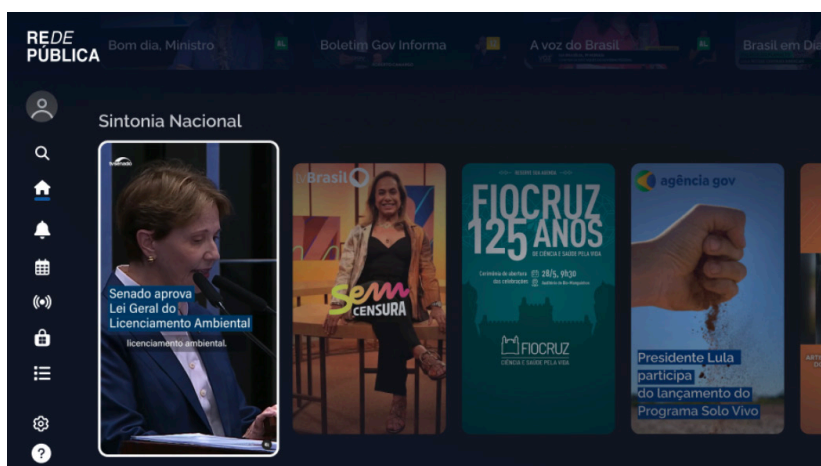
Cartões de notícias (Figura 7) e de conteúdos verticais (Figura 8) seguem a mesma lógica, garantindo consistência, legibilidade e previsibilidade.

Figura 7: Cartão de notícia em estado de foco e normal.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 8: Tela com trilha de conteúdos verticais.



Fonte: Elaboração própria.

Além disso, a aplicação das logomarcas das emissoras seguiu rigorosamente as especificações dos manuais de identidade visual, respeitando proporções mínimas, áreas de respiro, versões cromáticas e restrições de uso sobre fundos. Essa conformidade assegurou a integridade gráfica das emissoras e a linguagem visual da plataforma. Quando necessário, foram adotadas variações monocromáticas para preservar a legibilidade em contextos de alto contraste fundos dinâmicos.

Um recurso importante e acessível em todas as telas é a Central de Notificações (Figura 9). Ela sobrepõe o conteúdo por meio de um painel flutuante com cabeçalho, cartões empilhados e botões de ação. Caso ativada no broadcast, conforme apresentado na figura 9, ela mantém a transmissão visível, realizando uma sobreposição não intrusiva. Abaixo do cabeçalho, os cartões de notificação são dispostos em coluna única, cada um apresentando ícone do serviço, título, resumo e carimbo de tempo, garantindo baixa densidade informacional e leitura à distância. A tipografia adota corpo regular com hierarquia clara entre título e subtítulo, alinhando-se à identidade de aplicações de serviços públicos e ao princípio de conteúdo em primeiro plano.

Figura 9: Central de notificações retraída e expandida.



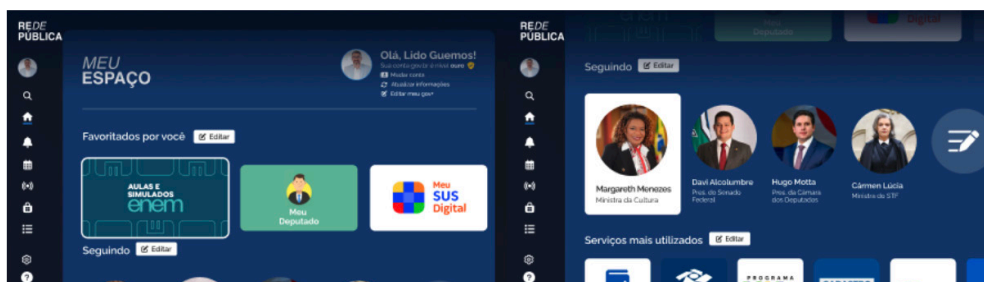
Fonte: Elaboração própria.

O espaçamento vertical entre texto e ícones cria respiro visual e facilita foco seletivo via controle remoto, enquanto o estado ativo é indicado por realce com fundo claro, bordas arredondadas e variação tipográfica no título, oferecendo feedback imediato. As cores de foco privilegiam contraste de luminosidade e tons neutros, evitando distrações em relação ao conteúdo ao vivo. A sobreposição adota alinhamento à esquerda e os botões de ação (“Visualizar todas” ou “Fechar”) posicionam-se na base do painel, promovendo fluxo mínimo de interação.

A hierarquia prioriza notificações recentes e relevantes, como informações de saúde e governo, refletindo o modelo híbrido broadcast-broadband da TV 3.0, que integra serviços públicos sem interromper a transmissão. A integração com catálogos e aplicativos, suporte a estados de alerta e experiência contínua de conteúdo ao vivo consolidam a central de notificações como camada sistêmica do receptor.

Seguindo a estratégia de introdução gradual de aplicativos e serviços de governo eletrônico, a tela Início do portal apresenta, como último item, a área “Meu Espaço” (Figura 10). Ela adota uma composição em camadas sobre fundo azul-escuro, com cabeçalho informativo e trilhas de conteúdo. No topo, o cabeçalho apresenta o título da seção e um bloco de perfil com avatar, nome e ações rápidas, como “Editar”, mantendo baixa densidade textual e reduzindo o esforço necessário para personalização sem sair da página.

Figura 10: Área Meu Espaço.



Fonte: Elaboração própria.

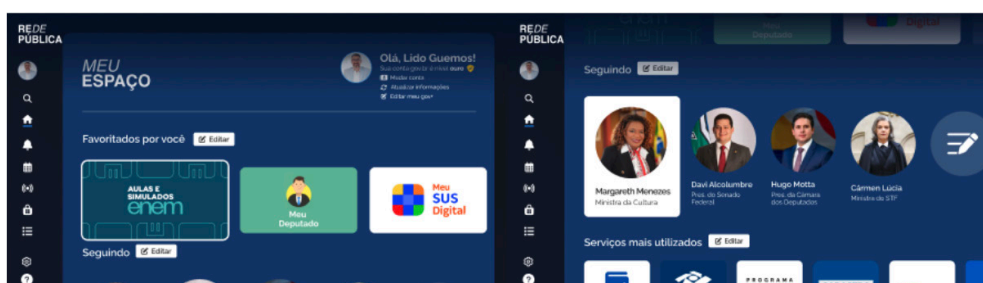
As trilhas, como a “Favoritados por você”, exibem cartões com ícones institucionais e rótulos concisos, explorando reconhecimento por forma e cor, enquanto o espaçamento cria respiro visual e facilita a percepção do foco. A seção “Seguindo” organiza retratos circulares em carrossel horizontal, destacando o item em foco com realce claro e sombra sutil, garantindo previsibilidade no deslocamento lateral e atenção concentrada em um elemento por vez.

Em “Serviços mais utilizados”, os cartões de utilidades públicas aparecem em linha contínua com pistas de continuidade nas bordas, permitindo varredura rápida e acesso direto a tarefas frequentes sem sobrecarregar o campo visual. O estado ativo de qualquer item recorre à superfície clara com bordas arredondadas e aumento do

peso do rótulo, evitando cores vibrantes e preservando contraste, reduzindo fadiga visual e mantendo o conteúdo como protagonista.

A tela de Serviços (Figura 11) constitui um elemento central na experiência da TV 3.0, organizando integrações governamentais em uma grade de cartões com ícones oficiais, títulos e subtítulos curtos. Ao situar os itens abaixo do título “Serviços” em uma coluna principal segmentada por temas (Saúde, Educação, Trabalho e Cidadania) e agrupando aplicativos como Meu SUS Digital, Carteira de Documentos, IRPF e Cadastro Único, a interface reforça a descoberta por categorias recorrentes do gov.br, consolidando a televisão como um hub de utilidades públicas acessíveis, integradas e de fácil navegação, alinhadas aos princípios da TV 3.0 de combinar broadcast e serviços digitais em benefício do cidadão.

Figura 12: Tela de Serviços.



Fonte: Elaboração própria.

A hierarquia privilegia um carrossel de destaques no topo com campanhas públicas (vacinação, saúde na escola) seguido de blocos “Mais recentes”, equilibrando utilidade imediata e comunicação de interesse público sem romper a coerência visual dos cartões. Os cartões utilizam ícones grandes à esquerda do título, com rótulos em corpo regular e espaçamento vertical amplo entre linhas; o estado de foco do cartão ativo é indicado por fundo claro com bordas arredondadas.

O projeto incorporou a acessibilidade diretamente ao design da experiência do usuário, garantindo que as interfaces fossem utilizáveis por públicos com diferentes necessidades. Exemplos disso incluem recursos que auxiliam pessoas com deficiência visual, como a opção de aumentar o tamanho das fontes (Figura 13) e a visualização em escala de cinza (Figura 14), medida relevante para usuários com daltonismo, promovendo maior autonomia e compreensão do conteúdo.

Figura 13: Interface com aumento da fonte.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 14: Interface em escala de cinza.



Fonte: Elaboração própria.

Para além das trilhas de conteúdo e serviços de governo eletrônico, funcionalidades específicas para canais demandaram adaptações localizadas, mantendo unidade visual e funcional. Exemplos incluem o Canal Educação com trilhas para o ENEM (Figura 15), a Carteira de Documentos (Figura 16), serviços de saúde como Peso Saudável e Minha Saúde (Figura 17), conteúdos culturais como Nossa Música (Figura 18), o aplicativo infantil Mundo Divertido (Figura 19) e canais institucionais como TV Câmara (Figura 20). Todas as aplicações priorizam hierarquia, legibilidade e navegação intuitiva.

Figura 15: Tela inicial da aplicação Aulas e Simulados ENEM.



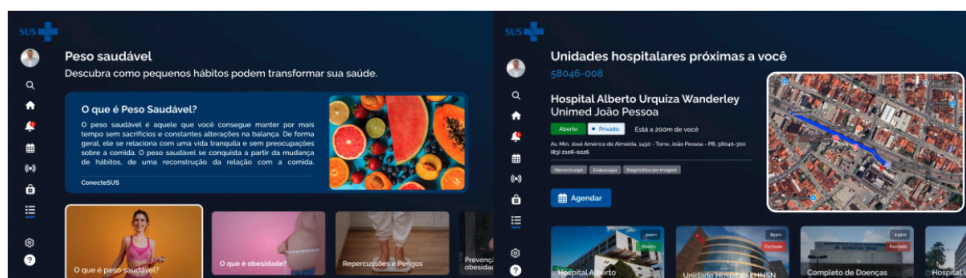
Fonte: Elaboração própria.

Figura 16: Tela inicial da aplicação Carteira de Documentos.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 17: Telas iniciais dos serviços Peso Saudável e Minha Saúde.



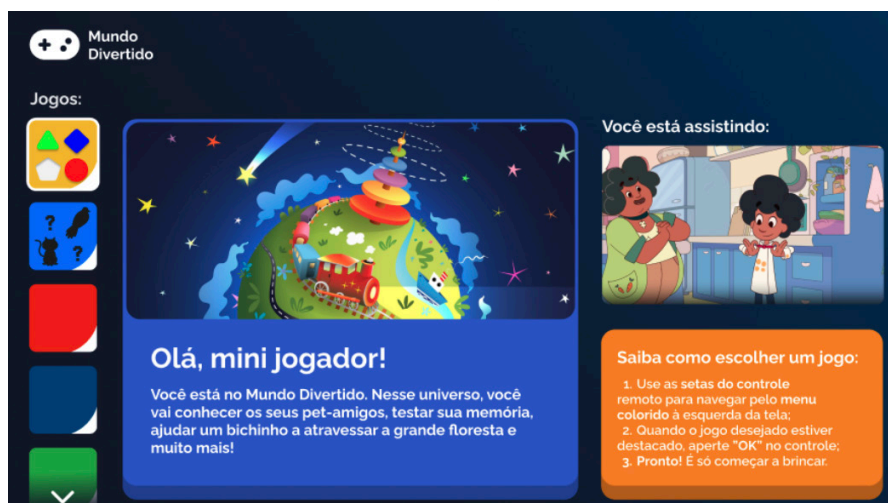
Fonte: Elaboração própria.

Figura 18: Tela inicial da aplicação Nossa Música.



Fonte: Elaboração própria.

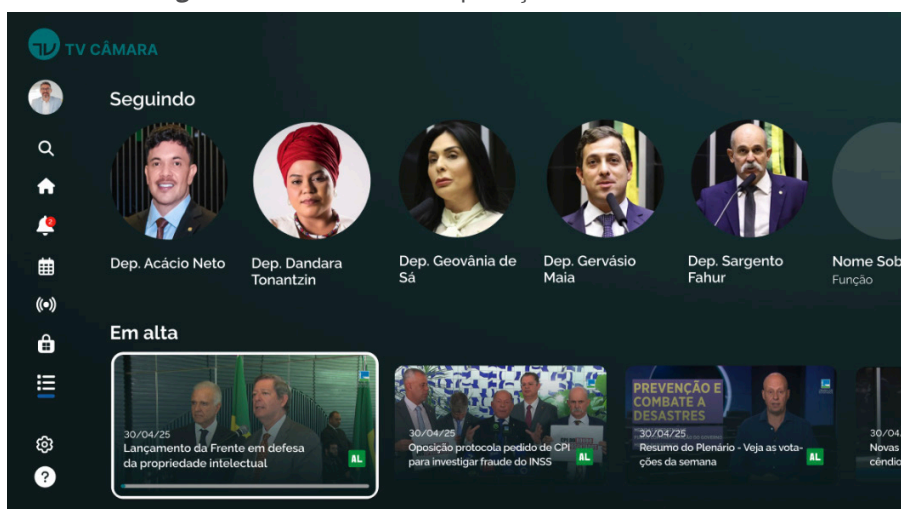
Figura 19: Tela inicial da aplicação Mundo Divertido.



Fonte: Elaboração própria.

Já os canais institucionais, como a TV Câmara (Figura 18), integraram transmissão ao vivo com informações contextuais sobre pautas e sessões, equilibrando elementos de broadcast e interatividade. Nesses casos, a paleta cromática foi adaptada de acordo com o manual de marca da emissora.

Figura 20: Tela inicial da aplicação da TV Câmara.



Fonte: Elaboração própria.

De modo geral, essas decisões projetuais convergem para uma navegação intuitiva e de baixa taxa de erro, adequada às restrições de entrada e ao ritmo de leitura à distância na intenção de que o sistema tenha uma curva de aprendizagem reduzida, promovendo a compreensão das funções do ambiente televisivo [10] [31].

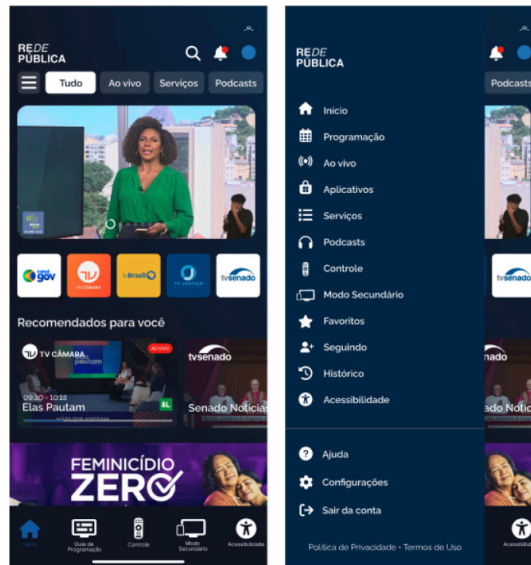
Complementando a experiência televisiva, a plataforma contempla um aplicativo móvel, projetado para estender a interação do usuário além do televisor. Essa interface móvel preserva a coerência visual e funcional da TV 3.0, oferecendo recursos de personalização do menu, acesso rápido a serviços, pesquisa integrada e navegação otimizada para toque. Ao mesmo tempo, permite ampliar o conteúdo apresentado na televisão, oferecendo textos mais detalhados, informações contextuais e controles adicionais, consolidando um ecossistema multiplataforma que conecta broadcast e interatividade de forma contínua e intuitiva.

9. 5 Aplicativo de segunda tela

O aplicativo móvel de segunda tela segue os mesmos princípios de design e organização do Portal, com adaptações específicas para o ambiente mobile. As telas apresentam composição em camadas sobre fundo azul-escuro, com cabeçalho fixo contendo o logotipo da Rede Pública e ações rápidas, como pesquisa, notificações e perfil, enquanto o corpo do conteúdo é estruturado em trilhas horizontais que espelham a organização do Portal e da TV, garantindo continuidade visual e funcional entre plataformas. O grid utilizado segue uma configuração de cinco colunas com sangria de 20 pixels, assegurando alinhamento consistente e respiro entre os elementos.

Na tela inicial (Figura 21), blocos de filtros (“Tudo”, “Ao vivo”, “Serviços” e “Podcasts”) são apresentados em cápsulas abaixo do cabeçalho, seguidos por carrosséis de cartões com capas de programas, selos de status e miniaturas de emissoras. Essa disposição facilita a descoberta lateral por varredura com o polegar e mantém previsibilidade na navegação. A barra inferior traz cinco atalhos padrão: Início, Guia de Programação, Controle remoto, Modo Secundário e Acessibilidade. Eles possuem ícones de alto contraste e rótulos concisos, favorecendo alcance com uma mão; o item ativo é evidenciado pela cor azul, enquanto os demais permanecem na cor branca. Além disso, podem ser trocados por outros itens do menu lateral por meio das opções de configurações.

Figura 21: Tela inicial e tela inicial com menu lateral aberto.

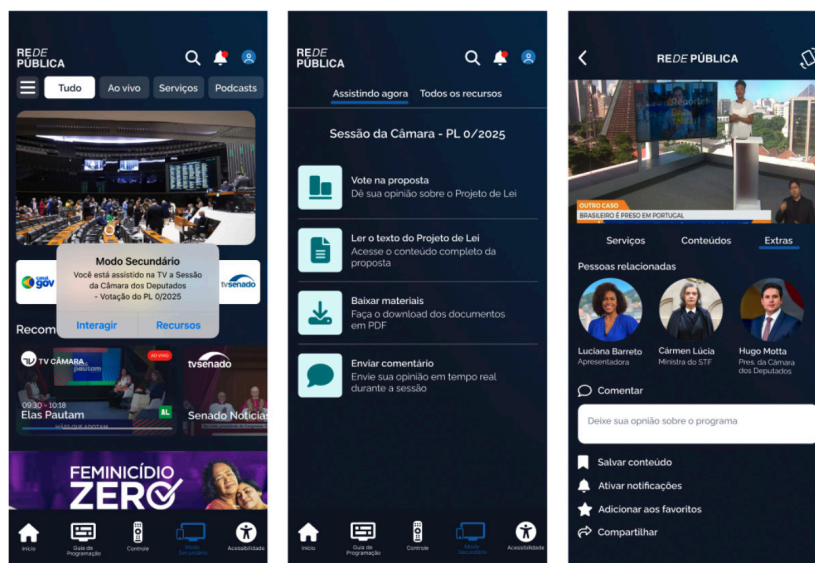


Fonte: Elaboração própria.

O menu lateral (Figura 21) expansível utiliza largura generosa, ícones alinhados à esquerda e rótulos em corpo regular, organizados em dois blocos: navegação principal (Início a Acessibilidade) e utilitários (Ajuda, Configurações e Sair), separados por divisor sutil e rodapé para políticas, reforçando previsibilidade espacial e estrutura consistente. O Modo Secundário (Figura 23) é acionado por sobreposição discreta no rodapé, com dois botões de ação (“Interagir” e “Recursos”) evitando interrupção do fluxo e explicando o contexto da sessão ao vivo. Ao entrar, a tela organiza recursos em lista de cartões com ícone, título e descrição curta, separados por linhas de base e margens amplas para leitura rápida.

