

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL

DEFINIÇÃO DE UM MODELO DE ANÁLISE
DE JOGOS DE SIMULAÇÃO DE NEGÓCIOS COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM
COM A AJUDA DE DISPOSITIVOS BIOMÉTRICOS

por

Cleiton Pons Ferreira

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Diana Francisca Adamatti

Rio Grande, março de 2023

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL

DEFINIÇÃO DE UM MODELO DE ANÁLISE
DE JOGOS DE SIMULAÇÃO DE NEGÓCIOS COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM
COM A AJUDA DE DISPOSITIVOS BIOMÉTRICOS

por

Cleiton Pons Ferreira

Tese para obtenção do Título de
Doutor em Modelagem Computacional

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Diana Francisca Adamatti

Rio Grande, março de 2023

Ficha Catalográfica

F383d Ferreira, Cleiton Pons.

Definição de um modelo de análise de jogos de simulação de negócios como instrumento de aprendizagem com a ajuda de dispositivos biométricos / Cleiton Pons Ferreira. – 2023
248 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Rio Grande/RS, 2023.

Orientadora: Dra. Diana Francisca Adamatti.

1. Jogos de simulação 2. Formação profissional 3. Interação homem-máquina 4. Neurociência 5. Tecnologia educacional
I. Adamatti, Diana Francisca II. Título.

CDU 004:37

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

Cleiton Pons Ferreira

**"DEFINIÇÃO DE UM MODELO DE ANÁLISE DE JOGOS DE SIMULAÇÃO DE
NEGÓCIOS COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM COM A AJUDA DE
DISPOSITIVOS BIOMÉTRICOS"**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de concentração: Modelagem Computacional.

Aprovado em: 23/03/2023

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª. Dra. Diana Francisca Adamatti (Orientadora – FURG)

Prof.ª. Dra. Carina Soledad Gonzalez Gonzalez (Orientadora – ULL)



Prof.ª. Dra. Catia Maria dos Santos Machado (FURG)

Firmado por GUTIERREZ VELA
FRANCISCO LUIS - 43786043T
dia 18/04/2023 14:46:46
certificado emitido por AC FIUNT

Prof. Dr. Francisco Luis Gutierrez Vela (UGR/ES)

Prof.ª. Dra. Vanessa Muñoz Cruz (ULL/ES)



Prof. Dr. Renan Cipriano Motoli (UFRN)

SIGUT SAAVEDRA
JSOE FRANCISCO
43786043T
Firmado digitalmente por
SIGUT SAAVEDRA JSOE
FRANCISCO - 43786043T
Fecha: 2023.04.18 14:46:46
+0700

Prof. Dr. Jose Francisco Sigut Saavedra (ULL/ES)

Rio Grande - RS
2023

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <http://sede.ull.es/validacion>

Identificador del documento: 5345363 Código de verificación: qdX5tZ+E

Firmado por: Carina Soledad González González
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 18/04/2023 14:44:43

Vanessa Muñoz Cruz
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

18/04/2023 14:46:46

DEFINICIÓN DE UN MODELO DE ANÁLISIS
DE JUEGOS DE SIMULACIÓN DE NEGOCIOS COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAJE
CON LA AYUDA DE DISPOSITIVOS BIOMETRICOS

Cleiton Pons Ferreira

Tesis doctoral

San Cristóbal de La Laguna, enero de 2023



Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

**DEFINICIÓN DE UN MODELO DE ANÁLISIS
DE JUEGOS DE SIMULACIÓN DE NEGOCIOS COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAJE
CON LA AYUDA DE DISPOSITIVOS BIOMETRICOS**

Cleiton Pons Ferreira

Tesis doctoral presentada para aspirar al grado de Doctor/a con Mención Cotutela por la Universidad de La Laguna

Programa de doctorado en Ingeniería Industrial, Informática y Medioambiental por la Universidad de La Laguna

Dirigida por:

Carina Soledad González González

Catedrática de Arquitectura y Tecnología de Computadores del Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna

Tesis cofinanciada por Ayuda Banco Santander al desarrollo de tesis en la modalidad de cotutela internacional: ayuda estancias en la ULL o en el centro participante del convenio – Convocatoria 2021 del programa de formación de personal investigador de la Universidad de La Laguna.



"You have to learn the rules of the game. And then you have to play better than anyone else."

(Albert Einstein)

Agradecimientos

Inicialmente, agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de vivir esta importante etapa de mi vida profesional y personal.

A mi querida esposa Flávia, no puedo dejar de ensalzar todo su amor, colaboración, atención, comprensión y paciencia que me garantizaron la tranquilidad y la seguridad necesarias para aceptar el desafío de recorrer juntos la maratón doctoral hasta el final.

Quisiera expresar mi inmensa gratitud a las profesoras Diana Francisca Adamatti, en Brasil y Carina Soledad González González en España mis directoras de tesis, por su colaboración y disponibilidad tan indispensables para la construcción de esta investigación, y quienes también ayudaron incansablemente a consolidar el convenio cotutela entre las universidades FURG y ULL, junto con las respectivas coordinaciones de los programas de doctorado.

También agradezco a Fernando Augusto Cassimiro Lima y Giovana Barreto de Oliveira, los becarios de los proyectos relacionados desarrollados en el Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Rio Grande do Sul – IFRS, quienes colaboraron mucho en la organización y recolección de datos. En España, también destaco y agradezco el apoyo técnico brindado por el Dr. Ramsés Marrero García y Gonzalo Aller Arias, quienes también fueron muy importantes para operacionalizar las pruebas, además de todas las personas que me ayudaron durante las estancias doctorales en La Laguna.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a todos los estudiantes y profesores de ambos países que se ofrecieron como voluntarios para participar en los experimentos que formaron parte de la investigación.

¡Muchas gracias!

RESUMO

Os Jogos de Simulação Empresarial (BSG) têm sido adotados como estratégia para o ensino da gestão de negócios em instituições educacionais, no entanto, o monitoramento em tempo real do uso desse recurso didático ainda não foram suficientemente estudados. As pesquisas existentes indicam, normalmente de forma isolada, contribuições do uso de jogos sérios, obtidas a partir de técnicas experimentais ou métodos exclusivamente qualitativos. Sendo assim, considerando o quanto as novas técnicas baseadas na neurociência vem possibilitando descobrir como o cérebro do aprendiz se comporta no exato momento da aprendizagem, ao incorporar todos esses conhecimentos em uma metodologia de investigação mais completa sobre o tema, esta tese apresenta a definição de um modelo de análise de simuladores para ambientes organizacionais, integrando as perspectivas Fisiológica, Comportamental e Psicológica, exploradas durante a experiência de jogador (PX). O modelo, é suportado por dispositivos de monitoramento biométricos e questionários Pré e Pós-Teste, e foi validado através de dois estudos de caso envolvendo, em cada um deles, 7 estudantes e 3 professores. No primeiro experimento, realizado na Espanha, foram utilizados de forma concomitante os dispositivos de hemoencefalograma (HEG) para monitorar a ativação cortical, e eye tracking (ET), para mensuração da dilatação pupilar, mostrando-se adequados para medição do nível de engajamento e tendências no fluxo e comportamento atencional do jogo, estabelecendo relações nem sempre diretas entre variáveis, como foi o caso de momentos envolvendo pensamento estratégico, e a análise de períodos específicos, quando relacionados com os relatos dos jogadores, principalmente para justificar diferentes reações. No segundo experimento, realizado no Brasil, o monitoramento dos dispositivos de eletroencefalograma (EEG), medindo o sinal elétrico de ativação dos eletrodos, com o ET, mostrando o mapa de calor de fixação na tela, proporcionaram compreender o comportamento do córtex cerebral a partir dos momentos de maior ativação da região frontal, relacionando-o com as áreas de maior interesse e fixação do olhar do jogador, os quais também em conjunto com os questionários, possibilitaram identificar tanto comportamentos bem particulares como padrões coletivos entre os jogadores, relacionados a influência de aspectos como elementos de *design* do tutorial e do jogo, conhecimentos prévios e até questões ergonômicas, na definição da estratégia cognitiva, organização das funções executivas e formação memória. Os resultados mostram que o modelo proposto pode ser muito útil na avaliação do potencial do BSG, tanto para quem os utiliza no processo de ensino quanto para desenvolvedores de jogos.

Palavras-chaves: Jogos de simulação, Formação profissional, Interação homem-máquina, Neurociência, Tecnologia Educacional.

RESUMEN

Los Juegos de Simulación Empresarial (BSG) han sido adoptados como estrategia para la enseñanza de la gestión empresarial en las instituciones educativas, sin embargo, el seguimiento en tiempo real del uso de este recurso didáctico no ha sido suficientemente estudiado. Las investigaciones existentes señalan, normalmente de forma aislada, contribuciones del uso de los juegos serios, obtenidas a partir de técnicas experimentales o métodos exclusivamente cualitativos. Por lo tanto, considerando cuánto nuevas técnicas basadas en la neurociencia han permitido descubrir cómo se comporta el cerebro del aprendiz en el momento exacto del aprendizaje, al incorporar todo este conocimiento a una metodología de investigación más completa sobre el tema, esta tesis presenta la definición de un modelo de análisis de simuladores para ambientes organizacionales, integrando las perspectivas Fisiológica, Conductual y Psicológica, exploradas durante la experiencia de jugador (PX). El modelo está soportado por dispositivos de monitoreo biométrico y cuestionarios Pre y Post-Test, y fue validado a través de dos estudios de caso involucrando, en cada uno de ellos, 7 estudiantes y 3 docentes. En el primer estudio, realizado en España, se utilizaron concomitantemente dispositivos de hemoencefalograma (HEG) para monitorizar la activación cortical, y eye tracking (ET) para medir la dilatación pupilar, demostrando ser adecuados para medir el nivel de compromiso y tendencias en el flujo y el comportamiento atencional del juego, estableciendo relaciones no siempre directas entre variables, como fue el caso de los momentos de pensamiento estratégico, y el análisis de períodos específicos, cuando se relacionan con los relatos de los jugadores, principalmente para justificar distintas reacciones. En el segundo estudio, realizado en Brasil, el monitoreo de dispositivos de electroencefalograma (EEG), midiendo la señal eléctrica de activación de los electrodos, con el ET, mostrando el mapa de calor de fijación en la pantalla, permitió comprender el comportamiento de la corteza cerebral a partir de los momentos de mayor activación de la región frontal, relacionándola con las zonas de mayor interés y fijación de la mirada del jugador, lo que además junto con los cuestionarios, permitió identificar tanto comportamientos muy particulares como patrones colectivos entre jugadores, relacionados con la influencia de aspectos como elementos de tutoría y diseño de juegos, conocimientos previos e incluso cuestiones ergonómicas, en la definición de la estrategia cognitiva, la organización de las funciones ejecutivas y la formación de la memoria. Los resultados muestran que el modelo propuesto puede ser de gran utilidad a la hora de evaluar el potencial de los BSG, tanto para quienes los utilizan en el proceso de enseñanza como para los desarrolladores de juegos.

Palabras clave: Juegos de simulación, Formación profesional, Interacción hombre-máquina, Neurociencia, Tecnología Educativa.

ABSTRACT

Business Simulation Games (BSG) have been adopted as a strategy for teaching business management in educational institutions, however, the real-time monitoring of the use of this didactic resource has not been sufficiently studied. Existing research indicates, usually in isolation way, contributions from the use of serious games, obtained from experimental techniques or exclusively qualitative methods. Therefore, considering how much new techniques based on neuroscience have made it possible to discover how the learner's brain behaves at the exact moment of learning, by incorporating all this knowledge into a more complete research methodology on the subject, this thesis presents the definition of a simulator analysis model for organizational environments, integrating the Physiological, Behavioral and Psychological perspectives, explored during the player experience (PX). The model is supported by biometric monitoring devices and Pre and Post-Test questionnaires, and was validated through two case studies involving, in each of them, 7 students and 3 teachers. In the first experiment, carried out in Spain, the hemoencephalogram (HEG) device, to monitor cortical activation, and eye tracking (ET), to measure pupillary dilation, were used concomitantly, proving to be suitable for measuring the level of engagement and trends in the flow and attentional behavior of the game, establishing not always direct relationships between variables, as was the case of moments involving strategic thinking, and the analysis of specific periods, when related to the players' reports, mainly to justify different reactions. In the second experiment, carried out in Brazil, the monitoring of electroencephalogram (EEG) device, measuring the electrical signal of activation of the electrodes, with the ET, showing the Heat Map of fixation on the screen, provided an understanding of the behavior of the cerebral cortex from of the moments of greatest activation of the frontal region, relating it to the areas of greatest interest and fixation of the player's gaze, which also together with the questionnaires, made it possible to identify both very particular behaviors and collective patterns among players, related to influence aspects such as elements of tutorial and game design, previous knowledge and even ergonomic issues, in the definition of cognitive strategy, organization of executive functions and memory formation. The results show that the proposed model can be very useful in evaluating the potential of BSG, both for those who use them in the teaching process and for game developers.

Keywords: Simulation games, Professional training, Man-machine interaction, Neuroscience, Educational technology.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	20
1.1. Hipótese.....	21
1.2. Objetivos.....	22
1.3. Organização do texto.....	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
2.1. Aproximando jogos sérios e neurociências para um melhor aprendizado.....	24
2.2. Definição e elementos dos jogos sérios de simulação de negócios (BSG).....	25
2.3. Contribuições do monitoramento da experiência do jogador	28
2.4. Dispositivos biométricos que suportam a PX com BSG.....	31
2.4.1. Eletroencefalografia (EEG).....	31
2.4.2. Eye Tracking (ET)	32
2.4.3. Hemoencefalografia (HEG)	34
2.5. Considerações gerais acerca do referencial teórico	35
3. REVISÃO SISTEMÁTICA.....	37
3.1. Estratégia de Pesquisa e Critérios de Seleção	37
3.2. Extração de Dados	39
3.3. Resultados da Revisão Sistemática	41
3.4. Discussão dos Resultados da Revisão Sistemática.....	43
3.5. Atualização da Revisão Sistemática... ..	63
4. METODOLOGIA.....	65
4.1. Caminhos percorridos para a definição da metodologia.....	66
4.2. McDonalds's Videogame: o BSG escolhido.....	76
5. MODELO ESPERIMENTAL PBP	79
6. VALIDAÇÃO DO MODELO PBP	82
6.1. Estudo de caso na Espanha	82
6.1.1. Participantes	82
6.1.2. Dispositivos humano-computador usados no experimento final	84
6.1.3. Etapas para a realização do experimento final.....	85
6.1.4. Resultados	86
6.1.5. Discussão	94
6.2. Estudo de caso no Brasil	100
6.2.1. Participantes	100

6.2.2. Dispositivos humano-computador usados no experimento final.....	100
6.2.3. Etapas para realização do experimento final.....	104
6.2.4. Resultados.....	105
6.2.5. Discussão.....	114
7. CONCLUSÕES.....	142
7.1. Conclusões (versão em português)	142
7.2. Conclusiones (versión en español).....	145
7.3. Conclusions (version in english).....	149
8. REFERÊNCIAS.....	154
9. APÊNDICES.....	168
9.1. Apêndice 1 – Questionário Pré-Teste Espanha.....	168
9.2. Apêndice 2 - Questionário Pós-Teste Espanha	171
9.3. Apêndice 3 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	176
9.4. Apêndice 4 - Tabela de Informações de referência cruzadas entre HEG1e ET3.....	177
9.5. Apêndice 5 - Questionário Pré-Teste Brasil	178
9.6. Apêndice 6 - Questionário Pós-Teste Brasil	182
9.7. Apêndice 7 - Tabela de eletrodos com maior ativação de cada participante durante o tutorial	187
9.8. Apêndice 8 - Mapas de calor de fixação ocular correspondentes aos períodos de maior ativação do córtex-frontal durante a leitura do tutorial de cada participante	188
9.9. Apêndice 9 - Tabela de eletrodos com maior ativação de cada participante durante o jogo	206
9.10. Apêndice 10 - Mapas de calor de fixação ocular correspondentes aos períodos selecionados de maior ativação do córtex-frontal durante o jogo de cada participante	216

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Sequência metodológica da tese.....	23
Figura 2.1 - Representação do domínio dos jogos de simulação de negócios.....	26
Figura 2.2 - Exemplos de métodos para avaliar a PX em SGs	29
Figura 2.3 - Exemplo de uma toca para coleta de sinais EEG com eletrodos dispostos na cabeça.....	32
Figura 2.4 - Exemplo de um sistema ET durante uma atividade no computador	33
Figura 2.5 - Exemplo de montagem de um sistema HEG.....	35
Figura 3.1 - Palavras-chave de pesquisa envolvidas na Revisão Sistemática e suas inter-relações	39
Figura 3.2 - Visualização do procedimento de revisão usando o fluxograma PRISMA 2020	40
Figura 4.1 - Tela do ambiente do BSG Wholesale Warehouse Anylogic.....	67
Figura 4.2 - Mapa de calor EEG1 do participante PB1 durante o tempo intermediário da tarefa	69
Figura 4.3 - Mapa de calor ET1 do participante PE1 durante o tempo intermediário da tarefa	70
Figura 4.4 - Tela do menu inicial do BSG OGG Ind	72
Figura 4.5 - Mapa de calor ET2 do participante PB5 na página de Marketing	74
Figura 4.6 - Mapa de calor ET2 do participante PB10 na página de relatórios	74
Figura 4.7 - Tela Inicial do BSG McDonald's (versão em Português)	77
Figura 4.8 - As 4 telas do BSG McDonald's	78
Figura 5.1 - Representação do modelo PBP para análise da PX com BSG proposto pelo autor.....	79
Figura 5.2 - Detalhamento dos componentes do modelo experimental PBP.....	80
Figura 6.1 - Representação da estruturação do experimento para validação do modelo PBP.....	82
Figura 6.2 - Representação da estrutura do dispositivo ET da Pupil Labs	83
Figura 6.3 - Imagem do dispositivo HEG Alpha, representação da estrutura de montagem e do gráfico de monitoramento do sinal de medição.....	84
Figura 6.4 - Sequência de etapas previstas para a realização do estudo de caso na Espanha.....	85
Figura 6.5 - Tela de visualização dos sinais dos dispositivos ET -esquerda e HEG1-direita.....	86
Figura 6.6 - Variação da ratio HEG durante o tempo de leitura e jogo do tutorial para os Participantes P1 a P10	87
Figura 6.7 - Variação do diâmetro da pupila durante os tempos de leitura do tutorial e do jogo e para os Participantes P1 a P10.....	88
Figura 6.8 - Resposta da Pergunta III do Pré-Teste	89
Figura 6.9 - Respostas da pergunta VII do Pós-Teste.....	90
Figura 6.10 - Respostas da pergunta VIII do Pós-Teste	91
Figura 6.11 - Respostas da pergunta IX do Pós-Teste	91
Figura 6.12 - Situação vivenciada no BSG durante maiores períodos de ascensão e queda da razão HEG	96
Figura 6.13 - Situação vivenciada no BSG durante maiores períodos de ratio HEG e variação PPD....	99
Figura 6.14 - Representação do Sistema Realeye reconhecendo a movimentação ocular através da Webcam e a tela principal de criação, processamento e visualização das medições.....	101
Figura 6.15 - a) Localização cranial dos eletrodos segundo o padrão 10-20 e b) Foto do Headset do modelo Emotiv Epoc+ utilizado no experimento	103
Figura 6.16 - Sequência de etapas previstas para a realização do estudo de caso no Brasil.....	105
Figura 6.17 - Tela de representação gráfica da ativação dos eletrodos do Software EmotivPRO durante o experimento.....	106
Figura 6.18 - Painel mapas de calor indicando as fixações de um participante em tela do BSG	107
Figura 6.19 - Resposta da Pergunta III do Pré-Teste	109
Figura 6.20 - Respostas da pergunta VII do Pós-Teste.....	111
Figura 6.21 - Respostas da pergunta VIII do Pós-Teste	111
Figura 6.22 - Respostas da pergunta IX do Pós-Teste	112
Figura 6.23 - Representação espacial da região do córtex frontal associada ao processo de memória de trabalho e à localização dos sensores de um dispositivo Emotive Epoc.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Lista de estudos incluídos na RS e as palavras-chave correspondentes veiculadas na busca.....	42
Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS.....	44
Tabela 6.1 - Regiões cerebrais abrangidas pelo Emotiv Epoc+, eletrodos correspondentes e principais funções envolvidas em sua ativação.....	104

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos gregos

α Alfa – Tipo de onda cerebral

β Beta - Tipo de onda cerebral

Θ Theta - Tipo de onda cerebral

Δ Delta - Tipo de onda cerebral

LISTA DE ABREVIATURAS

AOI	Área de Interesse (<i>Area of interest</i>)
BG	Jogo de Negócios (<i>Business Game</i>)
BSG	Jogo de Simulação de Negócio (<i>Business Simulation Game</i>)
DE	Decisão Ética - Categoria de Análise do BSG
DO	Decisão Operacional - Categoria de Análise do BSG
DP	Desvio Padrão
EDA	Atividade Eletrodérmica
EEG	Eletroencefalografia (<i>Eletroencephalography</i>)
ET	Rastreamento Ocular (<i>Eye Tracking</i>)
FJ	Fim do Jogo - Categoria de Análise do BSG
GEQ	Questionário de Experiência do Jogo (<i>Game Experience Questionnaire</i>)
HEG	Hemoencefalografia (<i>Hemoencephalography</i>)
IJ	Início do Jogo - Categoria de Análise do BSG
IS	<i>Insight</i> - Categoria de Análise do BSG
LRN	Aprendizagem (<i>Learning</i>)
M	Média Simples
MM	Média Móvel
NASA-TLX	Questionário NASA <i>Task, Load, Index</i>
NSC	Neurociência (<i>Neuroscience</i>)
PBP	Sigla do modelo de análise Fisiológica-Comportamental-Psicológica da PX, adaptada das respectivas palavras do inglês <i>Physiological, Behavioral, Psycological</i>
PE	Pensamento Estratégico - Categoria de Análise do BSG
PX	Experiência do jogador (<i>Player Experience</i>)
QUIS	Questionário de Satisfação da Interface do Usuário
RS	Revisão Sistemática

SC	Situação Crítica - Categoria de Análise do BSG
SG	Jogo Sérió (<i>Serious Game</i>)
UX	Experiência de Usuário (<i>User Experience</i>)

1. INTRODUÇÃO

A busca pela melhor formação acadêmica de seus alunos, cada vez mais alinhada às necessidades das organizações, tem levado as instituições de ensino a utilizar ferramentas de apoio no desenvolvimento e aprimoramento de conhecimentos, habilidades e competências (Haigler, 2021). Portanto, a tecnologia na educação torna-se cada vez mais relevante, e muitas instituições têm aumentado suas estratégias de educação virtual devido à pandemia de Covid-19 (Zea et al., 2021). Assim, emerge a importância de um aprofundamento científico sobre as possíveis contribuições dos Jogos de Simulação de Negócios, denominado em inglês como Business Simulation Game – BSG (Bondar et al., 2021; Zulfiqar et al., 2021).

As poucas pesquisas relacionadas ao *design* de BSG, principalmente associadas à experiência do usuário, apontam para a necessidade de contribuições de outros estudos. Nesse sentido, a aproximação de resultados de investigações com jogos sérios, também conhecidos por *Serious Games* (SG) pode fornecer visões relevantes sobre o tema. São ferramentas de aprendizagem ativa que apresentam princípios didáticos semelhantes de demonstrativo, atividade, acessibilidade, uma combinação de teoria e prática, caráter científico e envolvimento, para desenvolver habilidades e conhecimentos para seus usuários (McGlarty et al., 2012). Com essa perspectiva de análise, pesquisas com jogos voltados para a aprendizagem, e aplicáveis ao BSG, mostram que para atender essa proposta de aplicação é preciso contribuir para além dos recursos de imersão, interatividade, engajamento e semelhança com o mundo real (Dimitriadou et al., 2021; Zea et al., 2021). É necessário incluir diversos aspectos como objetivos claros, desafios práticos e *feedback* contínuo sobre o desempenho do aluno, o que dificulta a avaliação por não haver um objeto predeterminado e, ainda, um espaço de experimentação com a possibilidade de acertos e erros, em que é fundamental monitorar e avaliar todo o processo além de um simples resultado (Ratwani et al., 2010). Apesar dessas contribuições, a comprovação efetiva dessas ferramentas aos aspectos socioemocionais e relacionados à cognição de seus usuários precisam ser melhor exploradas (Lent, 2001; Santos & Primi, 2014). Assim, o desenvolvimento de jogos sérios deve envolver uma equipe integrando pessoas de diferentes áreas e conhecimentos para que cada um com sua expertise possa contribuir com elementos para um produto final que ofereça todo o seu potencial aos usuários (Dimitriadou et al., 2021).

Na perspectiva de novas contribuições para o tema de jogos para aprendizagem, e consequentemente para o BSG, é importante considerar possíveis benefícios de dispositivos de medição biométrica que, de forma integrada, analisam a experiência de jogador ou player experiente

(PX), e podem contribuir para o seu processo de *design* (Hookham & Nesbitt, 2019; Petko et al., 2020; Zarraonandia et al., 2017) . A biometria, em poucas palavras, é a arte de registrar experiências subjetivas por meio de medidas biológicas objetivas, e fornece medidas em tempo real das respostas humanas essenciais para a PX na pesquisa de usuários com jogos (Drachen et al., 2018), através de dispositivos fisiológicos como o Eletroencefalograma (EEG) e Hemoencefalograma (HEG), e de monitoramento comportamental, como o Rastreamento Ocular (ou *Eye Tracking* - ET)

Embora o uso de sensores para obter *feedback* sobre o comportamento humano em tarefas específicas seja um campo científico amplamente explorado, principalmente na área da saúde, quando o objetivo é estudar suas possíveis contribuições para as ferramentas de aprendizagem de negócios digitais em espaços de ensino, a limitação das investigações é evidente. Como estratégia de marketing para escolas e universidades, sua utilização é apontada como um diferencial na preparação do futuro profissional, mas o que se sabe efetivamente sobre seus benefícios é resultado de pesquisas qualitativas (Abdullah et al., 2013; Hernández-Lara et al., 2018; Hernández-Lara & Serradell-López, 2018; Lin et al., 2018).

Buscando preencher lacunas existentes, esta pesquisa propõe uma metodologia consistente na identificação dos componentes que refletem o que realmente importa para usuários de BSG, considerando, de forma integrada, aspectos Fisiológicos, Comportamentais e Psicológicos. O Modelo denominado PBP (acrônimo adaptado das respectivas palavras em inglês: Physiological, Behavioral, Psychological) apresenta uma perspectiva multidisciplinar, envolvendo áreas como Computação, *Design* de Jogos, Experiência de Jogador, Educação e Neurociências e, após sua validação experimental, apresenta-se como um instrumento capaz de contribuir significativamente com *insights* que apoiam o desenvolvimento de jogos sérios voltados para a representação cada vez mais próxima da realidade de um ambiente organizacional, como recurso de aprendizagem.

1.1 Hipótese

A hipótese científica apresentada nesta pesquisa é que, a partir de um modelo proposto para coleta de dados com BSG, utilizando uma composição de instrumentos de monitoramento biométrico que permitam compreender a PX numa perspectiva integral de análise, seja possível validá-lo experimentalmente como uma metodologia para avaliação e promoção de feedback dos elementos que estruturam e caracterizam os jogos sérios de simulação de ambientes organizacionais.

1.2 Objetivos

Espera-se, a partir dos sinais de uso dos dispositivos de coleta de sinais biométricos, propor um modelo de análise que possa ser utilizado como referência no projeto de BSG, destacando os elementos mais importantes que devem ser considerados no seu desenvolvimento.

Para atingir o objetivo principal, são executados os seguintes objetivos específicos:

- Aproximação do estudo do BSG com outras pesquisas relacionadas com jogos sérios;
- Proposição de um modelo de análise de BSG contemplando e combinando diferentes perspectivas e os respectivos instrumentos de monitoramento da PX;
- Validação do modelo otimizado para análise da PX como uma metodologia que possa ser referência na avaliação de BSG, através do reconhecimento dos padrões identificados a partir dos instrumentos de medição de estímulos e percepções dos jogadores em diferentes momentos e níveis durante a sua utilização, obtidos nos experimentos realizados no Brasil e Espanha.

1.3 Organização do texto

O texto que compreende esta tese está estruturado da seguinte forma:

Na Seção 2 é apresentado o referencial teórico, mais especificamente, o conceito do BSG e sua aproximação com jogos sérios, contribuições da Neurociência e de estudos sobre a PX, além de pesquisas relacionadas com dispositivos humano-computador para coleta de dados com jogos;

Na Seção 3 é apresentado a revisão sistemática que buscou encontrar os trabalhos correlatos com o tema da investigação.

Na Seção 4 é apresentada a metodologia da pesquisa para o desenvolvimento dos experimentos com os participantes do Brasil e Espanha, o caminho percorrido desde o início da investigação para a definição da estratégia metodológica, e uma introdução sobre o jogo de simulação de negócios escolhido para a realização das provas.

Na Seção 5 é definido o modelo experimental construído a partir de uma abordagem cruzada de três diferentes perspectivas de análise: fisiológico, psicológico e comportamental, denominado modelo PBP.

Na Seção 6 é descrito todo o processo de validação do modelo PBP, a partir da execução de dois estudos de caso, desenvolvidos na Espanha e no Brasil, descrevendo a estruturação dos experimentos,

coleta, organização e apresentação dos dados obtidos, discussão dos resultados e relato das principais contribuições.

Na Seção 7 é realizada uma retomada geral dos resultados obtidos a partir da elaboração da revisão sistemática, definição do modelo e sua validação com os estudos de caso, analisando de que forma a pesquisa colaborou para comprovar a hipótese e o atingimento dos objetivos inicialmente estabelecidos, além da apresentação das principais conclusões e contribuições científicas, limitações identificadas, sugestões para novos trabalhos e desafios para o prosseguimento da investigação sobre o tema.

Por fim, seguem as referências e apêndices que complementam o texto.

Na Figura 1.1, apresenta-se o esquema da metodologia da tese.

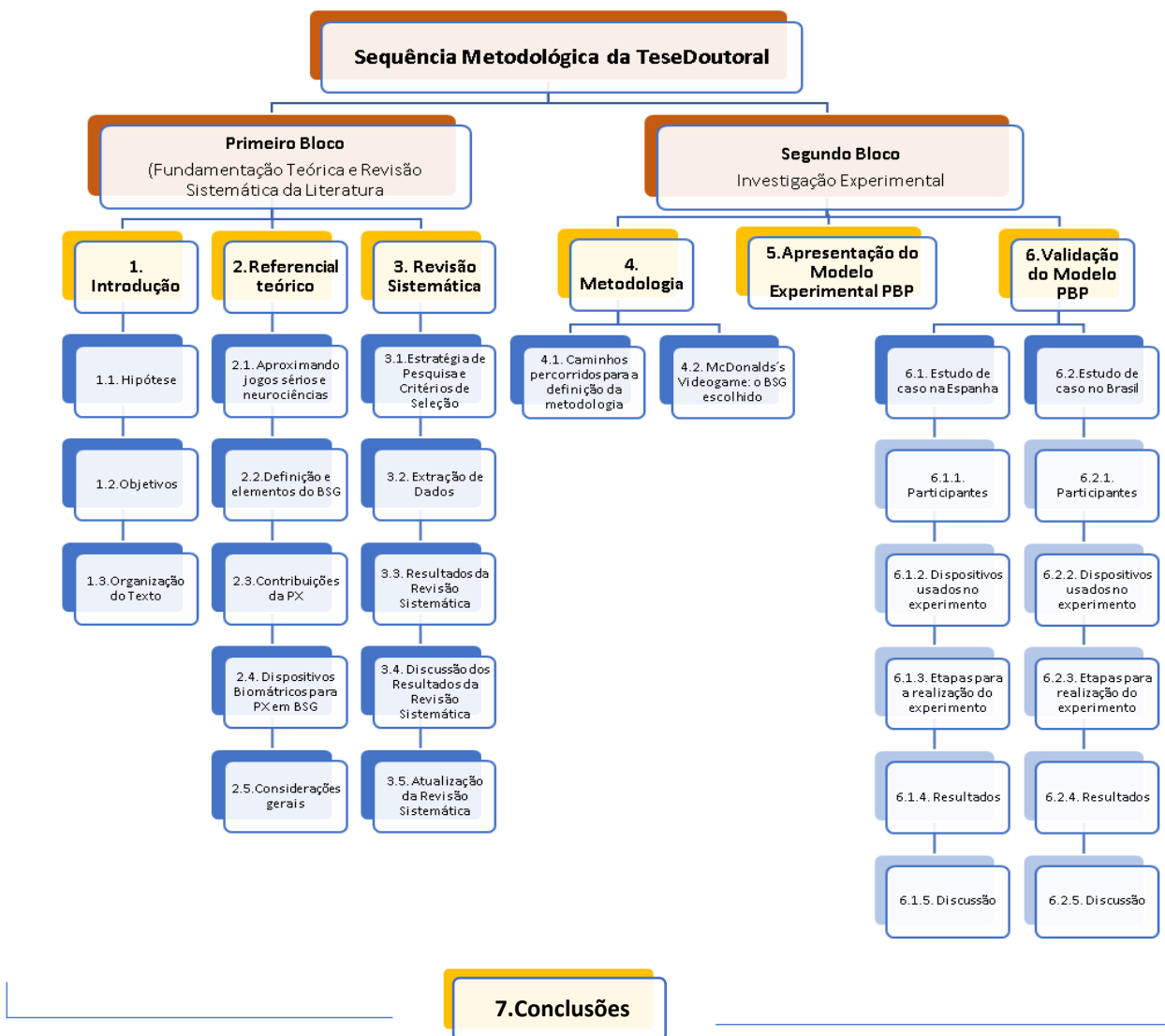


Figura 1.1- Sequência metodológica da tese

Fonte: o autor

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico a partir da perspectiva do BSG como um jogo sério e a sua aproximação do estudo com a Neurociência da aprendizagem. Na sequência, é definido o conceito de BSG e aprofundado alguns elementos de *design* dessa ferramenta. Posteriormente, o *background* é complementado com pesquisas relacionadas ao uso de dispositivos biométricos no monitoramento da experiência de usuário.

2.1. Aproximando jogos sérios e Neurociências para um melhor aprendizado

O desenvolvimento e a busca pela melhoria contínua de aptidões e competências alinhadas às atuais demandas pessoais e profissionais, que vão além do conhecimento técnico, têm sido recomendados por organizações reconhecidas mundialmente. Pesquisas apontam para a necessidade de aprimorar constantemente o pensamento de alto nível, a criatividade, a colaboração e a capacidade de analisar problemas e tomar decisões, entre outros elementos, como o segredo do sucesso na vida pessoal e profissional (Bontinck et al., 2016; Prifti et al., 2017; Santos & Primi, 2014).

Um dos maiores desafios do ensino tem sido estabelecer o equilíbrio entre teoria e prática. Comumente, o conhecimento desenvolvido no ambiente acadêmico apresenta uma visão mínima das organizações e seus processos, como um modelo estático, sem possibilidade de mudanças (Monk & Lycett, 2016). Apesar de algumas pesquisas mostrarem que apenas uma pequena parte do conhecimento adquirido pelos alunos pode ser aplicada na vida profissional (Baldwin et al., 2011; Neves & Henriques, 2020), esse cenário vem mudando. Uma pesquisa recente com estudantes do ensino superior mostra o reconhecimento da mídia digital como uma forma de empoderamento que lhes permite obter o máximo das oportunidades educacionais por serem mais flexíveis e adaptáveis. Além disso, este estudo destaca que é uma forma de desenvolver competências digitais e transversais em todos os contextos de vida, sejam pessoais, sociais ou profissionais. Nesse sentido, já é uma realidade que instituições em todo o mundo, atentas ao potencial desse ambiente digital, estão adotando os jogos sérios ou *serious game* (SG), inclusive os empresariais, como estratégia de aprendizagem (Andersen et al., 2020; Ma et al., 2019).

Com essas ferramentas virtuais, o aprendiz pode vivenciar situações dinâmicas nos mais diversos ambientes, aproximando-se de diferentes realidades da organização, construindo novas possibilidades de processos organizacionais. O aluno interage como figura-chave para que o exercício de planejamento, organização e tomada de decisão seja tão ou mais importante que o resultado final (Barçante & Pinto, 2003). Somado ao impacto dos SG, o desenvolvimento de habilidades como

pensamento analítico, transferência e retenção de conhecimentos, motivação, aprendizagem adaptativa, mudança na forma de ver e enfrentar as situações (Abdullah et al., 2013; Mettler & Pinto, 2015; Zhonggen, 2019), podendo contribuir para a obtenção e resgate de conteúdos, oferecendo subsídios para uma possível reconstrução de um momento ou contexto.

Do ponto de vista neurocientífico, ao lidar com algo incomum e diferente, o cérebro tenta se conectar a uma rede neural existente fornecendo novas informações que aumentam potencialmente a retenção de informação, considerando que uma nova situação faz sentido ou tem real significado quando se enquadra num padrão neuronal pré-existente (Gazzaniga et al., 2005; Izquierdo, 2002; Lent, 2001).

Outro elemento relevante do comportamento é uma correlação próxima entre a emoção e as funções cerebrais. Especificamente, os sistemas límbico e paralímbico, o sistema nervoso vegetativo e a ativação reticular estão intimamente relacionados ao processamento e controle do comportamento emocional (Bălan et al., 2019). Quanto à afetividade, o SG contribui para o desenvolvimento de conhecimentos técnicos e intelectuais, obtidos por meio de uma integração constante das áreas funcionais do cérebro, melhorando o aprendizado. No que se refere à aprendizagem em grupo, a contribuição por meio de SG ocorre pela dinâmica que explora o trabalho em equipe, que traz um caráter de aprendizagem mais independente e ajuda a desenvolver habilidades sociais e interpessoais (Abdullah et al., 2013; Buzady & Almeida, 2019; de Freitas & Jarvis, 2006).

Estudos no campo da neurociência têm oferecido *insights* sobre simulação e SG. Eles colaboraram com elementos para criar modelos de aprendizagem avançados que aumentam o volume do cérebro, desenvolvem a plasticidade neuronal de seu uso e melhoram a acuidade visual, aumentando a coordenação motora e a memória além do simples reconhecimento (Green & Bavelier, 2008; Kühn et al., 2011, 2014).

2.2. Definição e elementos dos Jogos de Simulação de Negócios (BSG)

Simuladores e SG são ambientes digitais concebidos com o objetivo de ensinar ou treinar através de uma experiência que vai além do entretenimento e da diversão (sem necessariamente excluir tais características), utilizando recursos tecnológicos e seguindo métodos de gamificação numa abordagem às situações do cotidiano. De acordo com (Ruohomaki, 1995), "Uma simulação é uma representação funcional da realidade; pode ser um modelo abstrato, simplificado ou acelerado de um processo. Pretende ter uma similaridade comportamental relevante com o sistema original". O mesmo autor destaca que simulação e jogo sério "Combina as características de um jogo (competição,

cooperação, regras, participantes, papéis) com as de uma simulação" e conclui ainda que "Um jogo sério é um jogo de simulação se for as regras referem-se a um modelo empírico da realidade."

O BSG constitui um exemplo real de metodologia de *e-learning* em educação empresarial (Hernández-Lara & Serradell-López, 2018; Lin et al., 2018; Siddiqui et al., 2008), pois consegue trazer, para o formato virtual, aspectos reais de um ambiente de negócios, possibilitando que aprendizes gerenciem empresas em cenários livres de risco e oferecendo uma visão ampla das funções estratégicas que permeiam as corporações, em uma abordagem atrativa e interativa (García et al., 2016). Qualquer jogo que apresente um cenário organizacional e incorpore quaisquer que sejam as características do "mundo dos negócios" deve ser considerado um BSG e deve ser categorizado como um "jogo de simulação" ou "jogo sério", a menos que ofereça uma abordagem educacional errada ou que manifestam reações deliberadamente irrealistas às escolhas de seus usuários (Greco et al., 2013). A representação do domínio dos Jogos de Simulação de Negócios é apresentada na Figura 2.1.

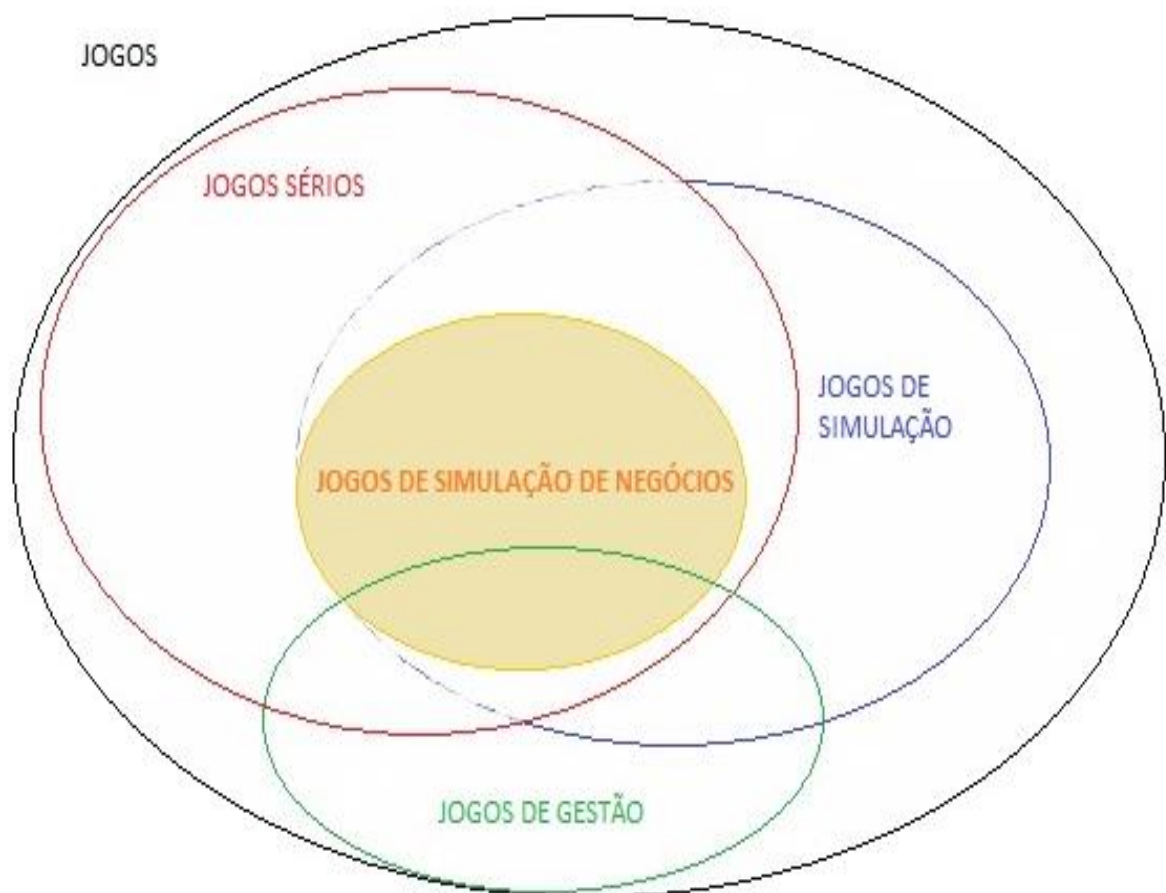


Figura 2.1- Representação do domínio dos Jogos de Simulação de Negócios.

Fonte: adaptado de (Greco et al., 2013)

Um BSG pode ser utilizado como ferramenta de aprendizado, simulando tendências de mercado ou comportamentos corporativos para fornecer uma visão estratégica (Diachkova et al., 2020; Eilon, 1963; Toma et al., 2020).

A primeira e mais reconhecida classificação desenvolvida para o BSG (Eilon, 1963) considerou que este instrumento sob o aspecto de *design* poderia se apresentar como: empresa total ou funcional interagindo ou não interagindo, e computador ou não computador; e de acordo com o uso esperado: como parte de um programa de treinamento de gestão geral; para a venda de novas técnicas ou procedimentos, ou para a realização de pesquisas. Como um método que se apresenta para conduzir uma aprendizagem mais eficaz, os jogos de simulação devem proporcionar e aprimorar habilidades e instigar a avaliação de resultados e *feedback* para quem os utiliza (ABNT, 2001), o que significa agregar recursos relacionados à fidelidade, verificação e validação do modelo proposto e da própria ferramenta, como interatividade e capacidade de imersão (Benyon, 2013), como potencial para estabelecer a sequência nas decisões, além de uma interface amigável e aparência (Greco et al., 2013).

No que diz respeito à sistematização de pesquisas sobre a modelagem de um jogo, a Taxonomia de Simulações Computacionais (Maier & Größler, 2000) e então adaptada para o BSG (Greco et al., 2013), considera as seguintes macrocategorias: a) ambiente de aplicação; b) elementos de *design* da interface do usuário; c) grupos alvo, objetivos e *feedback*; d) características da relação do usuário; e) características do modelo de simulação.

O projeto de sistemas interativos deve contemplar diversos aspectos, como atenção, capacidade humana essencial na execução de tarefas. É importante trabalhar com recursos que reconheçam recursos e dispositivos como assistentes e verificadores automáticos de erros para possíveis desvios de atenção no projeto de sistemas interativos. Esses recursos são significativos para simular o raciocínio de um profissional especialista em uma área específica do conhecimento, capaz de oferecer sugestões e conselhos aos seus usuários. Outro aspecto relevante neste contexto é a interação social, uma vez que os pensamentos, sentimentos e comportamentos dos indivíduos são influenciados pela presença de outras pessoas, enfatizando o quanto o efeito da socialização de um sistema de simulação é significativo para seus usuários (Benyon, 2013).

É imprescindível considerar a possibilidade de investigar novas metodologias e dispositivos para monitorar e analisar a experiência do usuário em BSG, considerando o alto nível de complexidade e multiplicidade de requisitos operacionais e de projeto apresentados. Isto pode contribuir com elementos essenciais para orientar seu *design* e sucesso como ferramenta de aprendizagem.

2.3 Contribuições do monitoramento da experiência do jogador

As pesquisas com jogos vêm se desenvolvendo consideravelmente e aportando conhecimentos que apontam que a sua análise precisa ir além da Experiência de Usuário (UX), a qual basicamente visa estabelecer o quão fácil e bem adequado é o sistema, nesse caso o jogo, para a tarefa que a pessoa espera realizar no requisito de usabilidade (Benyon, 2013). Um estudo (Brown & Cairns, 2004) identificou que os jogadores procuram especialmente jogos que estimulam bons níveis de resposta emocional e que, portanto, é necessário conhecer melhor o jogador, por exemplo, como ele joga e o que o motiva no jogo. Outras investigações destacam a importância de investigar os componentes emocionais, sociais e cognitivos da experiência que emergem da interação entre jogadores e um jogo (Drachen & Nacke, 2011; Mäyrä, 2008). As referidas pesquisas mostram que conhecer a singularidade da experiência com o jogo é uma razão importante para o seu grande sucesso. Portanto, é imprescindível saber como a PX é estruturada para abordar sistematicamente os mecanismos que tornam o jogo estimulante e capaz de cumprir com seus objetivos.

Juntamente com a análise de jogabilidade e imersão, um dos elementos mais consistentes da PX é o nível engajamento, definido como uma metaconstrução de componentes comportamentais, afetivos e cognitivos (Huynh et al., 2018; Mills et al., 2013). Esforço e persistência na tarefa constituem-se alguns dos componentes comportamentais do engajamento, enquanto interesse, curiosidade e identificação de valor fazem parte do componente afetivo. O componente cognitivo inclui a concentração e depois o uso de estratégias de aprendizagem (Mills et al., 2013). A observação do engajamento proporciona uma avaliação heurística no monitoramento da eficiência e eficácia dos jogos, oferecendo oportunidades e contribuições para um *design* mais adequado às necessidades e percepções de quem os utiliza (Drachen et al., 2018).