A página de detalhes de programas ao vivo mantém o vídeo em destaque no topo e organiza três abas (Serviços, Conteúdos e Extras) com indicador de seleção por traço inferior. A aba “Extras” reúne pessoas relacionadas em avatares circulares, campo de comentário de largura total e ações rápidas como “Salvar conteúdo”, “Ativar notificações”, “Favoritos” e “Compartilhar”, todas com ícones consistentes e hierarquia clara.

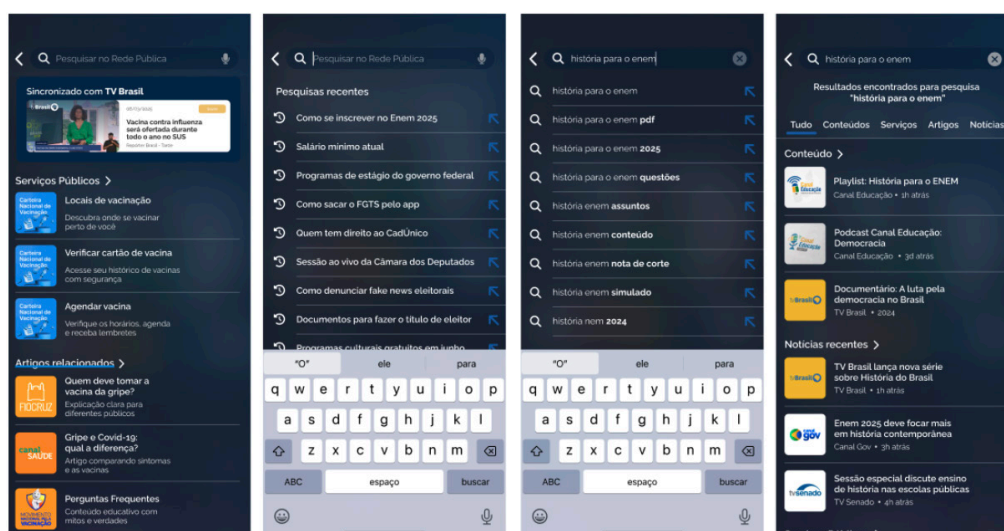
Figura 23: Tela com modal do módulo secundário, tela com o modo secundário ativo e tela com opções extras de interação.



Fonte: Elaboração própria.

A busca integrada (Figura 24) abre sobreposição com campo expandido, sugestões imediatas e cartões ilustrados relacionados ao conteúdo da TV; a digitação apresenta histórico, autocompletar e resultados organizados em guias (“Tudo”, “Conteúdos”, “Serviços”, “Artigos”, “Notícias”), cada item com ícone de origem e tempo de atualização.

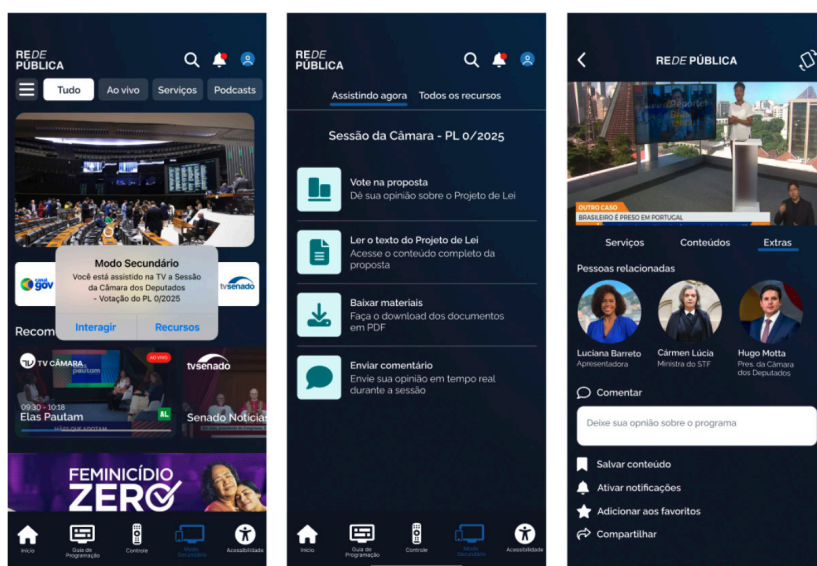
Figura 24: Telas que compõem a função de busca integrada.



Fonte: Elaboração própria.

A disposição da tela Serviços (Figura 25) segue com alta fidelidade a criada para TV, preservando hierarquia, nomes de seções e ordem dos blocos, o que garante continuidade cognitiva entre plataformas. A Central de Notificações (Figura 25) adota lista em coluna única com cartões de altura uniforme, exibindo ícone do emissor, título, resumo e tempo decorrido. A navegação entre categorias (“Tudo”, “Recente”, “Urgente”, “Lidas” e “Não lidas”) é realizada por botões com realce por sublinhado e contraste, mantendo foco na leitura sequencial. O Guia de Programação (Figura 25) organiza a grade por emissora em coluna à esquerda e cartões de programas à direita, com faixa de horário, título e barra de progresso, além de filtros de data em cápsulas (“Ontem”, “Hoje”, “Amanhã”), permitindo planejamento rápido com poucos toques.

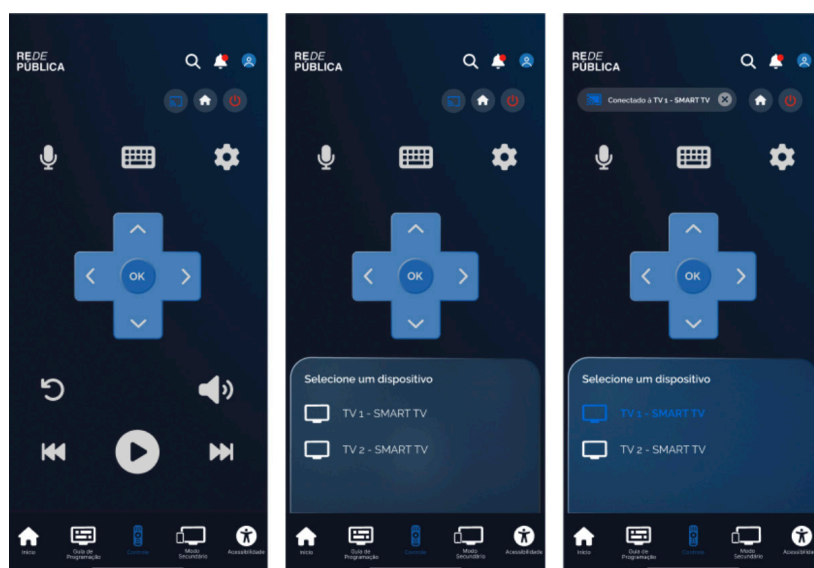
Figura 25: Tela de serviços, tela da Central de notificações e tela do EPG.



Fonte: Elaboração própria.

O Controle remoto (Figura 26) emula direcional com botões grandes, rótulos claros e espaçamento amplo, acompanhado de comandos de voz, teclado e configurações; a seleção de dispositivos é apresentada em painel deslizante com lista de televisores identificados por nome, garantindo conexão e troca ágil sem abandonar a tela.

Figura 26: Telas que compõem a função controle remoto.



Fonte: Elaboração própria.

Em todas as interfaces, a linguagem visual prioriza legibilidade, utilizando tipografia em corpo regular, títulos curtos, áreas clicáveis amplas, ícones sólidos e uso moderado de cor para estados de foco, enquanto sombras suaves e cantos arredondados indicam profundidade e hierarquia, promovendo consistência e previsibilidade na interação.

9. 6 Conclusão

O desenvolvimento da plataforma Rede Pública demonstrou que é possível articular conteúdo televisivo e serviços digitais em um ecossistema multiplataforma, com foco em legibilidade, acessibilidade e previsibilidade. A aplicação de princípios de design centrado no usuário [27], combinada com referências consolidadas como o Design System do gov.br [5], permitiu criar interfaces coerentes, intuitivas e inclusivas, adaptadas a diferentes dispositivos e contextos de uso.

Nesse sentido, a flexibilidade do design se mostrou essencial para acomodar funcionalidades específicas, como o Canal Educação, a Carteira de Documentos e aplicativos de saúde e cultura, sem comprometer a unidade visual ou funcional da plataforma. Recursos de acessibilidade, feedback visual imediato e hierarquia clara reforçam a experiência do usuário e reduzem a carga cognitiva, especialmente em telas de grande formato [10].

A continuidade cognitiva entre televisão e aplicativo móvel de segunda tela consolida a televisão como hub de conteúdo interativo e serviços públicos, permitindo

que os usuários naveguem entre plataformas de forma coesa e eficiente. Estruturas como trilhas horizontais, carrosséis de cartões, menus consistentes e central de notificações exemplificam a integração de broadcast e interatividade em conformidade com os princípios da TV 3.0 [17].

Em suma, a experiência da Rede Pública evidencia que o design visual e funcional é estratégico para a construção de plataformas digitais institucionais, conciliando identidade gráfica, normas institucionais e práticas de interação. Para trabalhos futuros, propõe-se a expansão do processo de avaliação e elicitação de requisitos. Essa etapa buscará ampliar a amostra contemplada em termos de faixa etária, escolaridade, condições socioeconômicas e níveis de letramento digital, a fim de compreender de forma mais aprofundada as necessidades, percepções e barreiras de uso. Tal abordagem permitirá aperfeiçoar a plataforma sob a ótica da inclusão e da equidade digital, assegurando que a evolução atenda tanto aos usuários habituados a tecnologias conectadas quanto àqueles que enfrentam limitações de acesso, contribuindo, assim, para a ampliação da apropriação dos serviços públicos digitais.

Referências

- [1] Araújo, Cristiana Freitas Guimarães. TV digital e convergência de mídias: estudo exploratório sobre narrativas interativas. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2011.
- [2] Becker, Valdecir. O impacto das mídias digitais na televisão brasileira. *Palavra Chave*, v. 18, n. 2, 2015.
- [3] Brasil. Presidência da República. Decreto nº 11.484, de 6 de abril de 2023. Dispõe sobre as diretrizes para a evolução do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre e para garantir a disponibilidade de espectro de radiofrequências para a sua implantação. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 6 abr. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11484.htm. Acesso em: 24 out. 2025.
- [4] Brasil. Presidência da República. Decreto nº 12.595, de 27 de agosto de 2025. Dispõe sobre a escolha do padrão tecnológico da segunda geração do Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre, denominado TV 3.0, e sobre a sua implantação no território nacional; institui a Plataforma Comum de Comunicação Pública e Governo Digital da TV 3.0. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 ago. 2025. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/D12595.htm. Acesso em: 24 out. 2025.

- [5] Brasil. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. Padrão Digital de Governo — Guias e Boas Práticas. Brasília, DF: Gov.br, c2023-2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ds/home>. Acesso em: 23 out. 2025.
- [6] Brown, T. Change by design: how design thinking creates new alternatives for business and society. New York: HarperBusiness, 2009.
- [7] Castro, M. V. Audiovisual accessibility in digital television: guidelines and techniques. Revista Brasileira de Tecnologia, v. 12, n. 1, p. 12–29, 2014.
- [8] Celestino, F.; Pernisa Júnior, C. TV 3.0: integração de segunda tela via Ginga CCWS. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia de Televisão, 2024.
- [9] Chaves, Iana Garófalo. O design centrado no humano conectado e colaborativo. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2019.
- [10] Coleman, Graeme; Swan, Henny. Considerations for TV user interface accessibility. TetraLogical Blog, 9 ago. 2023. Disponível em: <https://tetralogical.com/blog/2023/08/09/tv-accessibility-considerations/>. Acesso em: 26 out. 2025.
- [11] Crocomo, Fernando Antonio. TV digital e produção interativa: a comunidade recebe e manda notícias. Florianópolis: UFSC, 2004.
- [12] Damásio, L. H. Avaliação de protótipos digitais: ciclos iterativos de validação de stakeholders. Anais do Simpósio de Experiência do Usuário, p. 215–228, 2022.
- [13] Demarchi, Gabriela Silveira. Potencializando a experiência da criança de educação infantil através da interface gráfica no ambiente TVDi. Porto Alegre: UFRGS, 2015.
- [14] Guerreiro, T. Navegação e usabilidade em plataformas de televisão digital interativa. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Software) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- [15] ISO. ISO 9242-11: ergonomics of human-system interaction – usability: definitions and concepts. Genebra: ISO, 2018.
- [16] Ishikawa, Maria Inês Garcia. Audiodescrição: um recurso de acessibilidade na televisão digital. Bauru: UNESP, 2013.
- [17] Josué, Marina Ivanov Pereira; Valentim, Pedro Alves; Muchaluat Saade, Débora Christina. TV 3.0: Definição e Uso de Perfil de Telespectador no Ambiente de TV

Digital Aberta. In: WORKSHOP FUTURO DA TV DIGITAL INTERATIVA - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB (WEBMEDIA), 29, 2023, Ribeirão Preto/SP. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 171-177. ISSN 2596-1683. DOI: https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2023.236156.

[18] Kelley, T.; Littman, J. The art of innovation: lessons in creativity from IDEO, America's leading design firm. New York: Currency/Doubleday, 2001.

[19] Kieling, Alexandre Schumacher. Narrativas digitais interativas e o uso da TV digital. Revista Famecos, 2012.

[20] Kunert, Anja; Krömker, Hanna. Televisão digital interativa: diretrizes de navegação e feedback. In: Anais do Simpósio de Mídias Digitais, 2008.

[21] Leal, Sayonara. SBTVD: democracia técnica e lógicas de ação. Sociologias, v. 13, n. 28, 2011.

[22] Lowdermilk, Whitney Quesenbery. Design de experiência do usuário: guiando princípios. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly, 2013.

[23] Lupton, Ellen. O design como storytelling. São Paulo: Olhares, 2022. ISBN 9786588280348. 160 p. Título original: Design is Storytelling.

[24] Machado, Bruno. Percepções e proposições sobre interatividade narrativa na televisão digital. Revista Movimento, 2017.

[25] Merino, Giselle Schmidt Alves Díaz. Metodologia para a prática projetual do design: com base no projeto centrado no usuário e com ênfase no design universal. Florianópolis: UFSC, 2014.

[26] Montezano, Cristiane Turnes; Pernisa Júnior, Carlos; Moreno, Marcelo F. Uma análise de plataformas de streaming e as possibilidades para um guia de programação na TV 3.0. In: Workshop Futuro da TV Digital Interativa - Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia), 30., 2024, Juiz de Fora/MG. Anais [...] Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 285–290. DOI: https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2024.244578.

[27] Nielsen, Jakob. Usabilidade na web: indicadores e metodologias. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

[28] Norman, Donald A. O design do dia a dia. Rio de Janeiro: Rocco, 2007.

- [29] Paulino, Fernando Oliveira; Guazina, Liziane. Um retrato da pesquisa em mídia pública no Brasil. Revista Intercom, 2016.
- [30] Pernisa Júnior, Carlos; Moreno, Marcelo Ferreira; Teixeira, Stanley Cunha; Montezano, Cristiane Turnes. TV 3.0 e a jornada do telespectador/interator. In: Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, 47., 2024, Balneário Camboriú. Anais eletrônicos... São Paulo: Intercom, 2024. p. 1–16.
- [31] Philips, Miklos. Boost your UX with these successful interaction design principles. Toptal Blog, 19 maio 2016. Disponível em: <https://www.toptal.com/designers/interactive/interaction-design-principles>. Acesso em: 26 out. 2025.
- [32] Piccolo, Lara Schibelsky Godoy; Baranauskas, Maria Cecília C. Desafios de design para a TV digital interativa. In: Anais do IHC, 2008.
- [33] Pontes, F. R. Prototipação de alta fidelidade com Figma: métodos e boas práticas. Revista UX Brasil, v. 2, n. 3, p. 67–83, 2022.
- [34] Silva, Dafne. Diretrizes de acessibilidade para deficientes visuais na programação da TV digital interativa. Florianópolis: UFSC, 2011.
- [35] Shneiderman, Ben. Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. 3. ed. Reading: Addison-Wesley, 1998.
- [36] Souza, Maicon Ferreira de. Conteúdo educativo para a televisão digital interativa. Bauru: UNESP, 2011.
- [37] Valente, M. Interface design for digital TV: a benchmark study. Anais do Congresso Brasileiro de Design de Interfaces, p. 102–110, 2009.
- [38] W3C. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. Genebra: W3C, 2018.

10

A inteligência artificial generativa como catalisadora na evolução dos testes de software centrados no usuário

Felipe Melo Feliciano de Sá

10. 1 Introdução

O panorama do desenvolvimento de *software* tem sofrido transformações contínuas, impulsionadas pela necessidade de ciclos de entrega mais curtos e pela exigência de respostas rápidas às demandas de mercado. A transição de modelos sequenciais e burocráticos para metodologias adaptativas, como o Desenvolvimento Ágil de *Software*, e a subsequente adoção da cultura DevOps, redefiniram a função do teste.

Neste ambiente, a qualidade deixou de ser um estágio final para se tornar uma responsabilidade intrínseca e contínua. Esse movimento é cristalizado no princípio do *Shift-Left* [1], que enfatiza a integração das atividades de teste e qualidade nas fases mais iniciais do ciclo de vida de desenvolvimento de *software* (SDLC). Essa abordagem não é apenas uma diretriz de processo, mas uma necessidade financeira, pois o custo da correção de um defeito cresce exponencialmente quanto mais tarde ele é descoberto na cadeia de desenvolvimento. O testador, portanto, atua como um proponente da qualidade, participando ativamente da revisão e da análise de requisitos, solidificando a estratégia de teste desde o nascimento do projeto [1].

10. 2 A centralidade da Interação Humano-Computador na qualidade

Em um mercado saturado de soluções digitais, o valor de um produto não é mais determinado apenas por sua funcionalidade, mas pela experiência que ele proporciona. A definição de qualidade expandiu-se da simples verificação (chechar se o código atende às especificações) para a crucial validação (chechar se o produto, tal como construído, resolve os problemas e atende às necessidades do usuário) [1]. É aqui que a Interação Humano-Computador (IHC) se insere de maneira indissociável na garantia da qualidade.

Em domínios sensíveis — como plataformas de transparência pública, onde a clareza e a usabilidade garantem o acesso à informação, ou em sistemas de *marketing*, onde a experiência do usuário se traduz diretamente em conversão e receita — a excelência do design de interação é fundamental. O Teste de Aceite do Usuário (UAT) é o mecanismo de teste primário para essa validação, garantindo que o sistema esteja pronto para a operação do negócio [1].

Para que o UAT seja um sucesso, ele deve ser construído sobre uma base de empatia e compreensão do público-alvo, exigindo a criação de artefatos de teste de alta fidelidade:

- **Personas:** São representações detalhadas e semifictícias dos usuários finais, que guiam a equipe a focar em objetivos, frustrações e cenários de uso realistas, transformando requisitos abstratos em ações concretas de teste [2].
- **Questionários e Instrumentos de IHC:** *Surveys* estruturados (pré e pós-teste) que coletam dados qualitativos e quantitativos sobre a usabilidade, a satisfação e a eficiência da interação, complementando a visão puramente técnica com a perspectiva humana [3, 4].