Alcançar um certo nível de engajamento significa que o jogador fica cativado e se sente motivado pelo jogo. Para que um jogo sério seja bem-sucedido, o jogo não é apenas usado, os jogadores também investem uma parcela de tempo, emoção e atenção no jogo (Csikszentmihalyi et al., 2021; Lehmann et al., 2012). Pesquisas sobre engajamento no contexto de jogos sérios relacionam o fluxo como um indicador da experiência ideal, baseado no equilíbrio entre habilidade e desafio (Lehmann et al., 2012; Moizer et al., 2019). Para isso, a atividade precisa ser desafiadora, estabelecer objetivos claros, feedback direto e imediato, apresentar sensação de controle, perda relativa de autoconsciência e alta concentração, fatores que se alinham com resultados de pesquisas sobre o que contribui para a eficácia do jogo (Hookham & Nesbitt, 2019; Laamarti et al., 2014; Moizer et al., 2019; Takatalo et al., 2010). Isso significa que, quando um jogador experimenta o fluxo, é provável que seu envolvimento com o

jogo seja alto. Assim, é necessário um nível considerável de engajamento para que um jogo sério consiga atingir os objetivos traçados em sua concepção. O maior envolvimento do usuário levará os jogadores cada vez mais interessados no propósito do jogo, o que pode levar a uma mudança de atitude e comportamento em situações do mundo real (Maheu-Cadotte et al., 2018), que é um dos propósitos do BSG.

Os estudos mostram que é importante compreender os aspectos que envolvem a interação entre humanos e jogos durante a sua utilização, no entanto, é uma área complexa e desafiadora da pesquisa. Para obter uma compreensão precisa da PX, uma infinidade de fatores deve ser considerada em relação às características psicológicas, desempenho do jogo e emoção humana. A exploração deste campo normalmente envolve uma análise experimental promovendo a manipulação de características do sistema de jogo (como níveis de dificuldade, fluxo de controle e feedback) e seu contexto (ambiente). Através da manipulação cuidadosa dessas variáveis, é possível identificar e quantificar os efeitos específicos de qualquer mudança de *design* ou decisão em um jogo. Os componentes que retratam a experiência de usuários com jogos podem ser divididos em três grupos distintos: a) fisiológicos, b) psicológicos e, c) comportamentais (Dörner et al., 2016; Guthier et al., 2016).

A mensuração da atividade fisiológica é utilizada para avaliar jogos por meio de sensores que, em contato com a superfície da pele humana, fazem inferências sobre os estados cognitivos ou emocionais dos jogadores. O monitoramento psicológico baseia-se na avaliação da PX por meio de pesquisas ou entrevistas Pré e Pós-jogo e, apesar de ser a abordagem mais fácil e menos dispendiosa, a informação pode se perder na demora entre a ação (jogabilidade) e a recordação (entrevista ou questionário). A análise do comportamento inclui aspectos da atenção na ação e interação com o jogo (Dörner et al., 2016).

A Figura 2.2 apresenta exemplos de métodos que podem ser utilizados para construir uma investigação envolvendo a PX, de acordo com o componente de medição:

Métodos Fisiológicos	Métodos Psicológicos	Métodos Comportamentais
• Eletroencefalografia (EEG) • Eletromiografia (EMG) • Atividade eletrodermica (EDA) • Frequência Cardíaca (HR)	• Modelos de Persona • Modelos de jogador • Pesquisas e questionários • Reporte verbal • Entrevistas • Pensamento alto	• Rastreamento ocular (ET) • Estatísticas do jogo • Qualidade e tempo de reação • Observações • Videograções

Figura 2.2 - Exemplos de métodos para avaliar a PX em SGs, adaptado de: (Guthier et al., 2016)

Em linha com a classificação definida para os componentes de análise da PX, as abordagens para medir o engajamento são divididas em três grupos principais: engajamento autorrelatado, engajamento cognitivo/emocional e métricas comportamentais (Lehmann et al., 2012).

Grande parte das investigações utiliza apenas uma ferramenta em seus experimentos para obter resultados na análise de experiência com jogos sérios, utilizando informações fisiológicas/comportamentais para análise quantitativa (Biercewicz & Borawski, 2020; Derbali & Frasson, 2011; Kim et al., 2014; Mercier et al., 2021; Ninaus et al., 2020; Sharma & Giannakos, 2020; Tsai et al., 2016) ou psicológicas para avaliações qualitativas (Gauthier & Jenkinson, 2018; Johnsen et al., 2021; Tang et al., 2019). Em menor grau, alguns experimentos usam até dois métodos, combinando um dispositivo de medição com questionários Pré e Pós-Teste (Cowley & Ravaja, 2014; Emmerich et al., 2016; Monteiro et al., 2019).

O uso de técnicas biométricas tem subsidiado diversas pesquisas que buscam aprofundar o entendimento da interação das pessoas com as tecnologias, incluindo a aprendizagem por meio de jogos. No contexto de SG, Simuladores e BSG, estudos baseados na PX monitorada por dispositivos como eletroencefalograma, rastreamento ocular e hemoencefalograma têm proporcionado uma análise mais precisa dos elementos, funcionalidades, limitações e possíveis contribuições para o *design* e otimização dessas ferramentas de aprendizagem (Blignaut, 2015; Gutjahr et al., 2019; Johnsen et al., 2021; Sánchez et al., 2012; Soler-Dominguez et al., 2017).

Um campo de pesquisa recente, chamado Games User Research (GUR), combina pesquisas sobre Interação Humano-Computador (HCI) e desenvolvimento de jogos (Drachen et al., 2018; Nacke, 2015). A partir da observação e compreensão da experiência individual e pessoal mantida pelo jogador antes, durante e imediatamente após o jogo, a metodologia visa fornecer subsídios e *insights* para o *design* de jogos que atendam às expectativas de seus usuários. Por meio de dispositivos e ferramentas de coleta de informações, o pesquisador do usuário aplica métodos inspirados na psicologia e no *design* centrado no usuário para monitorar e avaliar o jogador. O canal de comunicação é multidirecional, permitindo a interpretação das reações dos jogadores (e muitas vezes perguntas) para determinar quais recursos do jogo podem ser melhorados.

Uma metodologia GUR adequada considera o envolvimento do jogador como crucial no processo de desenvolvimento do jogo, independentemente de sua aplicação como entretenimento ou educação (Drachen et al., 2018). Dessa forma, o nível de engajamento de quem usa o jogo precisa ser monitorado de forma a refletir com precisão suas necessidades e expectativas. Para analisar e avaliar as experiências dos jogadores, os especialistas têm aproveitado muitas ferramentas, incluindo protocolos de teste de jogos, heurística de jogabilidade e dispositivos de monitoramento. Utilizando

uma abordagem de métodos mistos cada vez mais valiosa, ele aproveita os benefícios de cada técnica e complementa suas limitações. O grande desafio de cada pesquisa com jogos sérios é, a partir do objetivo proposto em cada experimento, identificar quais instrumentos são mais adequados para fornecer o resultado mais eficiente e eficaz.

2.4 Dispositivos biométricos que suportam a PX com BSG

O uso de dispositivos Humano-Computador aplicando técnicas biométricas tem permitido estudos envolvendo as disciplinas de psicofísica, neurociência cognitiva e ciência da computação, para melhor compreender aspectos e benefícios da interação homem-tecnologias.

No segmento de jogos, além da aplicação das tecnologias para a interação entre o jogo e jogador, diversas técnicas vêm sendo empregadas para monitorar a sua utilização em tempo real como fonte de informação para melhor compreensão de aspectos da aprendizagem e da experiência de uso, como: a eletromiografia (EMG), a atividade eletrodérmica (EDA), a eletrocardiografia (ECG), a eletroencefalografia (EEG) e o rastreamento ocular (ET) (Drachen et al., 2018).

Uma pesquisa recente (Bell et al., 2018) abordou os métodos mais proeminentes neste campo, destacando o EEG e o ET como as duas técnicas de suporte mais utilizadas e com resposta mais eficaz no contexto empresarial (Arico et al., 2018; Burger & Knoll, 2018; Oliveira & Giralaldi, 2019; Teo & Chia, 2018). Outra técnica emergente que vem se solidificando e que merece atenção, por sua relativa simplicidade e baixo custo, é a Hemoencefalografia (HEG), procedimento baseado na medição do fluxo sanguíneo e capaz de avaliar funções dependentes do córtex Pré-frontal do cérebro (Serra-Sala et al., 2016). Para uma melhor compreensão, a seguir, cada uma dessas três destacadas técnicas é apresentada quanto ao princípio de funcionamento, funcionalidades, limitações e possíveis contribuições no contexto do BSG.

2.4.1 Eletroencefalografia (EEG).

A Eletroencefalografia, baseada em dados de EEG, tem sido um dos métodos mais usados para capturar e analisar sinais cerebrais não invasivos. Para captar os sinais, é posicionada na cabeça do indivíduo, uma toca com eletrodos conforme exemplo representado na Figura 2.3, que facilmente fazem contato e captam estímulos cerebrais a partir de pequenas mudanças na atividade elétrica do cérebro durante uma atividade predefinida.



Figura 2.3 - Exemplo de uma toca para coleta de sinais EEG com eletrodos dispostos na cabeça

Fonte: <https://brainvision.com/products/acticap-slim-acticap-snap/>

No momento em que o neurônio é ativado, torna-se polarizado, gerando um potencial de ação que pode ser transmitido a outros neurônios, gerando assim a circulação de informações e mostrando a atividade elétrica do cérebro, que em sequência é capturada pelos eletrodos e enviada para o módulo eletrônico que realiza a filtragem e tratamento dos dados (Eysenck & Keane, 2010). Os registros obtidos por meio dos eletrodos mostram a intensidade das ondas cerebrais obtidas no couro cabeludo.

Os dispositivos modernos de EEG têm uma alta resolução temporal, capaz de medir a atividade a cada milissegundo, e uma resolução espacial de boa precisão. Os aparelhos normalmente são portáteis e atualmente são vendidos a preços relativamente acessíveis em alguns modelos, permitindo que o uso desse equipamento seja mais difundido (Kugler, 2003).

O uso do EEG nas áreas de reconhecimento de emoção e esforço mental tem sido usado em muitos tipos de pesquisas. A resolução temporal do EEG é alta, o que significa que as mudanças na atividade cerebral podem ser detectadas milissegundos depois de efetivamente ocorrerem. Já a resolução espacial do EEG é limitada, por medir sobretudo a atividade cortical, mas é possível identificar a origem geral do EEG, com informações sobre os processos mentais que estão ocorrendo.

Na investigação conduzida por (Wolpaw et al., 2000), vários métodos foram propostos para extrair informações úteis das atividades observadas de EEG humano. Em outros estudos, as medições de EEG foram usadas para pesquisar a resposta do usuário aos jogos (Salminen & Ravaja, 2007; Sheikholeslami et al., 2007), e especialistas de campo discutiram os avanços metodológicos na PX e

na pesquisa de capacidade de jogo, considerando o EEG como uma boa medida para o processamento cognitivo (Nacke, 2009).

2.4.2 Eye Tracking (ET)

Eye Tracking é um método que pode registrar direta e continuamente a atenção visual, frequentemente empregado para explorar o viés de atenção (Burger & Knoll, 2018). O equipamento de ET mais conhecido utiliza um dispositivo que emite raios infravermelhos nos olhos do usuário, conforme exemplo ilustrado na Figura 2.4. A luz infravermelha é usada para evitar o desconforto do usuário com luz forte que por sua vez atinge a pupila e retorna ao dispositivo, permitindo calcular com precisão onde o a pessoa está olhando e, também, mede os movimentos dos olhos, como fixações, visões e regressões. Porém, já existem sistemas de ET que utilizam WebCam do próprio computador e que, apesar de uma menor precisão, começam a ser uma alternativa adotada para a medição ocular, devido ao seu baixo custo. Também conhecido como *SearchGazer*, tem sido usado para estudos e experimentos online remotos, especialmente no contexto de pesquisa na web (Papoutsaki et al., 2017).



Figura 2.4 - Exemplo de um sistema ET durante uma atividade no computador

Fonte: <https://www.tobii.com/group/news-media/image-gallery/?category=61&skip=9>

Os aparelhos de ET têm sido utilizados em aplicações diagnósticas, através da extração de dados de registros de movimentos oculares e do comportamento visual associado, fornecendo um

diagnóstico muito rápido (Li et al., 2020).

As seguintes métricas podem ser coletadas por meio de ET, durante a avaliação do sistema de uma atividade predefinida, para medidas de desempenho: número de fixações, sacadas (o trajeto entre duas fixações) e padrões de trajetória de movimentação ocular - *Scanpath*. Este último é um indicador de semelhança de posição e sequência entre diferentes visualizadores, normalmente usados para comparações entre especialista e novato. O estudo de tarefas monitoradas por ET fornece padrões de atividade que refletem as interações entre o estímulo, a região de ativação do campo receptivo, as características de resposta temporal do neurônio e as posições retinais e movimentos de imagem transmitidos pelos deslocamentos do olho. A diversidade dos padrões de atividade sugere que, durante a visualização natural de uma cena estacionária, alguns neurônios corticais estão carregando informações sobre as ocorrências e direções sacadas, enquanto outros neurônios são mais adequados para codificar detalhes da imagem retinal, oferecendo o duplo benefício de monitorar a atividade cerebral também como função oculomotora (Duchowski, 2017).

Considerando as funcionalidades relatadas, atualmente os sistemas de rastreamento ocular têm sido usados em áreas como marketing (Burger & Knoll, 2018; Oliveira & Giraldo, 2019), análise da usabilidade de um sistema e jogos (Blignaut, 2015; Frutos-Pascual & Garcia-Zapirain, 2015), e mais recentemente em estudos de comportamento humano e neurociências (Carvalho & Oliveira, 2017; Duchowski, 2017), incluindo o uso de interfaces EEG e ET de forma conjunta e complementar (Cuesta-cambra & Rodríguez-terceño, 2017).

2.4.3 Hemoencefalografia (HEG)

HEG é um mecanismo tecnológico que usa luz infravermelha para medir o fluxo de oxigênio no crânio. A tecnologia HEG usa a propriedade do tecido biológico para espalhar e conduzir alguns tipos de energia radiante na forma de comprimentos de onda. Especificamente, o HEG usa uma fonte de luz infravermelha de baixa frequência e um receptor conectado a uma faixa para avaliação da ativação do córtex Pré-frontal (Serra-Sala et al., 2016), conforme exemplo ilustrado na Figura 2.5.

Esta é uma técnica para medir sinais cerebrais considerada relativamente nova nos círculos científicos¹. Um primeiro olhar nos poucos trabalhos publicados, todos na área da saúde,

¹ Para definir a dimensão do número de investigações relacionadas ao tema, realizou-se uma busca em duas bases de dados reconhecidas (em 20/07/2022), apenas com a palavra "*hemoencefalography*", e os resultados retornaram 11 artigos pela PUBMED, e 20 artigos pela Web of Science (WOS).

principalmente na análise comportamental de pessoas com deficiência, indicam resultados relevantes no monitoramento de aspectos cognitivos e emocionais (Kamali et al., 2019; Serra-Sala et al., 2012, 2016), destacando o enorme potencial desta técnica, além de destacar o benefício do seu baixo custo (Scd et al., 2008; Serra-Sala et al., 2016), o que pode ser um bom indicador de que pode ser aplicável no estudo com BSG.

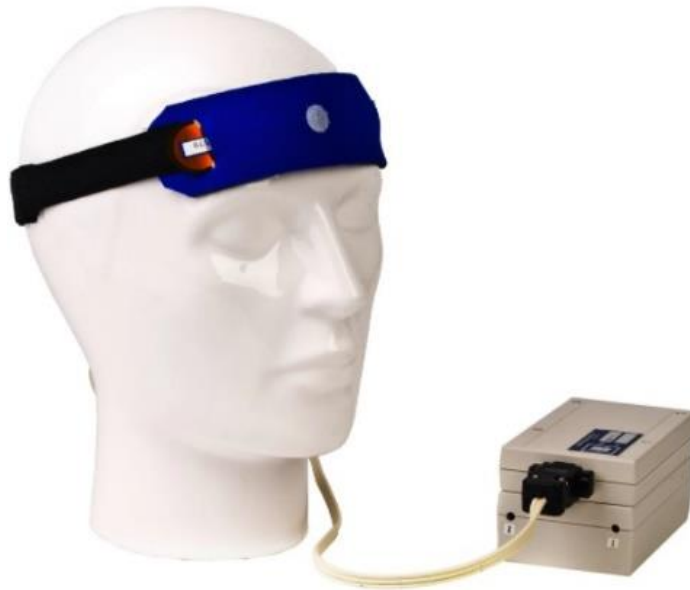


Figura 2.5 - Exemplo de montagem de um sistema de HEG

Fonte: <https://store.stens-biofeedback.com/products/heg-system>

2.5 Considerações gerais acerca do referencial teórico

Em geral, as pesquisas sustentam que a simulação pode facilitar a aprendizagem, mas é difícil tirar conclusões mais fortes sobre o impacto educacional dessas ferramentas neste momento, especialmente em um ambiente de negócios, devido à falta de definições, metodologias e abordagens de pesquisa. Por outro lado, os avanços nas pesquisas no campo da Neurociência têm demonstrado a incomparável capacidade do cérebro humano de aprender e se adaptar, incluindo o estudo do impacto prático da aprendizagem por meio de simuladores e jogos. Embora essas experiências sejam um tanto complexas, elas oferecem e agregam novos conhecimentos sobre as diferenças entre os métodos de treinamento tradicionais e os novos.

Seguir os passos do que vem acontecendo com pesquisas com jogos sérios e suas correlações com a fisiologia, neurologia e comportamento, junto com a introdução das tecnologias para coleta de dados, pode auxiliar nosso entendimento dos mecanismos subjacentes à PX, potencialmente levando

ao aumento da eficácia dos simuladores. Esta abordagem, comprovada a partir de estudos já realizados, pode ser transferida diretamente para ambientes de simulação de negócios, onde informações, atividades e tarefas podem ser aplicadas em um nível adequado à realidade do aprendiz, subsidiando a prática e o treinamento de aspectos essenciais das funções executivas, aspectos de atenção, ações e emoções, além de contribuir no *design* e ajustes da própria ferramenta de aprendizagem.

Assim, surge a necessidade de aprofundar o que de concreto vem sendo investigado (ou não) sobre o uso de simuladores para aprendizagem de negócios a partir da contribuição de medidas biométricas que permitam a mensuração de diversos processos relevantes nessas ferramentas virtuais. O próximo capítulo apresenta o resultado de uma criteriosa revisão sistemática desenvolvida sobre esse tema que, a partir de outros trabalhos já realizados e/ou em andamento, proporcionou situar o atual estágio das investigações sobre o tema, ao mesmo tempo que forneceu aporte científico e auxiliou na definição da linha metodológica que levou à construção do modelo proposto, escopo dessa pesquisa.

3. REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 Estratégia de Pesquisa e Critérios de Seleção

A Revisão Sistemática (RS) foi realizada usando a declaração PRISMA 2020 (Page et al., 2021) como metodologia de orientação. Os critérios de elegibilidade considerados para esta RS inicialmente devem responder à pergunta: Qual a pesquisa relacionada ao processo de aprendizagem com jogos empresariais (sérios) utilizando técnicas de coleta de dados com sinais de eletroencefalograma (EEG) e / ou rastreamento ocular (ET) e/ou hemoencefalograma (HEG)?

Os critérios de inclusão foram as publicações tematicamente vinculadas às palavras-chave: *Business Game* (BG), *Serious Game* (SG), *Electroencephalography* (EEG), *Eye Tracking* (ET), *Hemoencephalography* (HEG), *Learning* (LRN) e *Neuroscience* (NSC). Os Critérios de Exclusão foram artigos não redigidos na língua inglesa, portuguesa ou espanhola.

A fonte de informação incluiu múltiplas bases de dados e registros científicos, considerando artigos científicos disponíveis em acesso aberto ou com acesso disponibilizado pela Universidad de La Laguna e Universidade Federal do Rio Grande.

Os artigos coletados para esta pesquisa foram fundamentados por meio de buscas nas seguintes bases: IEEE², Pubmed³, Scopus⁴, Springer⁵ e Web of Science⁶. Todos os bancos de dados foram acessados entre 15 de maio 2021 e 8 de junho de 2021.

A estratégia de busca de publicações foi realizada por meio de filtros que garantem os critérios de elegibilidade explicados pelo item 5 do PRISMA.

Uma primeira combinação com as seguintes equações de busca: "*Business Game*" OR "*Serious Game*" com "EEG," "ET", "HEG", "*Learning*", "*Neuroscience*" retornou os seguintes resultados:

1. "Business Game" AND "EEG" AND "ET" AND "HEG" AND "Learning" AND "Neuroscience" = 0 resultados;

² Página web IEEE: <https://ieeexplore-ieee-org.accedys2.bbtck.ull.es/Xplore/home.jsp>

³ Página web Pubmed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

⁴ Página web Scopus: <https://www.scopus.com/home.uri>

⁵ Página web Springer: <https://link.springer.com/>

⁶ Página web WOS: <https://www-webofscience-com.accedys2.bbtck.ull.es/wos/alldb/basic-search>

2. “*Business Game*” AND “EEG” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 0 resultados;
3. “*Business Game*” AND “ET” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 0 resultados;
4. “*Business Game*” AND “HEG” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 0 resultados;
5. “*Serious Game*” AND “EEG” AND “ET” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 1 resultado;
6. “*Serious Game*” AND “EEG” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 2 resultados;
7. “*Serious Game*” AND “ET” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 1 resultado;
8. “*Serious Game*” AND “HEG” AND “*Learning*” AND “*Neuroscience*” = 0 resultados;

Considerando que a primeira seleção resultou em apenas 4 artigos, optou-se por retirar a palavra “*Neuroscience*”, reduzindo a restrição, o que melhorou consideravelmente os resultados. Portanto, as pesquisas foram combinadas da seguinte forma:

9. “*Business Game*” AND “EEG” AND “ET” AND “*Learning*” = 3 resultados;
10. “*Business Game*” AND “EEG” AND “*Learning*” = 10 resultados;
11. “*Business Game*” AND “ET” AND “*Learning*” = 13 resultados;
12. “*Business Game*” AND “HEG” AND “*Learning*” = 0 resultados;
13. “*Serious Game*” AND “EEG” AND “ET” AND “*Learning*” = 15 resultados;
14. “*Serious Game*” AND “EEG” AND “*Learning*” = 90 resultados;
15. “*Serious Game*” AND “ET” AND “*Learning*” = 86 resultados.
16. “*Serious Game*” AND “HEG” AND “*Learning*” = 0 resultados.

Embora a RS tenha sido desenhada para desenvolver o tema com *Business Game*, como o resultado proporcionou apenas 26 estudos, optou-se por incluir também a palavra “*Serious Game*”, por ser outro termo com forte relação, resultando mais 191 obras. Assim, por considerá-lo satisfatório, o trabalho de revisão partiu desse conjunto de 217 resultados (passos 9 a 16).

A Figura 3.1 representa as palavras-chave consideradas inicialmente e suas inter-relações, em inglês, exatamente como foram utilizadas. As interseções em azul, verde e vermelho correspondem ao conjunto de documentos que atenderem integralmente aos requisitos desejados. O destaque em amarelo na figura corresponde às palavras-chave que não obtiveram resultados na pesquisa por referências considerando a intersecção com outros termos e, por consequência, não incluídas na RS.

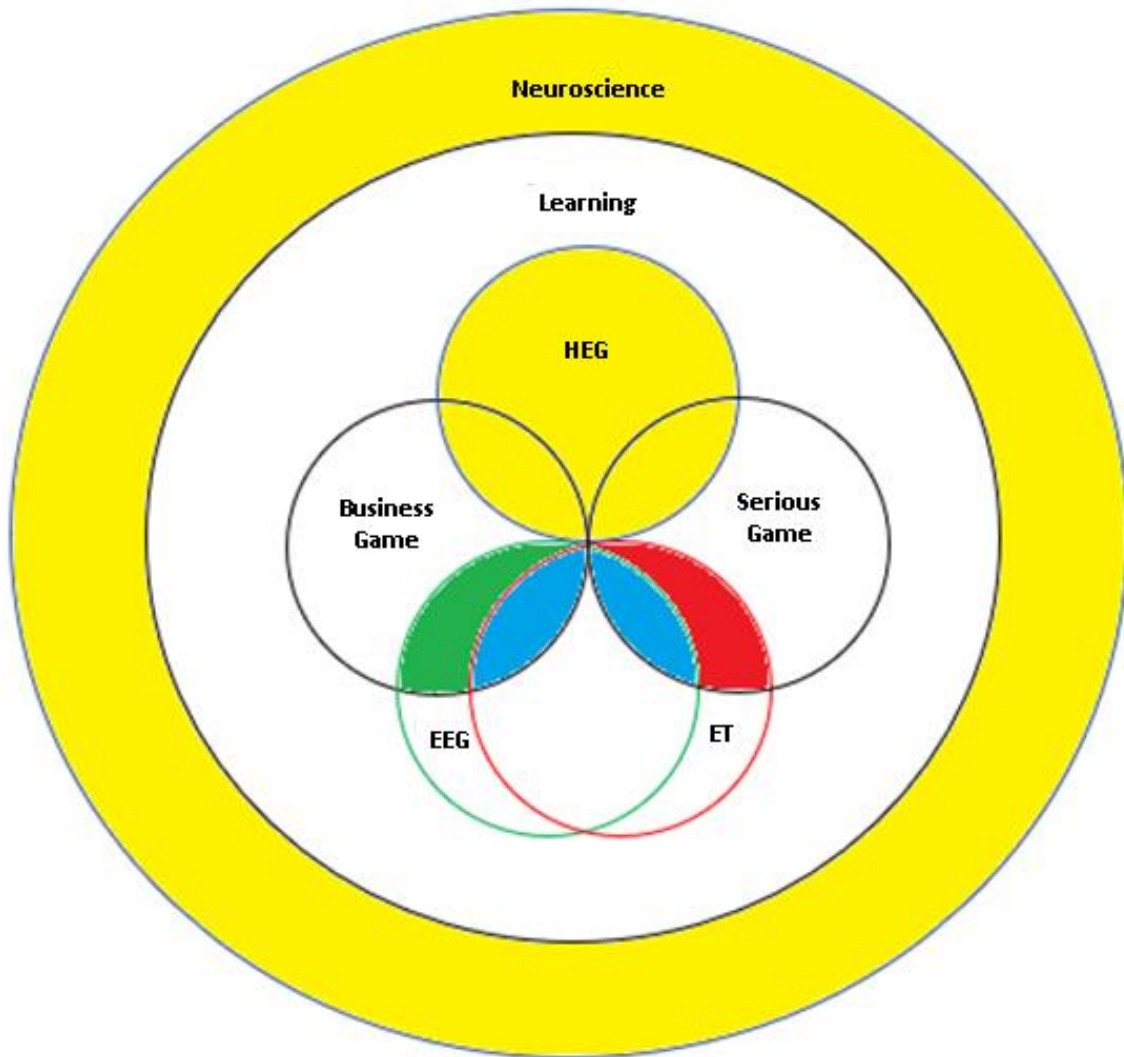


Figura 3.1 – Palavras-chave de pesquisa envolvidas na Revisão Sistemática e suas inter-relações

Fonte: o autor (2021)

3.2 Extração de Dados

Após a identificação dos 217 artigos potencialmente elegíveis, utilizando a metodologia PRISMA, foi realizada a extração de dados. Depois de remover os resultados duplicados usando a ferramenta Mendeley⁷, 134 artigos foram selecionados com uma análise mais profunda de seus resumos, resultando em 61 artigos que exigiram avaliação adicional.

Após a leitura completa dos estudos resultantes da etapa de triagem, de acordo com a metodologia PRISMA 2020, outros 42 documentos foram excluídos desta RS por não se enquadrarem no escopo

⁷ Página web Mendeley: <https://www.mendeley.com/>

definido inicialmente, conforme Figura 3.2 a seguir.

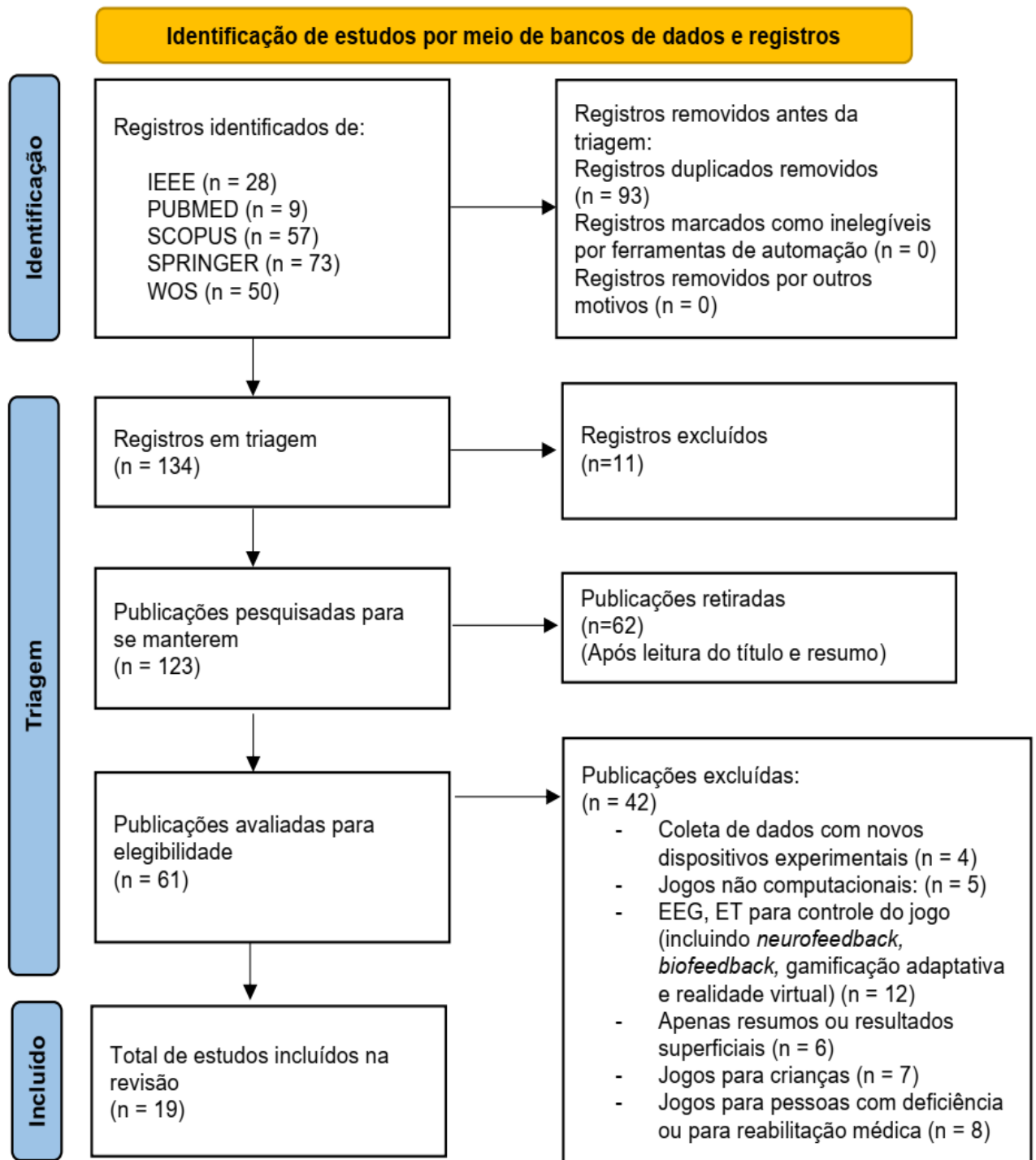


Figura 3.2 - Visualização do procedimento de revisão usando o fluxograma PRISMA 2020, adaptado de (Ferreira et al., 2021)

As publicações excluídas, conforme Figura 3.2, são detalhadas a seguir:

- Coleta de dados com novos dispositivos experimentais (n = 4):

Pesquisas contemplaram protótipos de equipamentos com confiabilidade não reconhecida;

- Jogos não computacionais (n = 5):
Experimentos com jogos de tabuleiro e quebra-cabeças;
- EEG, ET para controle do jogo (incluindo *neurofeedback*, *biofeedback*, gamificação adaptativa e realidade virtual (n = 12): Investigações envolvendo dispositivos fisiológicos com a finalidade de controle direto do jogo e não como ferramenta de monitoramento da experiência do usuário;
- Apenas resultados abstratos ou superficiais (n = 6):
Estudos sem acesso aos resultados ou conclusões vagas;
- Jogos infantis (n = 7):
Investigações com experiência do usuário em jogos com abordagem e processos de alfabetização e desenvolvimento de habilidades Pré-escolares;
- Jogos para pessoas com deficiência ou para reabilitação médica (n = 8):
Pesquisa analisando o uso de SG para enriquecimento das funções cognitivas em pessoas com déficit de saúde, o que traz variáveis que não são comparáveis ao monitoramento da experiência do usuário com BSG.

Na última etapa, através da análise de texto completo, foram identificados 19 estudos que atenderam aos requisitos de elegibilidade.

3.3 Resultados da Revisão Sistemática

Esta seção apresenta uma visão geral dos documentos selecionados, busca uma aproximação inicial entre eles e aponta algumas questões importantes que culminaram neste resultado.

A Tabela 3.1, mostra a seguir, foi desenvolvida para facilitar o primeiro olhar das 19 publicações finalmente selecionadas. Esta tabela fornece as características iniciais, referentes ao ano de publicação e as palavras-chave encontradas quando incluídas neste estudo.

Tabela 3.1- Lista dos estudos incluídos na RS e as palavras-chave correspondentes veiculadas na busca.

Referência	Ano	BG	SG	EEG	ET	LRN
(An et al., 2018)	2018		X		X	X
(Biercewicz & Borawski, 2020)	2020	X		X	X	X
(Blignaut, 2015)	2012		X		X	X
(Cowley & Ravaja, 2014)	2014		X	X		X
(Derbali & Frasson, 2011)	2011		X	X		X
(Derbali & Frasson, 2010)	2010		X	X		X
(Emmerich et al., 2016)	2016		X	X	X	X
(Ferreira & González, 2020)	2020	X	X	X	X	X
(Ghali et al., 2014)	2014		X	X		X
(Giannakos et al., 2019a)	2019		X	X		X
(Gupta et al., 2016)	2016		X	X		X
(Hellianto et al., 2017)	2017	X			X	X
(Mauricio et al., 2015)	2015		X		X	X
(Tsai et al., 2016)	2016		X		X	X
(Mercier et al., 2021)	2021		X	X	X	X
(Ninaus et al., 2020)	2020		X		X	X
(Plechawska-Wojcik, 2015)	2015		X	X		X
(Slussareff et al., 2016)	2016		X		X	X
(Thornton & Turley, 2020)	2020		X	X		X

A Tabela 3.1 permite identificar que 90% dos estudos selecionados foram publicados nos últimos 10 anos, sendo apenas três envolvendo BG (Biercewicz & Borawski, 2020; Ferreira & González, 2020; Hellianto et al., 2017), todos de 2017, comprovando o quão poucas são as investigações sobre o tema. Por esse motivo decidiu-se abrir a busca de estudos, incluindo a palavra-chave “*Serious Game*”. Outro aspecto importante é que poucas investigações foram encontradas abordando as duas técnicas EEG e ET, seja seu uso combinado, fazendo comparações ou trazendo discussões sobre ambas (Biercewicz & Borawski, 2020; Emmerich et al., 2016; Ferreira & González, 2020), todos nos últimos cinco anos. É importante destacar que, neste contexto, a palavra “*Learning*” incluída na busca foi fundamental para selecionar apenas os estudos que abordam este tema. Assim, há investigações sobre o uso dessas técnicas na área da saúde, principalmente na identificação e monitoramento de doenças que não fazem parte do escopo desta pesquisa.

A Tabela 3.2 foi elaborada para fornecer informações mais específicas sobre cada uma das publicações selecionadas para discussão e interlocução dos resultados. Esta tabela descreve resumidamente os objetivos, metodologia e principais resultados e conclusões. Essa tabela, entretanto, também contribuiu para a identificação de questões relevantes a serem consideradas nesta

seção. Uma delas é que a seleção resultou em cinco estudos teóricos mantidos como objeto de investigação devido aos conceitos e abordagens das questões propostas nesta RS (Blignaut, 2015; Emmerich et al., 2016; Ferreira & González, 2020; Plechawska-Wojcik, 2015; Slussareff et al., 2016).

A contribuição dos estudos teóricos selecionados é fundamental, pois resgata elementos que servem para uma contextualização adequada dessa RS, considerando a importância de equilibrar teoria e prática para demonstrar e compreender cada etapa de um determinado fenômeno (Giorgi, 1989).

Outro ponto identificado como essencial a destacar é que alguns dos artigos selecionados apresentam a análise de jogos que à primeira vista parecem ser exclusivamente de entretenimento (Giannakos et al., 2019a; Helliando et al., 2017; Mauricio et al., 2015; Thornton & Turley, 2020). Porém, durante a leitura, foi possível identificar a metodologia e análise da experiência do usuário apoiada em técnicas de EEG ou ET, a contribuição de habilidades e competências enquanto ferramenta de aprendizagem, assumindo o papel de um jogo sério e, assim, justificando o estudo de inclusão.

Uma importante investigação obtida nos resultados da pesquisa refere-se à análise da experiência do usuário com base em sinais de EEG em um simulador para aprendizagem de um procedimento médico (Gupta et al., 2016). Considerando que alguns tipos de BSG também possuem um perfil mais voltado para simulação de equipamentos e processos, como operações logísticas ou industriais, optou-se por incluí-lo nesta RS e identificar suas possíveis contribuições.

3.4 Discussão dos Resultados da Revisão Sistemática

Nesta seção, discute-se os principais achados dos estudos resumidos na Tabela 3.2 e propõe-se implicações para a prática e aprofundamento do tema, com base na seguinte questão final de pesquisa:

- Qual a pesquisa relacionada ao processo de aprendizagem com jogos empresariais (sérios) utilizando técnicas de coleta de dados com sinais de eletroencefalograma (EEG) e / ou rastreamento ocular (ET)?

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

Referência	Objetivos	Metodologia/Tecnica	Principais resultados
(An et al., 2018)	Analisar em um SG de interação social: -Atenção visual durante o diálogo proposto; -A medida de desempenho de ET correlacionada a outras medidas de desempenho existentes.	-Um jogo chamado CCDTS jogado por 25 participantes testados individualmente por meio de um arquivo executável do Unity. Todos os usuários foram inicialmente submetidos a um Inventário de Inteligência Cultural - CQ) e um treinamento de introdução do enredo. O ET usado foi o Tobii Pro V1.1; -As durações de fixação em áreas específicas de interesse (AOI) foram processadas a partir dos dados do olhar coletados. Todas as fixações foram agregadas para determinar a duração total da fixação nas respostas selecionadas.	- Os participantes geralmente gastam mais tempo fixando-se em uma escolha específica do que em qualquer outra opção e gastam mais tempo fixando-se na alternativa correta do que nas opções incorretas; -Não há relação direta entre uma pontuação CQ alta e resultado de jogo alto; - Os jogadores que exibiram maiores porcentagens de duração da fixação em suas respostas selecionadas obtiveram pontuação mais alta no jogo.
(Biercewicz & Borawski, 2020)	Desenvolver um procedimento conceitual para investigar o envolvimento do jogador em um BSG usando métodos baseados em neurociência cognitiva.	-Apresenta um experimento com jogo de economia a ser jogado por 30 pessoas, durante a gravação de sinais EEG, para analisar elementos específicos do jogo que causam baixa atenção e engajamento; -O experimento também inclui o uso de ET para rastrear em que a pessoa testada presta atenção em especial, e uma Pré-pesquisa com os participantes para auxiliar no desenvolvimento do jogo.	Os resultados parciais apontam: - Foi elaborado um BSG sobre o mercado financeiro a partir de pesquisas iniciais, e será escolhido um jogo pronto existente no mercado para ser utilizado como comparação; - Proposição de um modelo de medição usando o sinal EEG para identificar a PX durante o uso do jogo.
(Blignaut, 2015)	Contribuir com uma estrutura conceitual apoiada pela ET for SG para	- Revisão sistemática de literatura de seis artigos identificados através da	O estudo teórico conclui que: -Não existe uma estrutura conceitual disponível para avaliação de SG

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

	melhorar as experiências de aprendizagem do usuário.	renderização usando palavras-chave " eye tracking AND serious games. "	monitorados por ET para melhorar as experiências de aprendizagem do usuário; -ET fornece informações completas e objetivas para a interação e <i>design</i> do SG, o que é útil para os desenvolvedores durante o desenvolvimento da narrativa, do diálogo e da estruturação do jogo.
(Cowley & Ravaja, 2014)	Apresentar um estudo neuro-cognitivo de como os usuários aprendem jogando um SG para aprendizagem, monitorados por EEG e um teste de psicofisiologia.	-45 participantes foram testados para compreensão do tópico por: - um questionário administrado antes e depois de jogar o SG Peacemaker (Impact Games 2007) – uma interface EEG e outros sinais fisiológicos.	-Múltiplas disposições fisiológicas suportam comportamentos e estilos na tarefa; - Lidando com um ambiente de estímulo complexo como este SG, a estratégia de maior sucesso parece ser o equilíbrio entre os hemisférios do cérebro e entre a ativação e a dissociação.
(Derbali & Frasson, 2011)	Uso de frequência cardíaca, condutância da pele e EEG e um modelo teórico de motivação para avaliar duas estratégias de chamar a atenção em um SG.	-Usando o modelo ARCS de Keller, 21 participantes jogaram um SG chamado Food Force. Os participantes foram separados em dois grupos para testar a resolução de problemas e o gatilho de alarme em duas estratégias para chamar a atenção; -Sensores foram colocados nos dedos dos participantes para condutância da pele e eletrodos para monitoramento cardíaco; -Em áreas selecionadas (C3, F3 e Pz), 3 sensores foram posicionados na cabeça	-Algumas proporções específicas de EEG foram mais apropriadas do que outras para avaliar os comportamentos e reações dos alunos, fisiologicamente; -A avaliação fisiológica de diferentes estratégias de obtenção de atenção pode fornecer de forma pertinente uma ferramenta adequada para discriminar entre aprendizes atentos e desatentos; A integração desses resultados em um sistema de tutoria inteligente pode contribuir significativamente para a

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

		dos participantes de acordo com o sistema internacional 10-20 para medição do sinal EEG.	construção do modelo de aprendizagem do aluno e adequação das intervenções motivacionais do tutor.
(Derbali & Frasson, 2010)	Investigar a motivação dos jogadores durante o jogo com um SG, baseado em um modelo teórico de motivação e da colaboração de um dispositivo de EEG.	-Este estudo envolveu 33 participantes, adotando o Modelo Motivacional de Aprendizagem ARCS de Keller durante o SG Food Force, baseado em um instrumento de medida motivacional denominado <i>Instructional Materials Motivation Survey</i> (IMMS); -Os dados eletrofisiológicos foram registrados durante todo o experimento (eletrodos de resposta galvânica da pele, sensor de pulso de volume sanguíneo e sinais de EEG).	- A regressão linear múltipla mostrou a significância estatística dos dados específicos do EEG; -A onda Teta nas regiões frontais e a motivação correlacionaram-se positivamente; - A onda beta alta na região centro-esquerda foi um preditor relevante para um alto nível de motivação, especialmente durante os momentos finais do jogo.
(Emmerich et al., 2016)	Colaborar conceitualmente com a operacionalização e medição de construtos de avaliação para ser uma etapa essencial no processo de desenvolvimento de SG.	-Como um estudo teórico, os primeiros métodos gerais de coleta de dados são introduzidos para dar uma visão geral dos meios disponíveis para avaliar os dados, incluindo ET e EEG; -Diferentes construtos que são relevantes no contexto da avaliação do SG são dirigidos para poderem derivar operacionalizações concretas; -Para cada construção, formas comuns de operacionalização são apresentadas, comparadas e analisadas.	- Medindo as reações fisiológicas ou avaliando o comportamento dos usuários no jogo, os pesquisadores também podem obter <i>insights</i> importantes simplesmente observando-os; -Os dados subjetivos ajudam a encontrar explicações e relações entre o comportamento observável, reações fisiológicas e processos; -A motivação é parte essencial da avaliação do SG; portanto, como esse construto pode ser operacionalizado para medi-lo.

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

(Ferreira & González, 2020)	Apresentar o estado da arte da BSG, com <i>insights</i> da Neurociência, da perspectiva da experiência do usuário, por meio do suporte de dispositivos EEG e ET	-Estudo teórico integrando conceitos e referências relacionados a Jogos de Simulação de Negócios, Neurociência da Aprendizagem e Métodos Fisiológicos e Neurocientíficos de Coleta de Dados como suporte para a análise da experiência do usuário; -O artigo recupera alguns achados cruciais de pesquisas existentes na área e os aproxima do estudo do BSG.	-A utilização de BSGs para a educação como recurso de aprendizagem atualmente possui apenas um viés qualitativo; -As interfaces homem-computador não foram utilizadas em estudos para medir a experiência no BSG; - Pesquisas com simuladores e jogos suportados por interfaces EEG e ET têm mostrado resultados significativos para melhoria do aprendizado, incluindo BSGs.
(Ghali et al., 2014)	Avaliar as respostas fisiológicas das estratégias dos jogadores durante sua interação com um SG, medindo o índice de engajamento usando EEG.	-O estudo envolveu 20 participantes que adotaram o modelo motivacional de aprendizagem ARCS de Keller durante o jogo HeapMotiv; - Os dados do EEG foram registrados usando o dispositivo Emotive Epoc durante o experimento; -Pré-Teste e Pós-Teste foram realizados para comparar o desempenho dos alunos em relação aos conhecimentos apresentados no jogo.	- As estratégias motivacionais têm um impacto positivo no apoio à motivação geral, engajamento e obtenção de alto desempenho; - Os agentes fornecem uma estrutura adaptável para o <i>design</i> de SG e respondem de forma rápida e autônoma a situações de jogo variáveis de acordo com o aluno e acionam a estratégia apropriada.
(Giannakos et al., 2019a)	Apresentar como o esforço mental difere nas fases de um jogo testado para adultos (associado ao <i>design</i>) e a experiência dos usuários, usando dados de EEG.	-Foram capturados a pontuação alcançada para cada sessão do jogo Pacman durante a coleta de dados EEG para cada um dos 17 participantes e todas as sessões. -O participante tiveram aproximadamente 40 minutos para dominar o jogo e atingir a pontuação mais alta possível;	- Aumentar a dificuldade do jogo para jogadores mais experientes ou ajustar o jogo conforme a experiência e o desempenho aumentam, pode ajudar os jogadores a utilizar melhor suas habilidades cognitivas e enriquecer o aprendizado.