O desafio reside no fato de que a criação manual desses artefatos — desde a escrita dos Critérios de Aceite e a tradução de histórias de usuário em Casos de Teste estruturados, até a formulação de questionários cientificamente válidos e a modelagem de *personas* — é um processo que consome tempo e é intensivo em trabalho cognitivo. Essa sobrecarga na fase de projeto de testes frequentemente cria um gargalo de qualidade, limitando a capacidade de acompanhar o ritmo acelerado dos ciclos de entrega. [1]

10.3 A inteligência artificial generativa como auxílio cognitivo

A recente e disruptiva emergência da Inteligência Artificial Generativa (GenAI), potencializada pelos Modelos de Linguagem Amplos (LLMs), oferece uma solução inovadora para este gargalo. A GenAI se diferencia das ferramentas de automação tradicionais ao possuir a capacidade de raciocínio, síntese, e geração de novo conteúdo em linguagem natural e código, atuando como um assistente cognitivo para o profissional de teste. [3, 5, 6]

A premissa fundamental deste capítulo é que a GenAI oferece o meio para finalmente unificar a necessidade de testes rápidos (DevOps) com a exigência de testes profundos, centrados no usuário (IHC). Ao delegar as tarefas mais repetitivas e cognitivamente intensivas — como a criação de *personas* digitais, a elaboração de questionários, a síntese de casos de teste a partir de requisitos e a geração de dados de teste sintéticos — o testador humano é liberado para focar em seu papel insubstituível:

o julgamento estratégico, a criatividade no teste exploratório e a validação ética do produto. [2, 4, 5]

10. 4 Escopo e propósito do estudo

Este capítulo tem o propósito de detalhar, de maneira lógica e academicamente referenciada, a evolução dos testes de software e demonstrar como a GenAI se encaixa como o próximo passo dessa progressão. Para isso, o estudo se estrutura para apresentar:

1. Os fundamentos da GenAI, detalhando as técnicas de interação essenciais, como a Engenharia de *Prompt* e arquiteturas de suporte como RAG (Geração Aumentada por Recuperação) [5].
2. A aplicação da GenAI para otimizar os artefatos de teste centrados no usuário, incluindo a criação de *personas*, a elaboração de questionários pré e pós-teste e a geração automatizada de casos de teste [2, 4, 5].
3. Uma análise crítica dos riscos inerentes à GenAI (como alucinações e viés), e a discussão sobre a transformação do papel do testador para um especialista em estratégia e governança de testes assistidos por IA [5].

O objetivo final é fornecer uma análise concisa e um roteiro prático para a integração estratégica da IA Generativa, capacitando profissionais de qualidade a elevar o padrão de excelência de software em um mundo de entregas contínuas e expectativas de usuário cada vez mais elevadas.

10. 5 Materiais e métodos: a estrutura de testes e a arquitetura de suporte da GenAI

Para analisar a aplicabilidade da Inteligência Artificial Generativa (GenAI) em testes de *software*, é imperativo mapear a estrutura clássica e os artefatos de teste mais cruciais para a validação do usuário, e, em paralelo, delinear os conceitos técnicos e as metodologias de interação que capacitam a GenAI a atuar como um material de suporte robusto [5].

A Estrutura Clássica e Centrada no Usuário dos Testes

Um processo de teste maduro é um ciclo de atividades coesas que visam garantir a qualidade em diferentes níveis do produto. Esse ciclo envolve grupos de atividades essenciais: Planejamento e Controle, Análise e Projeto, Implementação e Execução, e

Conclusão de Teste [1, 5].

A Tabela seguinte ilustra a relação das atividades de teste com o foco na validação do usuário:

Tabela 1: Relação das atividades de teste com o foco na validação do usuário

Atividade do Processo de Teste	Foco Principal	Contribuição para a Validação (IHC)
Planejamento e Controle	Definição de objetivos, escopo, riscos e abordagem de teste.	Inclui a determinação da necessidade de Teste de Aceite (UAT) e a alocação de recursos para testes baseados em <i>persona</i> e usabilidade.
Análise e Projeto	Identificação de recursos testáveis, definição de condições e elaboração de casos de teste.	Criação de Critérios de Aceite e modelos de comportamento do usuário.
Implementação e Execução	Desenvolvimento de <i>testware</i> (dados, scripts, procedimentos) e execução dos testes.	Aplicação de cenários de <i>persona</i> e coleta de <i>feedback</i> qualitativo (questionários).
Conclusão de Teste	Avaliação dos resultados, arquivamento de <i>testware</i> e análise de lições aprendidas.	Análise dos resultados de <i>surveys</i> e avaliação da satisfação do usuário.

Fonte: Autoria própria.

O foco na IHC e na validação é intrínseco aos Níveis de Teste mais elevados, como o Teste de Sistema e, notavelmente, o Teste de Aceite, que se concentra na validação da prontidão para a implantação, garantindo que o sistema satisfaça as necessidades de negócio do usuário.

Para suportar essa validação centrada no usuário, dois artefatos são indispensáveis e servem como materiais de entrada para a GenAI:

Personas e a Definição de Cenários Comportamentais

As *Personas* [2] são a materialização da empatia no ciclo de desenvolvimento, servindo como uma base de teste (juntamente com requisitos e wireframes) para o testador. Elas transcendem a simples demografia, capturando objetivos, motivações, frustrações e o nível de proficiência tecnológica do usuário. A testagem contra uma persona específica (e não contra um usuário abstrato) permite que a equipe:

- **Simule Cenários Reais:** Ao invocar a persona “Ana, a Gerente de Marketing avessa a riscos”, o testador foca em cenários de segurança, tratamento de erros e clareza da interface, que são críticos para esse perfil.
- **Priorize Experiências de Usuário (UX):** As personas ajudam a identificar riscos relacionados à usabilidade (riscos de produto), orientando o teste não funcional e direcionando a atenção para caminhos críticos de negócio.

Questionários de IHC (Pré e Pós-Teste)

A eficácia do Teste de Aceite e dos testes de usabilidade é frequentemente medida por meio de dados qualitativos coletados diretamente dos usuários. Os questionários de IHC [4] são ferramentas estruturadas e essenciais para essa coleta:

- **Questionário Pré-Teste:** Utilizado antes da interação com o sistema para medir a familiaridade prévia do usuário com a tecnologia, o domínio ou a tarefa, estabelecendo um ponto de referência para a avaliação de aprendizado do sistema.
- **Questionário Pós-Teste:** Aplicado após a conclusão dos cenários de teste, ele é projetado para capturar a percepção do usuário sobre a facilidade de uso, a satisfação e a eficácia. A formulação dessas perguntas deve ser precisa e isenta de vieses, usando escalas de medição como a Escala Likert, garantindo que os resultados sejam acionáveis na análise da qualidade.

10. 6 A inteligência artificial generativa como material de suporte: fundamentos e arquitetura

O material de suporte para a transformação dos testes reside nos Modelos de Linguagem Amplos (LLMs) e nas metodologias desenvolvidas para otimizar sua interação.

Arquitetura e Capacidades Fundamentais dos LLMs

A GenAI é habilitada por modelos de *Deep Learning* baseados em arquiteturas Transformer [3], que são treinados em vastos e diversos conjuntos de dados textuais. Isso confere ao LLM capacidades que são diretamente transferíveis para tarefas de teste:

- **Tokenização e Janela de Contexto:** O texto de entrada (o *prompt*) é primeiro dividido em unidades menores chamadas Tokens. Os LLMs processam esses tokens dentro de uma Janela de Contexto limitada, que define a quantidade de informação que o modelo pode considerar em uma única interação para manter a coerência. No teste, isso significa que a Base de Teste introduzida no *prompt* deve ser eficiente e coesa.
- **Modelos Multimodais:** Uma capacidade avançada, os LLMs multimodais podem processar e gerar conteúdo a partir de diferentes tipos de dados, como texto e imagens. Para o testador, isso permite a análise de *wireframes* ou capturas de tela (imagem) junto com as descrições textuais (requisitos), otimizando a análise de requisitos de *design* de interface.

Engenharia de Prompt (*Prompt Engineering*)

A Engenharia de *Prompt* é o método sistemático de criação e refinamento de entradas para guiar os LLMs na produção dos resultados desejados [5, 6]. Um *prompt* bem-sucedido vai além da simples pergunta, seguindo uma estrutura que incorpora os seguintes componentes essenciais para tarefas de teste:

- **Função (ou *Persona* de IA):** Define a perspectiva ou o papel que o modelo deve adotar (ex: “Aja como um Testador de Segurança Sênior” ou “Aja como um Gerente de Teste Ágil”).
- **Contexto e Dados de Entrada:** Fornece o material de referência, como a especificação de requisitos ou um trecho de código
- **Instrução e Restrições:** O comando claro da tarefa e as limitações específicas (ex: “Gere 5 Casos de Teste” e “Use o formato de tabela de decisão para a saída”).

Para tarefas complexas de teste, as seguintes técnicas de *prompting* [5, 6] se tornam metodologias cruciais:

- **Prompting de Poucos Shots (Few-Shot Prompting):** Envolve fornecer um ou mais exemplos dentro do prompt para demonstrar o formato ou o estilo de resposta desejado. É altamente eficaz para padronizar a saída, como na geração de Casos de Teste no formato Gherkin.
- **Encadeamento de Prompt (Prompt Chaining):** Decompõe uma tarefa complexa em uma série de subtarefas sequenciais, onde a saída de um *prompt* se torna a entrada para o próximo. Isso é vital para garantir o raciocínio lógico em etapas (ex: 1. Analisar Requisito -> 2. Gerar Critérios de Aceite -> 3. Gerar Casos de Teste).

Geração Aumentada por Recuperação (RAG)

Para garantir que a GenAI utilize o conhecimento da organização e minimize a ocorrência de Alucinações (saídas incorretas, mas plausíveis), a metodologia RAG (*Retrieval-Augmented Generation*) é empregada. O RAG aprimora o LLM, permitindo que ele recupere informações relevantes de bases de dados externas e aumente sua resposta com esses dados contextuais [5].

Em testes, o RAG permite que o LLM acesse bases de conhecimento corporativas (documentação de arquitetura, manuais internos, ou um repositório de defeitos históricos) para garantir que o *testware* gerado esteja fundamentado na realidade do produto, transformando um LLM genérico em um especialista com conhecimento de domínio. O uso de Bancos de Dados Vetoriais é essencial para o RAG, pois armazena as representações numéricas (Embeddings) desses dados, permitindo uma busca eficiente e semântica de informações relevantes para a tarefa de teste [5].

Resultados: Otimização de Artefatos de Teste Centrados no Usuário pela GenAI

A capacidade de raciocínio, criação e síntese dos Large Language Models (LLMs), mediada por uma Engenharia de Prompt precisa e contextualizada, resulta na geração de artefatos de *testware* de alta qualidade e relevância. Esta seção detalha como a GenAI impacta diretamente as fases de Análise, Projeto e Implementação de Teste, com foco na produção de elementos cruciais para a validação centrada no usuário (IHC) [1, 5].

Elaboração e Refinamento de *Personas* e Cenários Comportamentais

A GenAI revoluciona a fase de Análise de Teste ao transformar dados brutos e subjetivos em modelos estruturados de comportamento do usuário, o que é um pré-requisito fundamental para o Teste de Aceite.

Criação e Detalhamento de Personas Fundamentadas

A construção de *Personas* de alta fidelidade é um processo demorado que exige a mineração e a síntese de grandes volumes de dados qualitativos (entrevistas, observações) e quantitativos (análise de uso) [2]. Um LLM pode atuar como um “Especialista em Pesquisa de Usuário” (definido pela Função no *prompt*), recebendo dados brutos e aplicando a Instrução de sintetizar perfis.

O resultado é um conjunto de *personas* detalhadas, que incluem:

- **Motivações e Frustrações:** O LLM infere os gatilhos emocionais que influenciam o uso do software.
- **Proficiência Técnica:** Classificação do nível de familiaridade com a tecnologia, um dado crucial para a modelagem de testes de acessibilidade e usabilidade.
- **Objetivos e Cenários de Negócio:** Mapeamento de como a persona utiliza o sistema para atingir seus resultados profissionais ou pessoais.

A velocidade dessa síntese permite que as equipes de design e teste trabalhem com *personas* atualizadas e validadas mais cedo no ciclo, aderindo ao princípio do Shift-Left.

Geração de Cenários Exploratórios e Comportamentais

Com uma *Persona* já definida (incluída no Contexto do *prompt*), a GenAI pode gerar cenários de uso que simulam o comportamento real e as possíveis falhas humanas. Por exemplo, ao receber uma *User Story* de pagamento, e a *Persona* de um “usuário idoso e avesso a tecnologia”, a GenAI gera cenários que focam em entradas incorretas, tempos de resposta lentos e clareza das instruções (aspectos não funcionais), em vez de apenas o fluxo de sucesso.

Essa capacidade de modelar o erro e a ineficiência, baseada no perfil da *persona*, é essencial para o Teste Exploratório. O testador pode usar o *prompt* para solicitar “três cenários de ataque de falha para a funcionalidade X, simulando a motivação da *Persona* Y”. O resultado são Cenários Comportamentais que espelham com maior fidelidade a experiência do usuário, capturando aspectos de usabilidade e acessibilidade que um caso de teste funcional baseado apenas na especificação poderia negligenciar.

Geração Estruturada de Casos de Teste e Dados de Teste

A eficiência mais notável da GenAI reside na aceleração da fase de Implementação de Teste através da geração de testware estruturado [5].

Criação e Padronização de Casos de Teste Estruturados

A GenAI mitiga o gargalo do projeto de teste ao traduzir Critérios de Aceite de alto nível em rascunhos de Casos de Teste completos. O método preferencial é o *Prompting* de Poucos *Shots*, onde o LLM recebe um exemplo de caso de teste ideal (definido pela organização) e, em seguida, gera novos casos que replicam o mesmo estilo e formato.

O LLM se destaca na geração de casos de teste utilizando:

- **Sintaxe Formal (Gherkin):** O LLM pode formatar automaticamente o caso de teste em uma sintaxe Dado/Quando/Então, que é ideal para a colaboração entre desenvolvedores, testadores e especialistas de negócio (Abordagem de Teste Baseada na Colaboração).
- **Técnicas de Caixa-Preta:** Ao receber os limites de uma entrada (Dados de Entrada), o LLM aplica automaticamente o Particionamento de Equivalência e a Análise de Valor de Limite para derivar combinações de testes válidos e inválidos.
- **Casos de Teste de Tabela de Decisão:** Para lógicas de negócio complexas que dependem de múltiplas condições, o LLM pode gerar a Tabela de Decisão completa, garantindo a cobertura de todas as combinações viáveis, o que reduz significativamente o risco de omissão.

Isso libera o testador para se concentrar na validação do risco, permitindo que a máquina produza a documentação de execução repetitiva.

Síntese de Dados de Teste Realistas e Preservação de Privacidade

A criação de Dados de Teste Sintéticos é uma tarefa de alta demanda em testes de performance e segurança, exigindo grandes volumes de dados que mantenham as características estatísticas dos dados de produção sem expor informações confidenciais.

A GenAI é inestimável nesse processo, pois pode gerar dados realistas (nomes, endereços, números de identificação mascarados, padrões de transação) que aderem às Restrições de Anonimato definidas no *prompt*. Essa capacidade é crucial para a conformidade com regulamentações de privacidade, como o GDPR, e garante que o testware de produção seja testado com dados que simulem o mundo real em escala, sem violar a segurança. O uso de LLMs para geração de dados de teste pode ser adaptado a requisitos funcionais e não funcionais.

Elaboração de Questionários para Testes com Usuários

A IA Generativa auxilia diretamente no processo de coleta e análise de dados qualitativos nos testes de IHC, fornecendo instrumentos de medição de alta qualidade.

Questionários Pré-Teste (Avaliação de Conhecimento e Expectativa)

O LLM pode analisar a documentação de um novo recurso e gerar um questionário pré-teste para medir a familiaridade ou as expectativas do usuário antes da interação. O *prompt* pode incluir a instrução para o LLM gerar perguntas que utilizem uma Escala Likert ou outras escalas psicométricas para mensuração, garantindo um instrumento de pesquisa estruturado e consistente. O resultado é um ponto de referência para avaliar o aprendizado do sistema e o sucesso do onboarding do usuário.

Questionários Pós-Teste (Usabilidade, Eficácia e Satisfação)

Após a execução dos cenários de teste, o LLM, operando sob a Função de “Especialista em UX Design”, pode gerar um questionário pós-teste focado em métricas específicas de IHC. O *prompt* utiliza as características da Persona e os objetivos de teste (eficácia, eficiência e satisfação) para customizar as perguntas.

Exemplos de resultados gerados pela IA incluem:

- Perguntas focadas na Eficácia da tarefa (o usuário conseguiu completar o processo de ponta a ponta?).
- Métricas de Satisfação que avaliam a experiência emocional e a curva de aprendizado.

O resultado é um instrumento de medição customizado e mais relevante do que modelos genéricos, assegurando que o Teste de Aceite não apenas verifique a funcionalidade, mas valide profundamente a experiência humana.

10. 7 Resultados: monitoramento e otimização da validação centrada no usuário com GenAI

O valor da Inteligência Artificial Generativa não se esgota na criação de artefatos de teste (Seção anterior), mas se estende crucialmente ao ciclo de *feedback* e Monitoramento do Teste, aprimorando a profundidade e a eficiência dos Testes Centrados no Usuário (Testes com Usuários). Esta seção foca em como a GenAI transforma a análise de dados qualitativos e o gerenciamento de risco residual após a execução.

Customização da Amostragem de Teste e Cenários de Acessibilidade

Um desafio inerente aos testes com usuários é garantir que o grupo de teste seja representativo o suficiente para capturar a diversidade da população-alvo. A GenAI auxilia na fase de Análise de Teste ao:

- **Refinamento de Critérios de Seleção de Usuários:** Com base nas personas

criadas (Seção anterior) e nos riscos do produto, a GenAI pode gerar um conjunto refinado de critérios para a amostragem do Teste de Aceite, garantindo que usuários com diferentes níveis de proficiência (tecnológica ou de domínio) sejam recrutados. Isso é crucial para mitigar vieses na amostragem e maximizar a cobertura de testes de usabilidade.

- **Geração de Cenários de Acessibilidade e Não-Funcionais:** O testador pode instruir a IA a atuar como um “Especialista em Acessibilidade” (definindo a Função no prompt) para gerar Casos de Teste e cenários que intencionalmente explorem requisitos não funcionais. Por exemplo, a IA pode criar cenários simulando um usuário com deficiência visual (focando no teste com leitores de tela) ou um usuário em condições de latência de rede (focando em Eficiência de Performance), elevando o nível de detalhe do teste para além da funcionalidade básica.

Análise Cognitiva de Feedback Qualitativo e Geração de Insights

A maior contribuição da GenAI nos testes centrados no usuário ocorre após a execução, durante a fase de Avaliação e Relatório. A análise de *feedback* qualitativo (texto livre de entrevistas, notas de campo, respostas de *surveys*) é demorada e suscetível à interpretação humana.

- **Categorização e Codificação Automática de Respostas:** Ao receber as respostas textuais dos Questionários Pós-Teste, a GenAI pode processar rapidamente esse *corpus* de texto, categorizando automaticamente as respostas dos usuários em temas pré-definidos (ex: “Frustração com o *Layout*”, “Sucesso na Tarefa”, “Dificuldade na Navegação”). Isso acelera a codificação manual, um processo fundamental na pesquisa em IHC. O LLM pode, inclusive, gerar um sumário em linguagem natural dos sentimentos e insights gerais do teste, útil para a comunicação de status a *stakeholders* não técnicos.
- **Customização e Validação de Métricas de Satisfação:** A GenAI pode ser usada para adaptar métricas de IHC, como o *System Usability Scale* (SUS), para contextos de domínio específicos. Além disso, ela pode receber os objetivos de qualidade de um Plano de Teste e gerar métricas específicas para medir se a experiência de usuário atendeu a esses objetivos. Essa capacidade de personalizar e processar métricas de usabilidade em escala garante que os resultados da validação sejam diretamente rastreáveis aos objetivos de negócio definidos no planejamento.

Monitoramento de Tendências de Experiência e Geração de Recomendações

Ao atuar na fase de Conclusão de Teste [1, 5], a IA contribui para o aprimoramento contínuo, transformando insights de teste pontuais em tendências de experiência do usuário:

- **Identificação de Padrões de Uso Indesejados:** A GenAI pode analisar grandes volumes de logs de interação (dados de cliques, heatmaps) e correlacioná-los com o *feedback* qualitativo de usabilidade. Ela é capaz de identificar padrões de “uso indesejado” (ex: “oito em cada dez *personas* clicaram no botão errado antes de encontrar a funcionalidade correta”), que o testador pode então formalizar como um Defeito de Usabilidade no Relatório de Defeitos.
- **Geração de Recomendações de Otimização:** Com base na análise das falhas de usabilidade e acessibilidade, o LLM, operando como um “Consultor de Design”, pode gerar um conjunto de Recomendações Acionáveis para a equipe de desenvolvimento. Essas recomendações são estruturadas de forma concisa e objetiva, prontas para serem inseridas como *backlog items* para a próxima iteração, solidificando o ciclo de *feedback* rápido do DevOps.

10. 8 Análise e discussão: o raciocínio lógico da evolução e a função do testador

A integração da Inteligência Artificial Generativa no processo de teste não pode ser vista como uma mera automatização de tarefas, mas sim como o ponto culminante de uma evolução lógica contínua na busca pela qualidade do software. A GenAI transforma o teste de uma disciplina de verificação mecânica para um esforço de validação cognitiva e estratégica.

O Raciocínio Lógico da Evolução do Teste

A história do teste é caracterizada por um movimento estratégico que visa antecipar a qualidade e maximizar a eficiência, desde o teste manual (foco na execução) até o teste automatizado (foco na repetição e regressão). O ponto central dessa evolução é o deslocamento contínuo para o Shift-Left [1] no SDLC e a ascensão dos testes de maior valor no topo da Pirâmide de Testes [1], priorizando o negócio e o usuário.

A tabela a seguir ilustra a progressão dos paradigmas de teste:

Tabela 2: Progressão dos paradigmas de teste

Era do Teste	Foco Principal	Ferramenta Dominante	Valor Adicionado
I. Era Pós-Desenvolvimento (Waterfall)	Descoberta de Defeitos (Depuração)	Teste Manual de Caixa-Preta	Garantia de Funcionamento Básico
II. Era da Automação (Ágil/DevOps)	Velocidade, Prevenção (Shift-Left)	Automação de Testes de API/UI	Estabilidade do Código (Regressão)
III. Era Cognitiva (GenAI)	Qualidade Centrada no Usuário e Contexto	Engenharia de Prompt e LLMs	Validação, Cobertura Preditiva, Experiência

Fonte: Autoria própria.

A GenAI surge para resolver a última fronteira de automação: a criação de contexto e raciocínio. Enquanto as ferramentas de Automação da Era II executam rapidamente o *testware* que o humano projeta (o como testar), a GenAI auxilia no projeto (o quê e porque testar). Ela simula o raciocínio e a criatividade para gerar personas, que são a base do teste de aceite, e elabora artefatos de teste estruturados a partir de requisitos de linguagem natural.

Este avanço supera o principal gargalo de produtividade nos ambientes Ágeis: a criação repetitiva, mas detalhada, do *testware* de alta qualidade, como os Casos de Teste Gherkin e os Critérios de Aceite complexos. O resultado lógico é a formação de um ciclo de testes onde a máquina se encarrega da criação e da execução de artefatos repetitivos, liberando o testador para a estratégia, o teste exploratório e o julgamento final de valor.

Desafios e Riscos Críticos na Integração da GenAI

Apesar dos benefícios transformadores, a adoção da GenAI introduz vetores de

riscos únicos que exigem uma gestão de risco robusta por parte do testador.

Riscos de Qualidade: Alucinações, Erros de Raciocínio e Viés

Os LLMs são sistemas probabilísticos treinados para gerar conteúdo plausível, e não necessariamente correto. Essa característica inerente leva a 3 riscos de qualidade [3, 5, 6]:

- **Alucinações:** Ocorre quando o LLM gera informações factualmente incorretas ou irrelevantes, que podem se manifestar como Casos de Teste que verificam funcionalidades inexistentes ou dados de teste fictícios.
- **Erros de Raciocínio:** LLMs podem interpretar mal estruturas lógicas, especialmente em tarefas que exigem inferência causal ou resolução de problemas em múltiplas etapas, como o planejamento de testes ou a priorização de Casos de Teste complexos.
- **Viés:** O resultado gerado pode refletir preconceitos presentes nos dados de treinamento do LLM, afetando a equidade do teste. Isso pode se manifestar na geração de personas que negligenciam certos grupos de usuários ou na geração de dados de teste que sub-representam cenários de borda críticos.

O método primário de mitigação é a Revisão Humana Crítica de todo o testware gerado por IA. Adicionalmente, o uso do RAG é fundamental para fundamentar a saída do LLM em fontes de dados verificadas e corporativas, o que reduz significativamente a probabilidade de alucinações e erros factuais.

Riscos de Segurança e Privacidade

A GenAI no ambiente de teste lida com informações confidenciais do sistema (código-fonte, requisitos não públicos) e dados do usuário (mesmo que sintéticos).

- **Exposição e Vulnerabilidades:** Existe o risco de exposição não intencional de dados se prompts contendo informações sensíveis forem enviados a modelos externos. Além disso, a infraestrutura de teste com tecnologia LLM pode ser vulnerável a ataques manipulativos, como o Envenenamento de Dados, onde entradas maliciosas são introduzidas para comprometer a acurácia ou a segurança do modelo.
- **Mitigação e Conformidade:** Para atenuar esses riscos, é necessário implementar o princípio da Minimização de Dados (processar apenas dados não sensíveis) e usar Anonimização ou Pseudonimização rigorosa. As organizações devem optar por modelos hospedados em ambientes controlados e aderir a regulamentos como o GDPR e quadros de gerenciamento de risco de IA, como o NIST AI RMF.

O Testador no Paradigma Híbrido: A Ascensão do Especialista em Estratégia Cognitiva

O papel do testador não é eliminado pela GenAI, mas sim elevado. O testador evolui de um Especialista em Execução para um Engenheiro de Qualidade Híbrido, com foco na Engenharia de *Prompt* e na Governança de IA.

O novo testador deve dominar a arte de criar prompts que instruem a IA a agir com autoridade e precisão. Por exemplo, a capacidade de usar o Encadeamento de *Prompt* para dividir uma análise de risco complexa em etapas verificáveis é uma habilidade de raciocínio de teste que exige domínio tanto da lógica do teste quanto da tecnologia de IA.

A principal contribuição humana no ciclo assistido por GenAI se concentra, portanto, no julgamento e na estratégia:

- **Acurácia da Entrada e Estrutura:** Garantir que o prompt de entrada seja preciso e que a Base de Teste (Contexto) seja higienizada e completa. O testador define a Função da IA atuando como um maestro do assistente cognitivo.
- **Avaliação Crítica da Saída e Validação:** O testador é o árbitro final da qualidade, responsável por validar o *testware* gerado pela IA. Isso envolve checar se os Casos de Teste cobrem os riscos reais, se os questionários refletem a experiência do usuário e se os dados sintéticos não introduzem viés.
- **Governança Ética e de Risco:** Monitorar o viés do LLM e garantir que o uso da GenAI esteja em total conformidade com os padrões éticos e regulatórios. Isso exige um entendimento dos riscos de segurança de dados e da necessidade de transparência no uso da IA.

O domínio da GenAI não se trata de aprender uma nova ferramenta de automação, mas sim de dominar uma nova forma de raciocínio assistido, onde o discernimento humano e a criatividade continuam a ser a camada mais importante na garantia da qualidade.

10. 9 Conclusão: o paradigma híbrido de qualidade e o futuro do testador

A evolução do teste de *software* atinge seu ápice na emergência da Inteligência Artificial Generativa (GenAI), marcando a Terceira Era da disciplina, que culmina a lógica iniciada pelo *Shift-Left*. A GenAI é um marco que representa a convergência da automação técnica com o raciocínio cognitivo, elevando o padrão de qualidade centrado no usuário.

A GenAI resolve o paradoxo da qualidade na velocidade do DevOps ao automatizar

o trabalho cognitivamente intensivo:

- Permite que o testador crie *personas* mais ricas, projete cenários de teste mais realistas e elabore questionários de usabilidade mais direcionados.
- Auxilia na geração de Casos de Teste estruturados e na síntese de relatórios preditivos.

Ao utilizar metodologias como a Engenharia de *Prompt* e arquiteturas como a Geração Aumentada por Recuperação (RAG), a máquina assume a pesada carga da criação e execução repetitiva de artefatos de teste (*testware*), garantindo a velocidade e a cobertura.

O futuro dos testes é inegavelmente híbrido. O valor do testador humano não é apenas mantido, mas amplificado. O testador é o árbitro final da qualidade, responsável por:

- O julgamento de risco e a estratégia.
- A criatividade exploratória.
- A validação ética dos resultados da IA.

Os riscos inerentes à GenAI — como alucinações, viés e segurança de dados — exigem que o testador evolua para um Engenheiro de *Prompt* e um especialista em Governança de IA. Para organizações que buscam a excelência na qualidade de *software*, a adoção da GenAI deve ser acompanhada por um foco estratégico nessas novas habilidades e na Governança, monitorando a acurácia da máquina e garantindo que a tecnologia sirva para elevar o padrão de excelência de software centrado no usuário. A garantia da qualidade no futuro é um esforço híbrido, onde a colaboração entre o raciocínio humano e a capacidade generativa da máquina é a chave para o sucesso.

Referências

[1] COMITÊ DE QUALIFICAÇÕES INTERNACIONAIS DE TESTE DE SOFTWARE (ISTQB). Certified Tester Foundation Level Syllabus: Versão 4.0. 2023.

[2] COOPER, Alan. The inmates are running the asylum: why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity. 2. ed. Indianapolis: Sams, 2004.

[3] GALLEGOS, I. O. et al. Bias and fairness in large language models: A survey. Computational Linguistics, 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2309.00770

[4] DE SÁ, Felipe Melo Feliciano; CAVALCANTI, Daniel de Queiroz; BECKER, Valdecir. Testes com usuários para análise de emoções em conteúdos audiovisuais utilizando

EEG e eye tracking. In: CONCURSO DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS MULTIMÍDIA E WEB (WEBMEDIA), 29. , 2023, Ribeirão Preto/SP. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 63-66. ISSN 2596-1683. DOI: https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2023.235663.

[5] COMITÊ DE QUALIFICAÇÕES INTERNACIONAIS DE TESTE DE SOFTWARE (ISTQB). Certified Tester Testing with Generative AI (CT-GenAI) Syllabus: V1.0. 2025.

[6] SCHULHOFF, S. The Prompt Report: A Systematic Survey of Prompting Techniques. arXiv preprint arXiv:2406.06608, 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2406.06608.

11

Análise de emoções via PLN nos reviews de dez jogos independentes brasileiros na Steam

Maurício Junior, Paulo Henrique Serrano

11. 1 Introdução

A análise das emoções evocadas em reviews de jogos independentes brasileiros apresenta uma relevância substancial, especialmente considerando o contexto do mercado de videogames como uma indústria em constante desenvolvimento no cenário nacional e internacional (CARDOSO et al., 2023). A escassez de estudos focados na análise de emoções, com o recorte específico para os jogos independentes exclusivamente nacionais, justifica a área de pesquisa explorada neste capítulo.

A compreensão dessas emoções expressas nos reviews dos jogadores pode ser importante para oferecer uma visão aprofundada da percepção dos jogadores em relação aos jogos produzidos localmente, fornecendo ideias e percepções diversas sobre a recepção e a experiência dos jogadores com esses títulos. Esse tipo de análise pode contribuir também, para o desenvolvimento e aprimoramento desses jogos, permitindo que os desenvolvedores consigam identificar diversos pontos importantes e estratégicos visando o melhoramento no design e desempenho (TAN; CHOW, 2021), além de notar fraquezas em seus produtos, orientando assim futuros desenvolvimentos e estratégias de marketing.

A mensuração das emoções tem sido um tópico relevante em estudos de mídias interativas como os jogos eletrônicos (HEMENOVER; BOWMAN, 2018), reforçando a validade de abordagens que buscam quantificar e analisar as respostas emocionais dos usuários aos estímulos da interação. É nesse campo que surgem abordagens como a de Silva et al. (2022) que demonstra o uso de tecnologias avançadas, como Eletroencefalograma (EEG) para mapeamento de ondas cerebrais e eye tracking para identificar a atenção em obras audiovisuais.

A pesquisa apresentada neste capítulo, por sua vez, propõe uma rota alternativa: usar o Processamento de Linguagem Natural (PLN) em reviews de jogos como uma forma de entender o estado emocional evocado naquela prática. A premissa é que, ao analisar a intensidade e o teor das expressões textuais, podemos acessar a resposta emocional da experiência de jogo. É uma expressão indireta das impressões, sentimentos ou emoções que a atividade cerebral mapeada pelo EEG identifica em tempo real.

A principal vantagem da análise de emoções por meio do texto dos reviews é a escalabilidade da amostra. As técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) buscam compreender a aceitação e o engajamento do usuário, estudos como os de Zuo (2018) e Britto e Pacífico (2020), corroboram o uso dessa metodologia e destacam o papel dos algoritmos de machine learning na interpretação os sentimentos e emoções presente nos textos.

Esta pesquisa utilizou as sete emoções básicas, alegria, culpa, desgosto, medo, raiva, tristeza e vergonha definidas no dataset produzido na pesquisa International Survey on Emotion Antecedents and Reactions (SCHERER; WALLBOTT,1994) ou ISEAR, que foi traduzido para o português e utilizado para o treinamento do algoritmo de classificação.

A classificação foi realizada nos cem primeiros reviews positivos e nos cem primeiros reviews negativos de dez jogos independentes brasileiros, selecionados em razão de sua relevância. São eles: 171, A lenda do Herói, Chroma Squad, Dandara: Trials of Fear Edition, Dandy Ace, Fobia - St. Dinfn Hotel, Horizon Chase, Kaze and the Wild Masks, Pocket Bravery e Unsighted.

Na comunicação digital, os reviews desempenham um papel importante no processo de tomada de decisão do consumidor no contexto dos jogos digitais, influenciando suas opiniões e escolhas antes da compra. Essas avaliações fornecem uma fonte de informação socialmente construída sobre a qualidade, características e experiências associadas a um determinado jogo. Através dos reviews, os jogadores podem acessar uma variedade de perspectivas e experiências de outros usuários, permitindo-lhes formar expectativas mais informadas sobre o jogo em questão (YEJIAN; TAKADA, 2023).

Os resultados da pesquisa revelaram que a alegria foi a emoção mais frequente dentre os reviews positivos analisados, mas também foram identificadas emoções, como raiva e desgosto dentre os reviews positivos. A análise de emoções como culpa, desgosto, medo, raiva, tristeza e vergonha em reviews positivos revelou diferentes nuances sobre como o algoritmo pode interpretar essas emoções dependendo de como o review foi escrito, o uso de jargões, gírias e pontuações diversas se mostraram como um ponto que pode acabar limitando esse tipo de análise. Porém, em alguns casos é possível constatar que os reviews de jogos que evocam emoções diferentes da alegria, podem, de fato, corresponder a avaliações positivas. Experienciar a emoção da raiva, por exemplo, pode ser visto como positivo pelos jogadores.

11. 2 Materiais

Para conduzir a pesquisa, o trabalho se apoia em dois pilares: as bases de dados que constituem a amostra e o conjunto de ferramentas tecnológicas que tornaram possível a análise.

O dataset que define a amostra da pesquisa foi criado em fevereiro de 2024, composto por avaliações textuais em português extraídas com o auxílio da API (Interface de Programação de Aplicativos) do aplicativo de distribuição de jogos Steam. A Steam é uma plataforma de distribuição digital de jogos eletrônicos desenvolvida pela Valve Corporation, uma empresa de tecnologia americana. Ela foi lançada em 2003 e, desde então, tornou-se uma das principais lojas virtuais de jogos do mundo (VALVE, 2025). A solução para configurar o processo de extração dos comentários da plataforma foi disponibilizada pelo projeto Interfaces Livres em: <https://github.com/interfaceslivres/extrair-steam>.

A análise de emoção neste estudo foi baseada no Processamento de Linguagem Natural (PLN), com todos os modelos sendo desenvolvidos e aplicados na linguagem Python. Para o pré-processamento dos textos, incluindo etapas como tokenização e remoção de stop words, recorreu-se ao Natural Language Toolkit (NLTK). A biblioteca Pandas estruturou e organizou os dados tabulares.

A biblioteca scikit-learn foi utilizada para construir e avaliar o modelo de classificação que identificou o conteúdo emocional nos textos. Este modelo foi treinado com a versão em português brasileiro do dataset ISEAR (International Survey on Emotion Antecedents and Reactions), disponibilizada publicamente pelo projeto Interfaces Livres no endereço <https://github.com/interfaceslivres/isear-pt-br>.

11. 3 Métodos

A investigação foi organizada em cinco etapas principais: 1) Seleção da amostra; 2) Coleta de dados; 3) Criação do dataset; 4) Análise das emoções; 5) Análise dos resultados.

Em um primeiro momento foram escolhidos dez jogos brasileiros independentes distribuídos na plataforma Steam. A seleção dos dez jogos pautou-se na aplicação da amostragem por conveniência, em virtude da ausência de meios que proporcionam uma determinação precisa dos dez jogos brasileiros independentes mais jogados na plataforma Steam, critério que teria sido escolhido, caso fosse possível esse filtro. A utilização desse método implicou na escolha dos jogos com base na disponibilidade dos dados de nacionalidade dos estúdios que os produziram, sem a adoção de critérios estritos de representatividade amostral.

A quantidade de dez jogos foi considerada suficiente para atender o baixo número de reviews negativos extraídos. A extração abaixo desse número se mostrou ineficaz para a comparação de resultados. Com dez jogos foi possível garantir uma amostra balanceada em termos de polaridade para a análise. Os dez jogos independentes brasileiros escolhidos foram: 171, A lenda do Herói, Chroma Squad, Dandara: Trials of Fear Edition, Dandy Ace, Fobia - St. Dinfna Hotel, Horizon Chase, Kaze and the Wild Masks, Pocket Bravery e Unsighted.

Para cada um dos dez jogos selecionados foi utilizado um script para a coleta sistemática de cem reviews classificados como positivos mais recentes e cem reviews classificados como negativos mais recentes. Alguns jogos não atingiram o número predefinido de cem avaliações, seja pela escassez de reviews negativos, seja pela exclusão de textos originalmente escritos em inglês da amostra final.

A etapa de criação do dataset focou na estruturação das informações em um único arquivo, incluindo os metadados essenciais como a classificação de polaridade positiva e negativa originalmente atribuída pelo usuário. Além do tipo do review, positivo ou negativo, os dados continham uma coluna para a indicação do nome do jogo, o texto do review e outros dados que não foram considerados produtivos para a análise como a quantidade de votos positivos do review, a quantidade de votos engraçados, a quantidade de comentários ao próprio review, se o jogo foi comprado ou ganhado pelo usuário que fez o review ou se o review foi escrito durante o early access.

Na etapa de aplicação dos recursos tecnológicos para a análise de emoção, os textos foram submetidos a um pré-processamento, seguido da aplicação dos algoritmos de Processamento de Linguagem Natural (PLN) para a identificação e categorização das emoções a partir da aprendizagem de máquina treinada para classificar as emoções a partir do dataset do ISEAR traduzido para português.