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

		- Em particular, os dados de EEG de 20 canais foram registrados de acordo com o sistema internacional 10-20.	
(Gupta et al., 2016)	Explorar o desempenho dos jogadores em um simulador de broncoscopia SG, usando EEG, para analisá-lo como um método consistente para aumentar as habilidades e competências.	-O estudo usou questionários, características de jogabilidade e análise espectral de EEG (com o dispositivo Epoc Emotiv) para explorar recursos de desempenho de 15 jogadores em uma simulação gamificada de broncoscopia; -Os participantes foram divididos em dois grupos de análise com base no desempenho na primeira sessão.	- O desempenho do jogador influenciou a idade, com os mais jovens demonstrando maior aquisição de conhecimento por meio de progressão de nível e avaliação de conclusão; - Os jogos sérios fornecem uma forma digital de aquisição de conhecimento, na 'linguagem' dos nativos digitais; -Mais sessões de treinamento, ao invés de sessões mais longas, seriam mais benéficas.
(Hellianto et al., 2017)	Avaliar o lado ergonômico do jogo relacionado ao <i>design</i> da interface do usuário e à tela do monitor por meio de um estudo de caso com o jogo Battle Arena na perspectiva de um SG.	-A pesquisa envolveu um total de 18 participantes e incluiu métricas de desempenho, <i>Game Experience Questionnaire</i> (GEQ), questionários NASA TLX, Questionário de Satisfação da Interface do Usuário (QUIS) e ET (dispositivo Tobiiipro), usados no campo da ergonomia cognitiva.	- Se o desejado no jogo é ter um tempo de jogo menor, os jogadores completarão mais facilmente os objetivos do jogo se utilizarem uma tela maior (tela de 23 polegadas) com <i>design</i> de interface que tenha o tamanho de um elemento essencial maior; -Se a jogada desejada estiver relacionada ao prazer percebido, os jogadores irão preferir jogar em uma tela maior com elementos de informação maiores.
(Mauricio et al., 2015)	Investigar um SG comercial	-Estudo de um jogo Multiplayer Online Battle Arenas durante o desenvolvimento de uma metodologia de <i>design</i> baseada na	Os resultados parciais identificam algumas tendências:

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

	pode promover o raciocínio hipotético-dedutivo na vida cotidiana.	triangulação de dados multi-nível entre os vídeos do jogo, rastreamento ocular e conversas do jogo; - Estabelece protocolos retrospectivos com pistas, analisando os diferentes processos de raciocínio dos jogadores jogando em um ambiente o mais natural possível.	- Jogadores experientes fazem hipóteses, tanto de maneira consciente quanto inconsciente. Suas hipóteses estão relacionadas ao comportamento do oponente, às intenções do oponente, à localização do oponente e à probabilidade de ocorrência de um evento específico; - Jogadores experientes tentam adquirir mais informações para testar suas hipóteses.
(Tsai et al., 2016)	Usando ET, explorar as diferenças entre os comportamentos visuais dos jogadores de alta e baixa compreensão conceitual e o fluxo do jogo em um SG.	Participaram deste estudo 22 estudantes universitários. Ao jogar um jogo de física, seus movimentos oculares foram registrados por um ET, - Os resultados dos Testes de fluxo e compreensão foram coletados.	-Os jogadores no grupo de compreensão superior demonstraram uma estratégia de leitura de texto eficiente e melhores controles metacognitivos da atenção visual durante as jogadas, e expressaram um nível mais alto de fluxo do jogo.
(Mercier et al., 2021)	Explorar os efeitos da intervenção na carga cognitiva, articulando um modelo de dinâmica de sistemas de aprendizagem com base no desempenho cognitivo, conhecimento, afeto, agentes externos e contexto durante o uso de um SG	-Trinta e seis duplas jogaram um SG Mecanika para aprender física enquanto o EEG duplo (64 canais por cabeça mais a referência e o terra) foi gravado. Enquanto um participante jogava, o outro assistia a uma imagem em tempo real do jogador em uma tela separada. Uma parada de 20 minutos foi estabelecida para cada nível para evitar o desânimo causado por falhas repetitivas;	- A análise de série temporal mostra que a intervenção (jogador ou observador) não afeta a carga cognitiva geral quando a comparação é feita por grupo ou dentro de uma única dupla; - A intervenção não afetou a carga cognitiva instantânea para a vasta maioria das duplas - já que o ambiente de aprendizagem não produz nem mesmo correlações mínimas na carga cognitiva em ambos os participantes vendo a mesma coisa.

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

		- ET, atividade eletrodérmica (EDA) e pulso sanguíneo também foram registrados, mas não relatados.	
(Ninaus et al., 2020)	Investigar o efeito dos elementos do jogo no desempenho comportamental, atenção e motivação usando um dispositivo ET.	-Considerando duas versões da tarefa de estimativa de linha numérica - uma com elementos do jogo (incorporados no SG chamado Semideus) e outra sem, 42 estudantes universitários concluíram as duas versões da tarefa (para localizar frações em uma linha numérica variando de 0 a 1) . Ao mesmo tempo, seu comportamento de fixação ocular foi registrado usando um Tobii 1750 ET (Tobii Technology).	-Os participantes prestaram atenção aos elementos do jogo, embora não tenham necessariamente concluído a tarefa; -Os elementos do jogo parecem chamar a atenção, mas também incrementam os aspectos motivacionais das tarefas de aprendizagem ao invés de diminuir o desempenho; -As diferenças qualitativas observadas no comportamento de fixação também podem se originar de uma maior experiência do usuário e do fluxo.
(Plechawska-Wojcik, 2015)	Apresentar um modelo de dados adaptativo conceitual de <i>design</i> de SG em conformidade com as preferências e habilidades individuais para melhorar o processo de aprendizagem.	-O estudo teórico descreve métodos aplicados relacionando redes Bayesianas, processamento de dados de EEG, reconhecimento de emoções e classificação com base em EEG, ET e outros sinais biomédicos e apresenta um modelo de dados adaptativo.	O modelo de dados inclui os dados biomédicos integrados: -Dados EEG filtrados e processados para determinar o estado do usuário; -Dados ET processados para determinar os pontos de interesse do usuário, fixações e pontos de foco, bem como o tamanho da pupila indicando a excitação / concentração; - Sinais de EEG e dados de ET (tamanho da pupila, taxa de fixação) precisam ser integrados para confirmar o estado do usuário. Por meio deles, emoções como irritabilidade,

Tabela 3.2 - Objetivos, metodologia e principais resultados dos estudos incluídos na RS

			relaxamento, nervosismo e excitação podem ser detectadas.
(Slussareff et al., 2016)	Discutir os aspectos e possibilidades educacionais do SG, descrevendo as principais teorias de aprendizagem para fundamentar o trabalho dos pesquisadores e <i>designers</i> de jogos.	O estudo teórico desenha meta-revisões para oferecer um inventário de aprendizagem conhecida e resultados afetivos em jogos sérios e para discutir métodos de avaliação valiosos para pesquisa e <i>design</i> de SG eficiente, incluindo análise usando EEG; - Diferentes características individuais que parecem estar afetando fortemente o processo de aprendizagem com SG (estilo de aprendizagem, gênero e idade) são discutidas com ênfase no desenvolvimento do jogo.	- O estado emocional é monitorado principalmente em observações de classe ou questionários que nem sempre fornecem dados abrangentes e não podem capturar amplamente o comportamento emocional; - Para medidas fisiológicas ou comportamentais, o ET é um dos métodos mais adequados, pois pode ser coletado durante o jogo; - Pessoas diferentes aprendem e processam informações de maneiras diferentes; é essencial compreender como os alunos reagem a conteúdos e situações específicas.
(Thornton & Turley, 2020)	Descrever um estudo do comportamento do jogador e leituras de EEG enquanto joga o SG Brute Force de segurança cibernética, um jogo de defesa que ensina os jogadores a escolher as senhas.	O experimento com 28 participantes incluiu: - Pré-Teste quanto aos seus conhecimentos e atitudes em relação às senhas; - Um breve tutorial e jogo com ajuste de dificuldade progressiva linear por até 15 minutos, usando o fone de ouvido EEG (dispositivo Emotivo); - Um Pós-Teste para medir quaisquer mudanças nas pontuações do Pré-Teste, junto com um questionário sobre a PX.	Os resultados parciais mostram: - A seleção da senha do jogador (ou seja, escolher uma senha em uma lista) às vezes melhora com o tempo de jogo mais prolongado; - O gráfico de estresse normalizado de EEG mostra que, embora a amplitude pareça menos informativa, a frequência dos picos parece estar muito bem correlacionada à percepção de dificuldade.

Um estudo analisando aspectos de atenção em um jogo de múltipla escolha abordando questões da cultura chinesa (An et al., 2018), apresenta uma nova medida de ET de desempenho em jogos sérios de interação social. A investigação também comprova o uso desse dispositivo para monitorar processos cognitivos específicos e colaborar com resultados mais consistentes para as medidas tradicionais de desempenho no jogo, geralmente qualitativas. Outra contribuição significativa deste estudo diz respeito à relação entre o conhecimento Prévio sobre o tema desenvolvido e a pontuação final do jogo. Isso merece ser testado com BSG considerando que muitos ambientes de simulação de empresas usam o formato de *storyline*⁸.

Uma investigação desenvolveu um modelo de coleta de dados usando um dispositivo de EEG para investigar a conexão de um jogador em um BSG usando métodos de neurociência cognitiva (Biercewicz & Borawski, 2020). Ele mediu as ondas cerebrais em frequências de 0,5-30 Hz e trabalhou com quatro bandas para identificar os comportamentos do participante:

- □ (0,5–4 Hz) para visualizar os níveis de empatia,
- □ (4-8 Hz) para momentos de aprendizagem ou lembrança,
- □ (8-12 Hz) para detectar momentos de relaxamento, ocorre ao fechar os olhos,
- β (12-30 Hz) é dividido em ondas de baixa atividade (12-15 Hz), ondas médias (15-20 Hz) e ondas altas (18-30 Hz),

associando as situações a um aumento de energia, ansiedade, desempenho e concentração. Foi realizada uma pré-pesquisa para identificar que tipo de jogos as pessoas gostam de jogar para se divertir e quais elementos desses jogos devem ser incorporados para desenvolver um jogo econômico que incentive um maior engajamento, servindo como uma referência para o desenvolvimento do BSG. Ainda, no mesmo estudo, outro jogo já disponível no mercado com o mesmo tema será testado como trabalho futuro da pesquisa, para comparar o engajamento dos participantes. A proposta do experimento também inclui o uso do ET para identificar aquilo a que os participantes prestam particular atenção, corroborando a preocupação de utilizar mais de uma técnica de coleta de dados de forma combinada. A proposta de procedimento é iterativa e será repetida até que seja obtido um resultado satisfatório, ou seja, o grau adequado de envolvimento do jogador.

⁸ Termo utilizado para classificar um jogo que se passa como uma história, enredo, narrativa ou fantasia, através de uma estruturação de eventos para que façam sentido e proporcionem a seus usuários um significado ainda não experienciado no mundo real (Luppa & Borst, 2010).

Usando o EEG, a mesma classificação de ondas cerebrais e ainda auxiliada por mapas de calor cerebrais, além de Eletro-oculograma complementar (EOG) e técnicas de respiração, durante uma experiência com SG, um estudo neurocognitivo examinou como os índices psicofisiológicos relacionados à excitação, atenção, motivação e vigilância podem ajudar a esclarecer a probabilidade dos jogadores aprenderem conhecimento declarativo (Cowley & Ravaja, 2014). Foi utilizada a Taxonomia de Bloom⁹ para distinguir os níveis de dificuldade e as respostas Pré e Pós-jogo para medir o valor da aprendizagem demonstrada. Apresentando uma relação entre a assimetria fronto-hemisférica e o nível de atenção para a aprendizagem, os resultados permitiram inferir que aqueles com mais equilíbrio tiveram maior chance de pontuar alto. Essas assimetrias identificadas estão relacionadas aos distratores, mesmo relatadas no questionário final dos participantes. Faz sentido monitorá-los e considerá-los no desenvolvimento de um BSG, em linha com os requisitos de projeto já apresentados nesta RS (Benyon, 2013).

Além disso, no âmbito da análise do estado de atenção em GS, dois estudos incluídos nesta RS utilizando as ondas cerebrais suportadas por EEG e complementadas com outros dispositivos fisiológicos, resultados aproximados da experiência do usuário em tarefas de estratégia com uma teórica modelo de motivação e os seguintes componentes: Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação (ARCS). Em um deles foi incluído o instrumento de medida motivacional denominado IMMS, utilizado para cada missão do jogo para avaliar o elemento motivação e aplicar regressão linear. Os resultados mostraram que a onda teta na região frontal e a onda beta alta na região central esquerda predizem significativamente a motivação dos usuários (Derbali & Frasson, 2010). No segundo estudo, os participantes foram separados em dois grupos no outro estudo para testar a resolução de problemas e o gatilho de alarme em duas estratégias para chamar a atenção. Os resultados apontam que a integração dos resultados em um sistema de tutoria inteligente pode adicionar o modelo do aluno para atender aos objetivos reais do *design* do jogo (Derbali & Frasson, 2011).

Adotando o mesmo modelo de motivação ARCS, uma investigação inclui a coleta de dados de EEG de um jogo desenvolvido especificamente para o experimento (Ghali et al., 2014). Para o SG denominado HeapMotiv, quatro estratégias diferentes foram implementadas para analisar cada

⁹ Instrumento utilizado para apoiar o processo didático-pedagógico, cuja finalidade é auxiliar a identificação e a declaração dos objetivos ligados ao desenvolvimento cognitivo, avaliando as seguintes categorias de domínio do aprendente: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação (Paula et al., 2010).

elemento proposto pelo modelo teórico. O sinal EEG foi convertido por transformada rápida de Fourier e dividido em três bandas:

- Θ (4-8 Hz),
- α (8-13 Hz),
- β (13-22 Hz),

para obtenção do índice de engajamento mental EEG. O experimento também incluiu um Pré- e um Pós-Teste. O resultado mostra o impacto relevante das estratégias motivacionais no nível de envolvimento, refletido no aumento dos índices de atenção e vigilância dos alunos envolvidos. A pesquisa concluiu que a definição de estratégias motivacionais é essencial. Tais estratégias devem se adaptar dinamicamente ao jogo e ter uma estrutura de agentes monitorada e constantemente avaliada por meio de dispositivos de EEG.

O efeito de diferentes *designs* e experiência do usuário final no esforço mental dos alunos durante o jogo ainda é uma questão em aberto. Para o efeito, um estudo investiga "Como o esforço mental difere nas fases do jogo (associado a) e em relação à experiência dos utilizadores" utilizando um dispositivo EEG (Giannakos et al., 2019a) Esta investigação também utilizou a monitorização das ondas cerebrais, categorizada em frequências (α , β , Θ) e estimou o envolvimento e o esforço na realização da tarefa com base nas amplitudes das ondas. Os participantes eram estudantes universitários, conheciam o jogo, mas nenhum deles o haviam reproduzido há pelo menos dois anos. O experimento também usou um filtro para remover o ruído inicial intermitente e os sinais de EEG foram processados com o *software* MATLAB para extrair a densidade espectral de potência, extraída para as seguintes bandas para cada um dos quatro lobos (ou seja, parietal, frontal, temporal, occipital). Os resultados mostram que uma elevação da experiência aumenta os níveis de atenção (α), permite que os jogadores tomem decisões com mais facilidade (β), e tem uma conexão particular com aspectos relacionados ao estresse e memória (Θ). No entanto, não foi identificada nenhuma relação direta entre experiência e desempenho. Com base na análise dos sinais de EEG obtidos, o estudo sugere que embora vários elementos apresentados pelo jogo possam dificultar um início rápido., é possível introduzi-los gradativamente em estágios posteriores do jogo, quando o jogador está em um momento de maior concentração, recuperação de memória mais efetiva e tomada de decisão mais rápida.

Um estudo desenvolvido por (Gupta et al., 2016) explorou o desempenho dos jogadores em diferentes níveis de dificuldade, um simulador de broncoscopia usou questionários, métricas de características de jogo e análise EEG das ondas cerebrais α , β e Θ correspondentes e exportado para análise espectral, utilizando o *software* MATLAB. Este estudo descobriu que a idade

influencia o desempenho do jogador, com participantes mais jovens demonstrando maior aquisição de conhecimento, avaliação de conclusão e menos erros. A análise EEG revelou diferentes perfis espectrais que podem ser responsáveis por variações no desempenho do jogador. Ainda assim, nessa questão, a pesquisa identifica que, embora os imigrantes digitais possam ter mais dificuldade de aprender por meio de jogos sérios, as evidências preliminares sugerem que o SG melhora os resultados do treinamento para nativos digitais. Em termos de regimes de treinamento, mais sessões de treinamento, em vez de sessões de treinamento mais longas, seriam mais benéficas. A pesquisa conclui sugerindo a importância de identificar e compreender os diferentes tipos de usuários de um SG e considerá-los no seu *design*. Esses elementos facilitam o acesso e o aprendizado para imigrantes digitais.

Duas investigações usando ET analisam um SG no formato de arena de batalha com abordagens muito diferentes. Um deles (Helliando et al., 2017) avalia o lado ergonômico do jogo relacionado ao *design* da interface do usuário e tela do monitor, avaliando o cenário da tarefa que precisa ser resolvido, incluindo além do ET, o *Game Experience Questionnaire* - GEQ (IJsselsteijn et al., 2013), Questionário NASA *Task Load Index* - TLX (Hart, 2006) e Questionário de Satisfação da Interface do Usuário - QUIS (Harper & Norman, 1993). O experimento comparou o *design* da interface e o tipo de monitor ou tamanho da tela, medindo a satisfação, a carga de trabalho, a experiência anterior e o desempenho do jogo. Os mapas de calor gerados pelo ET, em conjunto com as demais métricas adotadas para avaliação de desempenho, nos permitiram concluir que se um dos objetivos do jogo é que tendo um menor tempo de jogo, os jogadores completarão mais facilmente esses objetivos se utilizarem uma tela maior (23 polegadas) com um *design* de interface do tamanho de um elemento essencial maior que o tamanho padrão. Outro viés essencial identificado na pesquisa é que *designs* que estabelecem um fluxo de informações incompatível com o fluxo do jogo proporcionarão aos jogadores uma carga de trabalho consideravelmente maior. Essa afirmação foi comprovada a partir da análise dos mapas de calor ao verificar que a propagação do sulco em uma tela de 14 polegadas é mais nítida quando comparada a uma tela de 23 polegadas com uma aparência mais dividida, o que pode estar relacionado à capacidade do ângulo de visão. Esses achados alertam a importância do monitoramento de elementos relacionados à ergonomia de um SG e que o ET pode oferecer suporte significativo nesse aspecto. A outra investigação avalia como o mesmo tipo de jogo pode promover o raciocínio hipotético-dedutivo (Mauricio et al., 2015) A metodologia é baseada em triangulação de dados *multi-design* e multi-nível entre vídeos de jogos e rastreamento ocular. Com o estudo, ainda sem resultados, as gravações dos jogos com dados de ET ficarão em um ambiente natural simulado. Os jogadores podem sentir vontade de jogar um jogo normal em casa enquanto estão em um ambiente

laboratorial (ou seja, usando rastreadores oculares). E pretende-se identificar algumas tendências tanto para o grupo de especialistas como para os novatos, utilizando e desenvolvendo competências cognitivas para propor um novo modelo de aprendizagem que possa ser utilizado para o *design* de BSG.

A aprendizagem baseada em jogos foi analisada pela tecnologia ET para explorar as diferenças entre comportamentos visuais dos jogadores de alto e baixo conceito e fluxo do jogo (Tsai et al., 2016). O experimento inclui um Pré-Teste para medir os conceitos teóricos dos participantes para dividir os participantes em dois grupos, e a tela do SG foi dividida em seis áreas de interesse (*Area of Interest* - AOI) a serem analisadas pelo dispositivo de ET. A partir da análise dos mapas de calor, os achados sugerem a importância de compreender e monitorar os usuários em grupos de compreensão conceitual para propor elementos para um *design* de jogo que fornece uma experiência melhor para todos os usuários. Outra contribuição da medida de ET é que as porcentagens de contagem e duração são um indicador significativo para a experiência de fluxo em SG.

Empregando uma metodologia e protocolo inovadores, um estudo articula um modelo de dinâmica de sistemas de aprendizagem com base em uma arquitetura cognitiva preditiva ao inter-relacionar seis módulos: agentes externos, conhecimento, desempenho, afeto, cognição e contexto, explorando o efeito da agência na carga cognitiva de um grupo de díades (1 observador e 1 jogador) jogando um SG para aprender física, enquanto o EEG duplo (64 canais) foi gravado para todos os participantes (Mercier et al., 2021). Como parte de um estudo mais extenso, ET, atividade eletrodérmica (EDA) e pulso sanguíneo também foram medidos, no entanto, esses resultados não são apresentados no artigo. Os resultados parciais do estudo apontam que a agência (o fato de ser um jogador ativo ou um observador passivo) não tem efeito sistemático sobre a quantidade total de carga cognitiva. Isso significa que a carga cognitiva total e instantânea em um determinado episódio de aprendizagem, embora flutue diferentemente ao longo do tempo entre os alunos dentro de uma díade, se acumula uniformemente, independentemente da agência. No entanto, uma limitação do trabalho é que não foi realizada uma coleta de dados para adicionar comparações potenciais ao conjunto de dados atual, por exemplo, usando o mesmo SG com mais interação dentro da díade, para avaliar a representatividade de um ambiente de aprendizagem colaborativa autêntica.

Outro estudo que apresenta aspectos de interesse e motivação em uma experiência de gamificação desenvolveu um experimento analisando duas versões da tarefa de estimação de linha numérica: uma com elementos de jogo e outra sem (Ninaus et al., 2020). Durante o teste, os

participantes completaram ambas as versões da tarefa, enquanto um ET registrava seu comportamento de fixação ocular, e o número e a duração das fixações eram registrados. A exibição do jogo e a condição de não jogo foram subdivididas em diferentes AOI para organizar os dados coletados. Questionários foram usados para avaliar os aspectos motivacionais após cada condição e categorizar a experiência de fluxo. Os resultados mostraram diferenças na atenção seletiva. Foi possível identificar o comportamento de fixação ocular, sem alterações no desempenho entre a condição de jogo e sem jogo, e uma experiência de fluxo mais significativa em tarefas com elementos de jogo. De forma geral, os resultados mostram que o ET contribui significativamente para explorar a atenção dos usuários quanto aos elementos que um jogo apresenta, que não teriam sido identificados de forma tão clara se analisados apenas a partir dos questionários post-hoc convencionais.

Para analisar o comportamento do jogador em um jogo de cibersegurança, um artigo usou leituras de EEG com um Pré- e Pós-Teste de conhecimento e opiniões dos alunos sobre a consciência de segurança da informação e percepção de imersão para ajudar a identificar quais leituras serviriam como mais indicativas da percepção de dificuldade de um jogador (Thornton & Turley, 2020). Os resultados parciais da investigação ainda não apresentam os achados com o dispositivo EEG. No entanto, os objetivos do estudo incluem estabelecer uma relação entre estresse e atenção que permita otimizar os recursos do SG para que seus usuários permaneçam no estado de fluxo por mais tempo, melhorando sua experiência e, possivelmente, resultados de aprendizagem.

Os estudos teóricos incluídos nesta RS apontam várias contribuições no estudo da BSG ou SG relacionadas ao EEG e TE. Um deles é estabelecer *insights* sobre como usar melhor o ET para SG para melhorar a experiência de aprendizado. Como uma revisão sistemática da literatura, a investigação destaca seis outros temas emergentes desta análise (Blignaut, 2015). O estudo aponta a importância do uso do ET como suporte ao *design* do jogo, visto que esse dispositivo pode auxiliar na identificação de modelos de aprendizagem e características individuais do usuário. Outros benefícios dos testes com esse dispositivo estão relacionados ao melhor planejamento do controle do jogo pelo aluno (usuário), deliberar sobre as informações do jogo e a importância de utilizá-las em conjunto com protocolos complementares de avaliação do usuário.

Outra investigação descreve e discute a medição de construtos de avaliação e operacionalização como parte do processo de projeto SG (Emmerich et al., 2016). A discussão é permeada por diferentes metodologias e indica mensurações fisiológicas, incluindo EEG e ET, para avaliar indicadores relacionados ao uso de recursos mentais e atenção pelos jogadores.

Orientando vantagens e desvantagens, o estudo inclui outras práticas de medição, incluindo autorrelato, observação e métricas de jogabilidade, sem descartar nenhuma delas. E, ao contrário, recomenda que mais de uma ferramenta seja utilizada para posterior cruzamento de dados, permitindo um resultado mais preciso. Ainda, visando colaborar com melhores avaliações em SG, é apresentada uma visão geral das taxonomias e questionários. Isso pode ser aplicado dependendo do conceito que se pretende avaliar, relacionado às competências e habilidades fornecidas ou não ao jogador pelo jogo.

Um estado da arte da modelagem BSG suportada por interfaces homem-computador, mais precisamente no uso de ET e EEG, destaca que os estudos já realizados em outros segmentos podem ser transferidos diretamente para ambientes de simulação de negócios (Ferreira & González, 2020). Usados sozinhos ou em combinação, esses dispositivos desvendam mecanismos cognitivos e comportamentais complexos na experiência humana com as tecnologias digitais. Por exemplo, as contribuições das investigações de EEG, para monitorar a eficácia do aprendizado de simuladores de procedimentos médicos e ET no controle da atenção à publicidade e na criação de sistemas de referência, podem ajudar a criar modelos de experimentação BSG, considerando os poucos estudos quantitativos na área.

Outra abordagem teórica estabelece um modelo de dados adaptativo conceitual dedicado ao SG. O modelo aplica indicadores e estímulos biomédicos que afetam a capacidade de aprendizagem e concentração, considerando as preferências e habilidades individuais do aluno (Plechawska-Wojcik, 2015), usando:

- ET para medir a concentração e dispersão da atenção visual, caminho de varredura, carga cognitiva dos usuários;
- EEG para medir a concentração, envolvimento, fadiga, emoções e carga cognitiva dos usuários;
- Equipamentos fisiológicos para analisar o comportamento dos usuários, por exemplo, o nível de estresse.

A metodologia proposta possui uma alta dimensionalidade de variáveis. Permite o cruzamento de dados das diversas ferramentas utilizadas de forma integrada para fornecer informações valiosas no desenvolvimento e implementação do SG.

Uma discussão sobre os aspectos e possibilidades educacionais do SG descreve as principais teorias para fundamentar o trabalho dos *designers* de jogos por meio de um inventário de aprendizagem conhecida e resultados afetivos neste tipo de jogo (Slussareff et al., 2016). É apresentado uma análise da importância das características relevantes identificadas em estudos

recentes sobre aprendizagem com jogos, a investigação faz uma visão geral dos seguintes elementos pertinentes identificados em estudos sobre aprendizagem com jogos: estilos de aprendizagem, gênero, idade e alfabetização em jogos no senso de prever como os alunos irão reagir a conteúdos, tratamentos e situações específicas do jogo. Os resultados cruciais mostram que o estado emocional é monitorado em sala de aula, questionários diretos, ou que nem sempre são capazes de fornecer informações abrangentes e, em grande parte, não são capazes de registrar a experiência emocional. Porém, medidas fisiológicas ou comportamentais, como ET ou condutância da pele, são apontadas como os métodos mais adequados, pois podem ser coletadas em tempo real durante o jogo. Para garantir que um jogo seja eficaz em ajudar quem aprende a atingir os objetivos propostos, é fundamental considerar como o conteúdo de aprendizagem é incorporado em seus elementos e etapas. Nessa perspectiva, esta investigação contribui para afirmar que os dispositivos de medida fisiológica são elementos cruciais no processo de projeto de um SG, assim como os demais estudos teóricos selecionados e abordados nesta RS.

Complementando a análise dos resultados, deve-se notar que todos os experimentos completos considerados nesta RS utilizaram dispositivos de EEG de diferentes marcas e modelos. Porém, seguindo o padrão internacional de disposição dos eletrodos, e não relataram problemas ou dificuldades quanto à medição e precisão dos resultados obtidos. Um fator que limitou o nível de interpretação da função cerebral em alguns estudos foi o número de eletrodos usados (que variou de 3 a 64). Sobre o rastreamento ocular, todos os experimentos com ET usaram diversos modelos da marca Tobii (óculos ou fone de ouvido), porém, com a mesma tecnologia de infravermelho próximo dos óculos. Nenhum estudo também relatou problemas ou desvantagens no uso do equipamento.

Com a consolidação do EEG e ET no mercado, essas tecnologias vêm se aprimorando. Sensores de atividade cerebral (EEG) são frequentemente suscetíveis. Todos os experimentos de EEG incluídos nesta investigação relatam filtros modernos para lidar com ruídos e artefatos. O mesmo acontece para dispositivos ET, que por sua vez oferecem ferramentas de correção de deslocamento de olho. Nos estudos práticos selecionados nesta RS, as medidas de monitoramento contínuo do estado mental do usuário e fixações e sacadas mostraram-se muito relevantes na identificação da satisfação do usuário em cada etapa do jogo, destacando mudanças no estado comportamental do usuário (como falta de atenção) e a ocorrência de estados desejados (como fluxo). As referidas interfaces mostram-se efetivamente importantes em propor elementos para o desenvolvimento, apresentação e níveis de dificuldade do jogo com essas dicas.

Outro aspecto a ressaltar é o fato de os usuários não reportarem desconforto nos testes é que essas tecnologias, embora não invasivas, têm se preocupado em serem cada vez mais "invisíveis", permitindo que os jogadores se concentrem exclusivamente no jogo. Isso não exclui a preocupação de estudos relacionados aos aspectos ergonômicos, também identificados neste trabalho.

Esta RS apresenta contribuições teóricas e práticas para a implementação de uma estrutura para monitorar a experiência do usuário com BSG por meio de dispositivos de ET e EEG. Essas medidas foram escolhidas porque são duas interfaces homem-máquina reconhecidas e acessíveis para identificar elementos de *design* significativos para habilidades e competências. Esta investigação conseguiu reunir pesquisas existentes que contribuem para valorizar a informação mental e visual do usuário como fonte de dados, durante a fase de aquisição de habilidades ao jogar um SG, destacando-as como componentes fundamentais para a definição de um sistema interativo. Uma grande preocupação observada nos estudos selecionados está relacionada à busca por elementos do jogo que proporcionem motivação e engajamento do usuário, por meio da identificação de momentos em que a sobrecarga cognitiva leva a falhas de desempenho e declínio de habilidades. Nesse sentido, a contribuição teórica advém dos resultados dessas investigações em que o rastreamento ocular e as medidas de EEG foram implementadas com sucesso para fornecer esta avaliação, permitindo um *feedback* mais preciso para atuar na identificação de erros e acertos no projeto de um jogo, e que são perfeitamente aplicáveis ao BSG. Esta revisão analisa as investigações científicas existentes que abordam conceitos e práticas utilizando recursos tecnológicos no *feedback* em simulações e jogos sérios, preenchendo a lacuna atual nos estudos quantitativos com BSG, para ir além dos resultados obtidos do ponto de vista de seus usuários. As contribuições práticas desta RS acontecem a partir do momento em que, ao compreender as estruturas e metodologias já validadas em estudos equivalentes com outras ferramentas de aprendizagem, é possível replicá-las ou adaptá-las ao BSG, reduzindo etapas experimentais. Ao adotar tais sensores fisiológicos que permitem a identificação de fatores de usabilidade (positivos e negativos) em tempo real e jogabilidade contínua, permitirá que os *designers* de BSG melhorem a qualidade do conteúdo rapidamente, sem recorrer a procedimentos complexos e alto nível de usuário custo de classificação, que nem sempre fornece subsídios claros e específicos.

Dados da literatura fornecem fortes evidências para o papel da análise de SG, incluindo BSG, apoiada por interfaces homem-computador, principalmente ET e EEG. Todos os experimentos e metodologias revisadas mostraram-se promissores e foram capazes de obter modelos de alta qualidade da experiência do usuário neste tipo de jogos de aprendizagem. Múltiplas tendências surgem entre as pesquisas: as experiências de EEG relacionando os resultados com a idade dos participantes contribuíram com razoável precisão para concluir que aqueles que não se encaixam

como nativos digitais têm níveis mais baixos de cognição e memória e que isso pode tornar difícil entender o jogo e, conseqüentemente, reduzir o nível de aprendizagem esperado. Já testes com ET mostram como os resultados para a duração e número de fixações podem ser excelentes indicadores de esforço mental.

Na busca por possíveis conexões entre os estudos selecionados, o que chama a atenção é o uso recorrente do termo *performance*. Ao analisar este ponto comum, fica claro que é um guia para investigações que estabelecem relações entre as medições fornecidas pelos sensores (ET ou EEG) durante a realização do jogador e seu resultado real no jogo. Ao mesmo tempo em que comprovam a aplicabilidade dos instrumentos de medição no monitoramento da experiência dos usuários com o SG, essas pesquisas apontam contribuições para o desenho desta ferramenta de aprendizagem. Em cada estudo, a metodologia adotada busca comprovar, com os resultados obtidos, aspectos como nível de atenção, esforço mental, grau de estresse, nível de aprendizagem, percepção de dificuldade, fluxo, concentração, satisfação, motivação, estratégia de resolução de problemas e fadiga. Em qualquer aspecto (s) abordado (s) pelas investigações, destaca-se que a detecção dos sinais ocorre de forma relativamente simples e em tempo real, o que reduz significativamente a possibilidade de erros ou resultados inconsistentes. A geração de dados durante o jogo completo, possibilitada por esses modelos de dispositivos de coleta de dados não invasivos, também é uma característica de todas as investigações experimentais selecionadas nesta RS que devem ser adotadas em experimentos com BSG. Monitorar como o jogador se comporta ao longo do tempo em diferentes níveis de dificuldade, fases, telas e mudanças de estado oferecidas pelo jogo fornece dados comparáveis que levam a conclusões muito consistentes. Esses resultados permitem estabelecer efetivamente quais elementos do jogo influenciam na aquisição e retenção de conhecimentos e habilidades.

A principal limitação da RS foi a pequena quantidade de pesquisas relacionando dispositivos de ET e EEG para subsidiar a análise da experiência do usuário do BSG, razão pela qual a inclusão de estudos foi adaptada para considerar resultados semelhantes obtidos com jogos sérios em geral, buscando trazer contribuições ainda mais juntos. Entretanto, o estudo não contemplou o uso de HEG, pela falta de pesquisas com a interface.

Uma questão que pode, à primeira vista, se apresentar como uma restrição no escopo do estudo, é o fato de esta pesquisa ter centrado sua abordagem no uso do ET e do EEG como interface de monitoramento. Nesse aspecto, é importante resgatar o *background* teórico desta RS, que já aponta essas duas técnicas como as mais recomendadas. Além disso, ao aprofundar a leitura dos 19 manuscritos selecionados, percebe-se nas investigações que incluem mais de uma interface em

sua metodologia, que o ET e o EEG são sempre as principais fontes de coleta de dados, e o(s) demais(s) dispositivo(s) desempenham um papel complementar. Essa percepção é relevante para esclarecer que outros sensores e tecnologias podem contribuir para esse campo, mas também é importante focar em técnicas que efetivamente apresentem resultados mais representativos. Ao resgatar essas pesquisas que abordam metodologias e tecnologias de sensoriamento na análise da experiência do usuário, cientificamente consolidadas, espera-se criar uma referência consistente para aprofundar os estudos com o BSG.

Se as técnicas de ET e EEG individualmente apresentam contribuições relevantes para estudos com BSG, utilizando esses dispositivos fisiológicos de forma integrada, ou qualquer uma das duas com outros equipamentos de coleta de sinais fisiológicos, ainda podem oferecer mais qualidade às pesquisas em *design* de jogos. O mesmo vale para a combinação de métodos de avaliação qualitativa, como Pré- e Pós-Testes, questionários para avaliar os níveis de conhecimento e o perfil psicológico e emocional. Isso pode contribuir significativamente para esse entrelaçamento de informações a partir do momento em que entendemos melhor o usuário, o que ele conhece e percebe sobre as questões do jogo, o tema tratado, aspectos emocionais, entre outros. Trabalhar com resultados múltiplos, quantitativos e qualitativos - seja comparando-os ou combinando-os para desenvolver um modelo híbrido, é uma excelente alternativa na busca de construtos que possam auxiliar no desenho e aprimoramento de SG.

Embora as técnicas de EEG e ET contribuam efetivamente para o processo de pesquisa de SG, conhecer os diferentes modelos de aprendizagem e definir qual deles usar é um passo inicial significativo para entender quais características do usuário serão monitoradas e para definir o protocolo correto e mais adequado de experimentação para o jogo em questão. Em geral, compreender como a cognição dos jogadores é processada e monitorar o fluxo, a atenção e a motivação durante os diferentes momentos e fases do jogo são mostrados como elementos-chave nas investigações desta RS. Usando todo esse conhecimento, alguns desses estudos mostram que experiência anterior e desempenho não têm relação, destacando a importância do tutorial ou manual que nivela o conhecimento necessário para as tarefas propostas pelo jogo.

A RS também indica o desenvolvimento de pesquisas experimentais monitorando a experiência do usuário especificamente com BSG, por meio de dispositivos de EEG e ET, visando contribuições equivalentes às obtidas em investigações com outros tipos de jogos e simuladores incluídos nesta RS. Obviamente, um BSG fornece elementos de *design* específicos para o tema de negócios que precisarão ser considerados na elaboração de um modelo de experimentação e na definição dos destaques e elementos da coleta de dados. É importante ainda ressaltar que qualquer

investigação com BSG suportada por sensores fisiológicos não deve esquecer de considerar pesquisas qualitativas sobre percepção do usuário, pois como também ressaltado nesta RS, testes comportamentais antes e após a oferta do experimento, percepções significativas cruzando-as com dados obtidos com ET, EEG e outros dispositivos fisiológicos complementares, fornecem uma fonte de informações muito consistente.

3.5 Atualização da Revisão Sistemática

A RS apresentada nesta tese considerou o período inicial da pesquisa às referências até junho de 2021, no sentido de manter a fidelidade ao artigo decorrente do estudo publicado em revista no segundo semestre do mesmo ano (Ferreira et al., 2021). No entanto, como forma de identificar possíveis novas contribuições científicas relacionadas ao tema, optou-se por atualizar a pesquisa no período subsequente até a data de 31 de julho de 2022, mantendo os mesmos critérios iniciais de busca definidos no item 3.1.

Após consulta nas cinco bases de dados no novo período, para todas elas, o único artigo que atende todos os requisitos de pesquisa é exatamente a RS apresentada neste capítulo e publicada em periódico científico, conforme já relatado. Além desse resultado, e já desconsiderando-o, as buscas que efetivamente retornaram novas referências foram:

- I) Para o Critério SG+EEG+LRN: 2 resultados semelhantes nas bases IEEE, SCOPUS e WOS, entretanto um deles caracteriza-se como um estudo aplicado ao *neurofeedback*, e apenas um artigo foi selecionado;
- II) Para o Critério SG+ET+LRN: 1 resultado na base IEEE e 2 resultados semelhantes nas bases SCOPUS e WOS, entretanto por serem estudos com jogos adaptativos e *neurofeedback*, nenhum artigo foi selecionado;

Concluída a seleção e definição da elegibilidade dos documentos identificados, o único artigo incluído foi o seguinte:

- Referência: (Babusiak et al., 2021);
- Objetivos: investigar e analisar a atividade cerebral dos sujeitos durante um Jogo Sérioso, empregando análise de tempo-frequência, e verificar se a proporção beta/alfa é um indicador valioso da resposta do cérebro aos jogos, inclusive com dificuldade crescente;
- Metodologia/Técnica: Monitoramento do desempenho de um jogo sério com 21 participantes, para aprendizagem de postas lógicas através de um dispositivo EEG com 19 eletrodos (BIOPAC). Análise do espectrograma com MATLAB a partir das mudanças da

atividade cerebral em uma banda de frequência característica durante a experiência de jogabilidade;

- Principais resultados: Após a divisão dos participantes em três grupos de acordo com a atividade específica de EEG, foram identificadas mudanças durante o jogo em comparação com um estado relaxado. A razão beta/alfa, um indicador do emprego da capacidade cerebral para uma tarefa mental, foi aumentada durante o jogo em 18 dos 21 participantes do experimento.

O artigo apresenta que a atividade beta não depende do nível de dificuldade para todos os sujeitos examinados. Outro resultado importante é que a razão beta/alfa, como um indicador confiável de concentração ou relaxamento do cérebro, foi aumentada em quase todos os indivíduos examinados. Os resultados obtidos mostraram claramente que um jogo sério baseado em exercícios de lógica, aumenta a ativação cerebral do jogador e, consequentemente, suas habilidades cognitivas, apontando o seu benefício tanto para implementação no processo educativo, quanto na criação do próprio jogo.

Apesar das contribuições apresentadas, a pesquisa conclui que os resultados são muito individuais e que novas pesquisas devem se concentrar no aumento dos participantes, no entanto, entende-se que existem outras questões que também podem contribuir para agregar valor aos resultados e que não necessariamente precisam estar vinculadas ao tamanho da amostra. Em linha com a proposta dessa investigação, um estudo utilizando mais de um dispositivo de coleta humano-computador, e também através de uma metodologia mista, considerando as percepções do jogador, poderiam proporcionar um cruzamento de informações importantes para a definição dos grupos comportamentais estabelecidos, inicialmente definidos somente com dados obtidos a partir do sinal EEG.

4. METODOLOGIA

Considerando os componentes adotados para a formulação teórica do modelo PBP proposto, a metodologia adotada para sua validação experimental considerou uma abordagem mista com geração de dados quantitativos e qualitativos, definida como a verificação e comparação de dados obtidos por meio de diferentes informantes, por meio de diferentes instrumentos de coleta, aplicados em momentos distintos (Denzin et al., 2006), pois usando o método múltiplo, é possível misturar, inverter e explorar diferentes tipos de dados para melhor compreender o evento em estudo. Embora muitas questões ou problemas sejam de um tipo que pressupõe uma forma de pesquisa (qualitativa ou quantitativa) em vez de outra, nem todos os problemas impedem abordagens múltiplas e alguns se prestam positivamente ao uso de uma abordagem mista (Lankshear, Colin Knobel, 2008), que foi o caso desse estudo que considera uma composição de dispositivos biométricos e questionários de autopercepção, para a prospecção e análise de informações.

A coleta de dados foi realizada com alunos e professores dos cursos de engenharia em duas instituições de ensino e, portanto, caracteriza-se como um estudo de caso (Yin, 2015). Ao total, participaram da pesquisa 10 voluntários do Brasil e 10 voluntários da Espanha, divididos em duas coletas, descritas especificamente em 6.1 e 6.2. O tamanho da amostra, inicialmente considerado pequeno, é justificado pela complexidade do experimento e, com base em outros estudos. Uma revisão bibliográfica afirma que os dispositivos psicofisiológicos fornecem de uma maneira objetiva, contínua, em tempo real, não invasiva, precisa e sensível, uma excelente avaliação da experiência de jogo sem obrigatoriamente envolver testes com muitos jogadores (Kivikangas et al., 2011). O referido estudo é contextualizado com experimentos que apresentaram resultados consistentes promovidos com um mínimo de até 5 participantes (Kivikangas et al., 2011).

Para atingir os objetivos da investigação completa, as seguintes etapas foram realizadas para a execução dos experimentos:

- Proposta do modelo experimental PBP para análise da PX durante o uso de BSG;
- Identificação de tipos de BSG existentes, análise de suas características, e posterior seleção do jogo mais viável e adequado para os experimentos;
- Seleção dos dispositivos biométricos para aquisição de dados, considerando a sua disponibilidade para a realização do experimento nas duas coletas definidas (Brasil e Espanha);
- Aquisição de dados na Espanha e Brasil. Para cada experimento foram utilizados dois dispositivos biométricos, de forma sincronizada, complementado com questionários Pré- e

Pós-Teste;

- Processamento de imagens e dados para o BSG avaliado de acordo com os instrumentos utilizados em cada experimento;
- Validação do modelo PBP proposto, à luz da Neurociência, em cada um dos experimentos;
- Identificação das contribuições do modelo PBP como referência para o desenvolvimento e aprimoramento de novos ambientes virtuais de aprendizagem de negócios.

4.1. Caminhos percorridos para a construção da metodologia

A consolidação do modelo PBP e a sua validação só foi possível a partir dos experimentos prévios que foram sendo desenvolvidos no decorrer da investigação, após a imersão teórica, possibilitando a definição de uma estratégia metodológica consistente e viável. Assim, vários testes com diferentes instrumentos para a coleta e análise de dados possibilitaram a identificação de erros e acertos, vantagens e desvantagens, possibilidades e limitações, além de contribuir para a organização do tamanho e perfil da amostra, locais e estrutura necessária para a execução dos estudos de caso. A imersão teórica e a avaliação de outras pesquisas teóricas e experimentais correlatas com o tema também contribuíram significativamente durante essa etapa.

Em consonância com a definição dos instrumentos de coleta, a pesquisa dedicou-se na seleção de um SG que se caracterizasse dentro domínio dos jogos de simulação de negócios (Greco et al., 2013) e, ao mesmo tempo, atendesse aos critérios de viabilidade para sua execução de acordo com o experimento proposto por conta de questões como tempo de duração da atividade, execução on-line *versus* off-line, uso individual *versus* coletivo. Esses e outros aspectos foram considerados tanto pelas limitações dos dispositivos biométricos utilizados em cada experimento, *hardware* necessário *versus* disponível, e até a preocupação com o bem-estar do participante durante a experiência e possíveis interferências nos resultados. Outra preocupação ainda foi a de encontrar um BSG que apresentasse versões que pudessem ser aplicadas tanto no Brasil quanto na Espanha.

I. Experimento Teste 1 – Brasil e Espanha: O armazém atacadista Anylogic

Foi escolhido um simulador desenvolvido pela empresa Anylogic¹⁰, disponibilizado em

¹⁰ Página web Anylogic: <https://www.anylogic.com/>

versão gratuita para uso acadêmico. O modelo denominado 'Armazém Atacadista' (*Wholesale Warehouse*) simula um ambiente logístico, recebendo mercadorias em grandes volumes, armazenando-as e distribuindo-as ao varejo, representado na Figura 4.1.

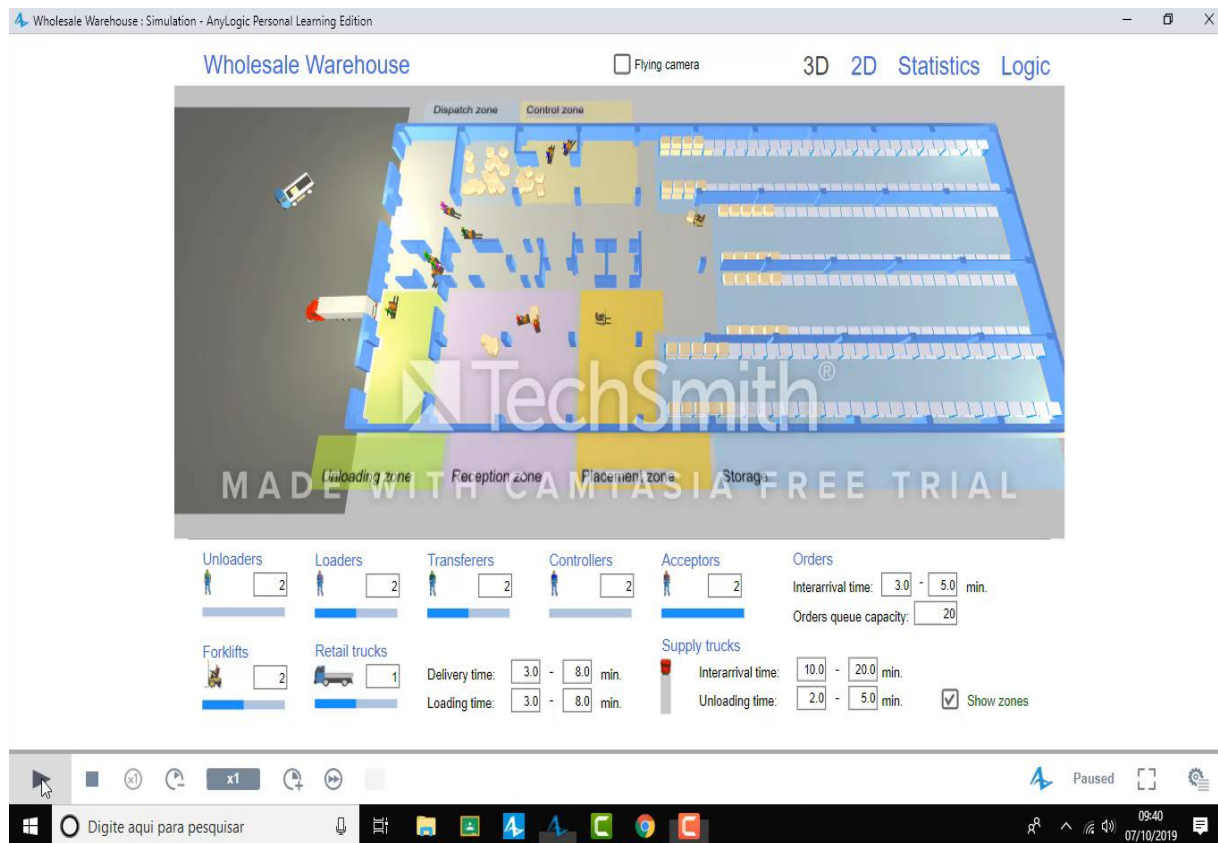


Figura 4.1- Tela do ambiente do BSG Wholesale Warehouse AnyLogic

Fonte: <https://www.anylogic.com/>

Para a coleta de dados no Brasil, foi utilizado o dispositivo Actichamp (EEG1), um sistema amplificador modular que integra vários componentes finais para análise de sinais EEG. O equipamento possui um módulo de 32 canais em combinação com os eletrodos ActiCap, que é uma touca colocada no couro cabeludo, que possui os canais expostos na norma internacional 10-20, onde são inseridos 32 eletrodos para obtenção dos dados. Os eletrodos possuem LEDs integrados, que indicam a qualidade da transição da corrente de resistência do eletrodo através da medida de Impedância, por meio de cores: vermelho (Maior que 60kOhm), amarelo (entre 25 a 60kOhm) e verde (Inferior a 25kOhm), sendo essa última a ideal para a aquisição de sinais cerebrais. Os sinais adquiridos por meio dos eletrodos e sensores são amplificados, digitalizados e depois transferidos para o computador por meio de uma entrada USB, através da plataforma

OpenVibe¹¹, que consiste em um conjunto de módulos dedicados à aquisição, Pré-processamento, processamento e visualização da atividade cerebral (online ou offline), permitindo que os dados sejam posteriormente analisados (Bastos et al., 2016). Este equipamento foi disponibilizado pelo Laboratório de Simulação Socioambiental (LAMSA), da FURG - Brasil.

Para a coleta de dados na Espanha foi utilizado o dispositivo Tobii X60 Eye Tracker (ET1). Este equipamento registra o movimento dos olhos a 60 Hz (60 vezes por segundo) usando um rastreador de reflexão da córnea conectado a um computador. O software Tobii Studio¹² é usado para gerenciar gravações durante uma tarefa e para gerar métricas de aparência. O filtro Tobii Fix foi usado onde uma correção é definida como o movimento dos olhos abaixo do limite de velocidade de 0,42 pixels / ms. Um movimento acima dessa velocidade é definido como empate. Para determinar a atenção a cada parte da tela, as AOI foram estabelecidas usando uma ferramenta de desenho retangular. Este equipamento foi fornecido pelo Laboratório de Engenharia Informática e de Sistemas (LAB I3MA), ULL-Espanha.

A primeira coleta foi realizada com o dispositivo EEG1 no Brasil, com 2 alunos do curso de Engenharia. Uma segunda coleta foi realizada com o ET1 na Espanha com 3 alunos também dos cursos de Engenharia. A coleta de dados foi limitada a 15 minutos, onde os voluntários tiveram tempo para se familiarizar com a situação proposta em até 5 minutos e o restante do tempo foi utilizado para usar o simulador para desenvolver a atividade proposta de resolver o problema de desequilíbrio entre entrada e saída de mercadorias para evitar superlotação no armazém. Ambas as coletas também foram acompanhadas de um questionário Pré- e Pós-Teste.

Através da ferramenta de análise OpenVibe, foram gerados os mapas de calor obtidos com o EEG1 em momentos de maior ativação cerebral na fase intermediária, considerada a mais crítica do Teste realizado pelos 2 participantes brasileiros (denominados PB1 e PB2), conforme exemplo representado na Figura 4.2 de um dos voluntários. Resumidamente, apoiado pela representação neurocientífica das funções cerebrais utilizada como referência (Lent, 2001), identificou-se que os participantes recorreram principalmente às regiões localizadas no lobo frontal: responsáveis pelas funções de memória operacional de objetos e memória espacial; atenção visuoespacial; raciocínio figurativo e analítico. Já os mapas de calor dos os momentos de maior ativação cerebral próximos ao final da tarefa, os participantes recorreram principalmente às regiões localizadas no lobo

¹¹ Página web Openvibe: <http://openvibe.inria.fr/>

¹² Página web Tobii Studio: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-studio/>

occipital e parietal: responsáveis pelas funções de percepção de movimento; percepção de velocidade; visão analítica; atenção visuoespacial (em conjunto com o lobo frontal). Ao mesmo tempo as regiões localizadas no lobo frontal estavam visivelmente menos ativadas em relação às etapas anteriores de utilização do simulador, visto que os participantes foram informados que o tempo estava se encerrando e que não poderiam mais promover mudanças significativas.

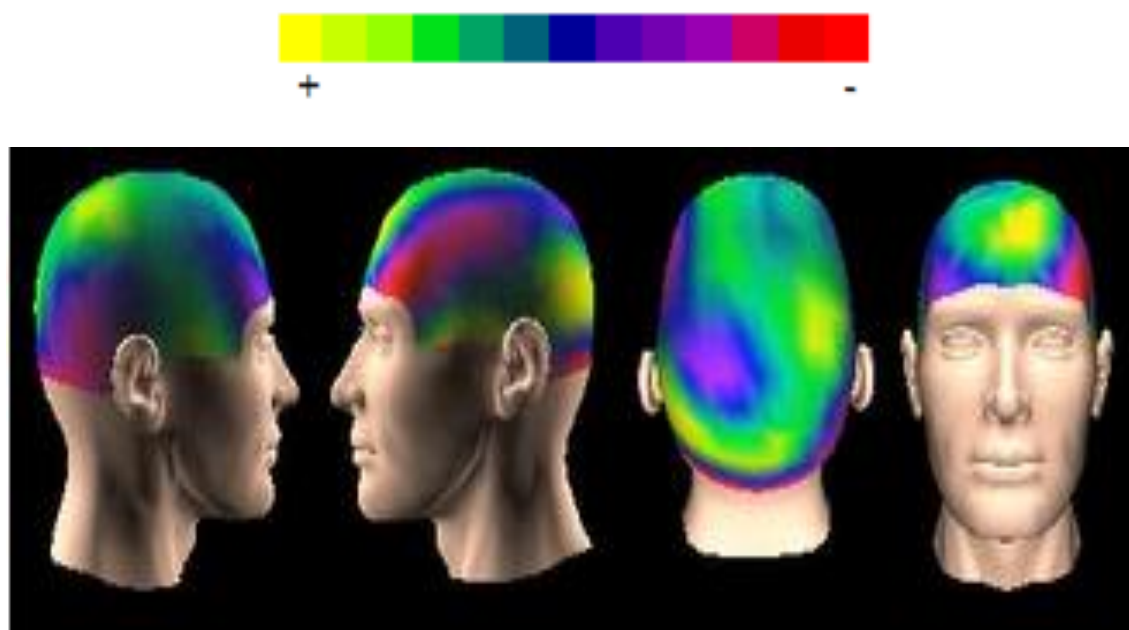


Figura 4.2- Mapa de calor EEG1 do participante PB1 durante o tempo intermediário da tarefa

Fonte: o autor

Os mapas de fixação/sacada gerados com os 3 participantes espanhóis (denominados PE1, PE2, PE3), para o mesmo Experimento Teste 1, mas utilizando o dispositivo ET1 para coleta de dados, mostraram que dois deles focavam principalmente nas imagens, e que a área da tela em relação às variáveis ajustáveis do simulador, que tiveram um interesse significativamente baixo pelos participantes, conforme exemplo representado na Figura 4.3. O participante que obteve melhor desempenho na simulação conseguiu equilibrar sua fixação em vários pontos da tela e definiu uma estratégia mais eficiente para a resolução do problema. O mapa de calor de um dos participantes mostra que ele nem mesmo viu alguns trechos da tela de configurações, o que se justifica, ao relatar no questionário Pós-Teste, que ele não entendeu o uso de um recurso explicado no tutorial.



Figura 4.3 - Mapa de calor ET1 do participante PE1 durante o tempo intermediário da tarefa
Fonte: o autor

Os resultados obtidos com os sinais de EEG1 permitiram identificar que o BSG, devido às suas características construtivas e de *design*:

- Favoreceu a aquisição e evocação de conteúdos, identificados através da atividade de lobo frontal, representando áreas ligadas à memória e ao raciocínio figurativo e analítico, principalmente na fase de construção da estratégia a ser adotada no jogo pelo participante;
- Possibilitou a interatividade constante, promovendo ações que exigiam percepção de movimento e velocidade, visão analítica e atenção visuoespacial, ativando áreas do lobo occipital e parietal, de forma mais intensa na fase final do jogo, quando a tomada de decisões com rapidez e eficiência são essenciais para sucesso na tarefa.

O mesmo experimento com o ET1 permitiu identificar, por meio do monitoramento do rastreamento ocular, que o BSG forneceu uma formulação de estratégias individuais e diferenciadas que levam ao sucesso, estimulando a criatividade e a atenção dos participantes.

A partir da análise dos 5 questionários (Brasil e Espanha), juntamente com os dados de EEG1 e ET1 registrados a partir da experiência do usuário do BSG, observou-se que:

- Nenhum dos voluntários possuía grande conhecimento ou experiência profissional na área de logística, mas todos acabaram estabelecendo estratégias válidas para resolver o problema proposto, o que nos permite inferir, quando associado à rápida familiarização

com o simulador e cérebro e ocular ativação, que o conhecimento prático na área não é fator preponderante para a utilização de um simulador, desde que ofereça recursos que facilitem o aprendizado do conteúdo;

- Todos os participantes consideraram como importante os seguintes aspectos em um software de simulação, no cruzamento entre as respostas do Pré- e Pós-Teste: identificação de resultados; situações inesperadas e ações disponíveis na interface do usuário.

Os resultados identificados com as coletas utilizando, separadamente, o EEG1 e o ET1 foram importantes, no entanto, observou-se que a proposta de um modelo experimental de análise da PX que se estava buscando poderia ser mais consistente utilizando os dois dispositivos de forma sincronizada, pois uma limitação da análise dos sinais cerebrais é identificar, em um determinado momento de ativação percebido, qual elemento(s) da tela do jogo despertou esse comportamento. Mesmo com os questionários Pré- e Pós-Teste, imprescindíveis fontes de informação do ponto de vista do jogador, sabe-se que a informação pode se perder quando obtida em momentos diferentes da experiência. Dessa forma, a combinação dos instrumentos EEG, ET e questionários começa a se mostrar como uma hipótese consistente de metodologia, cujos resultados podem ser potencializados quando cruzados entre si, complementarmente.

Em relação ao jogo, identificou-se uma série de aspectos que o excluíram do experimento final:

- Versão exclusiva em inglês. Apesar de ter sido criado um tutorial de uso em espanhol e Português, para quem não domina a língua, foi uma variável de forte influência no resultado da experiência.
- Com os testes, identificou-se que o BSG apresentava muitos elementos de simulação pura.
- Não fornecia qualquer indicação de dicas ou problemas no decorrer do jogo.
- A parte gráfica era muito monocromática e com imagens pequenas.

II. Experimento Teste 2 - Brasil: O ambiente industrial OGG IND

A necessidade de execução de um Experimento Teste 2 surgiu em função da pandemia Covid-19, a qual impediu, por quase dois anos, o acesso a laboratórios e compartilhamento de equipamentos pelo risco de contaminação com o vírus. Durante esse período, o desafio foi buscar uma tecnologia que permitisse realizar coletas com os alunos em casa, e então iniciaram-se os

testes com o ET pela Webcam da Realeye¹³, cujos resultados foram adequados e permitiram o prosseguimento da pesquisa. Por sua boa performance e viabilidade, nesse momento, o mesmo foi adotado como um dos dispositivos para coleta dados no Brasil (ET2), sendo assim sua descrição de funcionamento está detalhada em 6.2.2.

Como a utilização do ET2 exige o uso de jogos online, o próximo passo foi escolher um BSG nesse formato. Optou-se então pelo denominado Simulador Estratégico Industrial criado pela OGG¹⁴, jogado na forma de competição entre indústrias, contemplando decisões sobre: produção, vendas e marketing, recursos humanos e financeiros. No teste foi simulado um mercado de fabricantes de purificadores de água, conforme Figura 4.4, e cada rodada equivalia a 3 meses de vida para cada empresa. Por ser on-line, durante o teste, os participantes puderam acessar o BSG de casa, bastando para isso um computador com internet e webcam. Devido à complexidade de desenvolver os conceitos envolvidos na gestão de processos, o BSG foi disputado em forma de curso em 17 semanas, em que nas últimas 3 semanas cada um dos 22 alunos participantes foi o responsável pela tomada de decisão da empresa, monitorado pelo ET2. Este experimento foi realizado somente no Brasil pela complexidade do cenário pandêmico do momento.



Figura 4.4 - Tela do menu inicial do BSG OGG Ind

Fonte: <https://ogg.com.br/>

¹³ Página web Realeye : <https://www.realeye.io/pt/>

¹⁴ Página web OGG: <https://ogg.com.br/>

A coleta de dados foi limitada a 10 minutos, que era o *timeout* do sistema ET2 de coleta, mas poderia ser repetida por mais 10 minutos caso o participante ainda precisasse de mais tempo para tomar decisões. Nesse caso, era necessário recalibrar o aparelho.

A análise dos mapas de calor dos 22 participantes fornecidos pelo ET2 no Experimento Teste 2, em triangulação com as respostas do questionário, permitiu identificar, por exemplo, que a tomada de decisão ocorreu em menos tempo para aqueles participantes que acessaram anteriormente, relatórios e tabelas disponibilizados pelo jogo.

Na leitura das informações visuais, a quantidade de tempo para a tomada de decisão depende da quantidade de informações que o cérebro precisa, porque quanto mais informações não visuais (conhecimento) o indivíduo tem, menos informações visuais ele vai precisar (Smith, 1999).

A importância da análise conjunta com outros instrumentos fica evidenciada, neste caso com ET e os questionários, quando um dos participantes afirmou que jogos de estratégia digital o divertem, mas disse se sentir estressado na realização das atividades envolvidas no simulador, o que pode justificar a falta de fixação na tela identificada em vários momentos da atividade, em consonância com estudos neurocientíficos, que sugerem que as emoções negativas e o estresse afetam negativamente os mecanismos de atenção (Izquierdo, 2004).

Os resultados obtidos através de mapas de calor (variando da coloração azul: menor fixação até o vermelho: maior fixação) apontam que vários participantes, conforme o exemplo de PB5 visualizado na Figura 4.5, concentram uma acentuada fixação nos parâmetros de precificação e quantidade de vendas da tela de marketing, na tentativa de definir uma estratégia comercial adequada, enquanto outros demandaram forte atenção nos relatórios e indicadores, denotando um foco intenso em indicadores gerenciais e preocupação com a situação financeira da sua empresa, como ocorreu com PB10 representado na Figura 4.6, reforçando que a motivação intrínseca pode ser modificada por fatores extrínsecos e Estímulos Emocionais Competentes positivos geram estados emocionais que sustentam a atenção, comportamentos de envolvimento e aceitação (Damásio, 2015), mostrando que o dispositivo pode ser uma excelente fonte de informação pra análise da PX.



Figura 4.5 - Mapa de calor ET2 do participante PB5 na página de marketing
Fonte: o autor



Figura 4.6 - Mapa de calor ET2 do participante PB10 na página de relatórios
Fonte: o autor

Como brevemente já descrito no texto, as coletas obtidas com o Experimento Teste 2 realizadas somente no Brasil revelaram novos e importantes elementos de PX ao acessar recursos específicos do BSG, com novos *insights* para a definição do experimento final. Reforçando a

hipótese traçada no teste anterior, os resultados acerca dos aspectos atencionais identificados poderiam ter sido ainda mais conclusivos se, associados a medidas de ativação cognitiva com o uso simultâneo de um dispositivo como EEG, o qual nesse momento não foi utilizado pelas também restrições impostas pela pandemia já relatadas. As relevantes contribuições dos questionários Pré- e Pós-Teste obviamente reafirmaram o quanto a análise qualitativa pode contribuir no modelo em construção.

Em relação ao jogo, apesar das contribuições obtidas, identificou-se uma série de aspectos que também o inviabilizaram para o experimento final:

- Versão exclusiva em português. Uma nova versão em espanhol não foi disponibilizada pelo fabricante até a data prevista para coleta.
- O BSG exige uma preparação e experiência prévia do jogo pelo participante, o que torna a organização do experimento muito complexa.
- Por ser um jogo coletivo, o experimento ideal nesse caso deveria contemplar o uso de dispositivos de monitoramento para todos os jogadores usarem de forma simultânea.

Os resultados obtidos com os Experimentos Teste 1 e 2 foram imprescindíveis para a definição do modelo experimental e a escolha do jogo para sua validação, descritos respectivamente em 4.2. e 4.3. Ao mesmo tempo, os resultados preliminares já indicaram que a metodologia proposta contemplaria dois dispositivos homem-máquina para a coleta de dados, no entanto alguns problemas operacionais ainda exigiram alterações na escolha dos equipamentos testados inicialmente, o que exigiu um trabalho complementar.

No caso do Brasil, apesar dos resultados no Experimento Teste apontarem que EEG1 seria apropriado para o experimento final, depois de um período de mais de um ano e meio sem uso, por conta da pandemia, o equipamento não voltou a funcionar adequadamente. Após exaustivos testes e contato com o representante do fornecedor internacional, a alternativa foi substituí-lo por um outro dispositivo, denominado Emotive Epoc (EEG2), em conjunto com ET2.

Na Espanha, mesmo o ET1 apresentando bons resultados nos testes, por posteriores problemas relacionados à renovação da licença de uso e falta de suporte do fabricante pelo fato de ser um equipamento descontinuado, optou-se por usar o dispositivo Pupil Core Tracking¹⁵ (ET3). Para a coleta simultânea de dados de sinais cerebrais, a escolha foi pelo dispositivo de Hemoencafalograma da Alpha (HEG1).

¹⁵

Página web do Pupil Core Tracking: <https://pupil-labs.com/products/core/>

A estruturação do experimento final e a descrição dos dispositivos biométricos e demais instrumentos de coleta utilizados no experimento final no Brasil e Espanha estão detalhados no Capítulo 6.

4.2. McDonald's Videogame: o BSG escolhido

Para a escolha do jogo a ser utilizado no experimento de validação da metodologia proposta para análise da PX, foram considerados essencialmente os seguintes critérios:

- Caracterizar-se como um BSG;
- Oferecer versões em diversas línguas, inclusive espanhol e português;
- Possuir um tutorial bem estruturado;
- Apresentar, de forma equilibrada, todos os elementos que caracterizam o domínio dos jogos sérios;
- Adaptar-se ao tempo estipulado para o experimento, ou seja, é possível acompanhar integralmente o progresso do jogador (positivo ou negativo) em, pelo menos, um ciclo de vida do negócio;
- Ser de livre acesso.

Após um período de busca e seleção de alternativas de BSG disponíveis, analisando os critérios anteriormente considerados, optou-se pelo uso do McDonald's, um videogame sério de estratégia, desenhado em 2005 pela Molleindustria¹⁶. O jogo proporciona conhecimento de gestão de uma empresa de forma mais lúdica, em que o jogador assume o papel de diretor da corporação McDonald's na busca pelo melhor resultado para seus acionistas.

A Figura 4.7 mostra a tela inicial do BSG. O jogo contextualiza a dificuldade do mundo dos negócios dessa grande corporação, e por trás de cada hambúrguer há um processo complexo que o jogador precisa dominar: das pastagens ao matadouro, dos restaurantes à própria imagem que a marca precisa manter frente aos seus consumidores e a sociedade.

¹⁶

Página web da Molle Indústria, fabricante do BSG Mc Donald's: <http://www.molleindustria.org/>



Figura 4.7 - Tela inicial do BSG McDonald's (versão em Português)
Fonte: o jogo

A sustentabilidade do negócio é alcançada por meio de decisões multitarefas que são tomadas em 4 telas, mostradas na Figura 4.8, que representam diferentes ambientes de processos, descritos a seguir:

- Tela 1: Seção Agrícola
Início da cadeia de suprimentos, onde são definidos o plantio de grãos e a pecuária, matéria-prima para abastecer as lojas.
- Tela 2: Confinamento
Etapa em que o gado é engordado, abatido e, na sequência, é produzido o bife de hambúrguer.
- Tela 3: Fast Food
Representa a rede de lojas, compreendendo o processo de produção e venda do lanche.
- Tela 4: Sede
Local onde o jogador conhece as informações mais detalhadas do negócio e toma decisões em nível estratégico que refletem em todo o processo



Figura 4.8 - As 4 telas do BSG McDonald's
Fonte: o jogo

As telas têm em comum uma barra com os resultados financeiros da empresa em tempo real e uma barra de dicas.

Embora as decisões sejam tomadas individualmente em cada tela, o impacto da mudança de variáveis se reflete em outros ambientes, por se tratar de uma cadeia produtiva. Além das decisões normais do dia a dia do empreendimento, o jogador gestor precisa lidar com questões que envolvem aspectos éticos como um ingrediente a mais no processo decisório.

5. MODELO EXPERIMENTAL PBP

Modelar é uma atividade gerada para atender a necessidade de prever resultados futuros usando experiência prévia e inferir conhecimento sobre determinado(s) tema(s), e devem ser capazes de: a) estabelecer padrões a partir de dados, b) interpretar corretamente resultados de novos experimentos, e c) devem ser consistentes com outras ideias e crenças (Gini & Benfenati, 2007). Na convergência desse conceito, identificou-se que o melhor caminho a seguir para conhecer efetivamente as possíveis contribuições do BSG como ferramenta de aprendizagem, seria a criação de um modelo que revisitasse as existentes formas de monitoramento da experiência do usuário com jogos sérios, usando-as de forma integrada e aproveitando os pontos fortes de cada uma.

O modelo PBP foi estruturado e estabelece a sua essência a partir das diferentes abordagens metodológicas no monitoramento de jogos sérios a partir da análise da experiência de jogador (Dörner et al., 2016; Mills et al., 2013), conforme abordado no item 2.3, e é representado visualmente através da Figura 5.1.

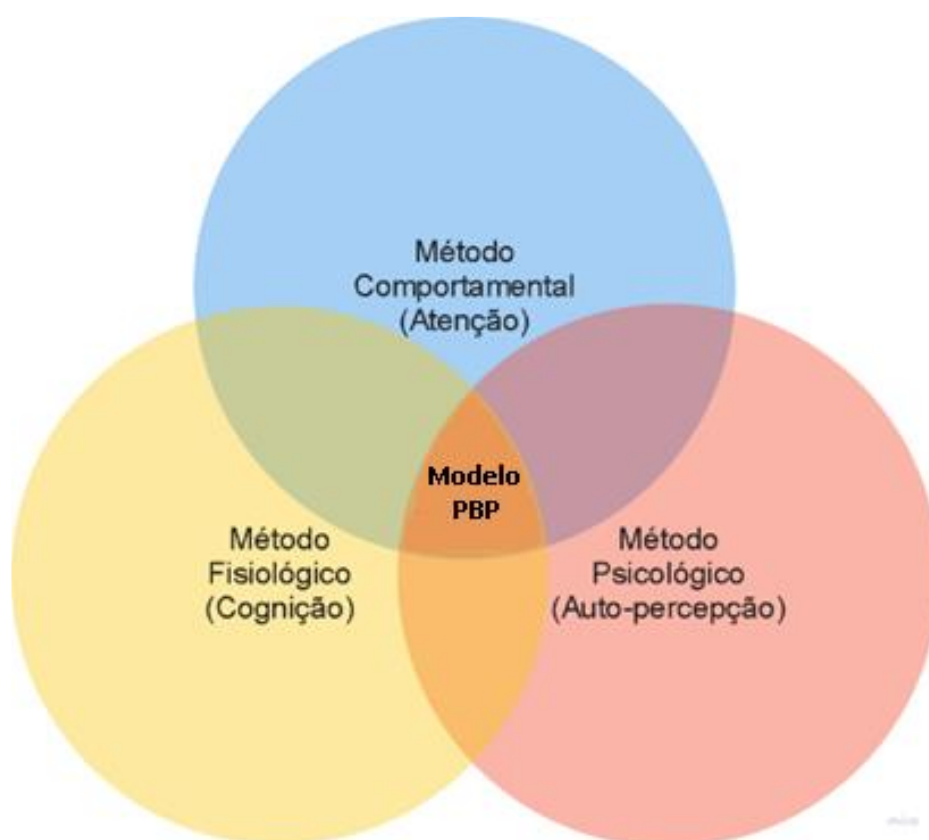


Figura 5.1- Representação do modelo PBP para análise da PX com BSG, proposto pelo autor

Uma premissa durante a concepção do modelo foi torná-lo experimental. O interesse de criar e executar um experimento está no efeito que um método ou ferramenta tem sobre um ou mais atributos específicos, e seu objetivo é coletar dados suficientes de um número de sujeitos, todos aderindo ao mesmo tratamento, a fim de obter um resultado significativo no atributo, em comparação com algum outro tratamento (Zelkowitz & Wallace, 1998). Assim, o desenho do modelo precisou ser construído de forma conjunta com uma estrutura operacionalizável e disponível, que pudesse ser capaz de validá-lo e ao mesmo tempo fosse aplicável como uma metodologia prática de análise, sob pena de torná-lo inviável ou meramente conceitual.

Usando os sinais de um dispositivo para coletar sinais fisiológicos, simultaneamente com o uso de uma tecnologia existente como fonte de dados comportamentais, e complementada na perspectiva psicológica, por meio da autopercepção dos jogadores por questionários Pré e Pós-experiência, o modelo PBP integra os resultados dos respectivos métodos aplicados, para compreender e explicar como o jogador se organiza e reage às diferentes situações propostas pelo BSG.

A representação de possíveis componentes de medição, de acordo com o instrumento de coleta utilizado, respectivamente para cada método que compõe o modelo PBP, e cujos resultados são integrados na etapa de análise das diferentes perspectivas, pode ser visualizada na Figura 5.2:

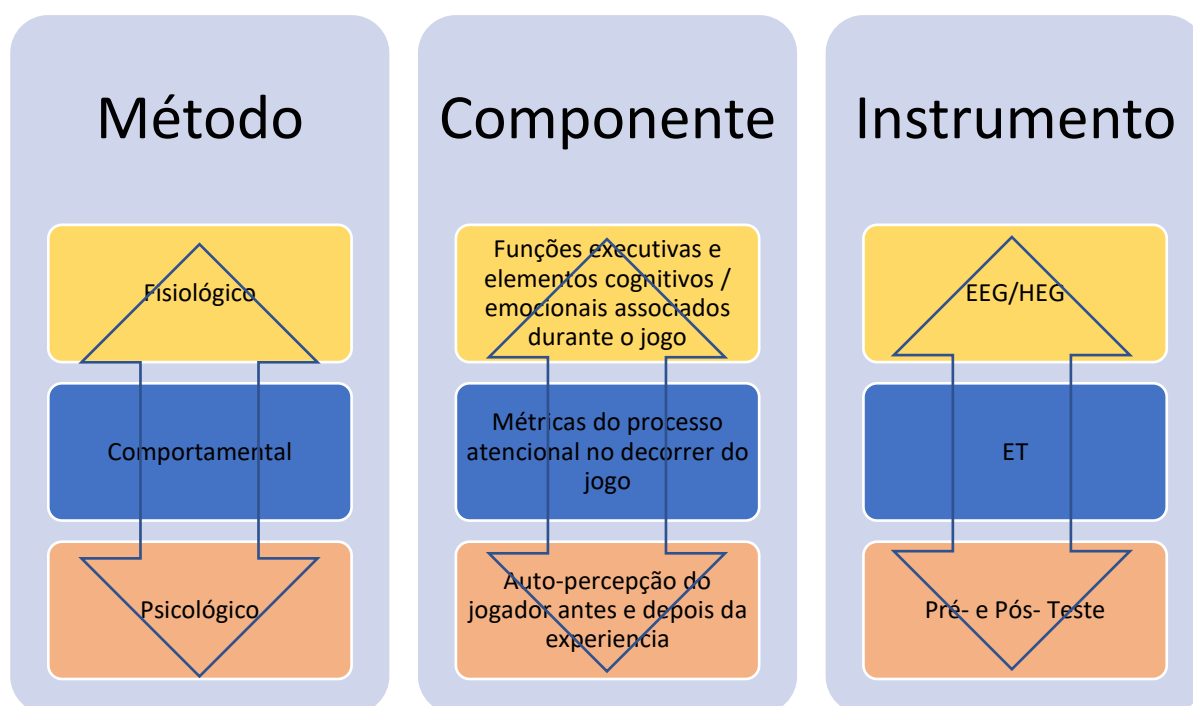


Figura 5.2 - Detalhamento dos componentes do modelo experimental PBP

Fonte: o autor

A Figura 5.2 apresenta uma configuração de dispositivos Fisiológicos (EEG e HEG) e comportamental (ET) que foi utilizada nos estudos de caso desenvolvidos para essa investigação, no entanto o modelo não descarta a possibilidade de utilizar uma combinação de outros instrumentos metodológicos, desde que atendam às respectivas perspectivas. Da mesma forma, os questionários Pré- e Pós Teste, elaborados especificamente para o BSG testado, devem ser adaptados para atender a proposta de cada jogo e o cruzamento com os dados de outros possíveis dispositivos biométricos. Para cada nova combinação, no entanto, é essencial validá-la.

A partir da proposta dessa metodologia adaptável e prática, o modelo PBP busca, na triangulação de seus componentes e na convergência entre os resultados obtidos, não apenas contribuir com a informação do que cada instrumento é capaz de contribuir na análise da PX, mas também preencher lacunas que muitas vezes as metodologias utilizadas mostram de forma isolada (Nacke, 2015).

6. VALIDAÇÃO DO MODELO PBP

Para validação do modelo PBP, foi estruturado um experimento contemplando dois estudos de caso (Brasil e Espanha) analisando a PX com o BSG McDonald's, utilizando um dispositivo para obtenção de sinais fisiológicos, um instrumento para monitoramento na perspectiva psicológica, e um dispositivo para captação do nível atencional como elemento comportamental, representados conforme o diagrama representado na Figura 6.1.

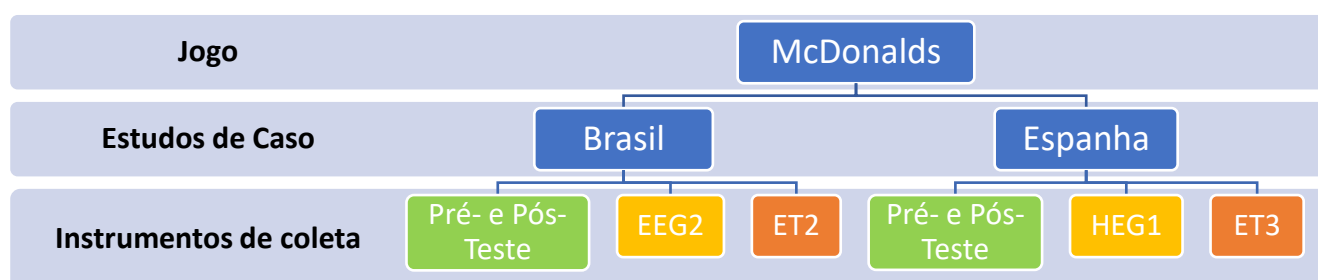


Figura 6.1 - Representação da estruturação do experimento para validação do modelo PBP
Fonte: o autor

O detalhamento da organização, execução e análise de resultados dos estudos de caso realizados na Espanha e no Brasil estão descritos, respectivamente, em 6.1 e 6.2.

6.1. Estudo de caso na Espanha

6.1.1. Participantes

O experimento ocorreu entre maio e junho de 2021, na Universidade de La Laguna, Espanha, envolvendo 7 alunos e 3 professores de engenharia. Dos 10 participantes, 7 eram homens e 3 mulheres, com idade entre 21 e 39 anos ($M=31,50$; $DP=8,54$). Todos os sujeitos participaram voluntariamente e declararam não apresentar déficit de aprendizagem diagnosticado.

Para a realização das atividades, o BSG The McDonald's foi disponibilizado na versão em espanhol. Embora a coleta de dados seja não invasiva, esta pesquisa foi apresentada ao Comité de Ética de Investigação e Bem-estar Animal (CEIBA – ULL), obtendo autorização favorável para sua realização, conforme parecer 2019-0356. Todos os voluntários da pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme Apêndice 3, autorizando sua participação.

6.1.2. Dispositivos humano-computador usados no experimento final

I. ET Pupil Labs (ET3)

Os óculos Pupil Core Tracking¹⁷ (Pupil Labs, Alemanha) é um dispositivo modificável, seguro e leve (~ 23g) para a coleta e análise de dados de código aberto. O equipamento é composto por duas câmeras individuais oculares (200 Hz cada), e uma câmera de cena (60 Hz), para rastreamento do campo de visão, conforme Figura 6.2. O equipamento usa um algoritmo de rastreamento em tempo real para detectar a forma e a posição da pupila e uma abordagem baseada em um modelo para determinar o olhar que se ajusta aos parâmetros da pupila detectados por imagem na modelagem óptica, estimando a orientação do eixo óptico em relação à câmera ocular.

Para definir a posição relativa das três câmeras, é necessária uma calibração, onde uma série de marcadores são exibidos ao redor da tela a uma distância onde o usuário move sua cabeça lentamente enquanto fixa em um marcador (Lewien, 2021). Este equipamento foi fornecido pelo Laboratório de Engenharia Informática e de Sistemas da ULL-Espanha.

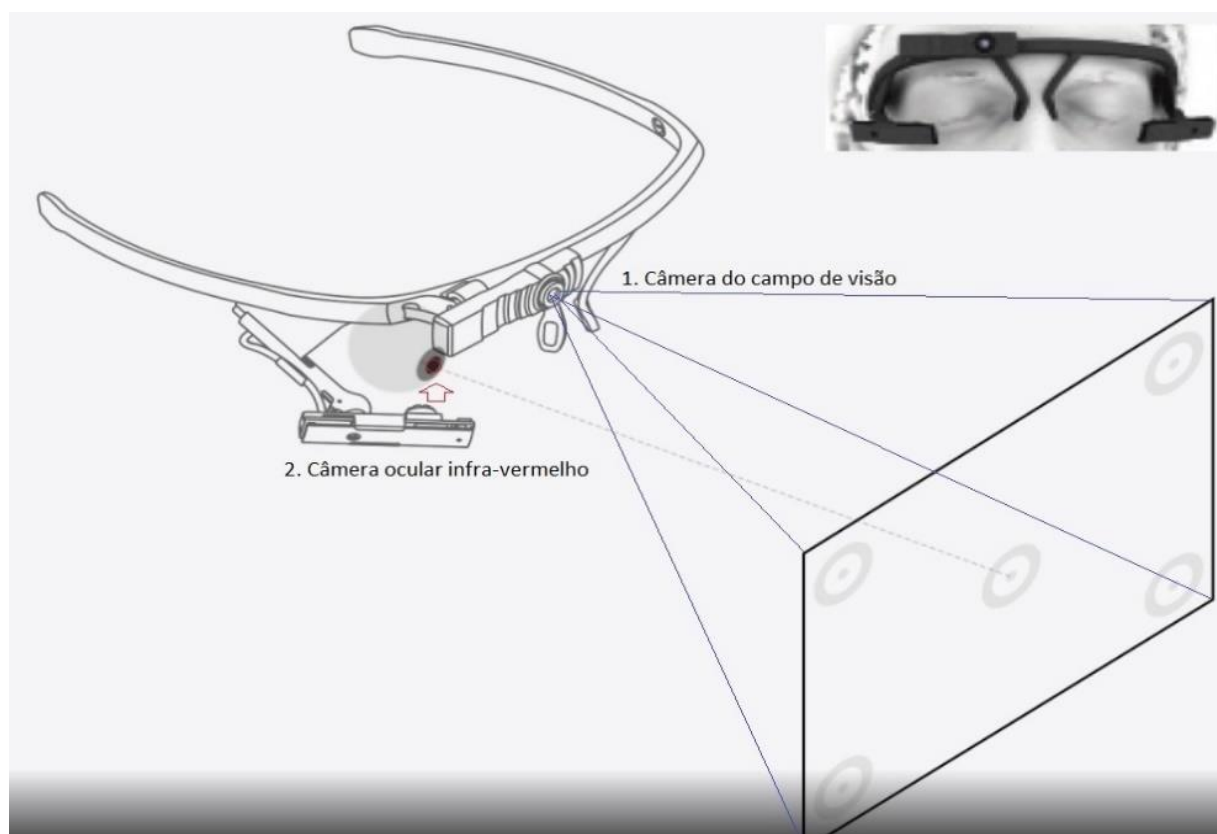


Figura 6.2 - Representação da estrutura do dispositivo ET da Pupil Labs

Fonte: o autor

¹⁷

Página web do Pupil Core Tracking: <https://pupil-labs.com/products/core/>

II. HEG Alpha (HEG1)

O dispositivo desenvolvido pela empresa ALPHA Open Source Brain Training ¹⁸ revela o metabolismo cerebral por meio de uma relação direta com o uso de oxigênio pelo cérebro. A sua forma de montagem consiste em uma faixa de cabeça adaptável ao tamanho da pessoa e totalmente não-invasivo, contendo um transmissor infravermelho próximo (nIR) e um receptor óptico conforme representado na Figura 6.2. A interface aproveita o fato de que o sangue mais oxigenado tem uma cor mais avermelhada. O equipamento envia pulsos de luz vermelha e infravermelha através do crânio para o córtex abaixo e mede o nível de oxigênio no sangue comparando a intensidade entre a luz vermelha e a luz infravermelha. As luzes emitidas pelos LEDs vermelho e infravermelho são enviadas alternadamente a uma taxa de amostragem de 480 Hz (Rodrak & Wongsawat, 2012).

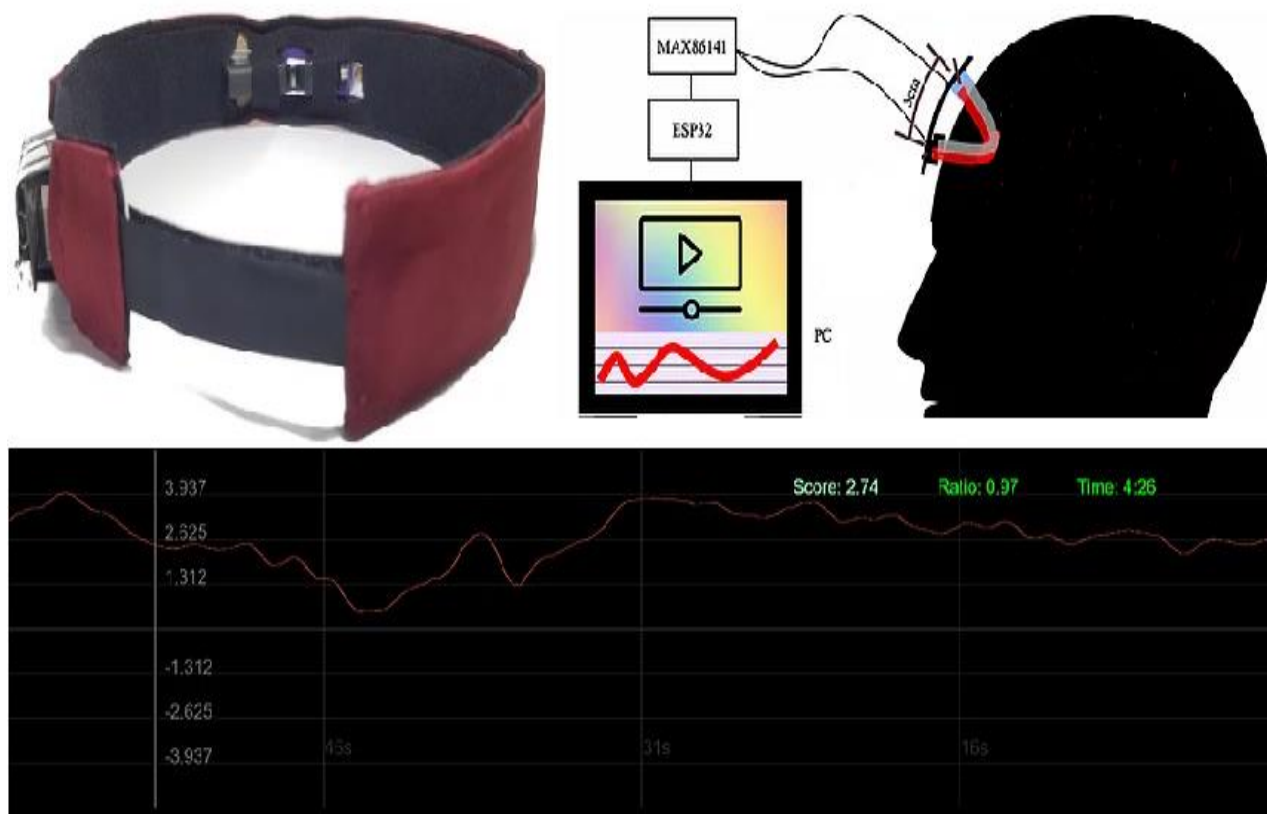


Figura 6.3 - Imagem do dispositivo HEG Alpha, representação da estrutura de montagem e do gráfico de monitoramento do sinal de medição

Fonte: o autor

6.1.3. Etapas para a realização do experimento

A sequência de etapas para a execução do experimento com cada participante no estudo de caso realizado na Espanha, estão representadas na Figura 6.4.



Figura 6.4 – Sequência de etapas previstas para a realização do estudo de caso na Espanha

Fonte: o autor

6.1.4. Resultados

Seguindo o modelo de análise proposto, a organização dos dados ocorreu a partir de três fontes: HEG1 como dispositivo de análise fisiológica, ET3 como dispositivo de monitoramento comportamental, ambos utilizados de forma sincronizada, e os questionários Pré-Teste e Pós-Teste, como instrumentos de medição psicológica, para posterior cruzamento das informações. Os dispositivos HEG 1 e ET 3 possuem um software para representação gráfica dos dados, conforme apresentado na figura 6.5, no entanto, por apresentar uma limitação na visualização das imagens, optou-se por gerar os dados no formato CSV, e trabalhar com uma ferramenta que pudesse representar todo o período da coleta. Dessa forma, para tratamento dos dados e construção dos gráficos foi utilizada o aplicativo para criação de planilhas Microsoft Excel na versão do Pacote Office Professional Plus 2016, escolhida por oferecer uma interface intuitiva e do domínio do autor dessa pesquisa. Apesar de ser uma plataforma eletrônica principalmente conhecida no mundo dos negócios, o Excel também vem sendo utilizada amplamente como recurso no meio científico (Alvarez et al., 2021; Bermúdez et al., 2020), inclusive no suporte de sinais oriundos de dispositivos fisiológicos (Fard et al., 2020; Ni et al., 2020).

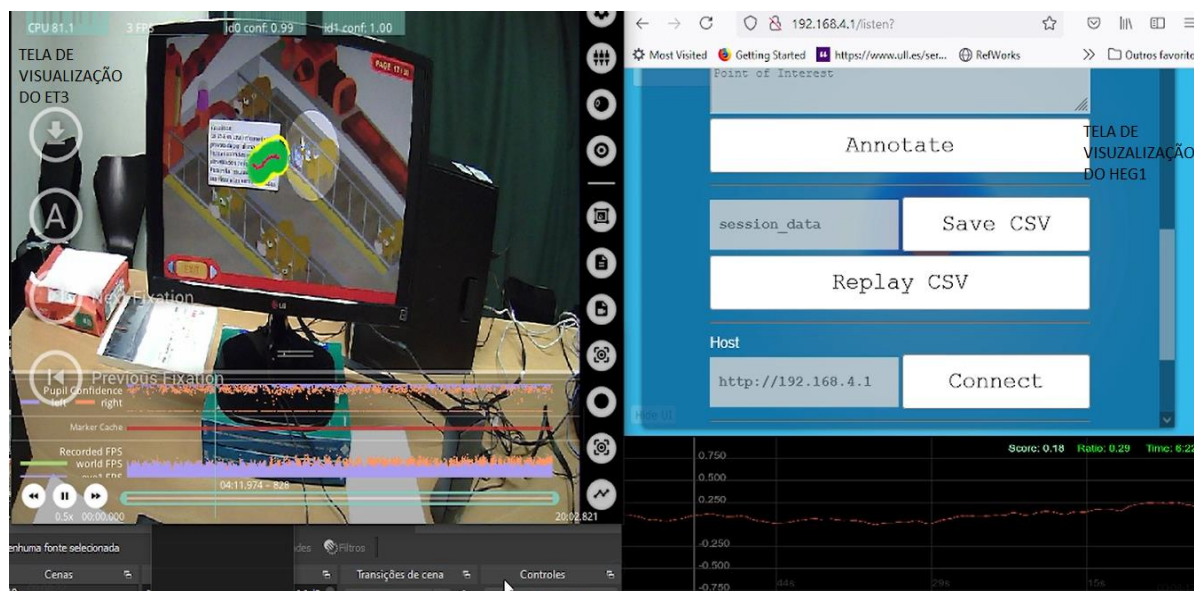


Figura 6.5 - Tela de visualização dos sinais dos dispositivos ET -esquerda e HEG1-direita

Fonte: o autor

Para ambas as fontes de sinal, HEG1 e ET3, foi realizada uma filtragem inicial, descartando pontos isolados, e os dados foram organizados na forma de uma tabela. O parâmetro analisado a partir da coleta com o HEG1 foi o ratio, o qual representa a relação entre as ondas de luz vermelha (variável) e a luz infravermelha (pouco afetada pela oxigenação). A partir dos dados coletados de

cada participante, foi calculado a Média Móvel de ratio (MM para $n = 50$) e o respectivo desvio padrão (DP), representados na forma de um gráfico individual, o que permitiu identificar o comportamento geral do córtex Pré-frontal ao longo do jogo, incluindo a leitura do tutorial, e momentos relevantes de subida e descida do fluxo sanguíneo. No entanto, para fornecer uma visão geral e agrupada do comportamento do ratio HEG de cada jogador, foi criada a Figura 6.6.

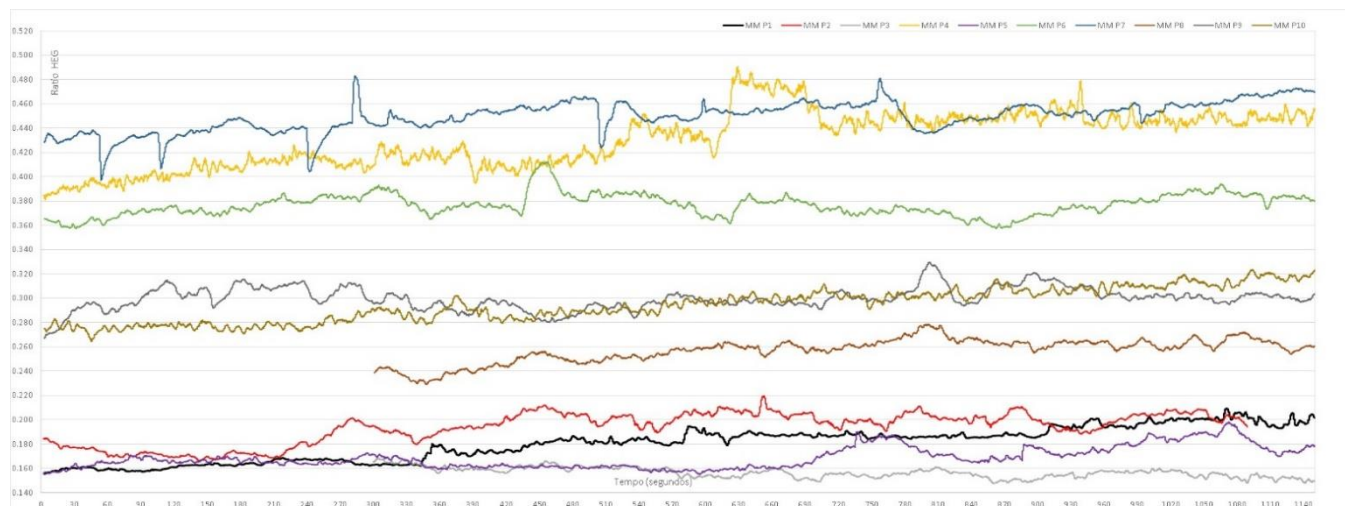


Figura 6.6 - Variação da ratio HEG durante o tempo de leitura do tutorial e do jogo para os Participantes P1 a P10
Fonte: o autor

O diâmetro da pupila foi o parâmetro escolhido para analisar, a partir dos dados gerados com o ET, considerando estudos que afirmam que o diâmetro da pupila humana também muda sob a influência de estímulos de dificuldade visual e tarefa resolvida e pode ser usado como uma medida direta de atividade (Hess & Polt, 1964, 1960), e pode ser uma métrica útil, inclusive para avaliar quando um indivíduo transferiu informações para a memória de longo prazo (Sibley et al., 2011). A partir do arquivo em formato .CSV gerado pelo Pupil Capture Software, foi utilizada uma planilha Excel para filtragem e análise dos dados. Como não se trata de um experimento médico, e considerando que vários estudos assumem a proporcionalidade da variação da dilatação entre pupilas e utilizam como métrica o diâmetro médio entre as duas pupilas (Kuchinsky et al., 2012; Salazar Olarte, 2021; Siegle et al., 2003; Skulmowski et al., 2014), foi adotado o mesmo procedimento para o tratamento da esta variável.