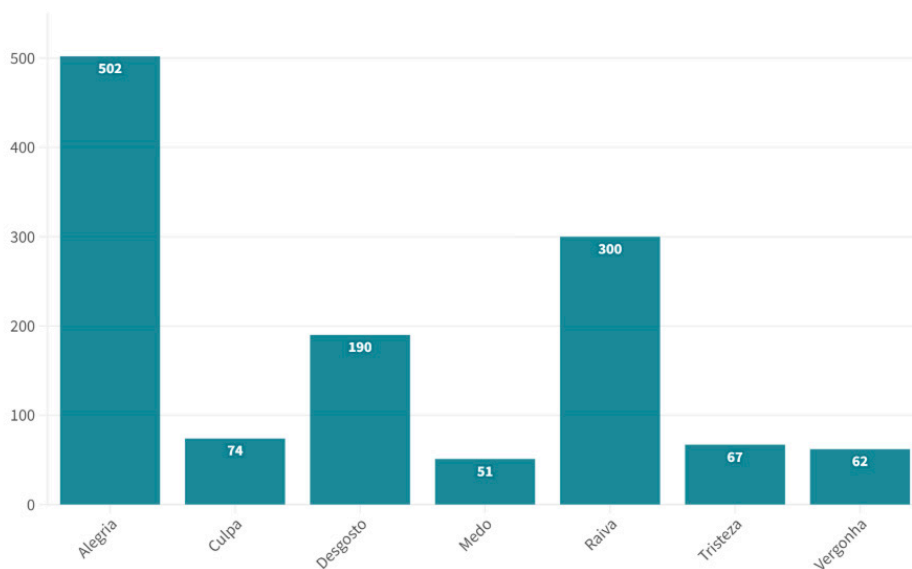
Na análise dos resultados também foi explorado como diferentes tipos de emoções influenciam as reviews dos usuários, estabelecendo uma relação entre o teor emocional expresso e a polaridade do review positivo ou negativo. Essa análise revela padrões significativos que ajudam a entender as dinâmicas de aceitação ou rejeição de um jogo. Uma análise detalhada para cada um dos dez jogos selecionados foi realizada, permitindo identificar particularidades ou desvios nos padrões emocionais nos diferentes títulos.

11. 4 Resultados

Como resultado do processo de criação do dataset para análise foi possível obter um total de mil reviews positivos, enquanto os reviews negativos totalizaram apenas

246. A figura 1, apresenta as emoções que apareceram com mais frequência nos 1246 comentários selecionados. As três mais comuns identificadas foram alegria, raiva e desgosto, com frequências de 502, 300 e 190, respectivamente.

Figura 1: Contagem de emoção predita (Total).



Fonte: Autoria própria.

O quadro 1 apresenta os resultados de frequência de emoções de acordo com a polaridade dos reviews. Dentre os reviews positivos, constatou-se que a alegria foi a emoção predominante, presente em 473 reviews. Em seguida, a raiva foi a segunda emoção mais comum, registrando 194 ocorrências, seguida pelo desgosto, com 160 registros. Por outro lado, nos reviews negativos, a raiva foi a emoção mais frequentemente expressa, observada em 106 reviews. O desgosto e a alegria foram as outras emoções mais comuns em reviews negativos, com 30 e 29 ocorrências, respectivamente.

Quadro 1: Frequência de emoções de acordo com a polaridade do review.

Positivos	Negativos
Alegria: 473	Raiva: 106
Raiva: 194	Desgosto: 30
Desgosto: 160	Alegria: 29
Culpa: 54	Tristeza: 26
Tristeza: 41	Vergonha: 23
Medo: 39	Culpa: 20
Vergonha: 39	Medo: 12

Fonte: Autoria própria.

As emoções menos comuns, conforme observado na análise foram culpa, tristeza, vergonha e medo. Entre essas emoções, a culpa foi a mais registrada, com 74 ocorrências nos reviews analisados. A tristeza foi a segunda emoção menos comum, presente em 67 reviews. A vergonha foi identificada em 62 reviews. Por fim, o medo foi a emoção menos comum, com 51 ocorrências nos reviews.

O quadro 2 apresenta as três emoções mais frequentes em cada polaridade em relação à cada um dos dez jogos. Os reviews positivos apresentam a alegria como emoção predominante e os reviews negativos mostram a raiva como emoção mais frequente.

Quadro 2: Contagem de emoção predita (Total).

Jogo	Reviews Positivos Emoção (freq.)	Reviews Negativos Emoção (freq.)
171	Alegria (37), Desgosto (27), Raiva (20)	Raiva (36), Tristeza (16), Desgosto (14)
A lenda do herói	Alegria (47), Raiva (21), Desgosto (15)	Raiva (22), Desgosto (5), Alegria (4)
Chroma Squad	Alegria (48), Raiva (20), Desgosto (19)	Raiva (3), Vergonha (3), Alegria (1)
Dandara: Trials of Fear Edition	Alegria (45), Raiva (24), Desgosto (12)	Raiva (8), Alegria (2), Desgosto (1)
Dandy Ace	Alegria (60), Raiva (15), Desgosto (14)	Raiva (3), Culpa (2), Alegria (1)
Fobia - St. Dinfna Hotel	Alegria (35), Raiva (20), Desgosto (16)	Raiva (5), Medo (3), Alegria (2)
Horizon Chase	Alegria (49), Desgosto (18), Raiva (18)	Raiva (13), Alegria (6), Desgosto (5)
Kaze and the Wild Masks	Alegria (64), Raiva (17), Tristeza (6)	Raiva (4), Medo (1), Vergonha (1)
Pocket Bravery	Alegria (46), Raiva (19), Desgosto (16)	Raiva (9), Tristeza (3), Alegria (2)
UNSIGHTED	Alegria (42), Desgosto (20), Raiva (20)	Raiva (3), Vergonha (2), Alegria (1)

Fonte: Autoria própria.

As emoções menos comuns foram culpa, tristeza, vergonha e medo. Entre essas emoções, a culpa foi a mais registrada, com 74 ocorrências nos reviews analisados. A tristeza foi a segunda emoção menos comum, presente em 67 reviews. A vergonha foi identificada em 62 reviews. Por fim, o medo foi a emoção menos comum, com 51 ocorrências nos reviews.

O quadro 3 apresenta um pequeno conjunto de exemplos retirados do dataset de 1246 entradas utilizado para análise, de modo que é possível observar o jogo selecionado, a avaliação de polaridade inserida pelo usuário no momento que escreve o review, apresentado na coluna seguinte e a emoção correspondente ao review apresentado, classificado pelo algoritmo de aprendizagem de máquina treinado com o dataset ISEAR traduzido para português.

Quadro 3: Exemplos dos reviews dos jogos, sua polaridade e emoção evocada.

Jogo	Polaridade	Review	Emoção
A lenda do herói	negativa	O jogo é lindo em arte, as músicas não são repetitivas como prometido. Porém, há muitos bugs, quedas de frame em algumas fases, isso acaba dificultando a experiencia com o jogo. ‘-’	raiva
Horizon Chase	positiva	Muito bom, porém um pouco difícil, principalmente pela sensação de velocidade muito alta, com duas cervejas tu já não ganha nada, então, beba menos que seu amigo para ganhar...	tristeza
171	negativa	Ainda bem que pedi reembolso,	alegria

Dandara: Trials of Fear Edition	positiva	Jogo Que lembra muito Hollow Knight em Vibe. Recomendado para aqueles que curtem um desafio e especialmente brasileiros que gostam de Easter Eggs. 8/10 o controle que eu quebrei de raiva estava caro	raiva
---------------------------------	----------	--	-------

Fonte: Autoria própria.

11. 5 Análise

Antes de apresentar as análises dos resultados é importante ressaltar que os resultados obtidos não possuem uma acurácia de 100%, visto que os modelos de análise do PLN não costumam discernir com exatidão a ironia e alguns vícios de linguagem como as gírias e jargões. As gírias e jargões muitas vezes são expressões coloquiais ou informais que podem ter significados contextuais específicos e podem ser interpretadas de maneiras diferentes por diferentes pessoas.

Para os algoritmos de classificação de emoções, interpretar esses tipos de dados pode ser desafiador, pois os mesmos podem não ser facilmente reconhecidos como as palavras-chave com significados emocionais específicos. Em vez disso, podem ser interpretados de forma literal, levando a uma análise imprecisa das emoções expressas no texto. Isso pode ser observado na quantidade considerável de reviews que, logicamente, deveriam corresponder à raiva, desgosto, alegria, tristeza, vergonha, culpa ou medo, mas estão presentes em reviews positivos e vice-versa.

O comentário: “A EXPERIÊNCIA É BOA, MAIS MUITO ENJOATIVA” é um exemplo disso, ele foi classificado como alegria pela presença de um forte indicador de satisfação no início da frase que acaba recebendo um peso maior no cálculo final do sentimento do que o indicador negativo ao final da frase.

Considerando a limitação apresentada, identifica-se, de modo geral, que os resultados apresentados sugerem uma tendência para uma predominância de emoções de alegria em reviews positivos, já que foi a alegria a emoção mais comum. No entanto, cabe ressaltar que a raiva também é uma emoção proeminente, que aparece em reviews positivos, e em reviews negativos, como é possível observar no quadro 2.

A alegria como mais frequente emoção da polaridade positiva é um resultado esperado, já que as expressões de entusiasmo, orgulho e satisfação compõem a valorização positiva de uma experiência. É importante destacar também as expressões de um sentimento de patriotismo e do propósito de incentivar e apoiar a indústria de jogos brasileira como no review: “Jogo brasileiro, muito bom. Fico cada dia mais feliz com desenvolvedores brasileiros, cada jogo maravilhoso, difícil mesmo na dificuldade normal hshshs. Adorei o game, parabéns a todos os desenvolvedores.”.

A raiva aparece como a emoção mais proeminente em reviews negativos. Isso quer dizer que os jogadores que expressam feedback negativo estão frequentemente motivados por sentimentos de irritação, indignação ou insatisfação em relação aos jogos. A alegria também pode ser encontrada em reviews negativos, embora em menor frequência, indicando que mesmo em avaliações negativas, os jogadores podem encontrar elementos dignos de elogio ou aspectos que lhes proporcionaram satisfação, como no terceiro item do quadro 3.

A emoção medo surge nos reviews de forma predominante, a partir de sua relação com os gêneros dos jogos de terror ou suspense, onde os jogadores enfrentam ameaças ou situações que provocam ansiedade ou temor. O review “EM ALGUM MOMENTO VOCÊ VAI SE ASSUSTAR COM A BARATA, CONFIA.” revela o tópico de medo e sua relação com o termo assustar. O jogo Fobia - St. Dinfna Hotel foi o que teve mais reviews positivos associados à essa emoção.

A maior parte dos poucos reviews classificados como culpa não se referem à emoção humana de culpa, mas sim à dominância de termos que denotam falha e atribuição de responsabilidade. Expressões como “erro”, “não funciona”, “arrepender-se” foram caracterizadas nessa classificação, mas pouco denotam a auto culpa. Os usuários estavam criticando o produto por sua culpa e não sentindo culpa. Embora, seja possível encontrar reviews como: “Diversas magias, difícil até no normal, ou eu que sou horrível oque é mais provável.” em que o usuário assume a culpa pelo mal desempenho.

A vergonha demonstrou-se uma categoria de classificação pouco produtiva na análise, foram 62 reviews classificados nessa categoria de emoção e a maioria desses comentários apresenta aversão ou a atribuição da vergonha a partir de uma falha do produto ao invés de uma experiência dessa emoção. Poucos são os casos em que o review apresenta a admissão de algum constrangimento que implicaria uma vergonha pessoal, como no trecho: “Depois do meu trauma sair pq morri demais nas fases kkkk eu vou tentar jogar de novo pra pegar todos os bônus e letras de todas as fases! Bjs!”

A tristeza pode ser associada a experiências de jogo que deixam os jogadores desanimados ou desapontados. Os reviews estão de modo geral associados à decepção, arrependimento ou à quebra de expectativa como no trecho “Parecia ser um jogo promissor no começo” ou em “Comprei a Ultimate Versão Na primeira Semana do Jogo e até agora nada, escamado com sucesso ainda tem o Fato que o Jogo morreu

pqp que decepção”.

A emoção desgosto introduz um maior nível de intensidade na repulsa à experiência trazida pelo jogo. Apesar da baixa acurácia nessa categoria, que inclui desenhos ASCII aleatórios e reviews com uma única palavra como “top”, alguns palavrões e termos pejorativos aparecem como representantes precisos da rejeição mais intensa. O review “JOGOOOOOOOOOOO LIXOOOOOOOOOOOO IDIOTAAAAAAA QUAM CIROU ESSE JOGOOOOOOOO LIXOOOOOOOOOOOO” é um exemplo dessa classificação acertada.

Desconsideradas as imprecisões inerentes ao processo de classificação, a análise concentrou-se na relação, por vezes contraintuitiva, entre a emoção detectada pelo modelo e a polaridade positiva ou negativa atribuída pelo usuário.

É comum a coexistência de críticas no review e uma recomendação positiva final. Esses casos demonstram a complexidade do julgamento do usuário, que pode atribuir valor positivo à experiência geral mesmo quando reconhece elementos dignos de reprovação ou frustração como em: “jogo está muito bom, porém está apresentando alguns bugs, na hora de da ré de moto o boneco fica travando...”.

Outra justificativa notável para a presença da raiva nos reviews positivos é a de que os jogadores podem ser motivados por desafios frustrantes como em: “O tempo inteiro você fica aflito, fazendo com tripas um coração para tentar manter todo mundo vivo e essa situação gera uma experiência muito única que eram o objetivo dos devs.”

As avaliações negativas que foram classificadas como alegria estão muito mais relacionadas com falhas no algoritmo de classificação e a sua dificuldade em equilibrar as queixas com os elogios. O exemplo “Epig comprou. Efeito? Removeram a leaderboard. Parabéns aos devs que conseguiram ***** com um dos poucos jogos/franquias que eram boas e produzidas por aqui.” foi classificado como alegria e representa um grande desafio ao método de classificação utilizado, que é analisar textos com a figura de linguagem ironia.

11. 6 Discussão

A análise da polaridade e das emoções evocadas nos reviews dos jogos brasileiros revela a alegria como emoção mais frequente. Trata-se de um reflexo do engajamento e da satisfação com o produto final apresentado, além do patriotismo e o interesse em apoiar a indústria de desenvolvimento brasileira.

Não é incomum encontrar emoções como raiva e desgosto relacionadas a aspectos técnicos como bugs ou a mecânicas de jogo percebidas como inadequadas. Essas emoções apontam para áreas críticas de melhoria e destacam a importância do polimento técnico e do desenvolvimento contínuo para aperfeiçoar a experiência do jogador. A análise de emoções nos reviews de jogos pode oferecer diferentes ideias

para os desenvolvedores, analisando como seu produto é recebido pela comunidade, possibilitando ajustes que podem otimizar a satisfação dos jogadores e ampliar o sucesso comercial dos seus jogos.

Esta pesquisa partiu da premissa, baseada em avaliações preliminares e na participação frequente de desenvolvedores brasileiros em mercados internacionais (CARDOSO et al., 2023), de que os jogos independentes nacionais estavam conseguindo alcançar seu público com bons níveis de qualidade. A análise de reviews oferece uma métrica complementar de recepção e engajamento emocional do público.

Optou-se por não atribuir uma valência positiva ou negativa a priori a emoções como o desgosto e a culpa. Essa decisão metodológica parte do entendimento de que, no contexto de uma experiência narrativa ou lúdica, tais emoções não são necessariamente indesejáveis ou negativas. Elas podem ser elementos fundamentais propostos pelo design do jogo para gerar engajamento, sendo, portanto, indicadores de sucesso na provocação de uma resposta emocional e não de uma falha, o que poderia ser entendido pela denominação “emoção negativa”.

Uma das principais limitações desta pesquisa deu-se pela dificuldade de identificar os jogos brasileiros independentes, resultando na adoção de uma amostragem enviesada pela popularidade e publicização dos jogos. Essa abordagem, apesar de útil e versátil para a coleta de dados em contextos nos quais a disponibilidade dos elementos de pesquisa são dispersos, pode implicar em uma representatividade limitada do universo estudado, os itens amostrais podem não ser inteiramente representativos. A análise de emoções foi considerada satisfatória para os dez jogos selecionados, qualquer generalização dos resultados deve ser interpretada com cautela, dada a natureza da amostra utilizada.

Outra limitação identificada foi o reduzido volume de reviews com polaridade negativa, o que resultou em uma diminuição na análise das emoções associadas a esse tipo de registro. Embora esse aspecto não tenha impedido o desenvolvimento da análise, é importante ressaltar que um maior número de reviews negativos teria proporcionado uma maior diversificação da distribuição de emoções.

A acurácia do algoritmo de classificação não foi absoluta, sendo influenciada por características intrínsecas à linguagem informal dos reviews. O uso de gírias, jargões e ambiguidades são grandes desafios para o processo de classificação automatizada. O uso de elementos não-verbais como desenhos (ASCII art) e referências culturais específicas não foram interpretadas corretamente pelo algoritmo, constituindo ruídos na análise e afetando a precisão dos resultados.

Essa limitação do algoritmo utilizado evidencia a importância de se considerar de forma mais ampla a expressividade em análises de emoções aplicadas a textos de domínio informal, algo que pode ser minimizado com técnicas de classificação que utilizam LLMs.

Esta pesquisa também propõe questões que demandam um escopo ampliado

e uma análise mais elaborada, como a investigação do impacto econômico das emoções. Existe uma correlação mensurável entre as emoções expressas nos reviews e o desempenho financeiro do jogo? Outra possibilidade promissora seria investigar como o panorama emocional evolui com o lançamento de patches, atualizações e DLCs. O rastreamento dessas mudanças ofereceria parâmetros relevantes para a qualidade percebida do jogo ao longo de seu ciclo de vida.

Os resultados desta pesquisa sugerem que os dez jogos independentes brasileiros analisados são capazes de gerar respostas emocionais positivas em seu público, ressaltando a alegria como a emoção mais presente, um indicador relevante de qualidade percebida e aceitação no competitivo mercado de jogos.

Referências

BRITTO, Larissa FS; PACIFICO, L. D. S. Evaluating video game acceptance in game reviews using sentiment analysis techniques. Proceedings of SBGames, p. 399-402, 2020. Disponível em: <https://www.sbgames.org/proceedings2020/ComputacaoShort/209781.pdf>. Acesso em 22 out. 2025.

CARDOSO, Marcos V.; GUSMÃO, Cláudio, HARRIS, Jonathan J. (Org). Pesquisa da indústria brasileira de games 2023. ABRAGAMES: São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.abragames.org/pesquisa-da-industria-brasileira-de-games.html>. Acesso em: 22 out. 2025.

SCHERER, Klaus R.; WALLBOTT, Harald G. Evidence for universality and cultural variation of differential emotion response patterning. Journal of personality and social psychology, v. 66, n. 2, p. 310, 1994.

SILVA, T. H.; CAVALCANTI, M. D.; MELO, F.; MARINHO, I. N.; CAVALCANTI, Daniel de Queiroz CAVALCANTI; BECKER, Valdecir. Visualization of brainwaves using EEG to map emotions with eye tracking to identify attention in audiovisual workpieces. In: WebMedia '22, 2022, Curitiba. WebMedia '22: Proceedings of the Brazilian Symposium on Multimedia and the Web. New York: ACM, 2022. v. 1. p. 381-390.

TAN, Jie Ying; CHOW, Andy Sai Kit. Sentiment Analysis on Game Reviews: a comparative study of machine learning approaches. Conference Proceedings: International Conference on Digital Transformation and Applications (ICDXA 2021), [S.L.], p. 209-216, 2021. Tunku Abdul Rahman University College. <http://dx.doi.org/10.56453/icdxa.2021.1023>.

HEMENOVER, Scott H.; BOWMAN, Nicholas D.. Video games, emotion, and emotion regulation: expanding the scope. *Annals Of The International Communication Association*, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 125-143, 21 fev. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/23808985.2018.1442239>.

VALVE. At Valve we make games, Steam, and hardware. 2025. Disponível em: <https://www.valvesoftware.com/en/about>. Acesso em: 22 out. 2025.

YEJIAN, Zhang; TAKADA, Shingo. Review Classification Based on Machine Learning: classifying game user reviews. *Ieee Access*, [S.L.], v. 11, p. 142447-142463, 2023. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2023.3342294>.

ZUO, Zhen. Sentiment analysis of steam review datasets using naive bayes and decision tree classifier. *IDEALS*. 2018. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2142/100126>. Acesso em: 22 out. 2025.

12

CortechX - Liga acadêmica

Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes, Wesley Henrique da Silva Vieira, Carlos Vitor Freitas Santos, Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho e Yasmin dos Santos Matos

12. 1 Introdução

A CortechX é uma liga acadêmica composta por estudantes dedicados ao desenvolvimento de projetos práticos na área de Interação Humano-Computador (IHC). Começamos as atividades em 2024, como um subgrupo do Laboratório de Interação e Mídia (LIM) do Centro de Informática da UFPB, com o propósito de unir pesquisa acadêmica e inovação tecnológica para transformar a forma como humanos interagem com sistemas computacionais e desenvolver as habilidades dos membros através de projetos reais. Nosso trabalho propõe abranger múltiplas áreas do conhecimento, incluindo inteligência artificial, neurociência, educação e marketing, sempre com foco na criação de soluções interativas que ampliem as possibilidades da tecnologia no cotidiano das pessoas. Combinamos teoria e experimentação, promovendo um ambiente colaborativo onde estudantes podem explorar novas abordagens, desenvolver habilidades técnicas e contribuir para avanços na área de IHC. A CortechX busca ser um polo de inovação dentro da academia, capacitando seus membros para enfrentar os desafios do futuro e proporcionando experiências que os aproximam do mercado e da pesquisa de ponta. Nosso principal objetivo é impulsionar o desenvolvimento de tecnologias interativas, promovendo uma convergência entre teoria e prática para criar soluções inovadoras que aprimorem significativamente a experiência do usuário na interação humano-computador. Buscamos explorar e aplicar os mais recentes avanços tecnológicos para tornar essa interação mais fluida, intuitiva e acessível.

A CortechX se dedica a fomentar a inovação na Interação Humano-Computador (IHC), combinando pesquisa acadêmica com aplicações práticas que impactam diretamente a sociedade. Nosso compromisso é explorar novas possibilidades tecnológicas, desenvolver soluções disruptivas e formar líderes capacitados, prontos para enfrentar os desafios do futuro, e não apenas profissionais. Dessa forma, o objetivo da CortechX é impulsionar o desenvolvimento de tecnologias interativas, promovendo uma convergência entre teoria e prática para criar soluções inovadoras que aprimorem significativamente a experiência do usuário na interação humano-computador. Buscamos explorar e aplicar os mais recentes avanços tecnológicos

para tornar essa interação mais fluida, intuitiva e acessível. A CortechX também visa desenvolver as habilidades de lideranças e criar líderes prontos para enfrentar desafios reais.

12. 2 Justificativa

A CortechX nasce da necessidade de criar um espaço onde a inovação na Interação Humano-Computador (IHC) possa ser explorada de maneira prática e interdisciplinar. Nosso objetivo é proporcionar um ambiente onde estudantes possam aplicar seus conhecimentos, experimentar novas tecnologias e desenvolver soluções que tenham impacto real na sociedade. Vivemos em uma era em que a tecnologia está profundamente integrada ao nosso dia a dia, e a forma como interagimos com os sistemas computacionais define nossa experiência com o mundo digital. No entanto, essa interação ainda enfrenta desafios significativos, como a necessidade de interfaces mais intuitivas, acessíveis e personalizadas.

A motivação da CortechX é justamente enfrentar esses desafios, unindo pesquisa acadêmica e desenvolvimento prático para criar soluções que tornem essa comunicação mais eficiente e natural. Nos últimos anos, a inteligência artificial tem passado por uma grande explosão de avanços, impactando significativamente a interação entre humanos e máquinas. Tecnologias baseadas em modelos avançados de IA, como LLMs, estão revolucionando desde assistentes virtuais até interfaces cérebro-computador, proporcionando experiências mais dinâmicas e adaptáveis. Essa evolução abre novas possibilidades para tornar a comunicação com sistemas computacionais mais fluida e simples, reduzindo barreiras e ampliando o potencial de personalização.

Nosso entusiasmo pela inovação nos impulsiona a explorar tecnologias emergentes, como modelos avançados de inteligência artificial e eletroencefalografia (EEG), para ampliar as possibilidades de interação entre humanos e máquinas. O potencial de aplicações dessas tecnologias é vasto, abrangendo áreas como acessibilidade, saúde, entretenimento e educação, e acreditamos que nossa dedicação pode contribuir significativamente para esses avanços. Além disso, a CortechX busca preparar seus membros para os desafios do mercado e da pesquisa, incentivando um aprendizado contínuo e colaborativo.

Valorizamos a troca de conhecimento, a experimentação e a resolução criativa de problemas, promovendo um ambiente onde cada membro pode crescer e contribuir ativamente para o desenvolvimento da tecnologia. Além do impacto acadêmico e social, a CortechX também deseja fomentar o empreendedorismo e a inovação, incentivando seus membros a transformarem suas pesquisas e projetos em soluções escaláveis e viáveis comercialmente. Acreditamos que muitas das tecnologias que desenvolvemos possuem grande potencial para se tornarem startups de sucesso,

trazendo ao mercado novas formas de interação entre humanos e máquinas. Nosso objetivo é criar um ambiente onde ideias inovadoras possam se tornar produtos e serviços disruptivos, contribuindo para o avanço da tecnologia e da economia digital.

12.3 Fundamentação teórica

As ligas acadêmicas são organizações estudantis que integram ensino, pesquisa e extensão, proporcionando aprofundamento em áreas específicas e desenvolvimento de habilidades práticas (OLIVEIRA et al., 2021). Criadas para suprir lacunas do ensino formal, elas fortalecem a formação aplicada e o protagonismo estudantil. A CortechX segue esse modelo, atuando na área de Interação Humano-Computador (IHC) e promovendo a pesquisa aplicada em tecnologia e inovação.

A IHC é um campo interdisciplinar que investiga a relação entre pessoas e sistemas digitais, buscando tornar a interação mais intuitiva e eficiente (FERNANDES et al., 2021). O avanço de tecnologias como inteligência artificial, reconhecimento facial e design de interfaces tem ampliado sua relevância, especialmente entre os jovens. Na CortechX, a IHC orienta o desenvolvimento de soluções que unem EEG e IA visando tornar a comunicação entre humanos e sistemas computacionais mais natural e responsiva. Outra área importante para a CortechX é a inteligência artificial (IA), que, de forma bem resumida, simula processos cognitivos humanos por meio de algoritmos e aprendizado de máquina, transformando a forma como interagimos com tecnologias (MORAIS; BRANCO, 2023). Suas aplicações incluem assistentes virtuais, reconhecimento de voz e imagem e análise de dados. Contudo, sua expansão também levanta questões éticas e regulatórias. A integração entre IA e IHC permite criar sistemas mais adaptáveis, empáticos e centrados no usuário.

Já a eletroencefalografia (EEG), importante base teórica e conceitual para a Liga, é uma técnica não invasiva que monitora a atividade elétrica cerebral, possibilitando identificar padrões relacionados à atenção, concentração e emoção (LAINSCSEK et al., 2013). Essa tecnologia tem sido utilizada em estudos e aplicações de neurotecnologia, contribuindo para o desenvolvimento de interfaces cérebro-computador e novas formas de interação.

Finalmente, os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) são modelos de IA baseados em aprendizado profundo, capazes de compreender e gerar linguagem natural em larga escala. Estruturas como os transformers permitem que esses modelos realizem tarefas como tradução, resumo e análise semântica. Segundo a Management Solutions (2023), o treinamento de modelos como o GPT-4 exigiu investimentos superiores a US\$ 100 milhões, evidenciando o alto custo e a complexidade envolvida. Apesar disso, os LLMs têm impulsionado o avanço da Inteligência Artificial Generativa, tornando-a mais acessível e integrada ao cotidiano humano.

12. 4 Metodologia geral

Na CortechX, adotamos uma abordagem estruturada e sistemática para a condução de nossos projetos, garantindo que cada iniciativa seja desenvolvida de forma eficiente e inovadora. Para isso, seguimos a metodologia Design Science Research (DSR), uma metodologia amplamente reconhecida na pesquisa aplicada, que permite a criação de soluções tecnológicas fundamentadas em conhecimento científico e validação prática. A Design Science Research (DSR) foca na criação e avaliação de artefatos inovadores que resolvem problemas reais por meio de soluções tecnológicas. Ao contrário de abordagens teóricas, a DSR se concentra em artefatos práticos, como sistemas computacionais, modelos, frameworks ou dispositivos físicos, que buscam solucionar um problema específico de maneira eficiente. Cada novo projeto desenvolvido na CortechX é tratado como um artefato de pesquisa que visa resolver um desafio tecnológico por meio da inovação. A base teórica da DSR está ancorada na criação de artefatos para resolver problemas práticos, ao mesmo tempo em que contribui para o avanço do conhecimento científico. Essa abordagem permite que as soluções criadas não apenas resolvem problemas específicos, mas também geram novos entendimentos e conhecimentos que podem ser aplicados em diferentes contextos.

Os principais elementos teóricos da DSR incluem: Problema Prático e Relevante, O ponto de partida da DSR é sempre um problema do mundo real, cuja resolução traz impacto significativo. Criação de Artefatos: A pesquisa se concentra no design de artefatos que atendem diretamente aos problemas identificados, buscando soluções inovadoras. Avaliação Rigorosa: A avaliação dos artefatos é essencial para garantir que as soluções criadas sejam eficazes e atendam aos objetivos propostos. Contribuição ao Conhecimento: Além da resolução de problemas, a DSR busca avançar o conhecimento científico por meio da criação de novos métodos, modelos ou tecnologias.

O processo de desenvolvimento na CortechX segue as etapas estruturadas da DSR para garantir que cada projeto seja conduzido de maneira eficiente, inovadora e prática. Nossos projetos são desenvolvidos de acordo com a metodologia DSR, que se desdobra nas seguintes fases: Identificação do Problema, Compreensão detalhada do desafio a ser resolvido, seu impacto e as necessidades envolvidas. Definição dos Objetivos, estabelecimento de metas claras e mensuráveis para o desenvolvimento do artefato. Desenvolvimento do Artefato, Criação da solução inovadora, com base em pesquisa científica e experimentação. Demonstração: Implementação inicial do artefato para avaliar seu funcionamento em um cenário realista. Avaliação, testes rigorosos e refinamento do artefato com base nos resultados obtidos e no feedback. Comunicação dos Resultados, Documentação e compartilhamento das descobertas com a comunidade acadêmica e profissional ou inserção da nova ferramenta no mercado.

Esse processo contínuo de pesquisa, experimentação e validação assegura que nossos projetos resultem em soluções tecnológicas aplicáveis e inovadoras no mercado, sempre baseadas em uma sólida fundamentação científica. A Interação Humano-Computador (IHC) é uma área que se beneficia consideravelmente da DSR, pois ela oferece uma estrutura sólida para o desenvolvimento de interfaces e sistemas interativos, com foco em problemas de usabilidade, acessibilidade e eficiência na interação entre humanos e máquinas. Exemplos de como a DSR tem sido aplicada em IHC incluem: Desenvolvimento de interfaces adaptativas, melhoria da usabilidade em softwares educacionais, sistemas de realidade aumentada e virtual (AR/VR) e design de sistemas de feedback em tempo real.

12. 5 Projetos desenvolvidos

Os projetos desenvolvidos pela CortechX refletem a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos pelos membros, unindo pesquisa e inovação em Interação Humano-Computador (IHC). Cada iniciativa foi selecionada com base em sua relevância social e potencial de impacto tecnológico, abrangendo desde soluções voltadas à gestão e automação até sistemas de inteligência artificial e análise de dados. Nesta seção, são apresentados tanto projetos já concluídos como o SenseApp, Gestok, TalentoRH, Chatbot de breathing com análise de perfil, Análise de Comentários em Lives de E-commerce e o projeto de realidade aumentada, que resultaram em produtos funcionais e testados, quanto iniciativas que ainda estão em andamento como o Agender, Treinees e Leadshot, que seguem em processo de aprimoramento e validação.

Agender

Equipe: Ruanderson Gabriel Alves Da Silva Costa De Fontes, Wesley Henrique Da Silva Vieira, Gustavo Afonso da Silva, Carlos Vitor Freitas Santos

O Agender é um agente inteligente voltado à gestão financeira simplificada para microempreendedores e profissionais autônomos. O projeto surgiu a partir da observação de um problema recorrente entre pequenos negócios brasileiros: a dificuldade de separar e controlar as finanças pessoais e empresariais. O sistema utiliza inteligência artificial conversacional para oferecer acompanhamento financeiro em linguagem natural, eliminando a necessidade de planilhas complexas e aproximando a tecnologia da realidade cotidiana dos empreendedores.

A má gestão financeira é uma das principais causas de falência entre pequenas empresas no Brasil. Segundo o SEBRAE, 25% das micro e pequenas empresas fecham antes de completar dois anos de atividade, e dados do IBGE mostram que cerca de

5 em cada 10 não chegam ao quinto ano. A Serasa Experian (2023) revela ainda que 83% dos empreendedores administram as finanças manualmente e mais da metade (54%) tem dificuldade em separar finanças pessoais das empresariais. Já de acordo com o CRCSP (Conselho Regional de Contabilidade do Estado de São Paulo) 61% dos empreendedores brasileiros ainda utilizam o caderno físico para controlar finanças. Esse cenário é especialmente visível entre profissionais autônomos, cabeleireiros, barbeiros, maquiadoras, manicures e donos de pequenos comércios, que muitas vezes dependem de anotações em cadernos, aplicativos genéricos ou simplesmente da memória para organizar suas entradas e saídas financeiras. Mesmo com bons faturamentos, muitos relatam “não ver o dinheiro no fim do mês” e sentem que o negócio não cresce.

O problema é agravado por fatores comportamentais e emocionais: medo de errar com números, baixa familiaridade com tecnologia, rotinas sobrecarregadas e falta de tempo para lidar com sistemas financeiros convencionais. Assim, ferramentas existentes acabam sendo inacessíveis ou pouco atrativas para esse público. A motivação para incluir a parte de gestão de tarefas e clientes veio do entendimento de que o descontrole financeiro quase sempre anda de mãos dadas com a desorganização do dia a dia. Durante conversas com empreendedores, observou-se que muitos utilizavam o mesmo caderninho para anotar dívidas, fiados, compromissos e agendamentos de clientes. O que começava como uma tentativa de organização acabava virando uma confusão de informações dispersas. Assim, ficou claro que o problema não era apenas financeiro, mas também de gestão e rotina. Com o Agender, é possível gerenciar todas essas dimensões, finanças, tarefas e clientes, de maneira integrada e intuitiva. O sistema conversa com o usuário em uma linguagem simples, próxima e empática, aprendendo com os hábitos do empreendedor, sugerindo boas práticas e ajudando na tomada de decisões de forma mais consciente. Dessa forma, a tecnologia se coloca como parceira do negócio, e não como uma barreira técnica.

Resultados

Como resultado, foi obtido um sistema funcional e modular, capaz de realizar o controle de tarefas, clientes e finanças em um mesmo ambiente. A plataforma permite cadastrar e acompanhar clientes, associar tarefas específicas a cada projeto e monitorar receitas e despesas, tudo de maneira interligada. Os testes realizados mostraram aumento significativo na eficiência da gestão e redução no tempo gasto com atividades administrativas repetitivas, especialmente entre usuários com pouca familiaridade com ferramentas digitais. O Agender demonstrou potencial para democratizar o acesso à tecnologia de gestão, oferecendo uma solução prática e adaptada à realidade do microempreendedor brasileiro.

Gestok

O Gestok é uma plataforma web desenvolvida para solucionar um dos maiores desafios enfrentados por pequenos e médios negócios: a gestão de estoque. A complexidade e o custo de ferramentas de mercado muitas vezes deixam esses empreendedores reféns de métodos manuais, como planilhas ou cadernos, que são propensos a erros, consomem tempo e não oferecem uma visão estratégica do negócio. O Gestok surge como uma solução moderna, intuitiva e completa, centralizando o ciclo de vida dos produtos em um único lugar. A plataforma permite, de forma segura através de um sistema de autenticação, o cadastro, listagem, edição e remoção de produtos. A interface foi projetada para ser limpa e de fácil utilização, reduzindo a curva de aprendizado e permitindo que o usuário, mesmo sem conhecimento técnico, possa gerenciar seu inventário com eficiência e precisão. O objetivo central do projeto é democratizar o acesso a ferramentas de gestão de qualidade, fornecendo uma base sólida para que os negócios possam crescer de forma organizada e sustentável. O projeto foi idealizado e desenvolvido por um time multidisciplinar composto por Wesley Henrique da Silva Vieira (Product Owner e desenvolvedor), Humberto Nunes de Lira (Tech Lead e desenvolvedor), e outros desenvolvedores, Tobias Freire Numeriano, Thaís Melquiades e Pedro Santana Raposo.

Resultados

O resultado da fase atual do projeto é um Produto Mínimo Viável (MVP) totalmente funcional e estável. A plataforma Gestok já oferece sistema de Autenticação Seguro, com telas de login e registro, garantindo que apenas usuários autorizados acessem os dados. Gerenciamento Completo de Produtos (CRUD) com funcionalidades de criar, ler, atualizar e deletar produtos implementados e testados. Interface Intuitiva, com um design limpo e responsivo que facilita a navegação e o uso das funcionalidades em diferentes dispositivos e arquitetura escalável, com uma base de código organizada e uma infraestrutura containerizada que está pronta para receber novas funcionalidades sem a necessidade de grandes refatorações. A plataforma se mostrou performática e confiável nos testes, validando a arquitetura e as tecnologias escolhidas como adequadas para os objetivos do projeto.

SenseApp

O SenseApp é um sistema desenvolvido com o objetivo de realizar análises de sentimentos e emoções em comentários de aplicativos da Play Store, permitindo compreender o feedback real dos usuários e identificar percepções positivas e negativas sobre produtos e serviços. Foram analisados os aplicativos Magalu, Armazém Paraíba e Amazon, com o intuito de extrair informações estratégicas sobre satisfação, atendimento, preço e entrega. O sistema utiliza técnicas avançadas de Processamento

de Linguagem Natural (NLP) e modelos pré-treinados de aprendizado profundo para classificar emoções e polaridades de comentários. O projeto foi desenvolvido pelos integrantes da Liga, Wesley Henrique da Silva Vieira e Carlos Vitor Freitas Santos.

Etapas do Processo

Coleta de Dados (Web Scraping), onde foram extraídos os comentários dos aplicativos Magalu, Armazém Paraíba e Amazon diretamente da Play Store, incluindo informações como texto, data e avaliação numérica. Filtragem Temporal para aumentar a relevância da análise, foi aplicado um filtro que considerou apenas os comentários publicados a partir de 2023. Pré-processamento e Limpeza, onde a base textual foi limpa e normalizada, removendo caracteres especiais, pontuações, duplicatas e stopwords, garantindo uma entrada adequada ao modelo de classificação. Análise Exploratória de Dados (EDA), onde foram gerados gráficos e estatísticas para visualizar distribuições de sentimentos e emoções, além da frequência de categorias de comentários. Classificação Emocional, em que o modelo identificou as emoções predominantes em cada texto, de acordo com as seguintes categorias:

anger → raiva / disgust → desgosto / fear → medo / joy → alegria / sadness → tristeza
surprise → surpresa / neutral → neutro

E por fim a categorização de Comentários, onde foi criada uma coluna adicional que segmenta os comentários conforme o tema predominante:

Atendimento / Entrega / Preço / Variedade de produtos / Outros (anteriormente “Não categorizado”)

Resultados

O modelo obteve 91% de acurácia na detecção da polaridade dos comentários, confirmando sua eficácia para aplicação prática em ambientes corporativos.

Entre os principais resultados, destacam-se:

- **Magalu:** maior proporção de sentimentos positivos, com destaque para elogios à entrega e ao atendimento.
- **Armazém Paraíba:** concentração de sentimentos negativos associados a preço e atraso nas entregas.
- **Amazon:** distribuição equilibrada entre avaliações positivas e negativas, refletindo diversidade de percepções.