O dispositivo Pupil Labs coleta aproximadamente 25 medidas por segundo de cada variável, e para efeito desta análise, para cada participante, foi calculada a média móvel (MM para $n=50$) e o respectivo desvio (DP) e plotados em gráficos individuais. Foi realizada uma filtragem considerando como ruído todos os pontos isolados que ultrapassaram $3 \times DP$, desconsiderando-os da análise. Para fornecer uma visão geral do comportamento da Variação do Diâmetro da pupila

de cada participante ao longo do jogo, foi desenvolvida a Figura 6.7 incluindo o comportamento da variável de todos os participantes e, adicionalmente, foi incluída uma linha de tendência para facilitar a interpretação.

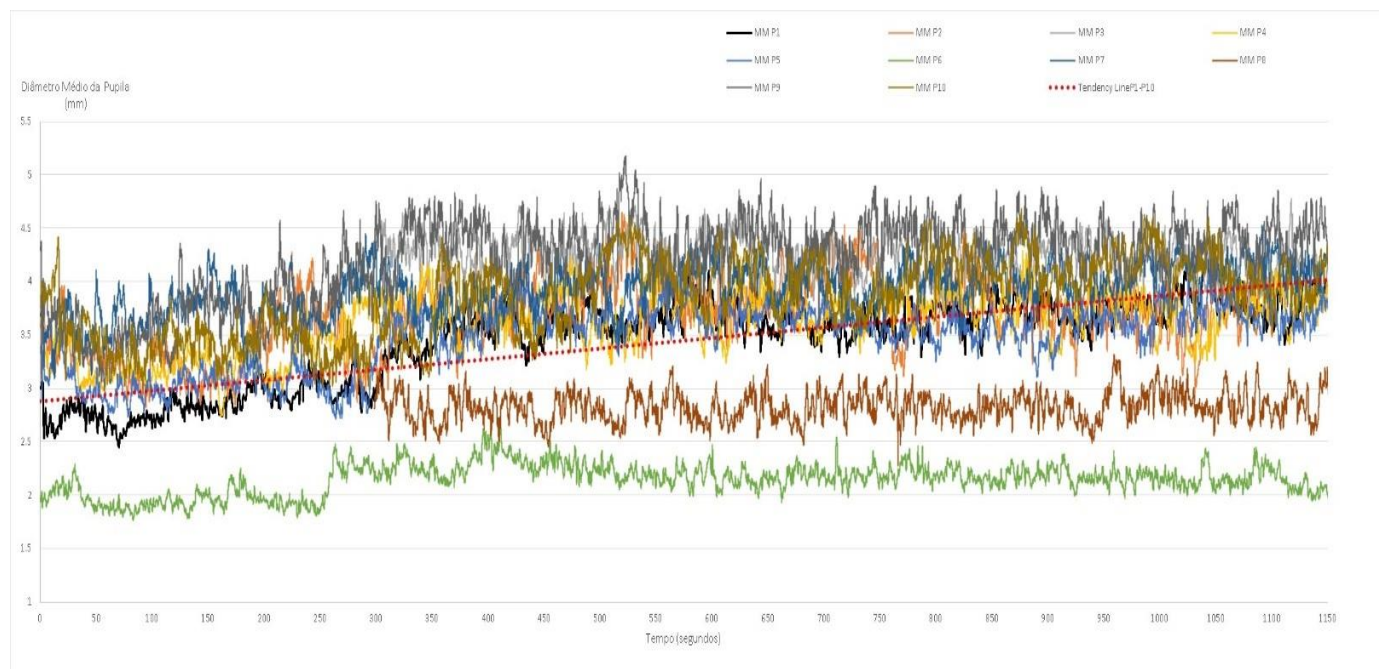


Figura 6.7 - Variação do diâmetro da pupila durante os tempos de leitura do tutorial e do jogo e para os Participantes P1 a P10

Fonte: o autor

É importante destacar que, para analisar e comparar os dados e as possíveis relações entre a ratio HEG e o Diâmetro de Dilatação da Pupila (DDP), a partir das tabelas e gráficos gerados, foi calculado o intervalo de tempo entre as medidas dos dois aparelhos, ajustado para corrigir as pequenas diferenças de sincronização que ocorreram no início de cada experimento.

Além das características pessoais de idade e gênero, o Pré-Teste foi elaborado para identificar a relação e percepções prévias dos participantes com jogos sérios/BSG para que, durante a análise, fosse possível avaliar se esses fatores poderiam ou não influenciar no desempenho do jogo. As questões respondidas foram:

- I) Experiência Prévia do jogador com BSG: apenas uma afirmou positivamente (10%) e os demais relataram que nunca jogaram jogos específicos de negócios (90%);
- II) Diverte-se com jogos de estratégia para computador: 9 responderam positivamente (90%) e apenas um (10%) negativamente;

- III) Qual a ordem de importância dos principais elementos no *design* de um simulador ou jogo, a partir de 6 elementos destacados: o resultado, apresentado na Figura 6.8, aponta a seguinte classificação: Interação - 40%; Imagens-30%; Diferentes níveis de dificuldade - 10%; Situação inesperada - 10%; Cenário baseado em atividades - 10%; e Identificação dos resultados após a alteração das variáveis - 0%. A mesma pergunta foi feita posteriormente no Pós-Teste em relação ao BSG do experimento para, assim, poder avaliar possíveis mudanças de percepção a partir do experimento com BSG. No campo livre para descrever outros elementos, foram sugeridos adicionalmente: Som e atmosfera de Imersão e Realismo.

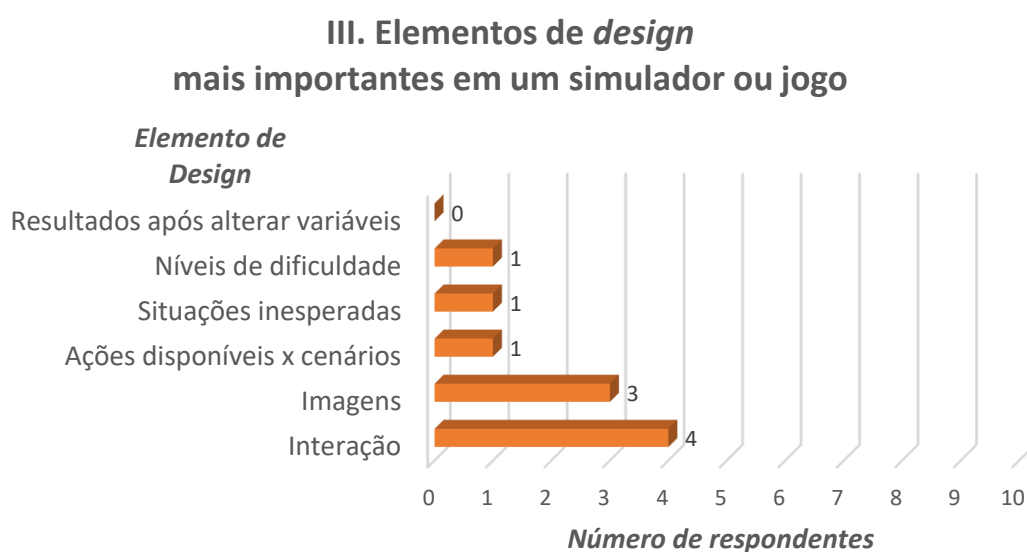


Figura 6.8 - Resposta da Pergunta III do Pré-Teste

Fonte: o autor

- IV) Experiência profissional anterior na área de gestão empresarial: 6 participantes (60%) responderam negativamente e 4 participantes (40%) responderam positivamente.

Com relação ao Pós-Teste, as perguntas foram elaboradas com objetivo de identificar as percepções sobre o experimento em si e a experiência com o jogo. As respostas, agrupadas por pergunta, apresentaram o seguinte resultado:

- I) Possíveis interferências dos dispositivos na experiência com o BSG: nenhum dos participantes se sentiu incomodado, com apenas um comentário (P10) que o uso da máscara trouxe um pouco de desconforto (equipamento de proteção necessário devido à pandemia de COVID-19).

- II) Sala adequada para o experimento: apenas um participante relatou que “Não”, sugerindo uma melhor organização do ambiente.
- III) Tutorial apresentado pelo BSG: 6 participantes (60%) declararam ser adequado, e 4 pessoas (40%) declararam que não era adequado, dos quais 3 deles relataram que era muito longo e não estava integrado ao BSG, ou seja, não poria ser acessado durante o jogo; outro jogador identificou que o tutorial deveria explicar separadamente as diferentes partes do jogo.
- IV) Contribuições do BSG para agregar conhecimento na área de negócios: 8 participantes (80%) afirmaram que aprenderam com o jogo; 1 participante afirmou ter a sensação de falta de controle sobre o jogo mesmo tendo aprendido conceitos de marketing com a experiência; o outro jogador esperava maior complexidade de conceitos relacionados ao tema.
- V) Velocidade do jogo x compreensão do problema: 7 participantes (70%) declararam-se adequadas, e a alegação dos que não concordaram é que o jogo exigia uma resposta muito rápida.
- VI) Número de variáveis adequadas: 8 respondentes (80%) afirmaram ser suficientes e as 2 pessoas que discordaram, declararam manipulação excessiva de variáveis.
- VII) Classificação dos mesmos aspectos de *design* priorizados no Pré-Teste, mas identificados agora no BSG experienciado: Imagens - 20%, Resultados após a mudança de variáveis - 20%, Interação - 30%, Cenários de usuário - 10%, Níveis de dificuldade - 20%, representadas na Figura 6.9.

VII. Elementos de *design* mais importante do BSG jogado

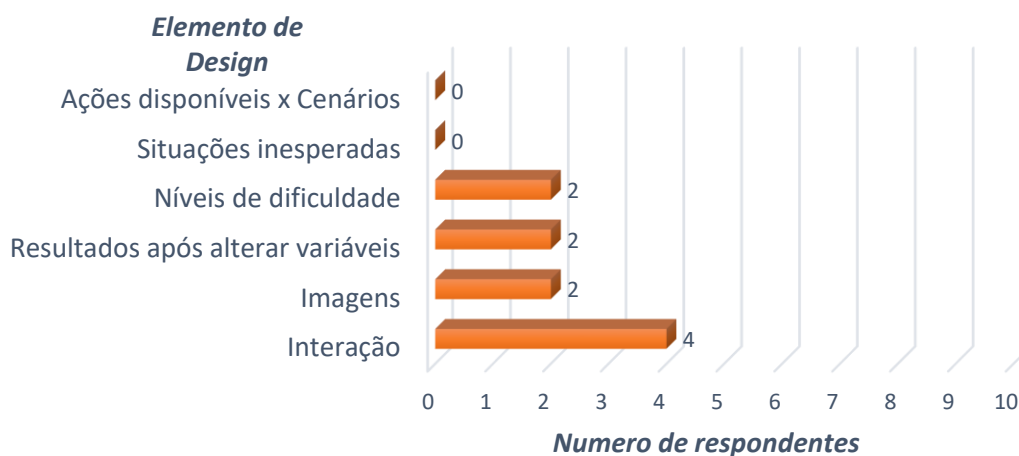


Figura 6.9 -. Respostas da pergunta VII do Pós-Teste

Fonte: o autor

- VIII) Principais problemas a serem resolvidos no BSG, conforme a Figura 6.10, 60% declararam que seria manter o equilíbrio entre produção e vendas.

VIII. Principal problema a resolver no jogo

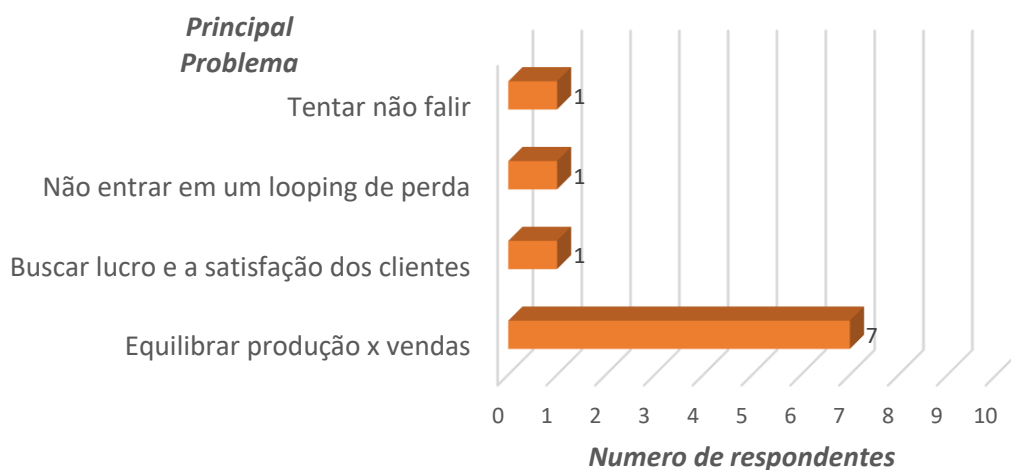


Figura 6.10 - Respostas da pergunta VIII do Pós-Teste

Fonte: o autor

- IX) Quanto à estratégia adotada no BSG, 60% entenderam que seria manter o equilíbrio entre produção e vendas, por meio da otimização de recursos, visualizado na Figura 6.11.

IX. Estratégia adotada pelos participantes para o sucesso no jogo

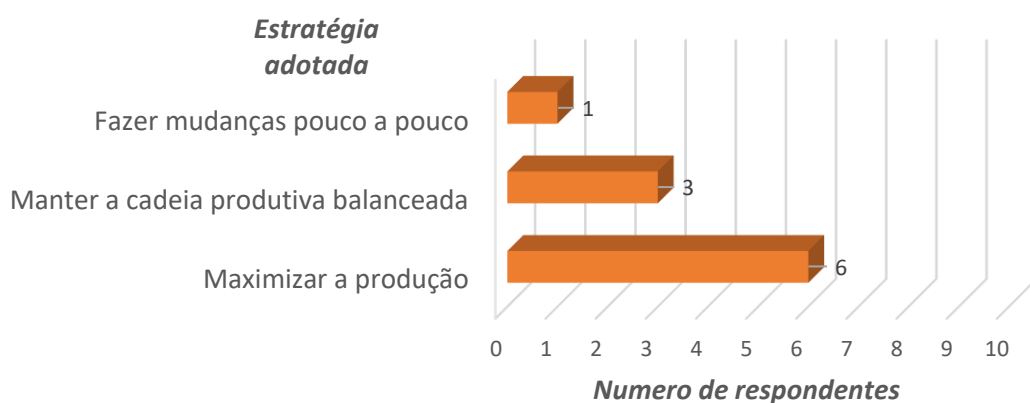


Figura 6.11 - Respostas da pergunta IX do Pós-Teste

Fonte: o autor

- X) Na pergunta aberta sobre o que o participante mudaria no jogo, as sugestões foram:
- P1: o jogo é divertido, talvez mais dificuldade pudesse ser adicionada se fosse por um período mais longo;
- P2: Explicar melhor o que deve ser feito em cada uma das seções e as implicações decorrentes. Oferecer mais ajuda no início sobre como melhorar ou conseguir o que os personagens exigiam;
- P3: Um seletor de velocidade e interfaces que mostrem os saldos para torná-los mais visuais, ou na falta disso, uma janela que mostrasse automaticamente os saldos;
- P4: Uma opção de velocidade mais lenta ou algum indicador mais visual dos problemas que ocorrem em outros campos (por exemplo, se houver um problema no matadouro, que o aviso fosse mais visual);
- P5: Claramente o tutorial, o usuário deve ser capaz de se adaptar à mecânica do jogo enquanto joga, não antes de iniciar um jogo passando um longo período de tempo apenas lendo. Além disso, uma melhor interação no jogo com os diferentes aspectos da interface. Por exemplo, na seção onde a alimentação é fornecida ao gado, eu não lembrava que você poderia interagir com o responsável pela área para receber informações.
- P6: Avisos automáticos na tela de mudanças radicais;
- P7: Nada;
- P8: Menos texto, porque enquanto você está vendo uma vaca morrer, você não pode estar lendo tanto;
- P9: poder avaliar posteriormente a evolução ocorrida. Fazer pausas na atividade para analisar situações e poder redirecionar. Possibilitar adição de um concorrente (operado por um computador ou outro usuário) para também entender o efeito da concorrência. Introduzir o conceito de mercado financeiro. Ser mais claro sobre a reflexão ética e suas consequências no jogo, antes de iniciá-lo.
- P10: Está tudo muito bem.

Apesar do tutorial ter sido visualizado antes do início do BSG, o experimento também considerou o monitoramento com dispositivos HEG1 e ET3 durante o acesso a este recurso, como fonte de informação complementar na análise do jogo, para subsidiar possíveis mudanças de estado comportamental na fase inicial da atividade como engajamento e o uso adequado de recursos, fazendo uma interlocução com as respostas do Pós-Teste.

Ao longo do tempo disponível para o jogo, também foram identificados os momentos em que a empresa vai à falência e inicia um novo jogo. Além disso, foram definidas zonas para análise de dados HEG considerando:

- Intervalos de pelo menos 10 segundos onde há uma subida/descida da média móvel da taxa de oxigênio com mais de 80% dos pontos no intervalo.
- Variação da média móvel da taxa de oxigenação ≥ 20 (para cima ou para baixo) registrada em intervalos de tempo ≥ 5 segundos.

Os dois critérios estabelecidos permitiram a seleção de 5 a 9 momentos do jogo com alta e/ou queda significativa na ratio HEG, para cada participante. Posteriormente, esses períodos foram utilizados como referência para identificar o comportamento correspondente do Diâmetro Médio de Dilatação Pupilar (DDP), além do Diâmetro Mínimo e Máximo e da Variação entre esses dois valores, fornecidos pelo ET, nos diferentes intervalos. A situação vivenciada por cada jogador também foi identificada, e classificada em uma de 7 categorias diferentes:

- Início do Jogo (IJ): momentos em que o jogador começa a experiência com o jogo ou reiniciar após a falência;
- Situação Crítica (SC): situações inesperadas proporcionadas pelo jogo que podem comprometer o seu resultado;
- Fim de Jogo (FJ): falência ocorrida no BSG;
- Dilema Ético (DE): situações que surgem ao longo do jogo e que fogem do padrão de gestão de um negócio considerados “culturalmente correto”;
- Decisão Operacional (DO): ações de resultado imediato definidas pelo jogador para gestão do negócio;
- Pensamento Estratégico (PE): pensamento ou ações de mudança que podem conduzir o negócio do BSG por um caminho diferente do atual e orientar a melhores resultados a médio e longo prazo, normalmente ambientados na tela 4 do jogo;
- *Insight* (IS), a partir do seu conceito como um sentimento de compreensão repentina que pode apontar para a solução de um problema (Luo & Knoblich, 2007; Weisberg, 2015)

Todos esses resultados dos 10 jogadores foram agrupados para possibilitar o cruzamento e análise crítica das informações, e podem ser vistos na Tabela representada no Apêndice 4. Ressalta-se que embora os 10 participantes tenham sido submetidos à coleta completa, dois deles (P3 e P8) tiveram problemas para captar os sinais durante a leitura do tutorial e esse período foi descartado. Nestes dois casos, optou-se por não exigir que o participante lesse o tutorial, pois seria exaustivo, podendo comprometer a motivação e consequentemente seu desempenho no jogo,

considerada a fonte de informação mais importante para o experimento. De qualquer forma, os dados de P3 e P8, referentes ao período de jogo, foram normalmente utilizados na pesquisa.

Na definição das variáveis para posterior análise e comparação dos resultados do experimento, obtidos a partir de dispositivos humano-computador, foram considerados os seguintes aspectos:

- O valor de ratio HEG não é um indicador do grau de maior ou menor ativação do córtex Pré-frontal que permita compará-lo isoladamente entre diferentes pessoas, considerando que cada ser humano possui um nível diferente de oxigenação cerebral, além da influência de outros aspectos, como a posição do próprio dispositivo de medição. Portanto, o experimento monitorou essa variável do ponto de vista de seu comportamento ao longo do jogo para cada participante, e permitiu, por meio dos gráficos, analisar possíveis tendências que permitem inferir padrões adotados pelos jogadores.
- A variável monitorada pelo ET3, que foi o diâmetro de dilatação pupilar, varia de 1,5 mm a 8 mm, sendo influenciada por aspectos como idade e luz ambiente, o que faz com que cada participante tenha uma faixa de variação (Guyton & Hall, 2006). Isso não significa que jogadores que tiveram um diâmetro de dilatação da pupila maior do que outros indiquem um nível de atenção maior. Portanto, o experimento analisou individualmente a tendência da variável ao longo do tempo e, posteriormente, uma comparação dessas tendências como reflexo do comportamento visual do início ao fim do jogo, sugerindo padrões associados ao engajamento na atividade.

6.1.5. Discussão

Na análise dos resultados, um primeiro comportamento que chama a atenção é em relação ao aumento temporal de ratio HEG individual dos participantes ao longo do jogo, desde o início ou fim da atividade, conforme a Figura 6.6, sugerindo que os jogadores poderiam estar no processo de desenvolver um estado de fluxo, enquanto que à medida que uma atividade começa a fazer cada vez mais sentido, as conexões cerebrais continuam a ocorrer ao longo de caminhos hierárquicos e a convergência total parece ocorrer no córtex Pré-frontal dorsolateral e envolvendo o funcionamento executivo, permitindo maior funcionalidade, como consciência auto-reflexiva e pensamento abstrato (Gold & Ciorciari, 2020). A exceção é para P3, que apresenta uma queda sutil na variável ratio HEG, principalmente nos últimos três minutos de jogo. Ao considerar as respostas do jogador no Pós-Teste, esse resultado pode estar relacionado à sua insatisfação com o tutorial (Questão II), cujos resultados dos relatórios indicam o fato de ser muito extenso. Este pode ser um

indicador em consonância com pesquisas que indicam os tutoriais integrados à progressão do jogo, diferente do formato apresentado para o BSG testado, como uma opção de *design* menos cansativa e mais eficaz, oferecendo elementos para a construção da estratégia do jogador, sem impactar negativamente o engajamento (Andersen et al., 2012), usando um conceito de níveis tutoriais (White, 2014).

Outra informação que colabora com a inferência de uma possível experiência de fluxo vem da representação da variação do diâmetro da pupila. Apesar da construção dos gráficos e da análise individual, a Figura 6.6 apresenta resumidamente, através da linha de tendência traçada, que essa variável também tem um comportamento ascendente quando a experiência é analisada do início ao fim, revelando um alto nível de concentração, um dos componentes essenciais associados ao estado de fluxo (Cowley & Ravaja, 2014). Outros elementos associados que definem a experiência de fluxo, apresentados em sequência, podem ter sido evocados pelo jogo (Csikszentmihalyi, 1990), identificados a partir das respostas dos jogadores no Pós-Teste:

- A atividade é intrinsecamente gratificante: 80% dos participantes afirmaram que o ambiente do jogo os ajudou a compreender o processo de gestão da empresa. Analisando as possíveis motivações que levaram os dois participantes a responderem de forma oposta (P5 e P9) tinham expectativas elevadas com o jogo, tendo em conta que declararam (no Pré-Teste) experiência/conhecimento prévios na área da gestão empresarial. Mesmo assim, eles revelam ter recebido *insights* importantes do jogo e isso pode justificar seus resultados de HEG e ET com comportamentos semelhantes aos dos demais participantes;
- Feedback claro e equilíbrio entre nível de habilidade x desafio: 65% dos jogadores declararam que os dois elementos mais proeminentes do jogo são resultados imediatos após mudança de variáveis, interação e situações inesperadas.

Os períodos do Índice HEG, conforme a Tabela do Apêndice 4 (Coluna II), identificados como relevantes (77 no total), segundo os critérios de seleção adotados, ocorreram na forma de aumento (56%) ou diminuição (34 %) do indicador. Essa maior porcentagem das faixas de ativação aumentada do córtex Pré-frontal, em relação às reduções, faz sentido na perspectiva da construção do estado de fluxo proporcionado pelo BSG. Isso pode ser um sinal importante de que a dinâmica e o *design* do BSG analisado foram responsáveis por esse resultado, considerando os aspectos que mais chamaram a atenção no jogo por seus participantes destacados no Pós-Teste, conforme mostra a Figura 6.8 sobre a questão VII, liderada pela interação, em consonância com pesquisas que relacionam esse construto como um dos elementos do game *design* que mais contribuem para o engajamento (Ghali et al., 2016; Hookham & Nesbitt, 2019; Lehmann et al., 2012). Ao expandir

essa seleção, considerando os dois principais elementos da classificação individual, as variáveis Interação e Resultados Imediatos após mudança representam 50% da percepção dos jogadores, significando que este último construto também pode ter sido um fator relevante de engajamento.

Associando ratio HEG com a correspondente situação vivenciada pelo jogo, conforme a Figura 6.12, é importante analisar cada resultado apresentado.

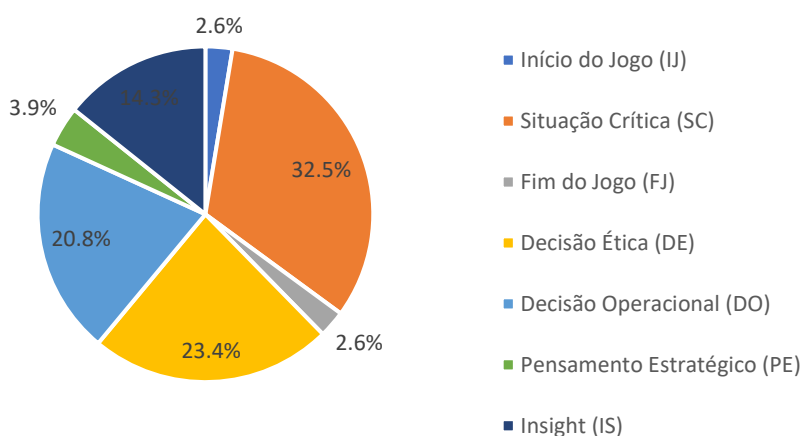


Figura 6.12 - Situação vivenciada no BSG durante os maiores períodos de ascensão e queda da Razão HEG.

Fonte: o autor

Começando pelos indicadores menos representativos que somam 9,1% dos comportamentos mais destacados do Índice HEG (IJ, FJ, PE), é possível ver aspectos muito significativos, ainda mais quando cruzamos esses dados com os pontos de vista dos jogadores em suas avaliações Pós-Teste, conforme descrito a seguir:

- **IJ = 2,6%.** Embora o tutorial apresente informações relevantes para um bom desempenho, 40% dos participantes revelaram que não era adequado por ser muito longo. Em geral, o problema relatado não foi suficiente para interferir na construção do estado de fluxo do jogador, como vemos na Figura 6.5, mas ocasionalmente trouxe reflexos negativos na ativação do córtex Pré-frontal no início do jogo, visto que apenas 1 jogador (P1) ficou satisfeito com o tutorial e apresentou um aumento significativo no ratio HEG no início do jogo (2,6%). Ainda considerando o aspecto atencional do jogador, nenhum deles apresentou seus maiores níveis de variação de DDP nesta fase inicial do jogo. Estudos sobre dilatação da pupila mostram mudanças sistemáticas no tamanho da pupila com a prática de uma tarefa. É possível que situações em que há redução do diâmetro pupilar em

momentos de aprendizagem possam estar relacionadas à transferência de informações para a memória de longo prazo, o que nos leva a inferir que o tutorial, apesar de extenso, cumpriu seu papel de orientar corretamente o jogador na fase inicial, até que sejam apresentados elementos que instiguem sua reação (Heitz et al., 2008; Sibley et al., 2011).

- **FJ = 2,6%.** O fim do jogo no BSG analisado ocorreu pela culminância de uma sequência de decisões tomadas que não foram adequadas para lidar com os problemas que a gestão do negócio demandava, e que ao longo do tempo levaram a empresa à falência. Dependendo de quantas falências ocorreram para cada jogador (que no experimento foi de 1 a 3), esse tempo poderia variar de aproximadamente 5 a 15 minutos, com tomadas de decisão contínuas, o que tendia a gerar certo nível de estresse, principalmente quando não produziram resultados. O comportamento padrão dos jogadores, ao perceberem que não conseguiriam mais mudar a situação da empresa, era transitar entre as quatro telas do jogo em uma atitude mais passiva e sem uma estratégia de decisão coerente, comportamento que podemos inferir como causa de menor ativação do córtex Pré-frontal em relação a outros momentos do jogo, em consonância com estudos que afirmam que a sensação de controle sobre o jogo é um fator influenciador no engajamento do jogador (Biercewicz & Borawski, 2020; Wray et al., 2020). Ampliando a discussão, em uma análise acurada desse comportamento singular do ponto de vista do comportamento visual identificado por ET3, percebe-se que cada jogador apresenta uma intensa atividade pupilar, buscando reverter continuamente a situação até que o jogo chega ao fim, e então sua atenção é subitamente afetada. Cruzando esses dados com as respostas do Pós-Teste, o motivo desse comportamento pode estar relacionado ao fato de dois participantes terem declarado que a velocidade do jogo estava adequada, ou seja, conseguiram acompanhar tudo o que estava acontecendo no ambiente do jogo e, também, tinham uma estratégia equivalente, que era manter a cadeia produtiva equilibrada.
- **PE = 3,9%.** Esse resultado ilustra que nos momentos que envolveram mais especificamente o pensamento estratégico, normalmente em situações vivenciadas na tela da Sede da Corporação (Tela 4), não foram eles que contribuíram de forma mais significativa para o aumento ou diminuição do Índice HEG. Esse comportamento também se reflete na variação de DDP, o que pode ser explicado pelo fato de que uma decisão estratégica envolve outras áreas do córtex dividindo a atividade cerebral e é muito mais um momento de reorganização do pensamento do que uma situação que exige um nível de atenção visual, corroborando com estudos que relacionam o comportamento cerebral durante jogos que envolvem comportamento estratégico (Lee & Seo, 2016; Seo et al.,

2009). Além disso, as respostas do Pós-Teste revelam que todos desenvolveram uma estratégia, como P7 que relata ter tentado manter a cadeia produtiva equilibrada, o que nos leva a acreditar que momentos de pensamento estratégico ocorreram efetivamente para todos, mas foram construídos de acordo com as situações e *insights* oferecidos pelo jogo, suas próprias memórias e conceitos, experiências anteriores e conhecimentos (Bohbot et al., 2007; Lee & Seo, 2016).

Os demais resultados que associam a razão HEG à correspondente situação vivenciada pelo jogo, apresentados na Figura 6.12, mostram que: 32,5% desses momentos ocorreram em momentos de situação crítica do jogo (SC), quando sua resultado estava sendo significativamente comprometido por uma ou mais variáveis; 20,8% em decisões operacionais (DO), tomadas entre as 4 telas disponíveis; e 23,4% em momentos de jogo que mencionaram a importância de condutas ou decisões eticamente questionáveis (DE) como caminho mais fácil para o sucesso empresarial. A maior ativação do córtex Pré-frontal nestas situações parece ter colaborado para um bom Engajamento de Jogador, pois constituem elementos que influenciam o nível de engajamento já destacados na revisão teórica, numa relação estimulante entre habilidade e desafio proporcionada pelo jogo (Csikszentmihalyi et al., 2021; Lehmann et al., 2012; Moizer et al., 2019).

A variação do DDP, apresentada na tabela do Apêndice 4 (Coluna VII) calculada a partir da diferença do DDP mínimo (coluna V) e do DDP máximo (coluna VI) também possibilitou estabelecer, em um primeiro momento, relações entre os níveis de maior atenção do jogador e as situações vivenciadas em diferentes momentos do jogo e contribuições do sinal HEG.

Ao selecionar os dois períodos de maior variação do DDP para cada jogador, identificou-se que as situações críticas (SC) são um dos seus maiores ativadores (35%) conforme a Figura 6.13, destacando ainda que essa ativação sempre ocorreu em os momentos de elevação da razão HEG, corroborando com estudos que indicam que alterações no diâmetro pupilar são indicadores de níveis aumentados de demanda cognitiva em uma tarefa, incluindo a área frontal do córtex e funções executivas centrais (Marshall, 2007; Spinks et al., 2004), neste caso ativado pelas situações de risco no jogo.

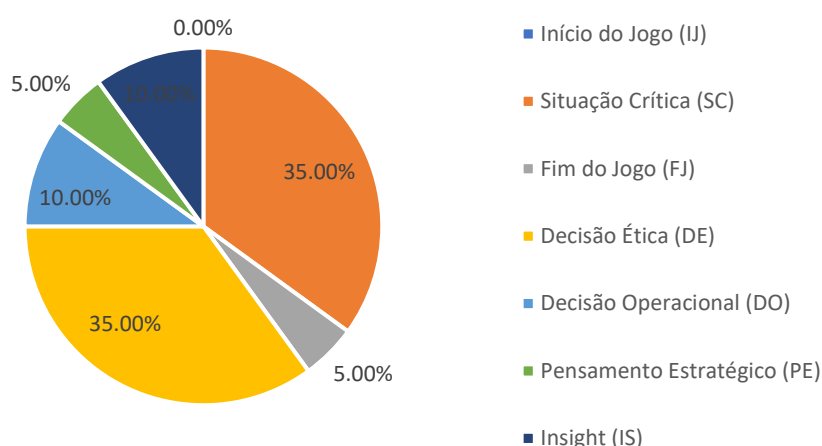


Figura 6.13. Situação vivenciada no BSG durante os maiores períodos de ratio HEG e maior variação do DDP.

Fonte: o autor

- As decisões éticas representaram outros 35% dos momentos com maior nível de atenção dos jogadores, representados na Figura 6.13, porém o ratio HEG se comportou em uma relação de 56% (queda) e 44% (elevação) do total de períodos identificados na tabela do Apêndice 4, e isso parece estar diretamente relacionado aos conceitos anteriores sobre o assunto e suas convicções, inclusive no jogo, quando identificamos que os jogadores que apresentam redução na ativação do córtex Pré-frontal são aqueles que declinam ou atrasam tornando uma decisão antiética. Ao mesmo tempo, independentemente de suas crenças, conceitos e o que o jogo representa para cada um (simulação da realidade ou mera diversão), esse tipo de tema chama a atenção, confirmado pelas maiores variações no diâmetro da pupila. Sobre essa questão, é importante destacar o comentário de P9 no Pós-Teste, de que "o BSG deveria apresentar com mais clareza a reflexão ética e suas consequências, antes mesmo de começar a jogar". Especificamente sobre esse tema, uma pesquisa revela que tarefas que envolvem aspectos éticos envolvem altos níveis de atenção e, ao mesmo tempo, destaca o ET como um dispositivo adequado para o monitoramento desse tema (Fiedler & Glöckner, 2015). Portanto, pode-se inferir que a “dose de ética” inserida no BSG pode ter contribuído, em geral, para um Engajamento de Jogador positivo.

A Figura 6.13 também revela que as decisões operacionais e *insights* (sejam positivos ou negativos) são individualmente responsáveis por 10% da maior variação do DDP. Esses resultados mostram que em determinados momentos esses elementos têm significado para o jogador, no que

diz respeito ao nível de atenção e, também, juntamente com ratio HEG, o quanto ele pode associá-los como possibilidade de sucesso (curva de subida) ou fracasso (curva de queda) no jogo, em consonância com pesquisas que associam o diâmetro da pupila à motivação em tarefas (Heitz et al., 2008; Sibley et al., 2011).

6.2. Estudo de caso no Brasil

6.2.1. Participantes

O experimento ocorreu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Rio Grande, Brasil, entre novembro e dezembro de 2021, envolvendo 7 alunos e 3 professores de engenharia. Dos 10 participantes, 9 eram homens e 1 era mulher, com idade entre 21 e 41 anos ($M=28,80$; $DP=8,64$). Todos os sujeitos participaram voluntariamente e declararam não ter déficit de aprendizagem. Os participantes jogaram a versão em português do BSG, com exceção de P1, que preferiu fazer em inglês, por dominar o idioma.

Embora a coleta de dados seja não invasiva, esta pesquisa foi apresentada aos Comitês de Ética Institucional das duas instituições envolvidas: FURG e IFRS, obtendo-se o aceite e autorização para sua execução conforme registro número: 45606915.8.0000.5324. Todos os voluntários da pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido autorizando sua participação conforme Apêndice 3.

6.2.2. Dispositivos humano-computador usados no experimento final

I. ET Web Cam (ET2)

Este é um sistema online para ET desenvolvido pela Realeye¹⁹, em formato de licença de uso, para captura de imagens por meio da webcam do usuário e armazenamento de dados na nuvem por meio do computador.

Um exemplo da representação do Sistema Realeye reconhecendo a movimentação ocular através da Webcam e a tela principal de criação, processamento e visualização das medições pode ser visualizado na Figura 6.14.

¹⁹

Página web da Realeye: <https://www.realeye.io/pt/>

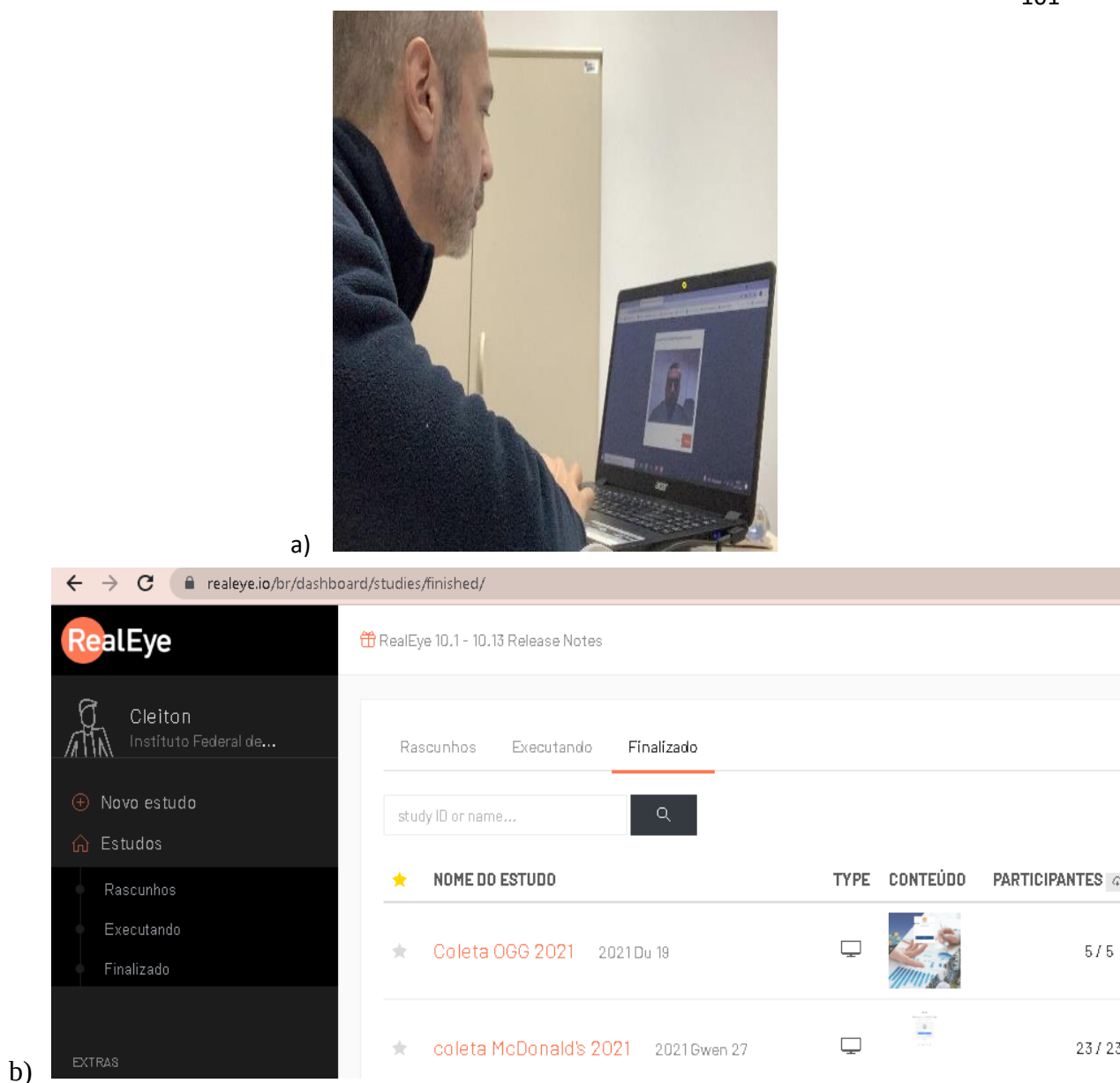


Figura 6.14 – a) Representação do Sistema Realeye reconhecendo a movimentação ocular através da Webcam, e

b) a tela principal de criação, processamento e visualização das medições

Fonte: o autor

A precisão espacial média da ferramenta escolhida (113 px) é consistente com os estímulos em movimento e suficiente para replicar os resultados nas relações de fixação do rosto humano (Semmelmann & Weigelt, 2018). Inicia-se o registro e a coleta de dados, com limite de tempo de 10 minutos após um procedimento de calibração do olho em pontos de vista posicionados em pontos diferentes.

Os recursos disponibilizados pela licença no site do desenvolvedor incluem, além da gravação e armazenagem dos dados em um repositório virtual, ferramentas de visualização através de mapas

de calor e gráfico de fixações, obtidos a partir das imagens gravadas durante os testes. Também é possível monitorar a expressão facial, no entanto esse recurso não foi utilizado na pesquisa por ser uma versão beta, ainda em teste.

As fixações, principal informação disponibilizada pelo dispositivo, são determinadas a partir dos seguintes parâmetros:

- A duração mínima da fixação: é um tempo mínimo de agrupamento do olhar (pausa do olho) que é chamado de fixação, que normalmente varia de 100 a 300 ms. Para os testes propostos, foi utilizada a configuração padrão recomendada de 100 ms.
- A redução de ruído: usa o algoritmo de mediana móvel é uma forma de reduzir a influência do ruído nos resultados reais. Cada ponto é substituído por uma mediana de um número de pontos (chamado de nível de redução de ruído). Foi utilizado o nível de redução de ruído recomendado de 21, isso significa que foi calculada uma mediana para vinte e um pontos consecutivos.
- Limite de velocidade do olhar: é um "limite" de velocidade; no qual dados abaixo desse limite são classificados como fixação, enquanto os dados que ultrapassam esse limite de velocidade são sacádicos. Este filtro pode ser definido com um valor desde 0, embora tenha-se definido o nível de redução de ruído recomendado de 180 px/s. O filtro de fixação funciona com uma taxa de amostragem de mais de 20 Hz.

A licença foi adquirida com recursos oriundos de um projeto de pesquisa submetido a um Edital de Fomento interno do Instituto Federal de Educação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS *Campus* Rio Grande.

II. Emotiv EPOC EEG2

O Emotiv EPOC é um dispositivo de medição de sinais EEG ajustável à cabeça em um formato do tipo *headset*, contendo 14 eletrodos de medição de acordo com o sistema internacional 10-20 conforme representado na Figura. 6.15:

- AF3, F7, F3, FC5, FC6, F4, F8, FC4 (lobo frontal),
- T7, T8 (lobo temporal)
- P7, P8 (lobo parietal)
- O1, O2, (lobo occipital).

Outros dois sensores atuam da seguinte forma: P3 como um ponto de referência de terra (CMS), e P4 como uma referência de alimentação que reduz a interferência elétrica externa (DRL).

Os sinais dos 14 canais são submetidos à Pré-amplificação, filtragem passa-alta com ponto de corte de 0,16 Hz e filtragem passa-baixa com ponto de corte de 83 Hz, formando a largura de banda efetiva.

Para gravar, armazenar e visualizar as ondas cerebrais, o fabricante disponibiliza, através de licença, o Software Emotiv Pro.

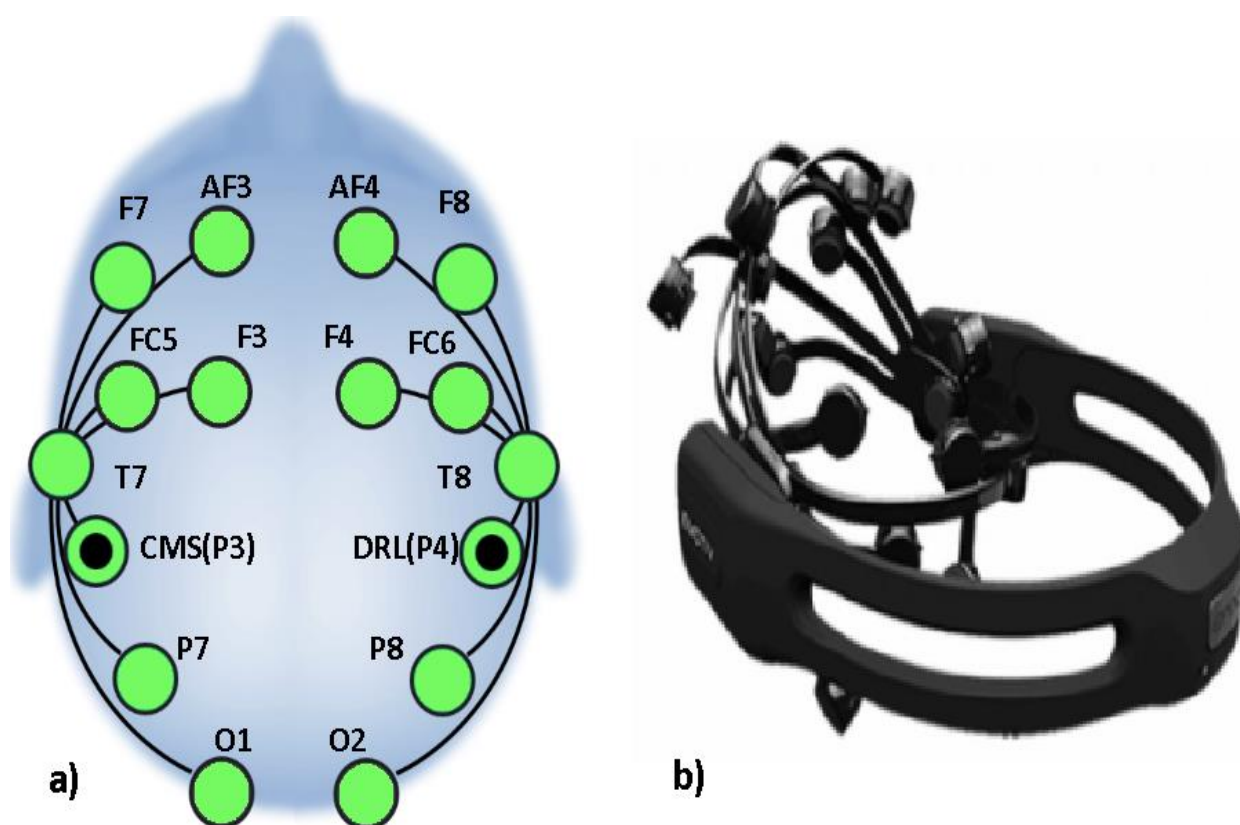


Figura 6.15: a) Localização cranial dos eletrodos segundo o padrão 10-20 e
b) Foto do *Headset* do modelo Emotiv Epoc+ utilizado no experimento

Fonte: adaptado do site www.emotiv.com, acessado em 17 de maio de 2022

Baseado na literatura em neurociências (Bastos et al., 2016) , formulou-se a Tabela 6.1, com a qual é possível identificar as regiões cerebrais abrangidas pelo dispositivo, os eletrodos correspondentes e suas funcionalidades, facilitando a análise dos resultados obtidos.

Tabela 6.1: Regiões cerebrais abrangidas pelo Emotiv Epoc+, eletrodos correspondentes e principais funções envolvidas em sua ativação, adaptado de (Bastos et al., 2016)

Região Cerebral	Eletrodos	Funções proprietárias
lobo frontal	AF3, AF4, F7, F8, F3, F4, FC5, FC6	Funções executivas (gerenciamento dos recursos cognitivos/emocionais diante de uma dada tarefa)
lobo temporal	T7, T8	Percepção de movimentos biológicos
lobo parietal	P7, P8	Percepção somatossensorial, representações espaciais e percepções táteis.
lobo occipital	O1, O2	Visualização de imagens

É importante ainda destacar algumas características complementares do dispositivo: o sinal de EEG gravado é transmitido para um computador usando tecnologia sem fio, utilizando uma bateria de lítio que garante aproximadamente 12 horas de operação, sendo reconhecido como um equipamento leve e fácil de usar mesmo por longos períodos. Um estudo analisando aspectos de ergonomia com o uso de dispositivos homem-máquina identificou que, ao vestir o Emotiv Epoc, mais de 75% dos pesquisados sentem-se confortáveis e muito confortáveis em utilizá-lo, mesmo durante tempos mais longos que superam os 60 minutos (Ekandem et al., 2012). Para captação dos sinais, os eletrodos são umedecidos por uma solução salina (a mesma usada para limpeza de lentes de contato) para reduzir a impedância entre eletrodos e o couro cabeludo, o que acaba sendo uma outra vantagem dessa tecnologia, em relação a outros dispositivos EEG que utilizam um gel condutor, que é mais caro e torna sua operacionalidade mais complexa.