A análise emocional revelou predominância de alegria e raiva, seguidas por tristeza e surpresa, o que reforça a polarização comum nas avaliações de aplicativos.

Trainees

A CortechX, como uma liga acadêmica de vanguarda na área de interação homem-máquina, reconhece a necessidade de nivelar e preparar seus novos membros para os desafios complexos enfrentados em seus projetos. Para atender a essa demanda, foi criada a diretoria Trainees. O objetivo principal desta diretoria é funcionar como uma porta de entrada estruturada, oferecendo uma jornada de aprendizado intensiva que equipa os participantes com as competências técnicas e interpessoais essenciais para contribuírem significativamente nos futuros projetos da liga. O programa é desenhado para ser uma etapa transitória, onde o aprendizado acelerado e a aplicação prática de conceitos são priorizados. Ao final do ciclo de formação, espera-se que os novatos não apenas compreendam os fundamentos de diversas áreas tecnológicas, mas também tenham vivenciado um ciclo completo de desenvolvimento de projeto em equipe. A diretoria é composta do Diretor Carlos Vitor Freitas Santos e dois líderes Gabriel Liszt Ferreira de Oliveira e Gustavo Afonso da Silva, composta pelos seus membros Adiel Emilson da Silva, Ana Beatriz Mota da Cruz, Luiz Carlos Veloso De Araújo Lima Net, Ricardo Moraes Pistori e Pedro Henrique de Queiroz Cavalcanti.

Abordagem

A abordagem pedagógica da diretoria Trainees é fundamentada no aprendizado baseado em projetos (Project-Based Learning - PBL), que combina instrução teórica com aplicação prática imediata. A metodologia é dividida em duas fases principais: capacitação técnica e o hackathon de ideação.

Fase 1: Capacitação Técnica e Multidisciplinar

A primeira fase consiste em um ciclo de aulas e workshops focados em áreas estratégicas para os projetos da CortechX. Os tópicos abordados incluem:

- **Análise de Dados:** Introdução aos métodos de coleta, limpeza, análise exploratória e visualização de dados, capacitando os alunos a extrair insights valiosos de conjuntos de dados.
- **Web Scraping:** Ensino de técnicas e ferramentas para a extração automatizada de informações da web, uma habilidade crucial para a coleta de dados em larga escala.
- **Regressão Linear:** Apresentação de um dos modelos fundamentais de machine learning, permitindo a compreensão e aplicação de análises preditivas.
- **Neurociência/Neuromarketing:** Exploração dos princípios da neurociência aplicados à compreensão do comportamento do usuário, um diferencial para projetos de interação homem-máquina.
- **Visão Computacional:** Introdução aos conceitos de processamento de imagem e reconhecimento de padrões, abrindo portas para projetos inovadores na

área.

- **Pitch:** Desenvolvimento da habilidade de comunicação concisa e persuasiva, essencial para a apresentação de ideias e projetos a diferentes públicos.

Todas as aulas são ministradas com foco na simplicidade e na aplicação prática, utilizando ferramentas e estudos de caso que refletem desafios reais.

Fase 2: Hackathon de Ideação e Desenvolvimento

Após o ciclo de aulas, os participantes são imersos em um hackathon. Este evento serve como um catalisador para a inovação e colaboração. Os trainees, organizados individualmente, são desafiados a propor soluções para um problema central. A ideia mais promissora é selecionada para ser desenvolvida ao longo do restante da rotação. Para o ciclo 2025.1, o projeto escolhido foi o Talia, uma aplicação inovadora que visa otimizar e automatizar a triagem de currículos para empresas. Utilizando técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN), o Talia analisa, classifica e identifica os candidatos mais adequados para uma vaga. Um dos grandes diferenciais do projeto é a funcionalidade de gerar feedback construtivo e personalizado para os candidatos não selecionados, buscando humanizar o processo seletivo e agregar valor à jornada do profissional.

Resultados

Os resultados da implementação da diretoria Trainees podem ser observados em duas frentes principais:

- **Desenvolvimento dos membros:** Os novatos concluem o programa com uma bagagem significativa de conhecimentos em tecnologias atuais e uma compreensão prática do ciclo de vida de um projeto. A experiência no hackathon e no desenvolvimento do projeto subsequente aprimora habilidades interpessoais (soft skills) como trabalho em equipe, comunicação, resolução de problemas e pensamento crítico.
- **Qualificação para Projetos Futuros:** Ao final da rotação, os membros estão mais preparados e confiantes para integrar as equipes dos projetos principais da CortechX, reduzindo a curva de aprendizado e elevando o nível técnico e de inovação da liga como um todo. O projeto Talia, por exemplo, já representa um resultado concreto, entregando uma solução com potencial de impacto real.

TalentoRH

Equipe: Mateus Fonseca Ferreira e Silva, Pedro Henrique de Queiroz Cavalcanti, Larissa de Carvalho Donato.

O TalentoRH é uma plataforma de entrevistas inteligentes que une mensageria

instantânea, análise comportamental e dashboards web para otimizar processos seletivos. O sistema automatiza entrevistas via WhatsApp, analisa respostas com IA e fornece relatórios detalhados sobre o perfil de cada candidato, permitindo decisões mais rápidas e assertivas.

Contexto e Motivação

O projeto surgiu da necessidade de tornar os processos de recrutamento mais eficientes e humanos. Muitas empresas ainda enfrentam etapas manuais demoradas, falta de padronização nas entrevistas e dificuldades em interpretar perfis comportamentais. A ideia nasceu para resolver esses gargalos, combinando automação conversacional e análise psicológica assistida por IA.

Objetivos

O principal objetivo do TalentoRH é reduzir o tempo e o custo de triagem em processos seletivos, mantendo a qualidade das avaliações. A plataforma busca apoiar equipes de RH na identificação de perfis compatíveis, utilizando indicadores comportamentais baseados em modelos como MBTI e DISC.

Resultados

A solução permite realizar entrevistas automatizadas e personalizadas, consolidando dados e análises em um único painel. Os testes mostraram redução significativa no tempo de triagem e maior clareza na comparação entre candidatos. A experiência fluida via WhatsApp aumentou a taxa de engajamento e conclusão das entrevistas.

Leadshot

Equipe: Yasmin, dos Santos Matos, Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes, Carlos Vitor Freitas Santos, Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho, Humberto Nunes de Lira e Gabriel Liszt Ferreira de Oliveira.

O Lead Shot é um sistema para automação de processos de prospecção e organização de dados das empresas. O projeto veio a surgir da constatação de que, em muitas empresas sênior e júnior, a prospecção comercial ainda é feita de forma. O Lead Shot já conta com o MVP funcionando e em testes, e está entrando em sua segunda fase de desenvolvimento.

O objetivo principal do sistema é a redução de tempo, a automação de processos e a organização estruturada de dados. No seu funcionamento, o usuário insere uma lista de CNPJs de empresas-alvo; o sistema cruza automaticamente os dados dessas

empresas, gera uma planilha consolidada com as informações relevantes, analisa o segmento da empresa e a carta de serviços da consultoria usuária, gera uma proposta comercial personalizada via IA (utilizando a API da OpenAI API) e oferece ao usuário a opção de envio automático da proposta por e-mail, com integração por API de e-mail. A interface do MVP foi construída com o framework streamlite o backend utiliza Python para a lógica de automação.

Problema e Motivação

A motivação para o Lead Shot surgiu tendo em vista que empresas júniores dedicam horas prospectando, sendo um trabalho repetitivo, deixando margem para erro e baixa taxa de conversão. O problema é relevante pois muitas empresas enfrentam exatamente essa dificuldade: a prospecção manual. Por exemplo, segundo levantamento, no Brasil cerca de 50% das empresas relatam falta de confiança nos dados utilizados para prospecção. Além disso, em processos de prospecção bem estruturados, ligar ou responder rapidamente aos leads pode aumentar significativamente a taxa de conversão. Frente a esse cenário, automatizar a coleta e análise de dados e gerar propostas representa uma vantagem competitiva real para consultorias com recursos limitados.

Resultados

Até o momento, foi alcançado um sistema funcional e modular: o Lead Shot já está em operação, realizando a geração automática de planilhas, análise de empresas-alvo, criação de propostas comerciais e envio opcional por e-mail. Nos testes com usuários reais, foram observadas melhorias concretas: o tempo médio para a tarefa (que antes levava cerca de 30 minutos) caiu para entre 6 e 15 minutos. Além disso, usuários relatam aumento na segmentação e qualificação dos leads, economia de tempo administrativa e feedbacks positivos quanto à usabilidade e eficiência.

Chatbot de Briefing com Análise de Perfil por LLM

Equipe: Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes e Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho.

O Chatbot de Briefing com Análise de Perfil por LLM é um sistema automatizado de coleta e análise de informações de clientes, desenvolvido para substituir o processo tradicional de briefing presencial. O projeto tem como objetivo principal transformar uma atividade manual, demorada e suscetível a erros em uma experiência digital, inteligente e eficiente, realizada diretamente pelo WhatsApp. A inovação central do projeto está na integração de uma Large Language Model (LLM) da OpenAI (GPT), que

não apenas conduz o diálogo com o cliente, mas também interpreta suas respostas, gerando automaticamente um perfil analítico personalizado que é enviado ao gestor responsável. O resultado é um fluxo totalmente automatizado, capaz de operar 24 horas por dia, sem necessidade de intervenção humana direta.

Problema e Motivação

O processo tradicional de briefing em empresas de comunicação, marketing e design é frequentemente um gargalo operacional. Ele depende de reuniões presenciais ou chamadas síncronas, exige tempo de transcrição manual e está sujeito a inconsistências no registro das informações. Esse formato não apenas consome tempo, mas também dificulta a escalabilidade do negócio e a padronização dos dados coletados. Além disso, a experiência do cliente era pouco fluida: cada reunião precisava ser agendada e realizada em horário comercial, e a análise das respostas dependia da disponibilidade da equipe. O projeto surgiu, portanto, da necessidade de automatizar o processo de briefing, tornando-o assíncrono, acessível e inteligente, sem comprometer a qualidade da análise. O objetivo é permitir que o cliente pudesse responder no seu próprio ritmo e, ao término da conversa, já recebe um entregável de valor um relatório analítico que resume seu perfil e necessidades.

Resultados

O projeto resultou em um sistema completo de automação do processo de briefing, capaz de conduzir entrevistas com clientes via WhatsApp, interpretar as respostas e gerar automaticamente um relatório analítico em PDF. A solução eliminou horas de trabalho manual, reduziu erros de transcrição e permitiu a execução de múltiplos briefings em paralelo, ampliando a capacidade operacional da equipe. Do ponto de vista da experiência do cliente, o chatbot proporcionou uma interação mais fluida e conveniente, disponível a qualquer hora e adaptada ao ritmo do usuário. Para a equipe interna, o entregável final agregou valor imediato, facilitando a personalização de propostas e estratégias

Análise de Comentários em Lives de E-commerce com Visão Computacional e Machine Learning

Equipe: Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes, Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho, Gabriel Liszt Ferreira de Oliveira e Gustavo Afonso da Silva.

O projeto Análise de Comentários em Lives de E-commerce foi desenvolvido com o objetivo de compreender o comportamento dos consumidores durante transmissões ao vivo em plataformas de comércio eletrônico. A proposta visa coletar, processar e

analisar comentários feitos por usuários durante livestreams comerciais, identificando padrões e categorias de interesse, como preço, promoções, reclamações, informações sobre produtos e incentivos à compra.

Problema e Motivação

O crescimento das lives de vendas em plataformas de e-commerce transformou a forma como consumidores interagem com marcas e produtos. Empresas como Shopee, TikTok Shop e Ali Express Live têm utilizado transmissões em tempo real para impulsionar vendas e engajamento, criando uma nova frente de análise de comportamento do consumidor. Entretanto, as plataformas não disponibilizam APIs ou acessos web para a coleta estruturada desses dados, o que inviabiliza técnicas tradicionais de web scraping. Além disso, os comentários são exibidos de forma dinâmica e sobreposta ao vídeo, dificultando a extração automatizada. Diante desse cenário, surgiu o desafio de desenvolver um método alternativo de coleta e análise de comentários, capaz de contornar as restrições técnicas e oferecer uma visão quantitativa e qualitativa sobre o discurso dos consumidores em tempo real.

Abordagem

A abordagem adotada combinou técnicas de Visão Computacional e aprendizado de máquina (Machine Learning), em um fluxo dividido em três etapas principais:

- 1. Coleta de Dados via OCR (Reconhecimento Óptico de Caracteres):** Como as transmissões estavam disponíveis apenas no aplicativo mobile da Shopee, foi utilizado um sistema de captura de tela automatizado. As imagens obtidas foram processadas por meio do PaddleOCR, uma biblioteca de OCR (Optical Character Recognition) para extrair os textos dos comentários diretamente do vídeo.
- 2. Pré-processamento e Limpeza dos Dados:** Após a extração, os comentários foram tratados para remoção de ruídos, normalização textual e preparação para análise semântica.
- 3. Classificação Automática por Machine Learning:** Foi desenvolvido um modelo supervisionado para classificar os comentários em cinco categorias principais: Preço, promoção, reclamação, informação e incentivo.

O modelo foi treinado e ajustado para identificar automaticamente o tema predominante em cada comentário, utilizando métricas de precisão e recall para validar o desempenho. Essa metodologia híbrida — combinando visão computacional e NLP (Processamento de Linguagem Natural) — permitiu superar a ausência de APIs e oferecer resultados precisos a partir de vídeos de interface móvel.

Resultados

O projeto resultou em um pipeline automatizado de análise de comentários de lives, capaz de coletar dados diretamente da tela, interpretar textos e gerar classificações temáticas em tempo real. Os testes realizados com transmissões da Shopee Live demonstraram a viabilidade da abordagem: mesmo sem acesso direto à base de dados da plataforma, foi possível extrair e categorizar centenas de comentários de forma eficiente.

A análise mostrou tendências claras de comportamento, com destaque para o grande volume de mensagens relacionadas a promoções e preços, seguidas por incentivos (“compra logo”, “última unidade”) e dúvidas informativas sobre os produtos. Esses resultados oferecem insights valiosos sobre como o público interage durante as lives e quais fatores mais influenciam a decisão de compra.

Projeto de Realidade Aumentada – Jardim Botânico de João Pessoa

Equipe: Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho, Mateus Lima Cavalcanti de Albuquerque, Ana Beatriz Soares da Silva, Bárbara Geovanna Alves Cavalcante, Mateus Fonseca Ferreira e Silva.

O Projeto de Realidade Aumentada tem como propósito integrar tecnologia e educação ambiental por meio de experiências interativas em Realidade Aumentada (RA). Desenvolvido como uma iniciativa de inovação tecnológica aplicada à sustentabilidade, o projeto busca enriquecer a visita ao Jardim Botânico de João Pessoa, oferecendo uma forma dinâmica e acessível de aprendizado sobre a biodiversidade local. Por meio de um navegador, os visitantes podem utilizar a câmera do celular para explorar o espaço natural, visualizando informações digitais sobre espécies de plantas, animais, trilhas ecológicas e pontos de interesse. O conteúdo digital inclui textos explicativos, imagens ilustrativas, modelos 3D de animais e animações educativas, que se sobrepõem ao ambiente real, proporcionando uma imersão educativa e envolvente.

Problema e Motivação

O Jardim Botânico de João Pessoa é um dos principais espaços de conservação ambiental e educação ecológica da região, recebendo visitas de escolas, turistas e pesquisadores. No entanto, grande parte do público encontra dificuldades em acessar informações detalhadas sobre a fauna e flora durante as visitas, especialmente em percursos autoguiados. Os métodos tradicionais de sinalização e placas informativas são limitados em conteúdo e alcance, além de não explorarem o potencial de engajamento oferecido pelas tecnologias digitais. Com o avanço das ferramentas

de Realidade Aumentada e o aumento do acesso a dispositivos móveis, surgiu a oportunidade de transformar a experiência de visita em uma atividade interativa, educativa e acessível para públicos de todas as idades. O projeto foi concebido justamente para preencher essa lacuna, criando um meio de educação ambiental tecnológica que reforça o papel do Jardim Botânico como espaço de preservação, aprendizado e inovação científica.

Abordagem

O desenvolvimento do sistema seguiu uma abordagem multidisciplinar, combinando design de interação, modelagem 3D e desenvolvimento mobile. O projeto foi estruturado nas seguintes etapas:

- **Mapeamento dos Pontos de Interesse:** levantamento das áreas do parque com potencial educativo, incluindo espécies vegetais nativas, trilhas ecológicas e espaços de visita frequente.
- **Criação de Conteúdos Digitais:** desenvolvimento e/ou pesquisa de modelos tridimensionais de plantas e animais locais, ilustrações e textos informativos com base em fontes científicas e educacionais.
- **Implementação da Realidade Aumentada:** uso de frameworks como AR.js e mindAR que funcionam no navegador, permitindo a sobreposição de elementos digitais ao ambiente real captado pela câmera do dispositivo.

Essa metodologia garantiu que o sistema fosse ao mesmo tempo tecnicamente robusto e educacionalmente relevante, alinhando os princípios de usabilidade, acessibilidade e sustentabilidade.

Resultados

O resultado foi um protótipo funcional em Realidade Aumentada, capaz de reconhecer pontos específicos do Jardim Botânico e exibir conteúdos digitais interativos relacionados à biodiversidade local. Além de promover o conhecimento científico, o projeto reforçou o papel do Jardim Botânico como espaço de integração entre tecnologia e meio ambiente, aproximando o público da natureza por meio de experiências digitais significativas.

Discussão

A experiência da CortechX evidencia como as ligas acadêmicas podem se consolidar como espaços de inovação tecnológica e formação prática interdisciplinar dentro das universidades. A partir da integração entre pesquisa científica e desenvolvimento aplicado, a liga se posiciona como um ambiente fértil para a experimentação de

metodologias e tecnologias emergentes, especialmente nas áreas de Interação Humano-Computador (IHC), Inteligência Artificial (IA) e neurotecnologia.

A adoção da metodologia *Design Science Research (DSR)* mostrou-se particularmente eficaz na condução dos projetos, garantindo rigor científico e foco na criação de artefatos que resolvem problemas reais. Essa abordagem promoveu um ciclo contínuo de aprendizado e validação, no qual teoria e prática se retroalimentam. Os resultados observados nos projetos, como *Agender*, *Gestok*, *SenseApp* e *TalentoRH*, demonstram o potencial da DSR em gerar soluções tecnológicas relevantes e aplicáveis, contribuindo tanto para a academia quanto para o setor produtivo.

Além disso, a diversidade de temáticas abordadas pelos projetos confirma o caráter interdisciplinar da CortechX. As iniciativas que combinam IA, visão computacional e processamento de linguagem natural revelam uma preocupação em aproximar o desenvolvimento tecnológico das necessidades humanas, promovendo uma IHC mais acessível, empática e eficiente. Projetos como o Chatbot de Briefing com Análise de Perfil por LLM e o Leadshot exemplificam o uso da IA generativa como ferramenta de automação inteligente e personalização de processos, enquanto o Projeto de Realidade Aumentada – Jardim Botânico de João Pessoa reforça o compromisso da liga com a sustentabilidade e a educação ambiental tecnológica.

Outro ponto relevante é a dimensão formativa da CortechX. A diretoria Trainees atua como um laboratório pedagógico estruturado, onde novos membros vivenciam o ciclo completo de desenvolvimento de projetos com base em metodologias ativas, como *Project-Based Learning* (PBL) e hackathons. Esse modelo de capacitação permite que estudantes de diferentes perfis se desenvolvam em competências técnicas e interpessoais, fomentando o protagonismo estudantil e o espírito colaborativo. Assim, a liga não apenas produz soluções tecnológicas, mas também forma profissionais mais críticos, criativos e preparados para o mercado e a pesquisa.

De modo geral, a atuação da CortechX ilustra uma tendência crescente nas universidades: a convergência entre conhecimento científico, inovação prática e impacto social. A consolidação de um ecossistema de aprendizado ativo, interdisciplinar e tecnológico demonstra que ligas acadêmicas podem funcionar como núcleos de transformação, conectando teoria, prática e propósito de forma efetiva.

12. 6 Conclusão

A CortechX consolida-se como um exemplo de inovação acadêmica aplicada, demonstrando como a união entre pesquisa, tecnologia, projetos práticos e aprendizado colaborativo pode gerar impactos reais na sociedade. Desde sua criação, a liga vem promovendo a integração entre estudantes de diferentes áreas, incentivando

o protagonismo e a experimentação científica em projetos que combinam IA, IHC e diferentes tecnologias.

Os resultados alcançados pelos diversos projetos apresentados comprovam a relevância da abordagem metodológica adotada e a efetividade do modelo de ensino baseado em projetos. As soluções desenvolvidas abordam problemas concretos — desde gestão financeira e automação de processos até análise emocional, realidade aumentada e triagem inteligente — evidenciando o potencial da CortechX para transformar ideias em produtos e serviços inovadores.

Mais do que produzir tecnologia, a liga contribui para a formação de profissionais e pesquisadores preparados para lidar com os desafios contemporâneos da transformação digital. Sua atuação reforça o papel das universidades como espaços de criação e inovação, onde a ciência é colocada a serviço do desenvolvimento humano e social.

A experiência da CortechX mostra que a combinação entre interdisciplinaridade, método científico e propósito social é o caminho para o avanço sustentável da tecnologia. Ao aliar pesquisa e prática, a liga não apenas amplia o campo da Interação Humano-Computador, mas também inspira novas formas de pensar, aprender e inovar dentro do ambiente acadêmico.

Referências

OLIVEIRA, J. B.; SANTOS, R. F.; SOUZA, M. A. Em busca da definição contemporânea de “ligas acadêmicas” baseada na experiência das ciências da saúde. *Interface (Botucatu)*, v. 25, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/interface.190857>. Acesso em: [27/032025].

FERNANDES, L. R.; FONTANA, S. S.; FIGUEIREDO, A. M.; MATTIOLI, P. S.; SILVA, P. C. D. Interação homem-máquina e as formas de comunicação humana. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 14, e90101420777, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.20777>.

Lainscsek, C., Hernandez, M. E., Weyhenmeyer, J., et al. (2013). Preferência entre produtos em lojas varejistas: Uma análise por meio do mapeamento da atividade cerebral registrada pelo EEG e com o emprego de Nudge. *Preferência entre produtos em lojas varejistas: Uma análise por meio do mapeamento da atividade cerebral registrada pelo EEG e com o emprego de Nudge*.

Aline Dresch, Daniel Pacheco Lacerda, and Junico Antunes. 2015. *De-sign Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia*. Bookman. [hps://](https://)

doi.org/10.13140/2.1.2264.2885

Management Solutions. A ascensão dos Large Language Models: dos fundamentos à aplicação. Disponível em: <https://www.managementsolutions.com/sites/default/files/minisite/static/72b0015f-39c9-4a52-ba63-872c115bfbd0/llm/pdf/ascensao-dos-llm.pdf>.

SEBRAE. Sobrevivência das empresas no Brasil. Brasília: SEBRAE, 2016. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/sobrevivencia-das-empresas-no-brasil-102016.pdf>. Acesso em: [17/10/2025].

IBGE. Apenas 37% das empresas criadas em 2017 sobreviveram cinco anos. Agência Brasil, 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/economia/audio/2024-12/ibge-apenas-37-das-empresas-de-2017-sobreviveram-cinco-anos>. Acesso em: [17/10/2025].

SEBRAE RS. Mortalidade empresarial: o que fazer para prevenir. Blog Digital Sebrae RS, 2023. Disponível em: <https://digital.sebraers.com.br/blog/mercado/mortalidade-empresarial-o-que-fazer-para-prevenir/>. Acesso em: [17/10/2025].

CONSELHO REGIONAL DE CONTABILIDADE DO ESTADO DE SÃO PAULO (CRCSP). Pesquisa aponta que 61% dos empreendedores ainda usam cadernos físicos para controlar receitas e despesas. CRCSP Online, 2023. Disponível em: <https://online.crcsp.org.br/portal/noticias/noticia.asp?c=7054>. Acesso em: [17/10/2025].

HARTMANN, J. Emotion English DistilRoBERTa Base Model. Hugging Face, 2022. Disponível em: <https://huggingface.co/j-hartmann/emotion-english-distilroberta-base>. Acesso em: 18 out. 2025.

HUGGING FACE. Transformers Documentation. Disponível em: <https://huggingface.co/docs/transformers>. Acesso em: 18 out. 2025.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. Python Language Reference. Disponível em: <https://www.python.org>. Acesso em: 18 out. 2025.

MCKINNEY, W. pandas: powerful Python data analysis toolkit. Version 2.2.0, 2024. Disponível em: <https://pandas.pydata.org/docs>. Acesso em: 18 out. 2025.

LOPER, E.; BIRD, S. NLTK: Natural Language Toolkit. 2002. Disponível em: <https://www.nltk.org>. Acesso em: 18 out. 2025.

HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. Computing in Science &

Engineering, v. 9, n. 3, p. 90-95, 2007.

DJANGO SOFTWARE FOUNDATION. Django documentation. 2025. Disponível em: <https://docs.djangoproject.com/>. Acesso em: 18 out. 2025.

DOCKER INC. Why Docker?. Docker, 2025. Disponível em: <https://www.docker.com/why-docker>. Acesso em: 18 out. 2025.

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. About PostgreSQL. 2025. Disponível em: <https://www.postgresql.org/about/>. Acesso em: 18 out. 2025.

ROUSE, Margaret. What is Agile Methodology?. TechTarget, 2023. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/agile-methodology>. Acesso em: 18 out. 2025.

VERCEL. Why Next.js?. 2025. Disponível em: <https://nextjs.org/docs/getting-started>. Acesso em: 18 out. 2025.

WATERS, Donald. Supply Chain Management: An Introduction to Logistics. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2007.

Clausen, N. R., Hansen, S., & Guldholt, K. (2025). Transitioning to Project-Based Learning in Data Science Education: An Action Research Study at a Danish Vocational School. Aalborg University's Research Portal.

Gama, K., et al. (2018). An Active Learning Methodology for Project-Oriented Undergraduate Courses. Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação.

Por-Amnoui, P., et al. (2023). Educational benefits of hackathon: A systematic literature review. Education and Information Technologies.

Watts, T., & Burian, B. (2024). University Student Organizations: Influence on Leadership Skills in the Workforce. Purdue e-Pubs.

Shrestha, A., & Shrestha, A. (2023). Automated Resume Screening Using Natural Language Processing. Journal of Engineering, Technology, and Applied Science (JETIR).

SOBRE OS AUTORES

Alessandro Pinon

Head de Marketing e Gestão, consultor e pesquisador na UFPB, com foco em Branding Strategy, Project & Marketing e Design aplicado aos negócios. Atua na criação de estratégias integradas de crescimento e posicionamento de marcas com foco em resultados e inovação. Com experiência em Marketing Growth Hacking, lidera projetos que unem criatividade, dados e performance. Educador e mentor, conecta teoria e prática na formação de novos profissionais. Defensor da gestão participativa e da liderança colaborativa, inspira equipes a crescerem com propósito. Mestre em Comunicação pela UFPB, pesquisa BI, gestão ágil, plataformas e transformação digital.

Anna Carolina Rodrigues de Oliveira Carvalho

Graduanda em Estatística pela Universidade Federal de São Carlos. Atuou no projeto de pesquisa e extensão tomando parte no desenvolvimento de uma ferramenta de mapeamento de tela e rastreamento ocular, e trabalhou em um Estágio como desenvolvedora para uma empresa na área logística, desenvolvendo uma ferramenta para previsões de entrega de equipamentos. Os interesses de pesquisa incluem aprendizado de máquina, análise de dados e amostragem.

Arthur Henrique da Silva

Graduando em Engenharia da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Pesquisador no Laboratório de Interação e Mídia (LIM). Possui interesse em estudos e aplicações voltadas para User Experience (UX), Interfaces Cérebro-Computador (ICC) e Machine Learning (ML).

Beatriz Vitorio Melo Silva

Graduanda em ciência de dados e inteligência artificial(UFPB). Tem experiência em projetos de pesquisa e extensão, com destaque para a atuação como tutora no programa” CODE - Programa João Pessoa - Escola conectada à programação” da FUNETEC/PB. Formada como técnica em informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus de Esperança. Os interesses de pesquisa educação, usabilidade e dados.

Caio Eduardo Ferreira dos Santos

Estudante de graduação em Ciência da Computação na UFPB e pesquisador

no Laboratório de Interação e Mídia (LIM). Atualmente, desenvolve um projeto de iniciação científica (PIBIC) focado no reconhecimento de emoções a partir de dados de Eletroencefalografia (EEG). Fascinado pela interseção entre neurociência e computação, busca aplicar seu conhecimento em projetos inovadores e desafiadores. Seus interesses incluem desde o desenvolvimento de interfaces cérebro-computador até a área de segurança.

Carlos Vitor Freitas Santos

Técnico em Informática pelo Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) e graduando em Ciência de Dados e Inteligência Artificial pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atua como desenvolvedor e cientista de dados, combinando sua formação técnica com o conhecimento acadêmico em IA. Engajado no ecossistema de inovação da UFPB, é Diretor de Trainees da CortechX, a liga de Interação Humano-Computador, e membro ativo da TAIL, liga de Inteligência Artificial da Paraíba. Na TAIL, dedica-se a projetos focados em Esportes, notadamente no desenvolvimento de modelos para recomendação de jogadores. Paralelamente, é pesquisador no laboratório LAVID, onde contribui para a criação de uma plataforma tecnológica voltada ao suporte de Microempreendedores Individuais (MEI). É um entusiasta da área de dados e busca constantemente o aprimoramento em análise e modelagem de informações, guiado pela crença no poder da tecnologia como ferramenta de inovação e transformação social.

Clarissa Evelin Pereira

Graduanda em Comunicação em Mídias Digitais pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atuou em projetos de pesquisa e extensão nas áreas de usabilidade, educação midiática e tecnologias interativas. Participou do desenvolvimento de soluções digitais voltadas à gestão urbana, saúde e comunicação, com foco em experiência do usuário e participação cidadã. Os interesses de pesquisa são design de interfaces, usabilidade e comunicação digital.

Emanuelle Pereira

Bacharel em Comunicação Social com habilitação em Publicidade e Propaganda pela UNIESP e pesquisadora na UFPB. Ela é empreendedora e atua como Head de Marketing e Gestão da Comunicação, com foco em Estratégia e Varejo em Pernambuco. Sua expertise reside na criação de estratégias integradas de posicionamento e crescimento, utilizando a Produção Audiovisual e a avaliação contínua do relacionamento com o cliente final. Ela também atua como mentora de empreendedores, prestando consultoria estratégica em plataformas digitais de vendas e incentivando o desenvolvimento de uma comunicação baseada em dados.

Felipe Melo Feliciano de Sá

Analista de Qualidade de Software. Graduando em Engenharia de Computação pela UFPB. Pesquisador em IHC, testes e experiência do usuário no Laboratório de Interação e Mídia - LIM (UFPB). Pesquisador em acessibilidade e usabilidade no Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital - LAVID (UFPB). Membro do Grupo de Pesquisa de Design Audiovisual. Possui certificações “Certified Tester Foundation Level (CTFL) - ISTQB” e “Certified Tester Foundation Level, Agile Tester (CTFL-AT) - ISTQB”.

Giulia Sant’Ana

Graduanda em Engenharia da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

João Marcelo Alves Macedo

Professor Associado II da Universidade Federal da Paraíba Campus IV Litoral Norte, onde exerce o cargo de Coordenador do Curso de Ciências Contábeis e atua como Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública (PPGP/UFPB). É Conselheiro do Conselho Regional de Contabilidade da Paraíba (mandato 2022-2025) e Conselheiro de Administração da Sicoob CREDUNI. Com sólida trajetória acadêmica e profissional, reúne ampla experiência em Administração, Educação Superior e Gestão Pública, com ênfase em Contabilidade, Cooperativismo e Ensino Universitário. No setor público, desempenhou funções estratégicas na EMATER-PB, no IDEP/UFPB, na Prefeitura Universitária e na Assessoria do Gabinete da Reitoria da UFPB. É pesquisador integrante dos grupos GESFIN Grupo de Estudos em Finanças e GEPEC Grupo de Educação e Pesquisa em Contabilidade, além de colaborar no Laboratório de Interação e Mídia (LIM/UFPB), onde desenvolve estudos voltados à inovação, governança e transparência na gestão pública.

Larissa de Carvalho Donato

Graduanda em Ciências da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Pesquisadora no Laboratório de Interação e Mídia (LIM) na área de visão computacional e sua aplicabilidade em pesquisas de IHC.

Marco Antonio de Vasconcelos Souza Filho

Graduando em Engenharia da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atua como desenvolvedor backend, além de ser diretor de visão computacional da CortechX, liga de Interação Humano Computador. Atualmente é pesquisador no laboratório TRIL, desenvolvendo projetos de inteligência artificial visando a acessibilidade de correção de redação a alunos que prestam vestibular. Apaixonado

por inovação, IA, Visão Computacional e automatização.

Mateus Lima Cavalcanti de Albuquerque

Graduando em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atuou em projetos de iniciação científica na área de Interação Humano Computador, ajudando a implementar um site para o Laboratório de Interação e Mídia (LIM). Também participou de pesquisa e desenvolvimento com a Inovatec JP, com a missão de extrair, transformar e disponibilizar dados de Eletroencefalograma (EEG) coletados a partir do headset da OpenBCI. Os interesses de pesquisa incluem Interação Humano Computador, algoritmos de IA e engenharia de software.

Maristela Riquelme

Graduanda em Engenharia da Computação na UFPB e pesquisadora no Laboratório de Interação e Mídia (LIM), com foco em análise EEG e UX.

Maurício Júnior

Bacharel em Comunicação em Mídias Digitais pela Universidade Federal da Paraíba (2017-2024). Possui conhecimentos em captação e edição de mídia, Web Design, análise e tratamento de dados.

Paulo Henrique Souto Maior Serrano

Professor de Comunicação em Mídias Digitais na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e atua no Programa de Pós-Graduação em Comunicação da mesma instituição. Sua formação inclui graduação em Jornalismo (UFPB, 2008), Mestrado em Linguística pela UFMG (2011) e Doutorado em Administração pela UFPB (2019). Possui experiência e projetos de pesquisa nas áreas de Educação a Distância, Interfaces Digitais, Usabilidade e Processamento de Linguagem Natural.

Ruanderson Gabriel Alves da Silva Costa de Fontes

Formando em Ciência da Computação pela UFPB e dedica sua trajetória ao desenvolvimento de soluções que unem tecnologia, inovação e impacto humano. Atuou na Softcom, B3 e Planserv, e desenvolveu projetos nos laboratórios LIM, LASER e TRIL da UFPB, além de colaborar com startups e grupos de pesquisa. É fundador e presidente da CortechX, onde também atua como diretor de Neurotecnologia, fomentando o empreendedorismo e a inovação prática em IHC. É ainda fundador e ex-presidente do CoLab, núcleo de incubação e inovação do Centro de Informática da UFPB. Também integrou a gestão do IEEE CS/CIS UFPB, atuando como webmaster

e desenvolvendo projetos em engenharia de software. Desenvolve pesquisas sobre o uso de ferramentas de Inteligência Artificial na educação, investigando como professores as utilizam e criando novas soluções baseadas nesses estudos. É guiado pelo propósito de criar e inspirar a criação de novas ideias.

Signe Dayse Castro de Melo e Silva

Doutora em Geografia (UFPE), Especialista em Tecnologias para a Educação (Centro Universitário SENAC-SP). Professora Associada do Departamento de Mídias Digitais atuando no Curso de Bacharelado em Comunicação em Mídias Digitais na UFPB. Seu maior de todos os projetos é Maria Olímpia!

Valdecir Becker

Professor Associado no Centro de Informática da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Como formação, é jornalista, mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento e doutor em Engenharia Elétrica. Atualmente atua como coordenador do Laboratório de Interação e Mídia (LIM) e é líder do Grupo de Pesquisa Design Audiovisual. Ministra disciplinas de Interação Humano-Computador (IHC), inovação e gestão, metodologia de pesquisa e redação científica. Os interesses de pesquisa estão relacionados à IHC e sua intersecção com a produção de conteúdos. Ao longo dos anos, participou de vários projetos acadêmicos relacionados à intersecção entre o desenvolvimento de software e a produção audiovisual, estudando novos formatos de conteúdos convergentes e multiplataformas e os impactos das tecnologias digitais nos modelos de conteúdo e de negócio. É autor de livros e artigos científicos sobre IHC, TV digital, interatividade, audiência, mercado audiovisual.

Yasmin dos Santos Matos

Graduanda em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Cursou quatro períodos de Engenharia Mecânica na Anhanguera, em Imperatriz (MA). Atua como Gerente Comercial e Consultora de Projetos na Otimize Consultoria Jr., onde lidera iniciativas voltadas à prospecção de clientes, desenvolvimento de estratégias comerciais e aprimoramento de processos internos. Também é Diretora de Business na CortechX, liga acadêmica voltada à integração entre conhecimento, inovação e tecnologia, onde contribui para o fortalecimento da área de negócios e para o desenvolvimento de projetos institucionais. Participou do projeto de extensão Fórmula E-Motion, colaborando na gestão administrativa da equipe. Suas áreas de interesse concentram-se em Engenharia do Produto, Gestão da Qualidade e Gestão de Processos. É entusiasta da gestão e acredita no potencial da engenharia como ferramenta de inovação e transformação positiva.

Wagner Junqueira de Araújo

Pós-Doutor em Ciência da Informação (UFPE), Doutor e Mestre em Ciência da Informação (UnB) e Bacharel em Ciência da Computação (UNOESTE). Bolsista de Produtividade em Pesquisa (CNPq – Nível 2), é Professor dos Programas de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PPGCI/UFPB) e em Gestão nas Organizações Aprendentes (PPGOA/UFPB), além de Professor Associado do Departamento de Ciência da Informação da UFPB.

Wesley Alves

Graduando em Engenharia da Computação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Pesquisador no Laboratório de Interação e Mídia (LIM), atuando na área de neurociência, com ênfase na detecção de ondas neurais e na classificação das preferências dos usuários frente a conteúdos midiáticos. Possui experiência em UX/UI, com foco em design e prototipagem de interfaces digitais.

Wesley Henrique da Silva Vieira

Técnico em Informática pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB) e graduando em Ciência de Dados e Inteligência Artificial pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Atuo como desenvolvedor e cientista de dados, além de ser diretor de desenvolvimento web da CortechX, liga de Interação Humano-Computador, e membro da TAIL, liga de Inteligência Artificial da Paraíba, com foco em projetos de processamento de linguagem natural. Fui pesquisador no LIM, atuando na área de neurociência com EEG, e atualmente sou pesquisador no laboratório ARIA, desenvolvendo projetos de inteligência artificial em parceria com o analista de desempenho e o preparador físico da seleção brasileira masculina de Goalball, em colaboração com a Confederação Brasileira de Desportos Visuais. Além disso, sou estagiário em Inteligência Artificial na B³, a bolsa de valores do Brasil. Sou apaixonado pela área de dados e busco constantemente aprimorar minhas habilidades em análise e modelagem de informações, acreditando no poder da tecnologia como ferramenta de inovação e transformação social.

Este livro foi diagramado por Clarissa
Evelin Pereira em 2026, utilizando a fonte
Source Sans Variable.