O equipamento Emotiv Epoc+ (EEG2) foi gentilmente cedido pela professora visitante do IFRS, Fernanda Antoniolio Hammes de Carvalho para os testes propostos, como uma alternativa ao Actichamp (EEG1), por conta dos problemas já relatados durante os testes anteriores ao experimento.

6.2.3. Etapas para a realização do experimento final

A sequência de etapas para a execução do experimento com cada participante, no estudo de caso realizado no Brasil estão representadas na Figura 6.16.



Figura 6.16 – Sequência de etapas previstas para a realização do estudo de caso no Brasil

Fonte: o autor

6.2.4. Resultados

A organização dos dados, orientada segundo o modelo proposto para análise, ocorreu a partir de três fontes: EEG2 como dispositivo de análise fisiológica, ET2 como dispositivo de

monitoramento comportamental, ambos utilizados concomitantemente, e os questionários Pré-Teste e Pós-Teste, como instrumentos de medição psicológica, para posterior cruzamento das informações. Para tratamento e visualização dos dados foram utilizados os softwares dos dispositivos EEG2 e ET2, disponibilizados a partir da aquisição das respectivas licenças. Para acompanhamento dos sinais cerebrais de EEG 2, com o Software Emotiv Pro, foi possível monitorar a ativação de todos os 14 eletrodos em cada um dos momentos do BSG, através da tela de representação gráfica conforme exemplo da Figura 6.17, ou selecioná-los individualmente ou ainda por grupos de interesse, como por exemplo, todos os eletrodos do córtex frontal. O parâmetro analisado a partir da coleta com o EEG2 foi a amplitude (A) do sinal elétrico (em μV) de cada eletrodo, individualmente para cada participante, buscando estabelecer relações entre as possíveis áreas do cérebro ativadas momentos (lobo frontal, lobo temporal, lobo parietal, lobo occipital), conjuntamente em determinados momentos do BSG.

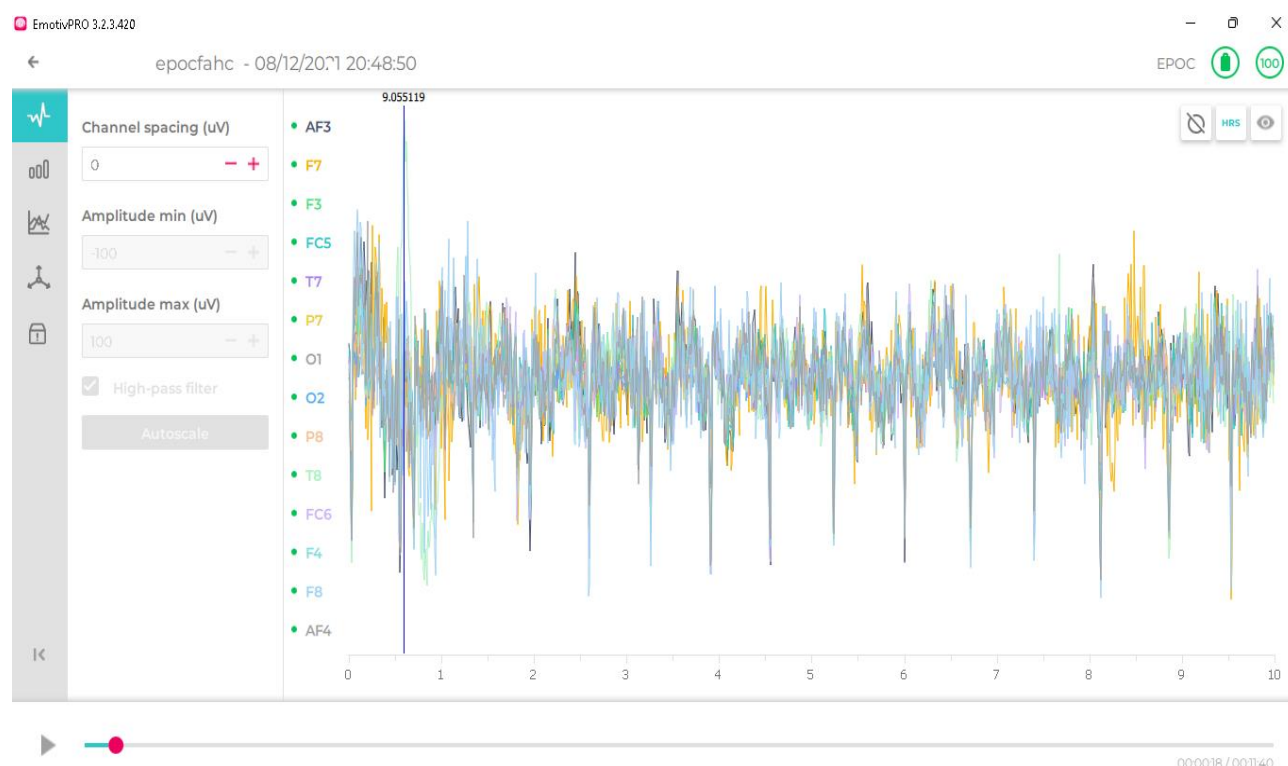


Figura 6.17 - Tela de representação gráfica da ativação dos eletrodos do Software EmotivPRO durante o experimento

Fonte: o autor, a partir do Software EmotivePRO versão 3.2.3.420

Para a visualização dos sinais provenientes de ET2, com o Painel de mapas de calor presente na plataforma da Realeye, foi possível acompanhar as fixações de cada participante ao longo do experimento, representadas em tons de cores que possibilitaram identificar as regiões de maior concentração do olhar do jogador, em períodos de tempo e áreas de interesse (AOI) específicas nas diferentes telas do BSG, conforme o exemplo da Figura 6.18.

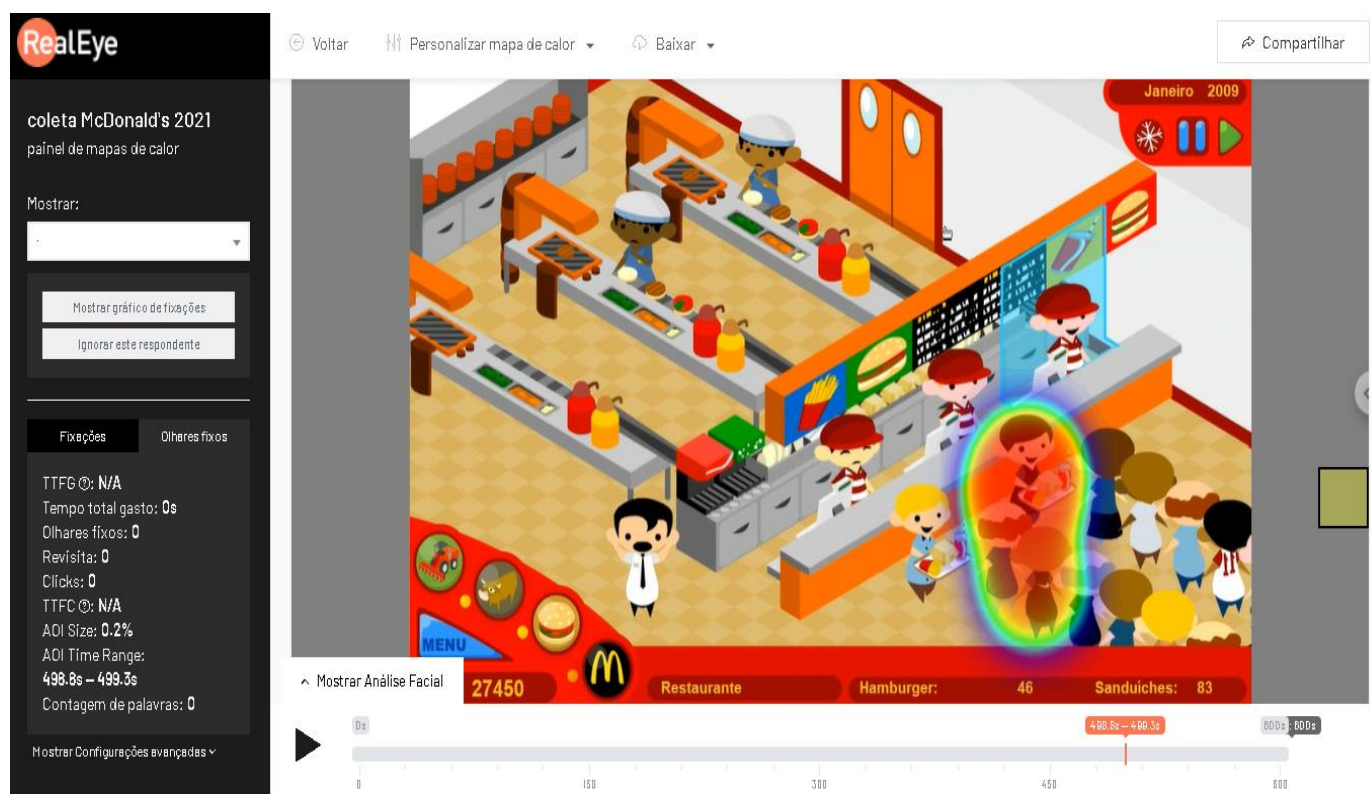


Figura 6.18 -Painel mapas de calor indicando as fixações de um participante em tela do BSG
Fonte: Software Realeye

Como passo seguinte após o término do experimento com todos os participantes, as respostas dos questionários Pré- e Pós-Teste foram planilhadas, o registro das coletas com os dispositivos foi conferido e, na sequência, estabelecida a relação de sincronia entre as gravações dos dados quantitativos, para corrigir eventuais pequenas diferenças de tempo de acionamento dos equipamentos ocorridos no momento de início de cada coleta, para garantir a fidelidade na comparação dos dados gerados por EEG2 e ET2.

Frente à elevada quantidade de informações geradas pelos dispositivos e os questionários, estabeleceram-se alguns critérios para selecionar os pontos mais significativos na validação do modelo de análise proposto. Resgatando o conceito de um BSG, este tipo de jogo sério busca o aprendizado do ambiente de uma organização a partir de uma experiência virtual que exige

decisões permeadas pela estratégia (García et al., 2016)e, sob o ponto de vista neurocientífico, a área do cérebro que regula as funções executivas centrais responsáveis por esse processo mental é o córtex frontal, ao incorporar recursos cognitivos complexos, como memória de trabalho, resolução de problemas e raciocínio (Elliott, 2003; Salthouse, 2011). Considerando também o córtex frontal como a área do cérebro mais abrangida por EEG2 (8 eletrodos), optou-se então por analisar, individualmente de P1 à P10, as Amplitudes (A) mais significativas nesses pontos e, na sequência, cruzá-las com outras possíveis áreas do cérebro ativadas, considerando os demais eletrodos. A ideia de analisar separadamente, e depois juntar os dados pouco a pouco foi definida para facilitar a visualização dos gráficos gerados pelo EmotivPRO. Na sequência, os mesmos períodos relevantes identificados em EEG2 foram analisados na perspectiva dos mapas de calor gerados por ET2, para observar a estratégia atencional do jogador e, ainda, conjuntamente com as percepções dos jogadores nos questionários, trazer ao final um sentido consistente para as informações oriundas de todos os instrumentos utilizados.

A sequência detalhada dos passos estabelecidos para a seleção e análise dos resultados é descrita a seguir:

- Selecionar, para cada um dos 10 participantes, os maiores pontos de maior amplitude A (acima de 50 μ V) do córtex frontal durante a leitura do tutorial e execução do jogo, identificados por EEG2, registrando o intervalo de tempo correspondente na medição;
- Identificar nos registros de ET2, as imagens do BSG correspondentes ao período identificado como relevante em EEG2 e classificar a situação vivenciada no jogo em cada momento;
- Gerar os mapas de calor de ET2, identificando as áreas de maior interesse do jogador nos mesmos períodos selecionados por EEG2;
- Identificar nos gráficos de EEG2, possíveis relações de outras regiões do cérebro em cada período, comparando os resultados de ativação dos eletrodos do córtex frontal com os demais, ou seja: frontal x temporal, frontal x parietal, frontal x occipital;
- Analisar os comportamentos individuais, cruzando e relacionando os dados de EEG2 e ET2 somado às percepções de cada participante acerca do experimento;
- Identificar possíveis padrões de comportamento dos participantes.

O Pré-Teste foi concebido no intuito de registrar experiências Prévias e percepções dos participantes acerca do uso de jogos sérios/BSG para identificar possíveis influências de Pré-conceitos e/ou conhecimentos anteriores no desempenho do jogo e suas relações com os demais resultados.

As perguntas respondidas e as correspondentes respostas foram:

- I) Diverte-se com jogos de estratégia para computador: 8 (80%) responderam positivamente e dois (20%) negativamente;
- II) Jogos já utilizados: Dungeon, Dragons Online, GTA (2 citações), Fortnite, Counter-strike, League of legends, Need for Speed, Candy Crush e Neuronation;
- III) Qual a ordem de importância dos principais elementos no *design* de um simulador ou jogo, a partir de 6 elementos destacados: o resultado, apresentado na Figura 6.19, aponta a seguinte classificação: Imagens - 30%; Interação - 20%; Situação inesperada - 20%; Ações disponíveis x cenários - 10%; e Identificação dos resultados após a alteração das variáveis - 10% e, Diferentes níveis de dificuldade - 10%. A mesma pergunta foi repetida no Pós-Teste, mas relacionada ao BSG experimentado para, assim, poder avaliar possíveis mudanças de percepção. No campo livre para descrever outros elementos, foram sugeridos adicionalmente: desafios, inteligência artificial e qualidade do som.

III. Elementos de *design* mais importantes em um simulador ou jogo



Figura 6.19 - Resposta da Pergunta III do Pré-Teste

Fonte: o autor

- IV) Experiência profissional ou conhecimentos anteriores na área de gestão empresarial: 5 participantes (50%) responderam negativamente e 5 participantes (50%) responderam positivamente dos quais, na complementação da pergunta, 3 relataram conhecimento teórico obtido na universidade e 2 efetivamente trabalharam na área.

Com relação ao Pós-Teste, os questionamentos foram direcionados ao registro de percepções sobre o experimento a que foram submetidos e a sua PX com o BSG McDonald's.

As respostas, agrupadas por pergunta, apresentaram o seguinte resultado:

- I) Possíveis interferências dos dispositivos na experiência com o BSG: 8 participantes (80%) não perceberam qualquer interferência, e 2 participantes (20%) relataram certo incômodo (P1 e P7) pelo fato da alta sensibilidade a desvios do olhar quando movimentavam a cabeça.
- II) Sala e equipamentos adequados para o experimento: apenas um participante (10%) relatou que “Não”, por conta de que a mesa utilizada para o computador do BSG tinha gavetas que atrapalhavam um pouco o posicionamento do jogador (P3);
- III) Tutorial apresentado pelo BSG: os 10 participantes (100%) declararam ser adequado;
- IV) Contribuições do BSG para agregar conhecimento na área de negócios: a totalidade dos participantes (100%) afirmaram que aprenderam com o jogo;
- V) O formato mais lúdico e divertido do BSG, contribuiu para aprendizagem: 100% os respondentes declararam afirmativamente. Os relatos apontam que essa contribuição provém de uma linguagem simples e descontraída, com uma abordagem de fácil compreensão de uma cadeia produtiva.
- VI) Número de variáveis adequada: 8 respondentes (70%) afirmaram ser suficientes. As 2 pessoas que discordaram (20%), declararam que seria importante o controle de transferência de insumos entre os setores.
- VII) Classificação dos mesmos aspectos de *design* priorizados no Pré-Teste, mas identificados agora no BSG experienciado: Imagens - 20%, Resultados após a mudança de variáveis - 20%, Interação - 30%, Cenários de usuário - 10%, Níveis de dificuldade - 20%, representadas na Figura 6.20.

VII. Elementos de *design* mais importantes do BSG jogado

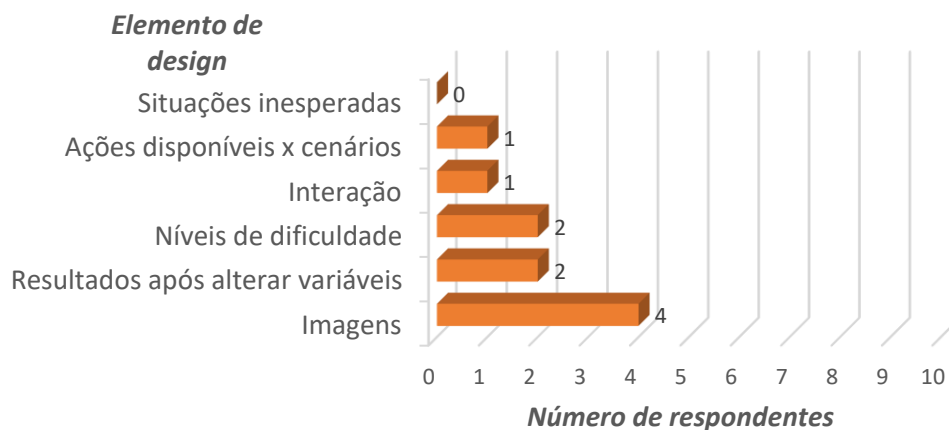


Figura 6.20. Respostas da pergunta VII do Pós-Teste

Fonte: o autor

VIII) Principal problema a ser resolvido no BSG: conforme a Figura 6.21, 4 jogadores (40%) declararam que seria manter o equilíbrio entre produção e a gestão da equipe enquanto outros 4 (40%) enfatizaram a importância em manter controlado os níveis de estoque de insumos; 1 participante (10%) relatou que seria administrar o tempo de produção e o outro (10%), destacou que era relevante manter ao mesmo tempo um estoque adequado de insumos e uma relação amigável com a sociedade.

VIII. Principal problema a resolver no jogo

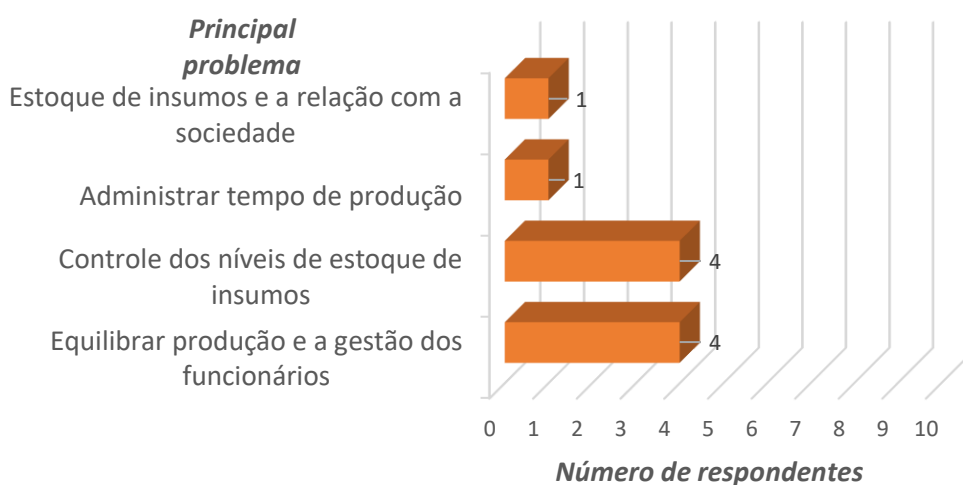


Figura 6.21. Respostas da pergunta VIII do Pós-Teste

Fonte: o autor

- IX) Quanto à estratégia adotada para um melhor resultado no BSG, 4 participantes 40% entenderam que seria tomar decisões eticamente questionáveis, e outros seis participantes divididos igualmente entre manter o equilíbrio entre produção e vendas (20%), não deixar faltar insumos (20%) e controlar funcionários (20%), conforme pode ser visualizado na Figura 6.22.

IX. Principal estratégia adota no BSG

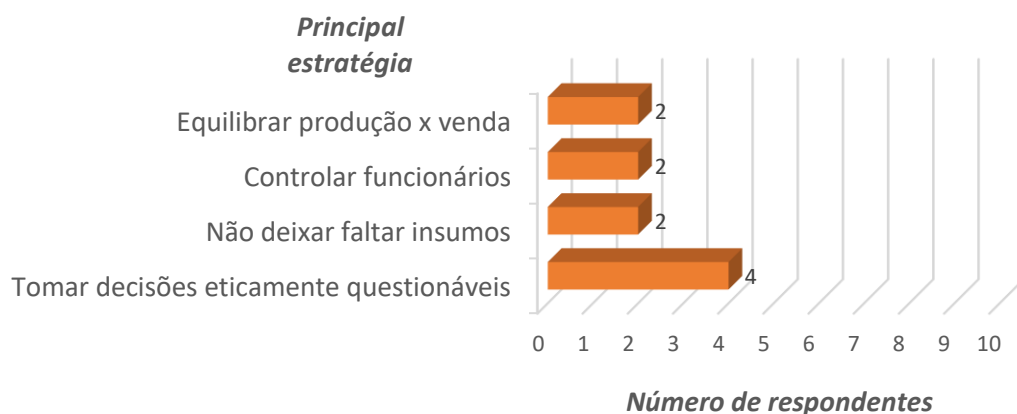


Figura 6.22. Respostas da pergunta IX do Pós-Teste

Fonte: o autor

- X) Na pergunta aberta sobre o que o participante mudaria no jogo, as sugestões foram:
- P1: “Maior esclarecimento no uso das terras”;
 - P2: “Nada, foi muito divertido”;
 - P3: “Como citado anteriormente, a ação de movimentar gado para o abate”;
 - P4: “A interface e qualidade de imagem do jogo”;
 - P5: “Outros tipos de gráficos de monitoramento”;
 - P5: “Uma forma de jogo mais dinâmica”;
 - P7: “Acrescentar variáveis como a mencionada anteriormente: a opção do abate fora de época para não parar a indústria”;
 - P8: “É um jogo muito rápido, talvez torná-lo mais lento”;
 - P9: “Acredito que o Game já está de uma forma bem clara e objetiva”;
 - P10: “Receber avisos em qualquer tela, não tendo que ir na tela específica consultar”;

Conforme definido na dinâmica do experimento, a visualização do tutorial ocorreu anteriormente ao início do BSG, e esse tempo também foi monitorado pelos dispositivos EEG2 e ET2, para oferecer uma fonte de informação complementar na análise do jogo, possibilitando subsidiar possíveis alterações comportamentais principalmente na fase inicial da atividade. Com esse intuito, para cada participante, foram selecionados de 3 a 5 períodos em que um ou mais eletrodos do córtex frontal apresentaram maior Amplitude de sinal durante a leitura do tutorial, gerando a tabela representada no Apêndice 7. Também para os mesmos períodos, foram registrados os respectivos mapas de calor das fixações, conforme Apêndice 8. A única exceção foi para o participante P3, cuja coleta apresentou um problema na gravação dos dados de ET2, inviabilizando a sua análise. De qualquer forma, o experimento foi reiniciado a partir do início do jogo sem que o jogador precisasse ler novamente o tutorial, o que poderia ser desmotivador e então, para efeito de análise, seus dados foram considerados a partir desse ponto, o que ocorreu normalmente.

Para os períodos selecionados com maior ativação do córtex frontal ao longo do jogo, obtidos de EEG2, a correspondente situação vivenciada pelo jogador foi classificada em uma das seguintes 7 diferentes categorias:

- Início do Jogo (IJ);
- Situação Crítica (SC);
- Fim de Jogo (FJ);
- Dilema Ético (DE);
- Decisão Operacional (DO);
- Pensamento Estratégico (PE); e
- *Insight* (IS).

Todos esses resultados dos 10 jogadores, disponíveis nos gráficos amplitude (A) do sinal elétrico (em μV) dos 14 eletrodos, conforme exemplificado na Figura 6.15, foram agrupados em uma tabela para facilitar o cruzamento e análise crítica das informações e, na sequência, foram selecionados de 20 a 24 pontos que podem ser visualizados no Apêndice 9. Por conta da limitação de tempo de 10 minutos de uso de ET2, os participantes jogaram em dois períodos consecutivos, indicados na tabela pelas cores amarelo (período 1) e verde (período 2). Para cada ponto selecionado, a tabela contempla também o número da tela do jogo (de 1 a 4 conforme definido em 4.3), uma breve descrição da situação e a referência para o mapa de calor de ET2 correspondente, que pode ser visualizado no Apêndice 10.

Para a discussão dos dados individuais foram selecionados, aleatoriamente, um período correspondente para cada uma das 7 categorias criadas, identificadas no Apêndice 9 com a cor laranja. Para aqueles jogadores que não tiveram falência ao longo do experimento, ou alguma outra categoria não encontrada, a análise correspondente não é contemplada na discussão.

6.2.5. Discussão

A interlocução entre resultados obtidos das diferentes fontes de dados foi estruturada considerando uma análise individual por participante, começando pelo período de contato com o Tutorial. Cabe destacar que o fato de todos os participantes declararem, na pergunta III do questionário Pós-Teste, que o tutorial foi adequado, pode ser o primeiro indicador de que esse recurso tenha contribuído para uma boa PX. O desempenho cognitivo e atencional esperado dos participantes no acesso ao tutorial está principalmente relacionado a obtenção de conhecimentos que os preparem adequadamente para o BSG, o que vai ao encontro do que caracteriza o estabelecimento da memória de trabalho, processo pelo qual está amplamente envolvido com comportamentos direcionados a objetivos nos quais a informação deve ser retida e manipulada para garantir a execução bem-sucedida de uma tarefa (Chai et al., 2018).

Na sequência da discussão dos resultados fisiológicos, comportamentais e psicológicos na observação do tutorial, cruzando os dados conforme a metodologia proposta do modelo PBP, foram analisados os respectivos dados cognitivos, atencionais e respostas dos questionários Pré- e Pós-Teste durante a experiência com o jogo.

Participante P1. Os eletrodos ativados nos períodos selecionados para o participante P1 durante a interação com o tutorial, de acordo com o Apêndice 7, abrangem toda a região do córtex frontal, principalmente até a primeira metade do tempo de leitura (períodos 1 a 3). Essa característica de ativação parece estar muito relacionada com um estudo utilizando sinais EEG que discute o papel dessa região do cérebro em vários aspectos da memória de trabalho e funções executivas (Anderson et al., 2011; Baddeley, 2010), conforme representando espacialmente a partir de uma parametrização Gaussiana, na Figura 6.23, seguindo a identificação dos eletrodos já detalhada na Tabela 6.1.

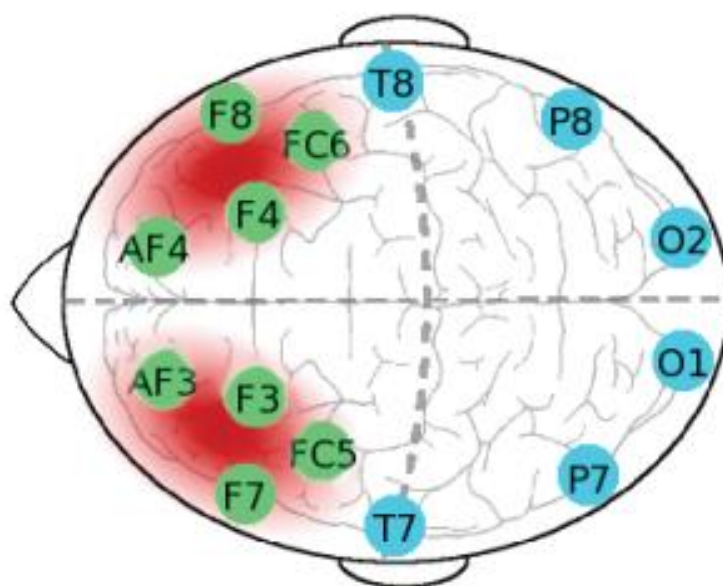


Figura 6.23 - Representação espacial da região do córtex frontal associada ao processo de memória de trabalho e à localização dos sensores de um dispositivo Emotive Epoc

Fonte: (Anderson et al., 2011)

Uma revisão de literatura aponta que, além das áreas associadas ao córtex frontal, a ativação conjunta das regiões temporal e parietal estão associadas ao processo de armazenagem e processamento da memória de trabalho (Chai et al., 2018), em linha com o que identificamos nos Períodos 1 e 3 de P1 (Apêndice 7). Os mapas de calor (Apêndice 8) reforçam que P1 está, nestes períodos, com uma concentração da atenção nas instruções do jogo. Especificamente no Período 3, com duração de 18 segundos, todos os 14 eletrodos se ativam intensamente, e o mapa de calor MCT-P1-3 mostra que P1 divide sua atenção em pontos diferentes na tentativa de estabelecer relações entre o quadro de orientações e os demais elementos visuais da tela, como a posição dos bois e equipamentos. Este comportamento parece estar associado ao modelo multicomponente para composição da memória de trabalho (Baddeley, 2010), que explica que a central executiva do cérebro cria um sentido para a combinação da semântica visual, linguagem e memória episódica, justificando também a ativação da região occipital. O questionário Pós-Teste de P1 também justifica esse comportamento do jogador quando ele considera como o recurso mais importante do jogo, os elementos visuais apresentados.

Nos períodos 4 e 5 de P1, os mapas de calor apontam a atenção do jogador no quadro de orientações da tela da sede, correspondente à tela 4 do BSG, e os eletrodos com maior nível de ativação são os do córtex Pré-frontal do hemisfério esquerdo. Por essa parte do tutorial apresentar conceitos mais subjetivos sobre o jogo, e menos aplicáveis operacionalmente, é possível inferir

que o motivo pelo qual a central executiva não tenha sido completamente requisitada, mas apenas os eletrodos AF3, F7 e FC5, ao aproximarmos este resultado com pesquisas que apontam que a intensificação dessa região específica do cérebro está relacionada à comportamentos atencionais e de engajamento, atuando como um filtro de informações (Agarwal & Sivakumar, 2019a; Chai et al., 2018). O questionário Pós-Teste também pode ajudar a esclarecer esse resultado, ao analisarmos a declaração de P1, quando ele afirma que o principal problema a resolver no jogo, e a construção da sua estratégia para resolvê-lo, estão relacionados com elementos das telas que refletem o processo do plantio à venda do lanche (telas 1, 2 e 3), ou seja, a abordagem do tutorial sobre a tela 4 não foi tão significativa na concepção da sua tática, embora mantida a atenção. A resposta da pergunta IV do Pré-Teste de P1, que também contribui para justificar esse resultado, diz respeito ao seu aprendizado anterior de conceitos logísticos, na linha de pesquisas que afirmam que conhecimentos Prévios contribuem para o processamento da nova informação e consolidação da memória (Alonso et al., 2020; Fernández & Morris, 2018).

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P1:

- IJ: O mapa de calor de MCJ-P1- IJ, no Apêndice 10 permite identificar o jogador com uma relevante e bem distribuída atenção da Tela 1, no início do jogo. Ao mesmo tempo, no Apêndice 9, Período 1, todos os eletrodos do córtex-frontal e T8 são ativados. O fato da ativação mais intensa em um dos lados do lobo temporal parece estar relacionada com um estudo que afirma que a atenção é resultado de uma rede de conexões corticais e subcorticais de predomínio direito (Estévez-González et al., 1997). Outra pesquisa afirma que, somado ao importante papel regulador do córtex frontal, a regulação da atenção repousa sobre o sistema do hemisfério direito (Posner & Driver, 1992). Uma colaboração proveniente do Pós-Teste relacionada com o comportamento atencional observado parece estar relacionado ao fato de que o jogador declarou, ao responder a pergunta VII, que as imagens proporcionadas pelo jogo se destacaram como o recurso mais importante durante a sua utilização.
- DO: O período 5 reflete uma situação de decisão operacional na Tela 1 do BSG, momento imediatamente anterior à escolha das áreas de pastagem e criação de gado. Os dados do Apêndice 9 mostram que todas as áreas abrangidas por EEG2 nesse período apresentaram ativação significativa. O mapa de calor MCJ-P1-DO, Apêndice 10, mostra um comportamento exploratório muito intenso de todos os elementos da tela, que agrega estímulos visuais e auditivos. Os resultados obtidos a partir dos dois dispositivos de coleta permitem concluir que, nesse momento, o jogador está orientando-se para interagir nas

variáveis, o que vai ao encontro de pesquisas que concluíram que a atenção perceptiva ou exploração, também chamado de *scan*, de informações do ambiente depende da ativação de áreas do córtex parietal (atenção de deslocamento), temporal (filtrando o relevante e não relevante) e occipital (orientação visual aos objetos de interesse), como processos atencionais que precedem a percepção e a ação (Petersen & Posner, 2012; Posner & Petersen, 1990). Essas áreas do cérebro, ativadas em conjunto com o córtex pré-frontal e frontal, são capazes de realizar tarefas cognitivas mais complexas, como um sistema denominado de atenção executiva ou atenção motora (Posner & Petersen, 1990). A resposta da pergunta VII do Pós-Teste, de que a imagem foi o recurso mais importante do jogo, e de que a interação é o que ele considera mais importante que um jogo deve ter, conforme declarado na pergunta III do Pré-Teste, colaboram com a compreensão do seu comportamento.

- PE: o período 10 retrata o momento no qual P1, tem a primeira interação com a Tela 4, para agir estrategicamente no BSG. Conforme o Apêndice 9, sua ativação cerebral é semelhante à obtida no período 1 (IJ), na qual córtex frontal e temporal direito coordenam esse primeiro contato mais exploratório, nesse caso, no que diz respeito aos recursos de planejamento tático disponíveis. Esse comportamento também pode ser observado no mapa de calor MCJ-P1-PE, Apêndice 10, ao identificarmos uma concentração atencional em cada uma das áreas que compõem o “quartel general”. Assim como relatado na análise do comportamento do jogador durante a leitura do tutorial, o questionário Pós-Teste também pode ajudar a esclarecer esse resultado, ao identificarmos sua afirmação de que o principal problema a resolver e a estratégia adotada no jogo (perguntas XIII e IX) não estão relacionados às variáveis estratégicas proporcionadas na tela 4, embora mantida a atenção na forma e movimento.
- IS: não existe um consenso a respeito das áreas do cérebro mais ativadas nos momentos de um *insight*, mas os resultados de pesquisas com esse tema normalmente indicam que o processo envolve uma reestruturação cognitiva, envolvendo a memória, processos visual-espacial e relacionados à emoção, motivação e função executiva (Luo & Knoblich, 2007; Weisberg, 2015). A ativação dos 14 eletrodos de EEG2 durante o período 13 do Apêndice 9 reflete bem a complexidade desse sistema de conexão cerebral. O mapa de calor MCJ-P1-IS, Apêndice 10, auxilia a compreender esse momento quando, na Tela 2, o jogador foca sua atenção nos 3 equipamentos que são responsáveis em produzir a matéria-prima do hambúrguer, e como os mesmos podem otimizar o processo, provavelmente relacionando com as orientações do tutorial e seus conceitos Prévios, para a definição de suas próximas ações.

- SC: conforme o Apêndice 10, o mapa de calor MCJ-P1-SC mostra uma situação muito complicada, na qual o jogador se depara com o processo da Tela 1 totalmente desestruturado, e seu foco atencional é pontual na região que apresenta o problema. O resultado de EEG2 correspondente, Período 18 do Apêndice 9, aponta somente F7 e F8 ativados, o que pode estar relacionado à uma situação de stress, em linha com um estudo que demonstra que o stress reduz significativamente a conectividade funcional na região do córtex-frontal (Al-Shargie, 2021). A resposta da pergunta X do questionário Pós-Teste aponta que esse foi um dos momentos de maior dificuldade do jogador ao relatar que o que ele mudaria no jogo é proporcionar um maior esclarecimento no uso das terras.
- DE: ao lidar com uma situação de conotação ética, novamente relacionada ao uso das terras, através de uma denúncia dos consumidores que declaram ter provas de uso indiscriminado de recursos agrários, as áreas mais ativadas do Período 20 foram AF3, AF4, F4, F7 e F8, conforme o Apêndice 9. Um estudo aponta que a ativação da região Pré-frontal e dorsolateral em conjunto com o frontal medial direito (F4) pode estar relacionada com a atenção dividida ou compartilhada (Estévez-González et al., 1997). Isso parece fazer sentido quando se observa o mapa de calor MCJ-P1-DE, Apêndice 10, o qual mostra que o jogador presta atenção na advertência escrita, ao mesmo tempo que observa diversos pontos das telas, provavelmente na busca de uma explicação por esse descumprimento de uma lei, e reforçando ainda mais a dúvida relatada no Pós-Teste pelo jogador sobre o uso das terras, citado na situação anterior (SC).

Participante 2. Para todos os períodos selecionados de P2 ao longo da apropriação com o conteúdo do tutorial, apresentados no Apêndice 7, todo córtex frontal é ativado, demonstrando uma atividade recorrente da função executiva provavelmente no processo de concepção da memória de trabalho, conforme indica o estudo científico já relatado e representado pela Figura 6.23, e ainda pelo alto nível atencional identificado nos mapas de calor MCT-P2 de ET2, conforme Apêndice 8, concentrado principalmente nas caixas de orientações e adjacências das respectivas páginas do tutorial. Além disso, dois desses períodos identificados para P2, apresentam outras regiões que se somam ao córtex frontal, e revelam comportamentos que merecem destaque:

- no período 3, com duração de 7 segundos, os lobos temporal, parietal e occipital também mostram-se em relevante atividade, e o mapa de calor indica níveis relevantes de atenção em diferentes pontos de grande parte da tela do tutorial, envolvendo a leitura da orientação do jogo e uma intensa observação de outros estímulos visuais da tela que representa a loja

que representa a venda de fast-food, denotando um forte envolvimento do jogador com o ambiente em questão, provavelmente no constructo de sua estratégia, aproximando-se muito do conceito de memória de trabalho como um processo cognitivo que retém a informação através da atenção continuada, e que pode envolver até aproximadamente quatro elementos diferentes no processo de organização e conexão com a memória de longo prazo (Baddeley, 2010). Este comportamento parece estar fortemente relacionado com a identificação de P2 no Pré-Teste, pergunta III, de que o recurso Imagem é o elemento mais importante de um jogo.

- no período 4, ocorrido em um intervalo de 6 segundos, destaca-se a maior ativação complementar dos eletrodos do hemisfério direito da região temporal (T8) e parietal (P8). Ao mesmo tempo, ao analisar o mapa de calor correspondente (MCT-P2-4) percebe-se que o jogador está somente focado em diversos elementos visuais oferecidos pela tela e suas relações, desconsiderando inclusive o quadro de orientações, o que parece estar relacionado com o resultado de um estudo que aborda fatores neuropsicológicos e áreas cerebrais envolvidas, o qual apresenta que ativação dos lobos temporal e parietal no hemisfério direito está associada à atividades de percepção e produção da forma geral de um objeto e suas proporções (Paffen, 2015).

Este comportamento nos períodos 3 e 4 parece estar fortemente relacionado com a resposta à pergunta III do Pré-Teste, na qual P2 identifica que o recurso Imagem é o elemento mais importante de um jogo. Além disso o jogador também relata, na pergunta II experiência Prévia com outros jogos de ação, o que pode também promover uma certa familiaridade com esse ambiente.

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P2:

- IJ: O mapa de calor MCJ-P2 -IJ, de acordo com o Apêndice 10, mostra que além da atenção nos elementos principais da tela, o jogador apresenta um desvio no olhar para pontos não significativos. O que aparentemente pode ser identificado como uma falta atencional ou de foco no jogo, pode ter outra explicação, ainda mais quando identificamos que P2 apresentou uma excelente performance no jogo, como um dos 3 jogadores que manteve a empresa em bons níveis de resultado e não faliu nenhuma vez. A explicação pode estar relacionada com o resultado de uma pesquisa que supõe que o olhar é desviado brevemente do local de fixação principal quando o sujeito precisa alinhar o que o autor chama de atenção intersubjetiva (Azarian et al., 2016) , buscando organizar seus pensamentos sobre a tarefa. Outra pesquisa aponta que o desvio de olhar é uma forma de residir reflexivamente

sobre uma situação inesperada ou ameaça como uma forma de comportamento adaptativo, onde mais tempo é alocado para o processamento da informação e desenvolvimento de uma estratégia adequada para lidar com uma determinada situação (Riechelmann et al., 2021). Conforme o Apêndice 9, Período 1, o fato de todos os 14 eletrodos estarem significativamente ativados nesse momento, demonstram P2 iniciando o jogo muito envolvido no gerenciamento cognitivo e emocional da tela inicial (lobo frontal), identificando os movimentos (lobo temporal), representação espacial (lobo parietal) e visualização das imagens do BSG (lobo occipital), o que vai ao encontro com o relato do próprio participante no questionário Pré-Teste, ao descrever o seu gosto por jogos, e no Pós-Teste quando afirma na resposta à pergunta X, que foi “...muito divertido”.

- DO, PE e DE: o Apêndice 9 mostra que o comportamento cerebral do jogador P2, nos períodos selecionados 5, 12 e 23, e também na grande maioria dos momentos de decisão operacional de efetiva ação sobre uma ou mais variáveis ou na tomada de decisão que envolve uma postura de caráter ético, é concentrado no córtex frontal. Respalado por estudos já relatados que apontam que toda a região frontal do cérebro é envolvida diretamente na organização da memória de trabalho e uso das funções executivas, a ativação dos 8 eletrodos do conjunto frontal reflete a ação do jogador na busca por uma lógica de decisão e planejamento (Anderson et al., 2011; Mondéjar et al., 2016), confirmado pelos mapas de calor MCJ-P1-DO, MCJ-P2-PE e MCJ-P2-DE do Apêndice 10, que mostram um foco atencional bem distribuído nas variáveis envolvidas. O que causou uma certa estranheza foi a similaridade do comportamento cerebral nas decisões éticas e operacionais, mas, ao identificar no questionário Pré-Teste a familiaridade de P2 com jogos que abordam essa temática e, ao responder à pergunta IX do Pós-Teste sobre qual a estratégia adotada no jogo, descrevendo que: “primeiro subornei ... aumentei o marketing para as crianças/pais”, percebe-se que o jogador lida com a questão ética e estratégica com muita naturalidade e focado em resultado, sem envolver aspectos emocionais e Pré-conceitos, justificando mais uma vez a sua boa performance no BSG.
- SC: O mapa de calor de MCJ-P2-SC, no Apêndice 10, permite identificar o jogador com o seu primeiro contato com a Tela 2 do jogo no momento em que o personagem indica a falta de bois, intercalando entre o foco entre problema e o desvio do olhar como na tela de II, na busca por uma solução. Ao mesmo tempo, no Apêndice 9, Período 6, todos os eletrodos do córtex-frontal e T8 são ativados, corroborando também com os estudos que afirmam que a atenção é resultado de uma rede de conexões corticais e subcorticais de predomínio direito (Estévez-González et al., 1997; Posner & Petersen, 1990). Uma colaboração proveniente

do Pós-Teste que parece estar muito relacionada com o esforço e atenção empreendido pelo jogador nessa tela provém de sua resposta à pergunta VIII, ao relatar que um dos dois principais problemas do jogo estava relacionado “à falta de bois no setor de abate”.

- IS: para P2, os momentos de *insight* denotam ser aqueles de maior importância cognitiva e emocional. Assim como ocorrido para essa categoria em P1, a ativação dos 14 eletrodos de EEG2 durante o período 18 (e também o 10, 16 e 17) do Apêndice 9, também representa para P2 essa complexidade da conexão cerebral. O mapa de calor MCJ-P2- IS, Apêndice 10, ilustra muito bem o período em que o jogador alternando sua atenção entre a análise do comportamento do gerente, funcionários e o menu de opções da Tela 3, na busca por uma solução para melhorar a performance da loja, descobre o sistema de recompensa dos funcionários. O jogador ainda, ao responder na pergunta VIII do questionário Pós-Teste, que o principal problema a resolver no jogo era “ficar de olho nos funcionários”, mostra seu nível de preocupação com essa questão e o quanto uma descoberta para lidar com o problema era importante.

Participante 3. Como já relatado, as medições ao longo do tutorial foram desconsiderados por problemas técnicos. Nos que diz respeito aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P3:

- IJ: O Período 1 de P3, conforme apêndice 9, mostra uma ativação de todos os 8 eletrodos do córtex frontal de EEG2. O mapa de calor correspondente, MCJ-P3- IJ no Apêndice 10, apresenta o foco atencional do jogador em um espaço de terras da Tela 1, imediatamente anterior à decisão de eleger essa zona como área de plantio. Essa combinação de resultados leva a crer que o jogador estava ativando suas funções executivas e sua memória de trabalho na definição de suas primeiras decisões no jogo, corroborado por estudos que vão ao encontro desse comportamento (Anderson et al., 2011; Mondéjar et al., 2016). Quando consideramos ainda a possibilidade da possível interação com recordações anteriores do jogador na construção de sua lógica de ação no BSG, a partir da influência da experiência Prévia profissional na área de logística de suprimentos relatada no Pré-Teste, além da Tela 1 ter sido revisitada mais intensamente que outras ao longo do jogo, é possível associar tal conduta com uma pesquisa que aponta que a elaboração de novas memórias associativas que se encaixam em conhecimento Prévio envolvem áreas do córtex Pré-frontal, seja na recuperação de memórias remotas ou recentemente consolidadas (Fernández & Morris, 2018).
- DE e IS: A ativação dos 14 eletrodos de EEG2 no período 5 de decisão ética, e 10 de *insight* indicam comportamentos cerebrais semelhantes para P3, conforme o Apêndice 9, e que se

repetem em outros momentos das referidas categorias. Apesar desse resultado é importante uma análise complementar com os mapas de calor de ET2, Apêndice 10. No caso de MCJ-P3-DE, na Tela 2, o jogador intercala sua atenção entre os impactos visual e sonoro do boi doente/personagem atônito e a opção de realizar a incineração do animal para evitar a contaminação com os demais. Este momento, além de envolver uma decisão emocionalmente impactante, exigiu a percepção de movimentos, representação espacial, visualização de imagens e sons, além do suporte das funções executivas. (Luo & Knoblich, 2007; Weisberg, 2015), justificando a complexa atividade cerebral. No caso de MCJ-P3 - IS a descoberta do recurso de alteração da velocidade/pausa do jogo na Tela 1 revelou-se um recurso interessante para o jogador, e na sequência ele segue interagindo com outros elementos do jogo para avaliar o resultado. Esse comportamento sugere um alinhamento com estudos que apontam que para resolver problemas a partir de um *insight* a reestruturação envolve uma reinterpretação perceptiva da situação, direcionando a atenção para os elementos críticos do problema, re combinando-os para a construção de um novo significado ou uma mudança no objetivo (Knyazev et al., 2021; Luo & Knoblich, 2007), e essa nova reorganização mental pode exigir uma conexão cerebral que envolve os lobos frontal, parietal, temporal e occipital. Ao adicionarmos ainda a perspectiva psicológica do jogador nessa análise, suas percepções no Pós-Teste estão muito relacionadas com as referidas telas, justificando o envolvimento e esforço atencional, cognitivo e emocional, como se observa na resposta da pergunta IX, na qual P3 relata que a sua estratégia para o sucesso do jogo está relacionada à Tela 1, e na pergunta X, na qual descreve o que mudaria no BSG: “a ação de movimentar o gado para a Tela 2”.

- PE e DO: o Apêndice 9 mostra que a maior ativação cerebral de P3, nos períodos selecionados 7 e 12 respectivamente, e nos demais momentos das referidas categorias é concentrado no córtex frontal pela ativação dos 8 eletrodos do conjunto, reforçando o comportamento já identificados em outros participantes, envolvendo memória de trabalho e uso das funções executivas para decisão e planejamento no BSG (Anderson et al., 2011; Mondéjar et al., 2016). Os mapas de calor MCJ-P3-PE e MCJ-P3-DO, conforme o Apêndice 10, mostram um foco atencional bem distribuído nas variáveis envolvidas e uma mesma lógica atencional, o que parece estar relacionado ao fato do jogador não ter valorizado as opções estratégicas oferecidas pelo jogo, concentradas na Tela 4, ou seja, dando a mesma importância. Esse comportamento também pode ser corroborado tanto pela menor quantidade de acessos à Tela 4, quanto pelas respostas dos questionários. No Pré-Teste, pergunta VI, o jogador relata que o número de variáveis não foi adequado para

resolver o problema proposto pelo jogo, exatamente porque seu enfoque foi exclusivamente operacional. Também no Pós-Teste, a situação se confirma quando o participante descreve na pergunta IX que sua estratégia se concentra em ações operacionais no início da cadeia produtiva.

- SC e FJ: O momento 23, de situação crítica e 24, que antecede o fim do jogo de P3 também refletiram uma ativação de todos os 8 eletrodos da região do córtex frontal e ainda de T7, conforme identificado no Apêndice 9. Ao considerarmos os mapas de calor MCJ-P3-SC e MCJ-P3-FJ, percebe-se o jogador investindo foco e tempo em ações que não reverteriam a situação, provavelmente por não saber mais o que fazer, o que parece ter relação com um estudo sobre emoções que aponta que a ativação do lobo temporal esquerdo está relacionada com sentimentos de tristeza ou decepção (Bajaj & Pachori, 2015). Como contribuição das percepções do participante, na resposta da pergunta VII do Pós-Teste, a “identificação de resultados após a mudança de variáveis” foi considerado o elemento mais importante no jogo, totalmente contrário à resposta do Pré-Teste, na qual o mesmo item foi classificado como o menos relevante, caracterizando o quanto essa questão o influenciou cognitivamente e emocionalmente.

Participante 4. Para todos os períodos selecionados de P4 ao longo da apropriação com o conteúdo do tutorial, apresentados no Apêndice 7, todo córtex frontal é ativado, demonstrando uma atividade recorrente da função executiva provavelmente no processo de concepção da memória de trabalho conforme indica o estudo científico já relatado e representado pela Figura 6.23, e ainda pelo alto nível atencional identificado nos mapas de calor MCT-P4 de ET2, conforme Apêndice 8, concentrado principalmente nas caixas de orientações e adjacências das respectivas páginas do tutorial. Além disso, desses períodos identificados para P4, no período 5, destaca-se a maior ativação complementar dos eletrodos do hemisfério direito da região temporal (T8) e parietal (P8). Ao considerar também o mapa de calor correspondente, MCT-P4-5, percebe-se que o jogador está somente focado nos elementos visuais oferecidos pela tela e suas relações, desconsiderando o quadro de dicas, como ocorreu com o jogador P2, o que também parece estar relacionado com o estudo que apresenta que ativação dos lobos temporal e parietal no hemisfério direito está associada às atividades de percepção e produção da forma geral de um objeto e suas proporções (Paffen, 2015). Também como identificado com P2, este comportamento no período 5 de P3 parece estar fortemente relacionado com sua resposta à pergunta III do Pré-Teste, na qual o participante elegeu que o recurso Imagem é o elemento mais importante de um jogo e, na pergunta II, descreve experiência Prévia com outros jogos de ação, destacando sua familiaridade

com esse ambiente.

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P4:

- IJ: O Período 1 de P4, conforme apêndice 9, mostra uma ativação de todos os 8 eletrodos do córtex frontal de EEG2. O mapa de calor correspondente, MCJ-P4-IJ no Apêndice 10, apresenta o foco atencional do jogador entre um espaço de terras da Tela 1, analisando a opção de plantio ou criação de gado e, também, as mensagens oferecidas na barra inferior. Essa combinação de resultados leva a crer que o jogador estava ativando suas funções executivas e sua memória de trabalho na definição de suas primeiras decisões no jogo, corroborado novamente com os estudos que vão ao encontro desse comportamento (Anderson et al., 2011; Mondéjar et al., 2016). Esse comportamento cognitivo e atencional vai ao encontro da percepção do próprio jogador, quando ele declara na pergunta V do Pós-Teste que: “O game traz propostas muito boas para a aprendizagem, e sim de fato contribui para a aprendizagem, pois mostra a realidade para administrar uma empresa”.
- DO: De acordo com o Apêndice 9, no momento 3 percebe-se uma ativação significativa do córtex frontal associada ao lado direito das regiões temporal (T8) e occipital (O2). Essa lateralização pode estar relacionada com uma revisão de estudos sobre a função cerebral da atenção que aponta que esse comportamento indica um processo de atenção seletiva a determinadas propriedades do objeto, mais especificamente à sua forma (Estévez-González et al., 1997). Relacionando com o mapa de calor MCJ-P4-DO, Apêndice 10, percebe-se que P4 realmente está focado nos elementos visuais da terra e possibilidades de ocupação na definição de sua ação operacional. Situações similares ocorreram nos momentos 15 e 16. Os registros do jogador nos questionários também apontam a sua valorização dos recursos visuais nos jogos. No Pré-Teste, em resposta à pergunta III, P4 relata que as Imagens são o elemento mais importante na construção de um jogo, e no Pós-Teste ele sugere que a “Qualidade da Imagem deveria ser um elemento melhor trabalhado no jogo.
- PE: O mapa de calor MCJ-P4-PE, no Apêndice 10, permite identificar o jogador com o seu primeiro contato com a Tela 4 do jogo, e foco em diferentes elementos visuais da tela. Ao mesmo tempo, no Apêndice 9, Período 5, identifica-se que todos os eletrodos do córtex-frontal e região occipital foram ativados, destacando mais uma vez a atenção do jogador aos elementos visuais que apoiem a sua decisão. Cabe destacar, no entanto, que este comportamento não pode ser considerado um padrão quando comparado a outros momentos de pensamento estratégico. A própria resposta de P4, na pergunta IX do Pós-Teste, sobre qual a estratégia adotada, já reflete o reconhecimento de sua falta de

efetividade: “Ter bastante boi para transformar em carne, mas não foi o suficiente para atingir as metas”, e pode indicar o motivo pelo qual o comportamento cerebral em momentos de PE se equivalem ou até parecem menos complexos que nos momentos de DO, ou seja, não foi traçado uma efetiva lógica de ação. Outro aspecto que pode corroborar é que P4 foi o jogador com pior performance, levando a empresa à falência 3 vezes.

- FJ e DE: Ao mesmo tempo, no Apêndice 9, referente aos períodos 6 e 11, percebe-se relevante ativação dos eletrodos do córtex-frontal e T8. Como identificado com outros participantes, o fato da ativação mais intensa em um dos lados do lobo temporal parece estar relacionada com um estudo que afirma que a atenção é resultado de uma rede de conexões corticais e subcorticais de predomínio direito (Estévez-González et al., 1997; Posner & Driver, 1992). No entanto, é importante analisarmos os respectivos mapas de calor de ET2, Apêndice 10, para buscar uma compreensão mais apurada de cada momento. No caso de MCJ-P4-FJ, a atenção do jogador se divide entre a advertência sinalizada na Tela 1 e pontos que aparentemente não fazem sentido, como uma espécie de fuga de pensamento diante da falência eminente, o que permite inferir que o seu comportamento cerebral também pode ter sofrido efeito de uma carga emocional, nesse caso negativa, e que tem predominância do lado direito do cérebro, conforme estudos relacionados (Agarwal & Sivakumar, 2019b; Prete et al., 2022) . No caso de MCJ-P4-DE, o dilema de incinerar os bois doentes ante ao risco de contaminação aos demais também parece ter influenciado emocionalmente o jogador e ter sido responsável pelo mesmo comportamento cerebral. A única diferença nesse caso é que o jogador efetivamente tinha a possibilidade real de gerência sobre a situação, mesmo que contra seus princípios. Esses momentos de sensação de incapacidade e/ou decisão contra a vontade do jogador devem ter influenciado suas respostas no Pós-Teste, quando verificamos sua classificação na pergunta VII, de que as “Ações disponíveis na interface” foram os elementos de maior importância para o sucesso no BSG, e que posteriormente, na pergunta X, ele sugere mudanças nesse item para melhorar a experiência de jogo, além da qualidade da imagem, já descrito.
- SC: O mapa de calor MCJ-P4-SC, de acordo com o Apêndice 10, mostra que além da atenção nos elementos principais da Tela 3, analisando as reclamações da loja, o jogador apresenta um desvio no olhar para pontos não significativos, abaixo da tela. Assim como identificado com P2, esse comportamento pode estar relacionado à análise reflexiva (Azarian et al., 2016; Riechelmann et al., 2021), como uma estratégia de lidar com a situação. Conforme o Apêndice 9, o fato de todos os 14 eletrodos estarem significativamente ativados nesse momento 18, é um sinalizador de que P4 busca

reorganizar-se cognitivamente e emocionalmente da tela, o que vai ao encontro com o relato do próprio participante no questionário Pós-Teste quando afirma na resposta à pergunta V, que o “O game traz propostas muito boas para a aprendizagem, e sim de fato contribui para a aprendizagem, pois mostra a realidade para administrar uma empresa.”. Este pode ser um indicador importante que mesmo com uma performance fraca no jogo, P4 não se deixou abater, a ponto de reconhecer o aprendizado com o BSG.

- IS: não foram identificados momentos dessa categoria ao longo do jogo de P4, o que pode ter colaborado significativamente para as várias falências do BSG e a baixa performance do jogador, considerando que o *insight* pode apresentar novas abordagens para um problema e, como resultado, a perspectiva de uma reestruturação da situação para o desenvolvimento da solução (Weisberg, 2015).

Participante 5. Dos 3 períodos identificados com maior ativação no decorrer do tutorial, conforme o Apêndice 7, apenas o momento 2 envolveu a ativação de todas as áreas do cérebro. O mapa de calor MCT-P5-2, no Apêndice 8, indica que o jogador atento ao fluxo completo de produção da loja, o similar ao comportamento de um *insight*. Em relação aos outros dois momentos, períodos 1 e 3, a ativação significativa ocorreu somente no eletrodo F3. Em contrapartida, os respectivos mapas de calor MCT-P5-1 e MCT-P5-3, de acordo com o Apêndice 8, indicam um concentrado nível atencional do jogador nas orientações apresentadas pelo tutorial. Uma informação complementar que pode corroborar para a compreensão desses tão diferentes resultados, é que P5 levou 103 segundos para concluir a leitura do tutorial, bem inferior aos 418,33 segundos de média do grupo (sem considerar o tempo de leitura de P3, que foi descartado), e também o número de fixações registrados, no total de 103, para uma média geral $M=224,33$, o que poderia caracterizar uma leitura mecânica. Considerando que a execução de atividades de forma automática, apoiada por estudos de imagem funcional, revelam um padrão de ativação global reduzida, bem como uma mudança na ativação de cortical para áreas subcorticais, em particular, diferentes sub-regiões do córtex cingulado (Saling & Phillips, 2007), parece ser uma justificativa alinhada com o resultado de EEG2 que apresentou sinal representativo apenas do eletrodo F3 nos referidos períodos. Outras contribuições para essa análise advêm dos questionários: apesar de P5 responder na pergunta III do Pós-Teste que o tutorial foi adequado para o jogo, ele classifica na Pergunta III do Pré-Teste que o resultado depois de mudar variáveis é o elemento mais importante do jogo. Mesmo essa pergunta estar relacionada inicialmente ao jogo, essa resposta mostra que o jogador valoriza muito uma imediata causa-efeito, e como o tutorial está desvinculado do jogo, isso pode tê-lo motivado mesmo inconscientemente e de forma automática, a terminar essa etapa

o mais rápido possível e dar início ao BSG para efetivamente atuar e ver resultados.

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P5:

- IJ: O Período 1 de P5, conforme Apêndice 9, segue um padrão de comportamento cognitivo muito similar com demais jogadores nesse momento de início do jogo, com a ativação de todos os 8 eletrodos do córtex frontal. Com relação ao comportamento atencional, o mapa de calor MCJ-P5- IJ, Apêndice 10, mostra o jogador muito focado na exploração das terras para a decisão de plantio e/ou criação do gado. Com relação aos questionários é importante destacar a resposta da Pergunta VIII do Pós-Teste, na qual o jogador relata que o principal problema a resolver no jogo é “a falta de recursos básicos”. Somado ao fato de que o jogador realizou a leitura do tutorial muito rápido, o jogador se concentrou muito na Tela 1 como é possível identificar nos 8 primeiros momentos registrados com maior ativação, e isso parece ter dificultado a formação de memórias prévias, retardando a sua organização mental sobre a estrutura de funcionamento do jogo a partir do seu início, em linha com um estudo que mostra que a recuperação de associações de localização de objeto que definem um esquema mental recém-criado baseado em um grande layout visuoespacial, é associada à atividade Pré-frontal, ao mesmo tempo que a formação de memória também é processada preferencialmente ali (Fernández & Morris, 2018).
- DO-IS-SC-DE: As situações de maior ativação selecionadas (períodos 11, 15, 17 e 21) apresentam um comportamento cognitivo equivalente para as categorias de decisão operacional, *insight* e situação crítica: a ativação significativa de todos os 14 eletrodos de EEG2, conforme Apêndice 9. Para estes mesmos períodos, os respectivos mapas de calor, Apêndice 10, também apresentam um semelhante comportamento atencional: a visualização das imagens que representam um fluxo operacional no contexto da tela correspondente. Assim, MCJ-P5-DO mostra o jogador contratando um funcionário ao visualizar uma estação de atendimento da loja parado na Tela 3, MCJ-P5-IS indica o momento em que P5 compreende o funcionamento da máquina de produção de hambúrguer na Tela 2, MCJ-P5 -SC apresenta o jogador analisando a máquina de alimentação do gado antes de tomar a decisão diante do comprometimento do processo na Tela 2, e MCJ-P5-DE resgata a situação de análise das opções eticamente questionáveis da Tela 1, de cultivo de soja transgênica, e a exploração de zonas indígenas e de floresta nativa. Essa convergência de resultados parece estar novamente associada ao fato do jogador reconhecer, no Pré-Teste, a importância da compreensão Prévia da relação entre as variáveis envolvidas na formulação de suas ações. Ao declarar, nas respostas às perguntas

I e II do Pré-Teste, seu gosto e familiaridade com jogos de estratégia, a forma de lidar com diferentes situações e obter *insights* com o BSG pode ter sido importado dessas experiências prévias.

- PE – Conforme o mapa de calor MCJ-P5-DE, no Apêndice 10, a observação de um gráfico financeiro na Tela 4 para a definição de sua estratégia de ação, proporcionou a ativação cerebral do córtex frontal, temporal e parietal predominantemente do lado esquerdo, correspondente ao momento 13 do Apêndice 9. Considerando que a visualização do indicador de resultados do BSG colabora com a avaliação da situação do jogador até o momento, é possível afirmar que este elemento do jogo serviu como um alerta para P5. Consequentemente, este comportamento cognitivo pode estar relacionado com um estudo de imagem que sugere que os efeitos de sinais de alerta dependem mais fortemente nos mecanismos do hemisfério cerebral esquerdo, funcionando como uma chave atencional, e os resultados mostram ainda envolver principalmente a junção temporoparietal (TPJ) e o córtex frontal (Petersen & Posner, 2012). As respostas no Pós-Teste também vão ao encontro do quanto certos elementos, como os indicadores, contribuíram para a construção do seu conhecimento sobre o tema de negócios, como na pergunta V, sobre as contribuições do jogo: “Ver de uma maneira mais didática diversas situações, contribuiu para assimilar a matéria”, e outra declaração ainda mais relevante na pergunta X, sobre o que mudaria no jogo para melhorar a experiência de usuário: “outros tipos de gráficos de monitoramento”.
- FJ – Os momentos finais e o exato término da segunda vida da empresa, período 19, demonstram que o jogador, na eminência de não conseguir reverter a situação, mantém uma ativação cognitiva significativa em apenas um eletrodo da região frontal de EEG2. O respectivo mapa de calor MCJ-P5-FJ, Apêndice 10, mostra uma advertência de encerramento, culpando o jogador pelo resultado, utilizando expressões como “desgraçado” e “incompetente”, o que parece ter contribuído para um lapso de motivação ou engajamento, por não encontrar no BSG, os atributos que fazem parte da sua construção: atenção, novidade, interesse, controle, *feedback* e mudança (O’Brien & Toms, 2008). Esse comportamento se reflete ainda na retomada do próprio jogo, período 20. No que diz respeito às respostas dos questionários, essa situação parece não ter refletido negativamente na sua percepção sobre o BSG, visto que P5 não declarou descontentamento com o jogo em nenhuma pergunta, apenas sugestões de melhoria de recursos.

Participante 6. Assim como ocorreu com P1 e P4, por exemplo, os eletrodos ativados nos períodos selecionados para o participante P6 durante a interação com o tutorial, de acordo com o

Apêndice 7, abrangem predominantemente a região do córtex frontal, alinhado novamente com os estudos que apontam importância dessa região do cérebro em vários aspectos da formação da memória de trabalho e funções executivas (Anderson et al., 2011; Baddeley, 2010). Os mapas de calor MCT-P6 gerados por ET2, correspondentes aos Períodos 1 a 5, conforme Apêndice 8, mostram um comportamento do participante muito focado na explicação escrita do tutorial, e uma relação com o resultado de EEG2 parece indicar que nos momentos em que ele também observa para os elementos visuais do entorno estabelecendo relações, aumenta o número de eletrodos mais ativados na região frontal. Quando consideramos ainda que o jogador não relatou nenhuma familiaridade com outros jogos e seu pequeno conhecimento do tema de negócios no Pré-Teste, esse comportamento cognitivo parece ter relação com um novo estudo que resgata outras pesquisas recentes que apresentam a forte relação entre o córtex frontal e o hipocampo na formação da memória, ao mesmo tempo que apresenta a transferência de informação entre essas duas regiões aumenta a partir da experiência Prévia e formação de esquemas (Alonso et al., 2020). Assim, podemos inferir que EEG2 não permitiu visualizar a ativação do hipocampo, mas sinalizou a menor ou maior associação entre os eletrodos da região frontal.

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P6:

- IJ – Diferente do comportamento ao longo do tutorial, P6 começa o jogo, Período 1, apresentando o córtex-frontal amplamente ativado, em conjunto com os eletrodos T7 e O1, conforme o Apêndice 9. Um estudo sobre as funções cerebrais indica que a ativação dessas três regiões de forma simultânea pode ocorrer em momentos de identificação e denominação de objetos simples (Cabrelles Paffen, 2015), e também vai ao encontro da imagem oferecida pelo correspondente mapa de calor MCJ-P6-IJ, Apêndice 10, na qual percebe-se que o jogador distribui a sua atenção entre os elementos visuais e a barra de informação que identifica a situação vivenciada, buscando conhecer e ambientar-se no cenário. Na resposta III do Pré-Teste, sobre qual o elemento mais importante de um jogo, o jogador relata ser a Interação, identificando que P6 desenvolve uma estratégia de exploração na busca por recursos que permitam um maior diálogo com o BSG desde o início.
- IS e PE - As situações de maior ativação selecionadas (períodos 4 e 9) apresentam um comportamento cognitivo equivalente para as categorias de *insight* e pensamento estratégico a ativação significativa de todas as áreas de EEG2, conforme Apêndice 9. Para estes mesmos períodos, os respectivos mapas de calor, Apêndice 10, também apresentam um semelhante comportamento atencional: uma visualização exploratória da situação e

contexto da tela correspondente. Assim, MCJ-P6-IS mostra o jogador no momento imediatamente anterior à definição da estrutura de funcionamento da loja, na qual ele descobre o princípio e o fluxo de operação, através da análise de todos os elementos da Tela 3. Já MCJ-P6-PE indica o período em que P6 analisa todas as possibilidades de decisão estratégica passando por todos os indicadores visuais e menus da Tela 4. Esse comportamento também corrobora com as pesquisas que apontam que para resolver problemas a partir de um *insight* é necessária uma reinterpretação da situação vivenciada, direcionando a atenção para os elementos críticos do problema para uma ressignificação do objetivo (Knyazev et al., 2021; Luo & Knoblich, 2007), que leva a uma reorganização mental envolvendo os lobos frontal, parietal, temporal e occipital. Essa convergência de resultados também parece estar novamente associada ao fato do jogador reconhecer, na resposta à pergunta VI do Pós-Teste, como no Pré-Teste, a importância da Interação na formulação de suas ações.

- DO – O mapa de calor MCJ-P6-DO referente ao Período 13, Apêndice 10, mostra P6 na Tela 1 orientando-se sobre onde definirá a região de plantio ou criação de gado. Nesse momento, conforme o Apêndice 9, as regiões cerebrais mais ativadas são o córtex frontal, temporal e parietal, predominantemente do lado direito, o que parece estar relacionado com um estudo que indica que embora a atenção espacial possa induzir mudanças na conectividade em ambos os hemisférios, há boas evidências que várias áreas do hemisfério direito, particularmente a região frontal, intraparietal e junção temporoparietal, desempenham um papel dominante na implementação real de atenção, independentemente de onde é dirigida (Stephan et al., 2007). A respeito das decisões operacionais, a contribuição do Pós-Teste, provém da resposta para a pergunta IX, ao relatar como estratégia para resolver os principais problemas do jogo: “diminuir o número de funcionários ajudou a diminuir o estoque”, que além de ser uma decisão equivocada não segue a lógica do jogo. Ao mesmo tempo, P6 foi o jogador que menos avançou na cronologia do BSG e, também permaneceu mais tempo em cada tela. Isso pode ser explicado por uma pesquisa com jogos que mostra que nem sempre experiência e desempenho coevoluem (Giannakos et al., 2019b). O estudo mostra que alguns jogadores não conseguem aumentar o desempenho enquanto sua experiência aumenta, e mostra ainda que a dificuldade afeta o nível de esforço mental, o que parece justificar o motivo pelo qual o jogo consumiu as habilidades cognitivas do jogador e não refletiu em um bom resultado.
- DE – O período 15, conforme Apêndice 9, mostra a ativação de todos os eletrodos do córtex frontal e T7, durante uma concentração atencional nas opções de suborno na Tela 4,

mostrada em MCJ-P6-DE, Apêndice 10, com um comportamento similar a outros jogadores como P1 e P2, e exemplificado na Figura 6.23. É possível identificar que uma decisão ética não afeta seu estado emocional, conforme estudos que mostram que alterações emocionais são responsáveis pela ativação predominante do lado direito do cérebro (Agarwal & Sivakumar, 2019b; Ramirez & Vamvakousis, 2012; S. D. Smith & Bulman-Fleming, 2005). Considerando também outras pesquisas que mostram que a ativação da região parietal esquerda pode estar relacionada com a retenção e identificação de sons (Agarwal & Sivakumar, 2019b; Tabacow, 2007), como a Tela 4 apresenta uma série de sons que simulam um escritório com muitas pessoas falando e telefones tocando, pode justificar a maior ativação de T7 em uma possível tentativa do jogador assimilar outros elementos que auxiliem a sua decisão. Com relação aos questionários não há nenhuma resposta que identifique alguma preocupação com questões éticas, inclusive na pergunta IX do Pós-Teste, o jogador relata que sua estratégia para resolver o principal problema do jogo foi demitir funcionários.

- SC-FJ: Os mapas de calor MCJ-P6-SC e MCJ-P6-FJ, Apêndice 10, demonstram situações em que o jogador perde o controle da situação do jogo apesar do esforço atencional nos elementos da Tela. Essas situações, nos respectivos períodos 14 e 22 do Apêndice 9, parecem refletir a menor ativação do córtex frontal em relação a outros momentos do jogo, o que parece ter contribuído para um lapso de motivação ou engajamento, por não encontrar no BSG, os atributos necessários que fazem parte da sua construção: atenção, novidade, interesse, controle, *feedback* e mudança (Delvigne et al., 2020a; Ghali et al., 2014; O'Brien & Toms, 2008). É possível que ativação simultânea de um eletrodo da região temporal tenha relação com algum estímulo de movimento percebido nestes momentos. No que diz respeito às respostas dos questionários, a pergunta X do Pós-Teste pode estar relacionada com esse comportamento menos estimulante quando P6 declara que o que ele mudaria no BSG seria criar: “uma forma de jogo mais dinâmica”.

Participante 7. Durante a leitura do tutorial, o comportamento cognitivo de P7, conforme o Apêndice 7, caracteriza-se pela ativação do córtex frontal e temporal em todos os quatro momentos de maior ativação identificados. Um estudo aponta que durante a formação de esquemas para memorização, o córtex Pré-frontal e temporal funcionam como rotas tanto quando a informação a ser aprendida se encaixa bem com o conhecimento Prévio como quando a informação é caracterizada pela novidade (Fernández & Morris, 2018). No mapa de calor MCT-P7-1, Apêndice 10, percebe-se a atenção do jogador em todos os comandos e recursos essenciais de

manuseio do BSG explicados pelo tutorial para a formulação da sua forma de operação. Nos períodos 2,3 e 4, percebe-se também a ativação dos eletrodos do lobo occipital. Considerando que em todos os mapas de calor dos respectivos períodos (MCT-P7-2, MCT-P7-3 e MCT-P7-4), conforme Apêndice 8, P7 explora a atenção tanto nos quadros de orientação quanto na representação dos elementos visuais do jogo, esse comportamento se encaixa no modelo multicomponente para composição da memória de trabalho (Baddeley, 2010), ao requisitar a central executiva do cérebro numa combinação da semântica visual, linguagem e memória episódica, justificando a ativação complementar da região occipital. O questionário Pré-Teste de P7 também corrobora com esses resultados de ET2 e EEG2 quando ele considera, na pergunta III, como o recurso mais importante de um jogo, os elementos visuais apresentados.

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P7:

- IJ: Apesar da leitura ao longo do tutorial envolver toda a região frontal cerebral de P7, o início do jogo demonstrou uma função cognitiva diferente, que foi recorrente em muitos momentos do experimento com P7, visualizados no Apêndice 9: a ativação significativa mas pontual de alguns eletrodos dessa região do córtex. No período 1, foi identificado sinal relevante em AF3, F7 e F8, que apontam para um comportamento atencional mais específico às propriedades dos elementos da tela e sua relação com a memória (Chai et al., 2018; Estévez-González et al., 1997), corroborado pelo mapa de calor MCJ-P7-IJ, Apêndice 10, o qual apresenta o jogador na Tela 1 focado nas imagens do campo no processo de ambientação com o BSG. No questionário Pré-Teste, o jogador aponta na pergunta II a sua familiaridade com jogos de ação numa plataforma mais realista, que reforça a escolha do elemento Imagem como o mais importante em jogo, declarado na pergunta III e, por isso, é possível que P7 tenha percebido o BSG como mais infantil. Importante destacar também que P7 é um dos três professores que participaram do experimento.
- DE e PE – Nos períodos 5 e 6, conforme Apêndice 9, foram ativados respectivamente os eletrodos F7 e F3, que são setores Pré-frontais do hemisfério esquerdo, responsáveis pela programação e controle de uma tarefa de acordo com um objetivo (Cabrelles Paffen, 2015). Na situação de decisão ética, conforme o mapa de calor MCJ-P7-DE, Apêndice 10, o jogador avalia na Tela 2 uma situação de abate de boi doente como uma decisão operacional normal, sem se preocupar com as questões éticas. Em MCJ-P7-PE, o único período identificado em situação de pensamento estratégico na Tela 4, o comportamento cognitivo do jogador também não seguiu o padrão de outros jogadores, os quais

apresentaram ativação de outras áreas do cérebro em conjunto com o córtex frontal. Apesar dos resultados apresentados, a resposta da pergunta IX do Pós-Teste, na qual P7 define como estratégia: “Buscar motivar os funcionários e, como última alternativa, demiti-los”, mostra que o jogador tinha antes de mais nada uma preocupação moral e ética na execução do BSG.

- IS – Não foram localizados períodos de maior ativação que refletissem momentos de *insight*, o que pode ser o reflexo do comportamento identificado nas demais categorias.
- DO – Apesar da maioria das situações de decisão operacional também seguirem o padrão pontual de ativação do córtex-frontal identificado nas categorias de P7, o período 17 apresenta um comportamento cognitivo diferentes por ter proporcionado a ativação cerebral das regiões frontal, temporal e parietal predominantemente do lado esquerdo. O mapa de calor MCJ-P7-DO, Apêndice 10, mostra um esforço atencional maior do jogador, no formato de um fluxo, na tentativa de compreensão do processo da Tela 2, a qual o jogador identifica como etapa industrial do BSG. Este comportamento cognitivo pode estar relacionado com um estudo de imagem que sugere que os efeitos de sinais de alerta dependem mais fortemente nos mecanismos do hemisfério cerebral esquerdo, funcionando como uma chave atencional, e os resultados mostram ainda envolver principalmente a junção temporoparietal (TPJ) e o córtex frontal (Petersen & Posner, 2012). A resposta à pergunta VIII do Pós-Teste também justifica a maior complexidade cognitiva, ao relatar que um dos principais problemas a serem resolvidos no BSG era: “garantir o funcionamento contínuo da parte industrial” e propõe, na pergunta VI: “a opção do abate fora de época para não parar a indústria”.
- FJ e SC: As situações relevantes selecionadas, referente aos períodos 12 e 19, apresentam um comportamento cognitivo equivalente para as categorias de Fim de Jogo e Situação Crítica: a ativação significativa de todos os 14 eletrodos de EEG2, conforme Apêndice 9. Para estes mesmos períodos, os respectivos mapas de calor MCJ-P7- FJ e MCJ-P7-SC, Apêndice 10, também mostram um semelhante comportamento atencional: o exato momento de visualização das imagens que representam uma advertência do BSG, ambos na Tela 2. Esse recurso de interrupção do jogo para apresentar um informe impactante parece ter sido um elemento de forte apelo cognitivo e atencional para P7. Apesar de não ter sido identificado um momento de maior ativação específico para a categoria *insight*, estas duas situações parecem ir ao encontro desse conceito, como um momento para reorganização de pensamentos sobre a situação experienciada, direcionando a atenção para os elementos críticos do problema para uma ressignificação das metas a serem alcançadas

(Knyazev et al., 2021; Luo & Knoblich, 2007), e que exige um esforço mental que integra áreas dos lobos frontal, parietal, temporal e occipital. A importância das mensagens escritas oferecidas pelo jogo no processo de compreensão e aprendizagem de P7, foi reconhecida pelo próprio jogador na resposta à pergunta V do Pós-Teste: “O game traz uma visão geral do negócio (agricultura, pecuária, indústria, comércio, aspectos ambientais, questões legais...) com texto diretos e em linguagem do cotidiano”

Ainda sobre a análise da experiência de P7, cabe destacar ainda um relato do próprio jogador, na resposta à pergunta I do Pós-Teste, de que durante a coleta com o dispositivo ET2: “Pequenos movimentos da cabeça faziam com que o *eye-tracking* perdesse o contato”. Apesar do jogador, na pergunta IV, reconhecer positivamente que o jogo o ajudou a compreender como funcionam os aspectos gerais da gestão de uma empresa, não pode ser descartada a possibilidade de que o desconforto sinalizado possa ter influenciado seu comportamento cognitivo e atencional, conforme uma pesquisa que sinaliza a importância de avaliar o impacto ergonômico de dispositivos de coletas de dados em experimentos científicos (Ekandem et al., 2012).

Participante 8. Dos 3 momentos identificados com maior ativação no decorrer do tutorial, conforme o Apêndice 7, apenas o Período 1 envolveu a ativação de todas as áreas do cérebro. O mapa de calor MCT-P8-1, no Apêndice 8, indica o jogador atento à explicação das 4 telas que integram o jogo, similar ao comportamento de um *insight*, e ao encontro de pesquisas que o definem como um momento de reinterpretação de uma situação, direcionando da atenção para os principais elementos do problema e reformulação dos objetivos (Knyazev et al., 2021; Luo & Knoblich, 2007), através de uma estruturação cognitiva que pode envolver todo o córtex. Nos outros dois períodos, os eletrodos ativados, de acordo com o Apêndice 7, abrangem exclusivamente a região do córtex frontal. Os respectivos mapas de calor MCT-P2-2 e MCT-P2-3, conforme Apêndice 8, mostram o jogador atento aos quadros de explicação de cada tela e adjacências, um comportamento muito similar ao de outros participantes, e que parece estar muito relacionada com pesquisas que apresentam a relação dessa região do cérebro na formação da memória de trabalho e sua relação com as funções executivas (Anderson et al., 2011; Baddeley, 2010). Uma informação do Pré-Teste que parece estar associada a esses comportamentos diz respeito à experiência prévia profissional do jogador na área de gestão, relatada na pergunta IV, em linha com estudos que apresentam o papel do conhecimento Prévio na formação da memória (Alonso et al., 2020; Fernández & Morris, 2018).

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P8:

- DO – O mapa de calor MCJ-P8-DO referente ao Período 4, Apêndice 10, mostra P8 na Tela 1 orientando-se sobre onde definirá a região de plantio ou criação de gado. Nesse momento, conforme o Apêndice 9, as regiões cerebrais mais ativadas são o córtex frontal, temporal e parietal, predominantemente do lado direito, o que parece estar relacionado com um estudo que indica que embora a atenção espacial possa induzir mudanças na conectividade em ambos os hemisférios, há boas evidências que várias áreas do hemisfério direito, particularmente a região frontal, intraparietal e junção temporoparietal, desempenham um papel dominante na implementação real de atenção, independentemente de onde é dirigida (Stephan et al., 2007). O recurso visual também é valorizado pelo próprio jogador, conforme percebe-se no relato do jogador, tanto na resposta à pergunta III do Pré-Teste, quanto na pergunta VII do Pós-Teste, de que Imagens é respectivamente, o elemento mais importante em um jogo e recurso principal do BSG experienciado.
- IS – O comportamento cognitivo para a situação considerada como *insight* durante o jogo, Período 7 do Apêndice 9, foi muito similar ao Período 1 do tutorial, já relatado. O mapa de calor MCJ- P8- IS, no Apêndice 10 também mostra uma dinâmica atencional equivalente, na qual o jogador mapeia visualmente toda a região de criação de gado e monitora até identificar como ocorre a transferência dos animais para o processo da tela seguinte. Esta preocupação de P8 em descobrir como um setor se interliga com outro se reflete na resposta da pergunta IX do Pós-Teste, ao relatar que sua principal estratégia adotada para resolver os problemas da empresa foi: “monitorar todos os setores quase simultaneamente”.
- FJ - Em uma situação muito similar ao que ocorreu no fim de jogo de P3, o período 24 do final da experiência de P8 com o BSG também refletiu uma ativação de todos os 8 eletrodos da região do córtex frontal e complementarmente de T7, conforme identificado no Apêndice 9. Ao considerarmos o mapa de calor MCJ-P8-FJ, percebe-se o jogador com foco na tela de aviso de falência e em alguns pontos isolados da tela, provavelmente por não saber mais o que fazer, o que parece ter relação com um estudo sobre emoções que aponta que a ativação do lobo temporal esquerdo pode estar relacionada com sentimentos de tristeza ou decepção (Bajaj & Pachori, 2015). Chama a atenção inclusive, como o P8 concentra momentos da sua atenção no rosto do personagem que o chama de “desgraçado”. Das percepções do participante, destacam-se as respostas à pergunta I do Pré-Teste de que não se diverte com jogos, e pergunta V do Pós-Teste que, mesmo reconhecendo aprendido com o BSG, descreve-o como: “uma forma bem simplificada de como funciona uma empresa, é interessante para crianças e adolescentes”, aspectos que podem

tê-lo influenciado na experiência com a ferramenta.

- IJ – Considerando o início de jogo selecionado, Período 11 do Apêndice, no qual repete-se a ativação de eletrodos córtex-frontal (no entanto somente F7, F8 e FC5) e T7, a percepção é de que o estado cognitivo e emocional da falência se reflete no início do novo jogo e parece ter contribuído para uma retomada do experimento com baixa de motivação e seus atributos relacionados: atenção, novidade, interesse, controle, *feedback* e mudança (O'Brien & Toms, 2008). O mapa de calor MCJ-P8-IJ, Apêndice 10, mostra o jogador com um foco nos comandos iniciais, provavelmente tentando definir por onde recomeçar.
- PE e DE – Os Períodos 14 e 15 selecionados no Apêndice 9, refletem um comportamento cognitivo semelhante: a ativação concentrada no córtex-frontal. Os mapas de calor MCJ-P8-PE e MCJ-P8-DE, mostram P8 lidando com situações ambientadas na Tela 4. No caso do Pensamento estratégico, o jogador analisa uma pesquisa de satisfação para decidir ações a serem implantadas na empresa, promovendo a ativação de todos os 8 eletrodos para a utilização da função executiva (Elliott, 2003; Mondéjar et al., 2016). Logo na sequência, P8 se depara com uma estratégia possível que envolve um suborno e, nessa situação, os eletrodos F3 e F4 diminuem sua ativação, o que parece ter ocorrido por conta da situação eticamente questionável vivenciada pelo jogador. A literatura científica indica que os eletrodos F3 e F4, por estarem localizados na região Pré-frontal, desempenham um papel crucial na regulação emocional e na experiência consciente (Ramirez & Vamvakousis, 2012), o que parece justificar essa alteração no controle da valência emocional do jogador.
- SC - O Apêndice 9 mostra que o comportamento cerebral do jogador P8, no período 23, e também nos demais momentos de situação crítica durante que envolvem a tomada de decisão no controle do processo do jogo, é concentrado no córtex frontal. Respalado por estudos já relatados que apontam que toda a região frontal do cérebro é envolvida diretamente na organização da memória de trabalho e uso das funções executivas, a ativação dos 8 eletrodos do conjunto frontal reflete a ação do jogador na busca por uma lógica de decisão e planejamento (Anderson et al., 2011; Mondéjar et al., 2016) mesmo nos momentos mais complicados. O mapa de calor MCJ-P10-SC do Apêndice 10, mostra o jogador na Tela 3 com um foco atencional bem distribuído nas variáveis envolvidas. No Pós-Teste, ao responder a pergunta IX, sobre qual a estratégia adotada no jogo, P8 relata: “A minha estratégia foi fazer com que os clientes não ficassem esperando por seu pedido, então a empresa contava com bastante funcionários para que não houvesse o risco”. Considerando que tal estratégia normalmente apresentava um resultado positivo visível, justifica-se o comportamento cognitivo e atencional do jogador, independentemente de sua

concepção sobre jogos e o próprio BSG experienciado.

Participante 9. Assim como ocorreu com P1 e P4 e P6, por exemplo, durante o contato com o tutorial, os eletrodos ativados de todos os três períodos selecionados para o participante P9 conforme o Apêndice 7, abrangem predominantemente a região do córtex frontal, provavelmente em um momento de formação da memória de trabalho, alinhado com os estudos de imagem sobre o processo de formação da memória (Anderson et al., 2011; Baddeley, 2010). Outra pesquisa mostra ainda que a ativação dos setores Pré-frontais é predominante no hemisfério esquerdo quando uma ação envolve a organização de um objetivo a partir de regras estabelecidas (Cabrelles Paffen, 2015). Os mapas de calor do tutorial MCT-P10, Apêndice 8, mostram igualmente nos respectivos períodos, o jogador em momentos de atenção no quadro de explicações indicando que será necessário tomar decisões ética e moralmente polêmicas durante o jogo. Algumas questões do Pré-Teste são importantes na análise dos resultados cognitivos e atencionais. Em primeiro lugar, pelo fato de P9 relatar que não possui qualquer conhecimento no tema de gestão de empresas, e que sua experiência anterior com jogos foi apenas com quebra-cabeças online, podem justificar uma menor conexão entre as diferentes áreas corticais, diferente do que aconteceu com outros participantes. Outra informação que também pode ser relevante nessa análise, é que P9 foi o único participante que declarou ser do gênero feminino, e um estudo que analisa comportamento ativação cortical Pré-frontal na formação da memória de trabalho em pessoas de sexos diferentes, aponta que as mulheres normalmente utilizam uma região relativamente menor do cérebro que a dos homens, porém em maior alto nível, além do que essa diferença não implica necessariamente em um resultado pior na execução de uma determinada tarefa (Goldstein et al., 2005).

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P9:

- DE e DO - O Apêndice 9 mostra que durante a decisão ética do jogador P9, no Período 2, e decisão operacional, no Período 15, foi ativado mais intensamente somente do eletrodo F7, que faz parte do setor Pré-frontal do hemisfério esquerdo, responsável pela programação e controle de uma tarefa de acordo com um objetivo (Cabrelles Paffen, 2015) , situação semelhante ocorrida durante a leitura do tutorial, e diversas outras situações de decisão operacional. Nesse momento, conforme o mapa de calor MCJ-P9-DE, Apêndice 10, o jogador avalia na Tela 2 uma situação imediatamente após o abate de boi doente como uma decisão operacional normal, aparentemente sem se preocupar com as questões éticas. No mapa de calor MCJ-P9-DO, Tela 1, o jogador analisa as consequências de venda de terra de criação de gado como fonte de recurso financeiro frente aos resultados

negativos ascendentes. Seu maior interesse nesses momentos, ao analisar diferentes pontos das respectivas telas, parece estar atrelado principalmente com as consequências de sua ação, confirmado pela resposta da pergunta VII do Pós-Teste, na qual P7 define como elemento mais importante no BSG: “Identificação de resultados depois de mudar as variáveis”. Em relação à ativação significativa de apenas um eletrodo do córtex frontal, também não se descarta um comportamento relacionado à questão de gênero do participante, já destacado na análise da experiência com o tutorial.

- SC, FJ e IS – Os momentos selecionados 07, 08 e 13 que representam as respectivas categorias, mostram a ativação significativa de eletrodos das regiões frontal, temporal, parietal e occipital de forma conjunta, conforme mostra o Apêndice 9. No caso de situação crítica, além da ativação de todo o córtex frontal sinalizando a questão do uso das funções executivas já relatada anteriormente, e identificadas de forma recorrente com diversos jogadores, o fato da complementar ativação dos eletrodos T7, P7 e O1 indicam, conforme pesquisa relacionada, que essa lateralização pode estar relacionada à percepção e organização mental das características de localização dos elementos e de suas relações com a situação (Cabrelles Paffen, 2015), Esta situação é confirmada pelo mapa de calor MCJ-P9-SC, na qual o jogador na Tela 1, foca nas opções disponíveis para adotar a região mais adequada para criação de gado, em um momento crítico de escassez da matéria-prima. Nas categorias de Fim de Jogo e Situação Crítica, a ativação significativa ocorre para todos os 14 eletrodos de EEG2, conforme Apêndice 9. O mapa de calor MCJ-P9-FJ, Apêndice 10, mostra o exato momento em que o jogador é sinalizado do final da falência através de um informe impactante cognitivamente. Já com o mapa de calor MCJ-P9-IS, identifica-se a busca do jogador na compreensão da relação processo x velocidade. Estas duas situações, assim como ocorreu com outros participantes, parecem ir ao encontro do conceito de *insight*, como um instante de aproveitar novas dicas recebidas e situações experienciadas para reorganizar sua estratégia de ação (Knyazev et al., 2021; Luo & Knoblich, 2007) para o sucesso com o BSG. Esse comportamento do participante P9 também tem relação com o que ele próprio relata no Pós-Teste, em resposta à pergunta VIII: “O principal problema foi ter que administrar o tempo da produção”
- PE – Não foram identificados momentos de significativa ativação do córtex frontal e demais regiões, provavelmente pelos poucos momentos do jogador envolvidos na Tela 4, no decorrer do experimento.
- IJ: O mapa de calor MCJ-P9-IJ, no Apêndice 10 permite identificar o jogador com uma relevante e bem distribuída atenção da Tela 1, no início do jogo. Ao mesmo tempo, no

Apêndice 9, Período 9, todos os eletrodos do córtex-frontal e T8 são ativados, assim como ocorreu em situação semelhante com o jogador P1. Da mesma forma, o fato da significativa ativação do lobo temporal lateralizada parece estar relacionada com um estudo que afirma que a atenção é resultado de uma rede de conexões corticais e subcorticais de predomínio direito (Estévez-González et al., 1997). Outra pesquisa afirma que, somado ao importante papel regulador do córtex frontal, a regulação da atenção repousa sobre o sistema do hemisfério direito (Posner & Driver, 1992). Uma colaboração proveniente do Pós-Teste relacionada com o comportamento atencional, observado principalmente em momentos relacionados ao processo operacional, e menos estrategicamente, parece estar relacionado ao fato de que o jogador declarou ao responder a pergunta V sobre sua experiência com o jogo: “Acredito que foi de grande importância participar do game, pois consegui ter uma visão mais ampla de como funciona a logística de uma empresa.”

Participante 10. Em 3 períodos identificados com maior sinal ativação cerebral, como ocorreu com outros jogadores, a ativação da área frontal do participante P10 também é predominante durante a interação com o tutorial, de acordo com o Apêndice 7, em consonância novamente com as pesquisas que mostram o papel dessa região do córtex em vários aspectos da formação da memória de trabalho e funções executivas (Anderson et al., 2011; Baddeley, 2010). Os respectivos mapas de calor dos períodos 1, 2 e 3 (MCT-P10-1, MCT-P10-2 e MCT-P10-3) de acordo com Apêndice 8, mostram um foco atencional em pontos específicos da tela, normalmente mais concentrado em elementos visuais do entorno do que nos quadros de instruções, o que parece sugerir que o jogador tentava descobrir por si próprio os recursos do jogo. Na resposta da pergunta III do questionário Pré-Teste, sobre qual o elemento de um jogo é considerado o mais importante, P10 classifica como sendo as “Situações Inesperadas”, e talvez esse caráter mais exploratório no tutorial já poderia ser um sinal desse comportamento.

Em relação aos períodos selecionados no decorrer do jogo de P10:

- IJ: Assim como ocorreu no início do jogo com P7, identificou-se uma ativação significativa mais pontual de alguns eletrodos da região do córtex frontal, nos momentos de experimentação com o jogo em ação, Período 8. Foi identificado sinal relevante em AF3, AF4, F7 e F8, apontando para um comportamento atencional mais específico às propriedades dos elementos da tela e sua relação com a memória (Chai et al., 2018; Estévez-González et al., 1997), corroborado pelo mapa de calor MCJ-P10- IJ, Apêndice 10, o qual apresenta o jogador na Tela 1 focado nas imagens do campo no processo de ambientação com o BSG. É importante destacar que na pergunta II do questionário Pré-

Teste, e na pergunta III declara a importância do elemento “som não estridente” como elemento importante em um jogo. Na pergunta IV, declara não ter experiência com jogos de estratégia, apenas com aplicativos de treinamento cognitivo, e nem conhecimento no tema de gestão de empresas. Também cabe destacar que na pergunta VI do Pós-Teste: “as variáveis com as quais você podia interagir durante o jogo foram adequadas para atingir o objetivo proposto?”, ao P10 responder “Entendi como objetivo: breve interação com o jogo e captação pelos sensores”, e por ser professor, teria dado um outro enfoque para o experimento, para além da análise experiência do usuário com o BSG esperada. Assim, acredita-se que todos esses fatores, sejam relacionados a experiências Prévias ou expectativas, podem ter influenciado na sua forma de abordagem no jogo.

- DO, DE e SC: O Apêndice 9 mostra que o comportamento cerebral do jogador P10, nos períodos selecionados 11, 15 e 16, e também nos demais momentos de decisão operacional e ética com maior ativação, é concentrado no córtex frontal. Respalado por estudos já relatados que apontam que toda a região frontal do cérebro é envolvida diretamente na organização da memória de trabalho e uso das funções executivas, a ativação dos eletrodos do conjunto frontal reflete a ação do jogador na busca por uma lógica de decisão e planejamento independente da pressão que o jogo exercia sobre suas ações (Anderson et al., 2011; Mondéjar et al., 2016), confirmado pelos mapas de calor MCJ-P10-DO e MCJ-P10-DE do Apêndice 10, que mostram um foco atencional bem concentrado nas variáveis envolvidas na identificação da situação e seus reflexos. No caso do mapa de calor MCJ-P10-SC, a atenção no quadro de aviso bem impactante, parece não ter afetado seu equilíbrio emocional. Assim como aconteceu com o participante P2, o que chamou a atenção nos resultados dessas categorias de P10 foi um comportamento cerebral similar nas decisões éticas e operacionais, mas, da mesma forma, ao identificar no questionário Pós-Teste, a resposta da pergunta IX do Pós-Teste sobre qual a estratégia adotada no jogo, na qual P10 afirma: “Plantar mais bois. Subornar pessoas.”, percebe-se que o jogador lida com a questão ética e operacional com muita naturalidade, o que também pode justificar sua boa performance no BSG.
- PE: O período 12 retrata o momento no qual P10 tem o maior contato com a Tela 4, para agir estrategicamente no BSG. Conforme o Apêndice 9, sua ativação envolve o córtex frontal e o temporal direito (T8) coordenam esse primeiro contato mais exploratório, nesse caso, no que diz respeito aos recursos de planejamento tático disponíveis. Esse comportamento também pode ser observado no mapa de calor MCJ-P10-PE, Apêndice 10, ao identificarmos uma concentração atencional em cada uma das áreas que compõem a tela

de decisões estratégicas. Repetindo o comportamento cognitivo já identificado com outros participantes, esse resultado reforça os achados que mostram que a ativação mais intensa em um dos lados do lobo temporal parece estar relacionada com estudos que mostram que a atenção é resultado de uma rede de conexões corticais e subcorticais de predomínio direito (Delvigne et al., 2020b; Estévez-González et al., 1997; Posner & Driver, 1992). A importância da manipulação de variáveis estratégicas no jogo foi identificada por P10 quando ele relata na pergunta XIII do questionário Pós-Teste, que um dos principais problemas a resolver no jogo são as: “...reclamações da sociedade”, tema que é tratado principalmente na Tela 4.

- IS: O mapa de calor MCJ-P10-IS é representativo ao indicar a abrangência do jogador na movimentação dos elementos visuais da Tela 3 na busca por um *insight* que o levasse a resolver o problema de das filas de atendimento na loja. Diferentemente da grande maioria dos períodos selecionados na mesma categoria para os demais participantes na qual percebeu-se a ativação de áreas de todo córtex cerebral, de acordo com o Apêndice 9, o respectivo período 14 indica uma ativação significativa do córtex frontal associada ao lado direito das regiões temporal (T8) e occipital (O2), que pode estar relacionada com o resultado de uma revisão de estudos sobre a função cerebral da atenção e que aponta que esse comportamento indica um processo de atenção seletiva a determinadas propriedades do objeto, mais especificamente à sua forma (Estévez-González et al., 1997). Uma declaração de P10 no Pós-Teste que pode revelar essa diferença no comportamento cerebral pode estar relacionada à sua resposta à pergunta V, ao afirmar que: “Como o tempo de captação (coleta) foi curto, não me preocupei com esgotamento ou administração do dinheiro.”, ou seja, ele não focou em controlar o resultado financeiro que determinava a sobrevivência da empresa, no entanto essa forma mais descompromissada, de certa forma, pode tê-lo ajudado em sua performance, já que foi um dos 3 jogadores que não foi à falência em nenhum momento. Esse comportamento poderia estar relacionado, inclusive, com um estudo sobre a atividade cerebral durante decisões financeiras, e que mostra que normalmente este tipo de pensamento envolve a associação de circuitos occipitais, frontais e temporais (Vieito et al., 2015).

7. CONCLUSÕES

7.1. Conclusões (versão em português)

O grande desafio desta investigação foi dar conta da hipótese definida inicialmente, de que a partir da proposta e validação experimental de um novo modelo de análise de BSG, seria possível compreender melhor a PX, em uma perspectiva integral de avaliação, para a promoção de feedback dos elementos que estruturam e caracterizam os jogos sérios de simulação de ambientes organizacionais. Após o caminho teórico e prático trilhado, que culminou com os estudos de caso aplicados no Brasil e Espanha, é possível concluir que o estudo foi bem-sucedido. Os resultados alcançados só foram possíveis pelo cumprimento de cada um dos objetivos traçados, conforme justificado a seguir:

- Aproximação do estudo do BSG com outras pesquisas relacionadas com jogos sérios. A Revisão Sistemática estabelecida mostrou que os dispositivos biométricos são comprovadamente excelentes fontes de dados para a análise de jogos sérios e podem ser aplicados com BSG, ainda pouco explorado cientificamente no que diz respeito aos possíveis benefícios como ferramenta de aprendizagem. Ao mesmo tempo, as investigações mostram que tais instrumentos de análise são utilizados de forma isolada, o que incorre normalmente numa generalização de resultados, mostrando a potencialidade que uma nova metodologia abrangendo as perspectivas Fisiológica, Comportamental e Psicológica poderia representar para o estudo de BSG e jogos sérios em geral.
- Propor um modelo de análise de BSG contemplando e combinando diferentes perspectivas e os respectivos instrumentos de monitoramento da PX. O modelo PBP foi definido para além de uma abordagem teórica, pois uma grande preocupação foi poder desenvolvê-lo como uma metodologia replicável, ou seja, que pudesse ser viável sua validação experimental e ao mesmo tempo utilizável por outros pesquisadores na avaliação de diferentes jogos sérios e BSG. A partir da contribuição da RS e outros estudos na área, optou-se pelo uso de dispositivos EEG, HEG e ET como as tecnologias mais adequadas para a validação do modelo, mas sem descartar a possibilidade de utilização de outros dispositivos biométricos humano-computador como método Fisiológico e Comportamental. Outro aspecto que o modelo PBP destaca é a importância de estabelecer/adaptar a ferramenta na perspectiva psicológica adaptada ao tipo de jogo que se deseja monitorar.
- Validar o modelo otimizado para análise da PX como uma metodologia que possa ser referência na avaliação de BSG. Os dois experimentos realizados foram importantes não

só para reconhecer os estímulos e percepções dos jogadores em diferentes momentos e níveis durante a utilização, mas para consolidar a confiabilidade e as contribuições a partir da análise combinada de dados do modelo PBP. Além disso, ao escolher diferentes dispositivos, as possibilidades de avaliação também se diversificam, como ocorreu com os experimentos desenvolvidos nessa investigação.

No estudo de caso realizado na Espanha, as variáveis geradas pelos dispositivos HEG (ratio HEG) e ET (DDP) não só foram adequadas para o experimento para medir o engajamento, mas também foram capazes de indicar tendências no fluxo e comportamento atencional do jogo como um todo, estabelecer relações nem sempre diretas entre as variáveis nas diferentes situações propostas como foi o caso de momentos envolvendo pensamento estratégico, além de proporcionar a análise de períodos específicos, relacionando os resultados das variáveis com dados Pré- e Pós-Teste, principalmente para justificar situações em que os comportamentos dos jogadores foram diferentes. Quanto à utilização dos equipamentos, o dispositivo HEG se mostrou adequado para o experimento pela facilidade de instalação e uso, o que o torna recomendado para monitorar o comportamento cerebral em experimentos que exigem tempos mais prolongados e um maior número de participantes. No entanto, o fato de monitorar apenas uma área específica do cérebro pode ser uma escolha limitada quando se faz necessário analisar comportamentos cerebrais mais complexos. De qualquer forma, em conjunto com o ET e os questionários, mostrou-se eficiente para estabelecer os padrões de comportamento esperados.

No estudo de caso realizado no Brasil as variáveis geradas pelos dispositivos EEG (Sinal elétrico de ativação dos 14 eletrodos) e ET (mapa de calor de fixação na tela) proporcionaram analisar o comportamento do córtex cerebral a partir dos momentos de maior ativação da região frontal, relacionando com as áreas de maior interesse e fixação do olhar do jogador. Completando a análise com o cruzamento das percepções Pré- e Pós- jogo, foi possível identificar tanto comportamentos bem particulares como padrões coletivos entre os jogadores, relacionados a influência de aspectos como elementos de *design* do tutorial/jogo, conhecimentos prévios e até questões ergonômicas, na definição da estratégia cognitiva, organização das funções executivas e formação memória. Quanto à utilização dos equipamentos, o ET pela *Webcam* apresentou a grande vantagem de não necessitar de contato físico com o jogador, ao contrário do dispositivo EEG que pode trazer um certo desconforto depois de algum tempo de uso, no entanto, a possibilidade de usar um dispositivo que avalia diferentes áreas do cérebro amplia e aprofunda o estudo do comportamento do jogador no modelo proposto.

Os estudos de caso comprovaram que a definição da estratégia metodológica experimental

caminha junto e é essencial para o sucesso da aplicação do modelo. Superada essa fase, as medições com os diferentes dispositivos biométricos e a análise conjunta dos dados com as percepções do jogador, efetivamente colaboram muito na identificação de aspectos de *design* que apresentam significado para o usuário, nos diversos momentos do jogo.

As contribuições dos estudos desenvolvidos no decorrer desta tese foram publicadas nas seguintes conferências revisadas por pares e revistas indexadas ISI-JCR (Thomson Reuters), listadas em ordem cronológica:

Ferreira, C.P., Carvalho F.A.H., Adamatti, D. F.(2017). A Interface Cérebro-Computador em Simuladores Empresariais: contribuições para um modelo de aprendizagem de ambientes organizacionais. Latin American Workshop on Computational Neuroscience (LAWCN). Porto Alegre, Brazil.ISBN: 978-858842515-6

Ferreira, C.P., Carvalho F.A.H. (2017). As contribuições da Simulação e das Neurociências no ensino de Gestão Empresarial. Latin American Workshop on Computational Neuroscience (LAWCN). Porto Alegre, Brazil. ISBN: 978-858842515-6

Ferreira, C.P., Oliveira G.B. (2019). Identificação e análise de resposta cérebro-espectral proveniente de interfaces cérebro-computador. Mostra de Ensino, Pesquisa e Extensão MEPERG V.3. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande, Vol. 3. ISSN 2674-6905.

Ferreira, C.P., González, C.S.G. (2020). State of the Art of Business Simulation Games Modeling Supported by Brain-Computer Interfaces. In: Agredo-Delgado, V., Ruiz, P.H., Villalba-Condori, K.O. (eds) Human-Computer Interaction. HCI-COLLAB 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1334. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5_25

Ferreira, C. P., González-González, C. S., & Adamatti, D. F. (2021). Business simulation games analysis supported by human-computer interfaces: A systematic review. In Sensors (Vol. 21, Issue 14). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s21144810>

Ferreira, C.P., González-González, C.S., Adamatti, D.F. (2021). Towards a Definition of a Learning Model of Business Simulation Games Based on the Analysis of Response from Physiological Devices. In: Ruiz, P.H., Agredo-Delgado, V., Kawamoto, A.L.S. (eds) Human-Computer Interaction. HCI-COLLAB 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1478. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92325-9_15

Ferreira, C. P., González-González, C. S., & Adamatti, D. F. (2022). Player Engagement analysis of a Business Simulation Game from Physiological, Psychological and Behavioral perspectives: a case study. Applied Sciences, Vol. 12. MDPI. Cham. <https://doi.org/10.3390/app121910143>

Uma das dificuldades encontradas durante a pesquisa foi proporcionada pela Pandemia do COVID-19. Os quase 2 anos sem atividades acadêmicas presenciais entre 2020 e 2021, implicaram em atraso nos prazos para realização das coletas de dados no Brasil e Espanha, e problemas técnicos nos dispositivos EEG por conta do tempo de inatividade, o que exigiu a substituição de tecnologia e o ajuste na seleção do número de participantes. No entanto, os resultados mostram que as adaptações não comprometeram a qualidade dos resultados da investigação, assim como

novas possibilidades foram avaliadas e implantadas, como o ET pela webcam.

Essa investigação apresentou as seguintes limitações: o modelo PBP ter sido validado para um único BSG, por ter contemplado um número de 10 participantes em cada estudo de caso, e por ter utilizado apenas duas combinações de dispositivos biométricos (HEG e ET, EEG e ET). Todas essas situações, no entanto, foram definições tomadas no decorrer do projeto de forma consciente e respaldadas cientificamente para minimizar o comprometimento dos resultados, para dar conta dos objetivos definidos *vis a vis* os prazos estabelecidos suas respectivas conclusões. Por outro lado, também se abrem novas possibilidades de pesquisas utilizando o modelo PBP, considerando que o projeto segue sendo desenvolvido entre as instituições envolvidas.

Por fim conclui-se que, a partir de uma metodologia que considera e integra diferentes perspectivas, através de seus respectivos instrumentos de monitoramento e análise fisiológico, comportamental e psicológico, o modelo PBP, validado experimentalmente, é capaz de proporcionar um diálogo mais efetivo entre os resultados, na busca pela real compreensão da PX nos diversos momentos do BSG.

Os resultados mostram que o BSG demanda um grande número de fontes atencionais, podendo revelar-se potencializadores de habilidades visuais e cognitivas que poder ter influência, inclusive, em aspectos motivacionais e emocionais. Dessa forma, saber como o jogador recebe e processa as informações apresenta-se como a chave para identificar as contribuições, elementos e momentos em que essa ferramenta pode se destacar como recurso de aprendizagem. Assim, acredita-se que através da replicação do modelo proposto para novas investigações sobre o tema poderá colocar os jogos sérios de negócios em uma maior posição de destaque.

Como sugestão de trabalhos futuros, propõe-se a aplicação do modelo validado para outros tipos de jogos, e também combinando novos dispositivos biométricos, como as novas tecnologias para medição de ondas cerebrais e expressão facial, além do uso de instrumentos de avaliação psicológica específicos. Avaliar a evolução no *design* de jogos também pode ser uma aplicação interessante para novas aplicações do modelo PBP. Outras linhas de interesse ainda podem incluir a análise de jogos na perspectiva de gênero, níveis de escolaridade e idade.

7.2. Conclusiones (versión em español)

El gran desafío de esta investigación fue abordar la hipótesis inicialmente definida, de que a partir de la propuesta y validación experimental de un nuevo modelo de análisis de BSG, sería posible comprender mejor la experiencia del jugador, en una perspectiva integral de evaluación, por la promoción de la retroalimentación de los elementos que estructuran y caracterizan los juegos serios de simulación de entornos organizacionales. Luego del camino teórico y práctico seguido,

que culminó con los estudios de casos aplicados en Brasil y España, es posible concluir que el estudio fue exitoso. Los resultados alcanzados sólo fueron posibles mediante el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, como se explica a continuación:

- Aproximación del estudio BSG con otras investigaciones relacionadas con los juegos serios. La Revisión Sistemática establecida mostró que los dispositivos biométricos han demostrado ser excelentes fuentes de datos para el análisis de SG y pueden ser aplicados con BSG, aún poco explorado científicamente en cuanto a los posibles beneficios como herramienta de aprendizaje. Al mismo tiempo, las investigaciones muestran que tales instrumentos de análisis se utilizan de forma aislada, lo que normalmente resulta en una generalización de los resultados, mostrando el potencial que una nueva metodología que abarque las perspectivas Fisiológica, Conductual y Psicológica podría representar para el estudio de BSG y SG en general.
- Proponer un modelo de análisis de BSG que contemple y combine diferentes perspectivas y los respectivos instrumentos para el seguimiento de la Experiencia del Jugador. El modelo PBP se definió más allá de un abordaje teórico, pues una preocupación mayor era poder desarrollarlo como una metodología replicable, es decir, que su validación experimental pudiera ser viable y a la vez usable por otros investigadores en la evaluación de diferentes juegos serios y BSG. Con base en el aporte de la RS y otros estudios en el área, se decidió utilizar dispositivos EEG, HEG y ET como las tecnologías más apropiadas para la validación de modelos, pero sin descartar la posibilidad de utilizar otros dispositivos biométricos humano-computador como el Fisiológico. y método conductual. Otro aspecto que destaca el modelo PBP es la importancia de establecer/adaptar la herramienta desde una perspectiva psicológica adaptada al tipo de juego que se quiere monitorizar.
- Validar el modelo optimizado para el análisis de la Experiencia del Jugador como metodología que pueda ser utilizada como referencia en la evaluación del BSG. Los dos experimentos realizados fueron importantes no solo para reconocer los estímulos y las percepciones de los jugadores en diferentes momentos y niveles durante el uso, sino también para consolidar la confiabilidad y las contribuciones del análisis combinado de datos del modelo PBP. Además, al elegir diferentes dispositivos, las posibilidades de evaluación también se diversifican, como sucedió con los experimentos desarrollados en esta investigación.

En el caso de estudio realizado en España, las variables generadas por los dispositivos HEG (Ratio HEG) y ET (DDP) no solo fueron adecuadas para el experimento de medir el *engagement*,

sino que también fueron capaces de indicar tendencias en el flujo y comportamiento atencional de juego en su conjunto, para establecer relaciones no siempre directas entre las variables en las diferentes situaciones propuestas como fue el caso de los momentos de pensamiento estratégico, además de brindar el análisis de períodos específicos, relacionando los resultados de las variables con Pre- y datos Post-Test, principalmente para justificar situaciones en las que los comportamientos de los jugadores fueron diferentes. En cuanto al uso del equipo, el dispositivo HEG demostró ser adecuado para el experimento por su facilidad de instalación y uso, lo que lo hace recomendable para monitorear el comportamiento cerebral en experimentos que requieren tiempos más prolongados y un mayor número de participantes. Sin embargo, monitorear solo un área específica del cerebro puede ser una opción limitada cuando se analizan comportamientos cerebrales más complejos. De todos modos, junto con el ET y los cuestionarios, demostró ser eficiente para establecer los patrones de comportamiento esperados.

En el estudio de caso realizado en Brasil, las variables generadas por los dispositivos EEG (señal eléctrica de activación de los 14 electrodos) y ET (mapa de calor de fijación en la pantalla) permitieron analizar el comportamiento de la corteza cerebral a partir de los momentos de mayor activación de la región frontal, en relación con las zonas de mayor interés y fijación de la mirada del jugador. Completando el análisis con la intersección de las percepciones previas y posteriores al juego, fue posible identificar tanto comportamientos muy particulares como patrones colectivos entre los jugadores, relacionados con la influencia de aspectos como elementos de diseño de tutoriales/juegos, conocimientos previos e incluso cuestiones ergonómicas, en la definición de estrategia cognitiva, organización de funciones ejecutivas y formación de memoria. En cuanto al uso del equipo, el ET por Webcam tenía la gran ventaja de no necesitar contacto físico con el jugador, a diferencia del dispositivo EEG que puede traer algunas molestias después de un tiempo de uso, sin embargo, la posibilidad de usar un dispositivo que evalúa diferentes áreas del cerebro amplía y profundiza el estudio del comportamiento del jugador en el modelo propuesto.

Los estudios de caso demostraron que la definición de la estrategia metodológica experimental va de la mano y es fundamental para la aplicación exitosa del modelo. Luego de esta fase, las mediciones con los diferentes dispositivos biométricos y el análisis conjunto de los datos con las percepciones del jugador efectivamente colaboran mucho en la identificación de aspectos de diseño que tienen significado para el usuario, en los diferentes momentos del juego.

Además de la RS, los aportes de los estudios desarrollados durante esta tesis generaron las siguientes publicaciones:

Ferreira, C.P., Carvalho F.A.H., Adamatti, D. F.(2017). A Interface Cérebro-Computador em Simuladores Empresariais: contribuições para um modelo de aprendizagem de ambientes organizacionais. Latin American Workshop on Computational Neuroscience (LAWCN). Porto

Alegre, Brazil. ISBN: 978-858842515-6

Ferreira, C.P., Carvalho F.A.H. (2017). As contribuições da Simulação e das Neurociências no ensino de Gestão Empresarial. Latin American Workshop on Computational Neuroscience (LAWCN). Porto Alegre, Brazil. ISBN: 978-858842515-6

Ferreira, C.P., Oliveira G.B. (2019). Identificação e análise de resposta cérebro-espectral proveniente de interfaces cérebro-computador. Mostra de Ensino, Pesquisa e Extensão MEPERG V.3. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande, Vol. 3. ISSN 2674-6905.

Ferreira, C.P., González, C.S.G. (2020). State of the Art of Business Simulation Games Modeling Supported by Brain-Computer Interfaces. In: Agredo-Delgado, V., Ruiz, P.H., Villalba-Condori, K.O. (eds) Human-Computer Interaction. HCI-COLLAB 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1334. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5_25

Ferreira, C.P., González-González, C.S., Adamatti, D.F. (2021). Towards a Definition of a Learning Model of Business Simulation Games Based on the Analysis of Response from Physiological Devices. In: Ruiz, P.H., Agredo-Delgado, V., Kawamoto, A.L.S. (eds) Human-Computer Interaction. HCI-COLLAB 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1478. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92325-9_15

Ferreira, C. P., González-González, C. S., & Adamatti, D. F. (2022). Player Engagement analysis of a Business Simulation Game from Physiological, Psychological and Behavioral perspectives: a case study. Applied Sciences, Vol. 12. MDPI. Cham. <https://doi.org/10.3390/app121910143>

Una de las dificultades encontradas durante la investigación la proporcionó la Pandemia del COVID-19. Los casi 2 años sin actividades académicas presenciales entre 2020 y 2021, se tradujeron en retrasos en los plazos de recolección de datos en Brasil y España, y problemas técnicos en los aparatos de EEG por tiempo de inactividad, lo que obligó a la reposición de tecnología y la ajuste en la selección del número de participantes. Sin embargo, los resultados muestran que las adaptaciones no comprometieron la calidad de los resultados de la investigación, así como también se evaluaron e implementaron nuevas posibilidades, como la ET por webcam.

Esta investigación tuvo las siguientes limitaciones: el modelo PBP fue validado para un solo BSG, por haber contemplado un número de 10 participantes en cada caso de estudio, y por haber utilizado solo dos combinaciones de dispositivos biométricos (HEG y ET, EEG y ET). Todas estas situaciones, sin embargo, fueron definiciones hechas conscientemente durante el proyecto y sustentadas científicamente para minimizar el compromiso de los resultados, para cumplir con los objetivos definidos vis a vis los plazos establecidos para sus respectivas conclusiones. Por otro lado, también se abren nuevas posibilidades de investigación utilizando el modelo PBP, considerando que el proyecto continúa desarrollándose entre las instituciones involucradas.

Finalmente, se concluye que, a partir de una metodología que considera e integra diferentes perspectivas, a través de sus respectivos instrumentos de monitoreo y análisis fisiológico,

conductual y psicológico, el modelo PBP, validado experimentalmente, es capaz de brindar un diálogo más efectivo entre los resultados, en la búsqueda de una comprensión real de la PX en los diferentes momentos del BSG.

Los resultados muestran que los BSG demandan un gran número de fuentes atencionales, y pueden resultar potenciadores de habilidades visuales y cognitivas que pueden influir, incluso en aspectos motivacionales y emocionales. De esta forma, conocer cómo el jugador recibe y procesa la información es clave para identificar las aportaciones, elementos y momentos en los que esta herramienta puede destacarse como recurso de aprendizaje. Por lo tanto, se cree que, a través de la replicación del modelo propuesto para futuras investigaciones sobre el tema, los juegos de negocios serios se colocarán en una posición de mayor prominencia.

Como sugerencia de trabajo futuro, proponemos la aplicación del modelo validado para otro tipo de juegos, y también la combinación de nuevos dispositivos biométricos, como las nuevas tecnologías para medir las ondas cerebrales y la expresión facial, además del uso de instrumentos específicos de evaluación psicológica. Evaluar la evolución en el diseño de juegos también puede ser una aplicación interesante para nuevas aplicaciones del modelo PBP. Aún otras líneas de interés pueden incluir el análisis de juegos desde la perspectiva de género, niveles educativos y edad.

7.3. Conclusions (version in english)

The great challenge of this investigation was to deal with the hypothesis initially defined, that from the proposal and experimental validation of a new model of analysis of BSG, it would be possible to better understand the PX, in an integral perspective of evaluation, for the promotion of feedback of the elements that structure and characterize the serious games of simulation of organizational environments. After the theoretical and practical path followed, which culminated in the case studies applied in Brazil and Spain, it is possible to conclude that the study was successful. The results achieved were only possible by fulfilling each of the objectives outlined, as explained in the sequence:

- Approximation of the BSG study with other research related to serious games. The Systematic Review established showed that biometric devices are proven to be excellent sources of data for the analysis of serious games and can be applied with BSG, still little explored scientifically regarding the possible benefits as a learning tool. At the same time, investigations show that such analysis instruments are used in isolation, which normally results in a generalization of results, showing the potential that a new methodology encompassing the Physiological, Behavioral and Psychological perspectives could represent for the study of BSG and serious games in general.

- Propose a BSG analysis model contemplating and combining different perspectives and the respective PX monitoring instruments. The PBP model was defined beyond a theoretical approach, as a major concern was to be able to develop it as a replicable methodology, that is, that its experimental validation could be viable and at the same time usable by other researchers in the evaluation of different serious games. and BSG. Based on the contribution of RS and other studies in the area, it was decided to use EEG, HEG and ET devices as the most appropriate technologies for model validation, but without discarding the possibility of using other human-computer biometric devices such as Physiological and Behavioral method. Another aspect that the PBP model highlights is the importance of establishing/adapting the tool in the psychological perspective adapted to the type of game that you want to monitor.
- Validate the optimized model for PX analysis as a methodology that can be used as a reference in the evaluation of BSG. The two experiments performed were important not only to recognize the stimuli and perceptions of players at different times and levels during use, but to consolidate the reliability and contributions from the combined analysis of data from the PBP model. In addition, when choosing different devices, the evaluation possibilities also diversify, as happened with the experiments developed in this investigation.

In the case study carried out in Spain, the variables generated by the HEG (ratio HEG) and ET (DDP) devices were not only suitable for the experiment to measure engagement, but were also able to indicate trends in the flow and attentional behavior of the game as a whole, to establish relationships that are not always direct between the variables in the different situations proposed as was the case of moments involving strategic thinking, in addition to providing the analysis of specific periods, relating the results of the variables with Pre- and Post-Test data, mainly for justify situations in which players' behaviors were different. Regarding the use of equipment, the HEG device proved to be suitable for the experiment due to its ease of installation and use, which makes it recommended for monitoring brain behavior in experiments that require longer times and a greater number of participants. However, monitoring only a specific area of the brain can be a limited choice when analyzing more complex brain behaviors. Anyway, together with the ET and the questionnaires, it proved to be efficient to establish the expected behavior patterns.

In the case study carried out in Brazil, the variables generated by the EEG (electrical signal of activation of the 14 electrodes) and ET (heat map of fixation on the screen) devices allowed to analyze the behavior of the cerebral cortex from the moments of greatest activation of the frontal

region, relating to the areas of greatest interest and fixation of the player's gaze. Completing the analysis with the crossing of Pre- and Post-game perceptions, it was possible to identify both very particular behaviors and collective patterns among players, related to the influence of aspects such as tutorial/game design elements, prior knowledge, and even ergonomic issues, in the definition of cognitive strategy, organization of executive functions and memory formation. As for the use of equipment, the ET by Webcam had the great advantage of not needing physical contact with the player, unlike the EEG device that can bring some discomfort after some time of use, however, the possibility of using a device that evaluates different areas of the brain expands and deepens the study of player behavior in the proposed model.

The case studies proved that the definition of the experimental methodological strategy goes hand in hand and is essential for the successful application of the model. After this phase, the measurements with the different biometric devices and the joint analysis of the data with the player's perceptions, effectively collaborate a lot in the identification of design aspects that have meaning for the user, in the different moments of the game.

Contributions from studies developed during this thesis have been published in the following peer-reviewed conferences and ISI-JCR indexed journals (Thomson Reuters), listed in chronological order:

Ferreira, C.P., Carvalho F.A.H., Adamatti, D. F.(2017). A Interface Cérebro-Computador em Simuladores Empresariais: contribuições para um modelo de aprendizagem de ambientes organizacionais. Latin American Workshop on Computational Neuroscience (LAWCN). Porto Alegre, Brazil.ISBN: 978-858842515-6

Ferreira, C.P., Carvalho F.A.H. (2017). As contribuições da Simulação e das Neurociências no ensino de Gestão Empresarial. Latin American Workshop on Computational Neuroscience (LAWCN). Porto Alegre, Brazil. ISBN: 978-858842515-6

Ferreira, C.P., Oliveira G.B. (2019). Identificação e análise de resposta cérebro-espectral proveniente de interfaces cérebro-computador. Mostra de Ensino, Pesquisa e Extensão MEPERG V.3. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Rio Grande, Vol. 3. ISSN 2674-6905.

Ferreira, C.P., González, C.S.G. (2020). State of the Art of Business Simulation Games Modeling Supported by Brain-Computer Interfaces. In: Agredo-Delgado, V., Ruiz, P.H., Villalba-Condori, K.O. (eds) Human-Computer Interaction. HCI-COLLAB 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1334. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5_25

Ferreira, C. P., González-González, C. S., & Adamatti, D. F. (2021). Business simulation games analysis supported by human-computer interfaces: A systematic review. In *Sensors* (Vol. 21, Issue 14). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s21144810>

Ferreira, C.P., González-González, C.S., Adamatti, D.F. (2021). Towards a Definition of a Learning Model of Business Simulation Games Based on the Analysis of Response from Physiological Devices. In: Ruiz, P.H., Agredo-Delgado, V., Kawamoto, A.L.S. (eds) *Human-*

Computer Interaction. HCI-COLLAB 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1478. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92325-9_15

Ferreira, C. P., González-González, C. S., & Adamatti, D. F. (2022). Player Engagement analysis of a Business Simulation Game from Physiological, Psychological and Behavioral perspectives: a case study. Applied Sciences, Vol. 12. MDPI. Cham. <https://doi.org/10.3390/app121910143>

One of the difficulties encountered during the research was provided by the COVID-19 Pandemic. The almost 2 years without face-to-face academic activities between 2020 and 2021 resulted in delays in the deadlines for data collection in Brazil and Spain, and technical problems in the EEG devices due to downtime, which required the replacement of technology and the adjustment in the selection of the number of participants. However, the results show that the adaptations did not compromise the quality of the investigation results, as well as new possibilities were evaluated and implemented, such as the ET by webcam.

This investigation had the following limitations: the PBP model was validated for a single BSG, for having contemplated a number of 10 participants in each case study, and for having used only two combinations of biometric devices (HEG and ET, EEG and ET). All these situations, however, were definitions made consciously during the project and scientifically supported to minimize the compromise of results, to meet the defined objectives vis a vis the deadlines established for their respective conclusions. On the other hand, there are also new possibilities for research using the PBP model, given that the project continues to be developed among the institutions involved.

Finally, it is concluded that, from a methodology that considers and integrates different perspectives, through their respective instruments of monitoring and physiological, behavioral, and psychological analysis, the PBP model, validated experimentally, is capable of providing a more effective dialogue between the results, in the search for a real understanding of PX in the different moments of BSG.

The results show that the BSG demands a large number of attentional sources and may prove to be potentiators of visual and cognitive skills that can have an influence, including in motivational and emotional aspects. In this way, knowing how the player receives and processes information is the key to identifying the contributions, elements, and moments in which this tool can stand out as a learning resource. Thus, it is believed that through the replication of the proposed model for further investigations on the subject, serious business games will be placed in a greater position of prominence.

As a suggestion for future work, it is proposed to apply the validated model for other types

of games, and also combining new biometric devices, such as new technologies for measuring brain waves and facial expression, in addition to the use of specific psychological assessment instruments. Assessing the evolution in game design can also be an interesting application for new applications of the PBP model. Still other lines of interest may include the analysis of games from the perspective of gender, education levels and age.

8. Referências

- Abdullah, N. L., Hanafiah, M. H., & Hashim, N. A. (2013). Developing creative teaching module: Business simulation in teaching strategic management. *International Education Studies*, 6(6), 95–107. <https://doi.org/10.5539/ies.v6n6p95>
- ABNT. (2001). *NBR ISO 10015: Gestão da qualidade - Diretrizes para treinamento* (p. 12). Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- Agarwal, M., & Sivakumar, R. (2019a). Cerebro: A Wearable Solution to Detect and Track User Preferences Using Brainwaves. *The 5th ACM Workshop on Wearable Systems and Applications*, 47–52. <https://doi.org/10.1145/3325424.3329660>
- Agarwal, M., & Sivakumar, R. (2019b). Cerebro: a wearable solution to detect and track user preferences using brainwaves. *WearSys 2019 - Proceedings of the 5th ACM Workshop on Wearable Systems and Applications, Co-Located with MobiSys 2019*, 47–52. <https://doi.org/10.1145/3325424.3329660>
- Alonso, A., van der Meij, J., Tse, D., & Genzel, L. (2020). Naïve to expert: Considering the role of previous knowledge in memory. *Brain and Neuroscience Advances*, 4, 239821282094868. <https://doi.org/10.1177/2398212820948686>
- Al-Shargie, F. (2021). *Prefrontal cortex functional connectivity based on simultaneous record of electrical and hemodynamic responses associated with mental stress*.
- Alvarez, M. M., González-González, E., & Trujillo-de Santiago, G. (2021). Modeling COVID-19 epidemics in an Excel spreadsheet to enable first-hand accurate predictions of the pandemic evolution in urban areas. *Scientific Reports*, 11(1), 4327. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83697-w>
- An, B., Kim, I., Pakdamanian, E., & Brown, D. E. (2018). Exploring gaze behavior to assess performance in digital game-based learning systems. *Winter Simulation Conference (WSC)*, 2447–2458. <https://doi.org/doi:10.1109/WSC.2018.8632230>
- Andersen, E., O'Rourke, E., Liu, Y.-E., Snider, R., Lowdermilk, J., Truong, D., Cooper, S., & Popovic, Z. (2012). The impact of tutorials on games of varying complexity. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 59–68. <https://doi.org/10.1145/2207676.2207687>
- Andersen, R., Bonnier, K. E., & Jaccard, D. (2020). Challenges with the introduction of a «project management game» in higher education. In *EDULEARN20 Proceedings, 12th International Conference on Education and New Learning Technologies, 6-7 July, 2020, virtual conference*. 6-7 July 2020 PP - Online. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2020.1798>
- Anderson, E., Potter, K., Matzen, L., Shepherd, J., Preston, G., & Silva, C. (2011). A User Study of Visualization Effectiveness Using EEG and Cognitive Load. *Comput. Graph. Forum*, 30, 791–800.
- Arico, P., Borghini, G., di Flumeri, G., Sciaraffa, N., & Babiloni, F. (2018). Passive BCI beyond the lab: current trends and future directions. *Physiological Measurement*, 39(8). <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aad57e>
- Azarian, B., Esser, E. G., & Peterson, M. S. (2016). Evidence from the eyes: Threatening postures hold attention. *Psychonomic Bulletin and Review*, 23(3), 764–770. <https://doi.org/10.3758/S13423-015-0942-0>

- Babusiak, B., Hostovecky, M., Smondrek, M., & Huraj, L. (2021). Spectral analysis of electroencephalographic data in serious games. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/app11062480>
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4). <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2009.12.014>
- Bajaj, V., & Pachori, R. B. (2015). Detection of Human Emotions Using Features Based on the Multiwavelet Transform of EEG Signals. In A. E. Hassanien & A. T. Azar (Eds.), *Brain-Computer Interfaces: Current Trends and Applications* (pp. 215–240). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10978-7_8
- Bălan, O., Moise, G., Petrescu, L., Moldoveanu, A., Leordeanu, M., & Moldoveanu, F. (2019). Emotion Classification Based on Biophysical Signals and Machine Learning Techniques. *Symmetry*, 12(1), 21. <https://doi.org/10.3390/sym12010021>
- Baldwin, T. T., Pierce, J. R., Joines, R. C., & Farouk, S. (2011). The elusiveness of applied management knowledge: A critical challenge for management educators. *Academy of Management Learning and Education*, 10(4), 583–605. <https://doi.org/10.5465/amle.2010.0045>
- Barçante, L. C., & Pinto, F. C. (2003). *Jogos de negócios: revolucionando o aprendizado nas empresas*. Rio de Janeiro: Impetus.
- Bastos, N. S., Adamatti, D. F., & de Carvalho, F. A. (2016). Development of logic skills in high school students: a proposal based on neuroscience. *Brazilian Journal of Computers in Education*, 24(1), 53.
- Bell, L., Vogt, J., Willemse, C., Routledge, T., Butler, L. T., & Sakaki, M. (2018). *Beyond Self-Report : A Review of Physiological and Neuroscientific Methods to Investigate Consumer Behavior*. 9(September), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01655>
- Benyon, D. (2013). *Designing Interactive Systems: A comprehensive guide to HCI, UX and interaction design*. <http://catalogue.pearsoned.co.uk/educator/product/DesigningInteractiveSystemsA-comprehensiveguidetoHCIUXandinteractiondesign3E/9781447...>
- Bermúdez, M., Puertas, J., & Cea, L. (2020). Introducing Excel spreadsheet calculations and numerical simulations with professional software into an undergraduate hydraulic engineering course. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 193–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cae.22185>
- Biercewicz, K., & Borawski, M. (2020). Examining the Degree of Engagement of a Participant in Economic Games Using Cognitive Neuroscience Techniques. In *Experimental and Quantitative Methods in Contemporary Economics* (pp. 201–216). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30251-1_15
- Blignaut, A. S. (2015). Infinite possibilities for using eyetracking for mobile serious games in order to improve user learning experiences. *Communications in Computer and Information Science*, 560(2012), 70–83. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25684-9_6
- Bohbot, V. D., Lerch, J., Thorndyck, B., Iaria, G., & Zijdenbos, A. P. (2007). Gray matter differences correlate with spontaneous strategies in a human virtual navigation task. *Journal of Neuroscience*, 27(38), 10078–10083. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1763-07.2007>

- Bondar, I., Gumenyuk, T., Horban, Y., Karakoz, O., & Chaikovska, O. (2021). Distance E-learning in the system of professional development of corporation managers: Challenges of COVID-19. *Journal of Education and E-Learning Research*, 7(4), 456–463. <https://doi.org/10.20448/JOURNAL.509.2020.74.456.463>
- Bontinck, G., Isik, Ö., van den Bergh, J., & Viaene, S. (2016). Unlocking the Potential of the Process Perspective in Business Transformation. *Business Process Management Forum Brazil*, 64(1), 161–176. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2007.06.004>
- Brown, E., & Cairns, P. (2004). A Grounded Investigation of Game Immersion. *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1297–1300. <https://doi.org/10.1145/985921.986048>
- Burger, C. A. C., & Knoll, G. F. (2018). Eye tracking: possibilidades de uso da ferramenta de rastreamento ocular na publicidade. *Fronteiras - Estudos Midiáticos*, 20(3), 340–353. <https://doi.org/10.4013/fem.2018.203.07>
- Buzady, Z., & Almeida, F. (2019). FLIGBY-A serious game tool to enhance motivation and competencies in entrepreneurship. *Informatics*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/informatics6030027>
- Cabrelles Paffen, A. (2015). Neuropsicología y la localización de las funciones cerebrales superiores en estudios de resonancia magnética funcional con tareas. *Acta Neurológica Colombiana*, 31(1), 92–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.22379/2422402214>
- Carvalho, M., & Oliveira, L. (2017). Emotional design in web interfaces. *Observatorio*, 11(2), 14–34. <https://doi.org/10.15847/obsobs1122017905>
- Chai, W. J., Abd Hamid, A. I., & Abdullah, J. M. (2018). Working Memory From the Psychological and Neurosciences Perspectives: A Review. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00401>
- Cowley, B., & Ravaja, N. (2014). Learning in balance: Using oscillatory EEG biomarkers of attention, motivation and vigilance to interpret game-based learning. *Cogent Education*, 1(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2014.962236>
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*.
- Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S., & Nakamura, J. (2021). *Flow*. In: *Flow and the Foundations of Positive Psychology*.
- Cuesta-cambra, U., & Rodríguez-terceño, J. (2017). El procesamiento cognitivo en una app educativa con electroencefalograma y «Eye Tracking». *Comunicar*, XXV(52), 41–50.
- Damásio, A. (2015). *O mistério da consciência: do corpo e das emoções ao conhecimento de si*. Editora Companhia das Letras.
- de Freitas, S., & Jarvis, S. (2006). A framework for developing serious games to meet learner needs. *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC)*, 2742, 1–11. <http://ntsa.metapress.com/index/8C0WLMJV4UHQ1WVH.pdf>
- Delvigne, V., Ris, L., Dutoit, T., Wannous, H., & Vandeborre, J. P. (2020a). VERA: Virtual Environments Recording Attention. *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2020*. <https://doi.org/10.1109/SeGAH49190.2020.9201699>

- Delvigne, V., Ris, L., Dutoit, T., Wannous, H., & Vandeborre, J. P. (2020b). VERA: Virtual Environments Recording Attention. *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health, SeGAH 2020*. <https://doi.org/10.1109/SeGAH49190.2020.9201699>
- Denzin, N. K., Lincoln, Y. S., & Netz, S. R. (2006). *O planejamento da pesquisa qualitativa teorias e abordagens*. Artmed.
- Derbali, L., & Frasson, C. (2010). Players Motivation and EEG Waves Patterns in a Serious Game Environment.pdf. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 297–299.
- Derbali, L., & Frasson, C. (2011). Physiological evaluation of attention getting strategies during serious game play. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6738 LNAI, 447–449. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21869-9_65
- Diachkova, A. v., Sandler, D. G., & Avramenko, E. S. (2020). Case of using simulation in education for business analysts. *Economic Consultant*, 31(3), 104–114. <https://doi.org/10.46224/ecoc.2020.3.7>
- Dimitriadou, A., Djafarova, N., Turetken, O., Verkuyl, M., & Ferworn, A. (2021). Challenges in Serious Game Design and Development: Educators' Experiences. *Simulation and Gaming*, 52(2), 132–152. <https://doi.org/10.1177/1046878120944197>
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., & Wiemeyer, J. (2016). *Serious Games Foundations, Concepts and Practice* (Vol. 1). Springer, Cham. <https://doi.org/978-3-319-40612-1>
- Drachen, A., Mirza-Babaei, P., & Nacke, L. (2018). Games User Research. In *Games User Research*. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198794844.001.0001>
- Drachen, A., & Nacke, L. (2011). Towards a Framework of Player Experience Research. In *Proceedings of the 2011 Foundations of Digital Games Conference, EPEX 11 Workshop*.
- Duchowski, A. T. (2017). Eye Tracking Methodology. In *Eye Tracking Methodology*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5>
- Eilon, S. (1963). Management Games. *Journal of the Operational Research Society*, 14(2), 137–149. <https://doi.org/10.1057/jors.1963.22>
- Ekandem, J. I., Davis, T. A., Alvarez, I., James, M. T., & Gilbert, J. E. (2012). Evaluating the ergonomics of BCI devices for research and experimentation. *Ergonomics*, 55(5), 592–598. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.662527>
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders: Imaging in clinical neuroscience. *British Medical Bulletin*, 65(1), 49–59. <https://doi.org/10.1093/bmb/65.1.49>
- Emmerich, K., Bogacheva, N., Bockholt, M., & Wendel, V. (2016). Operationalization and measurement of evaluation constructs. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9970 LNCS, 306–331. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_13
- Estévez-González, A., Garcia-Sánchez, C., & Junqué, C. (1997). La atención: una compleja función cerebral. *Revista de Neurología*, 25(148), 1989–1997.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2010). *Manual de Psicología Cognitiva*. Artmed: Porto Alegre.

- Fard, M. H., Petrova, K., Doborjeh, M., & Kasabov, N. (2020). Using EEG Data and NeuCube for the Study of Transfer of Learning. *2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, 443–449. <https://doi.org/10.1109/CSCI51800.2020.00082>
- Fernández, G., & Morris, R. G. M. (2018). Memory, Novelty and Prior Knowledge. In *Trends in Neurosciences* (Vol. 41, Issue 10, pp. 654–659). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2018.08.006>
- Ferreira, C. P., & González, C. S. G. (2020). State of the Art of Business Simulation Games Modeling Supported by Brain-Computer Interfaces. In V. Agredo-Delgado, P. H. Ruiz, & K. O. Villalba-Condori (Eds.), *Human-Computer Interaction* (pp. 243–252). Springer International Publishing.
- Ferreira, C. P., González-González, C. S., & Adamatti, D. F. (2021). Business simulation games analysis supported by human-computer interfaces: A systematic review. In *Sensors* (Vol. 21, Issue 14). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s21144810>
- Fiedler, S., & Glöckner, A. (2015). Attention and moral behavior. In *Current Opinion in Psychology* (Vol. 6, pp. 139–144). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.08.008>
- Frutos-Pascual, M., & Garcia-Zapirain, B. (2015). Assessing visual attention using eye tracking sensors in intelligent cognitive therapies based on serious games. *Sensors (Switzerland)*, 15(5), 11092–11117. <https://doi.org/10.3390/s150511092>
- García, J., Cañadillas, I., & Charterina, J. (2016). Business simulation games with and without supervision: An analysis based on the TAM model. *Journal of Business Research*, 69, 1731–1736. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.046>
- Gauthier, A., & Jenkinson, J. (2018). Designing productively negative experiences with serious game mechanics: Qualitative analysis of game-play and game design in a randomized trial. *Computers & Education*, 127, 66–89. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2018.08.017>
- Gazzaniga, M., Heatherton, T., & Halpern, D. (2005). *Ciência psicológica*. Artmed Editora.
- Ghali, R., Chaouachi, M., Derbali, L., & Frasson, C. (2014). Motivational strategies to support engagement of learners in serious games. *ICAART 2014 - Proceedings of the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence*, 1(January 2014), 518–525. <https://doi.org/10.5220/0004823305180525>
- Ghali, R., Frasson, C., & Ouellet, S. (2016). Towards real time detection of learners' need of help in serious games. *Proceedings of the 29th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference, FLAIRS 2016*, 154–157.
- Giannakos, M. N., Sharma, K., & Niforatos, E. (2019a). Exploring EEG signals during the different phases of game-player interaction. *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications, VS-Games 2019 - Proceedings*, 1DUUMY. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864519>
- Giannakos, M. N., Sharma, K., & Niforatos, E. (2019b). Exploring EEG signals during the different phases of game-player interaction. *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864519>
- Gini, G., & Benfenati, E. (2007). e-modelling: foundations and cases for applying AI to life sciences. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 16(02), 243–268.

- Giorgi, A. (1989). Some theoretical and practical issues regarding the psychological phenomenological method. In *Saybrook Review* (Vol. 7, Issue 2, pp. 71–85). Saybrook Institute, Graduate School & Reserch Center.
- Gold, J., & Ciorciari, J. (2020). A Review on the Role of the Neuroscience of Flow States in the Modern World. *Behavioral Sciences*, 10. <https://doi.org/10.3390/bs10090137>
- Goldstein, J. M., Poldrack, R., Breiter, H. C., Makris, N., Goodman, J. M., Jerram, M., Anagnoson, R., Tsuang, M. T., & Seidman, L. J. (2005). Sex differences in prefrontal cortical brain activity during fMRI of auditory verbal working memory. *Neuropsychology*, 19(4), 509–519. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.19.4.509>
- Greco, M., Baldissin, N., & Nonino, F. (2013). An Exploratory Taxonomy of Business Games. *Simulation & Gamin*, 44(5), 645–682. <https://doi.org/10.1177/1046878113501464>
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2008). Exercising Your Brain: A Review of Human Brain Plasticity and Training-Induced Learning. *Psychol Aging*, 23(4), 692–701. <https://doi.org/10.1037/a0014345>.Exercising
- Gupta, S., Coles, T., Dumas, C., McBride, S. J., & Bradford, D. (2016). Gamer style: Performance factors in gamified simulation. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 2014–2025. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858461>
- Guthier, B., Dörner, R., & Martinez, H. P. (2016). Affective computing in games. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9970 LNCS, 402–441. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_16
- Gutjahr, M. O., Ellermeier, W., Hardy, S., Göbel, S., & Wiemeyer, J. (2019). The pupil response as an indicator of user experience in a digital exercise game. *Psychophysiology*, 56(10). <https://doi.org/10.1111/psyp.13418>
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). Tratado de fisiologia médica. 11ª edição. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier Editora.
- Haigler, K. (2021). The Role of Occupational Research in Complex Assessments: Aligning Educational Practices with Workplace Requirements. *The Journal of Writing Analytics*, 5(1), 259–291. <https://doi.org/10.37514/jwa-j.2021.5.1.08>
- Harper, B. D., & Norman, K. L. (1993). Improving user satisfaction: The questionnaire for user interaction satisfaction version 5.5. *Proceedings of the 1st Annual Mid-Atlantic Human Factors Conference*, 224, 228.
- Hart, S. G. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904–908. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>
- Heitz, R. P., Schrock, J. C., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2008). Effects of incentive on working memory capacity: Behavioral and pupillometric data. *Psychophysiology*, 45(1), 119–129. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00605.x>
- Hellianto, G. R., Iqbal, B. M., & Komarudin. (2017). Ergonomics evaluation of game interface design provisions on various computer based monitor screens. *ACM International Conference Proceeding Series*, 38–44. <https://doi.org/10.1145/3178264.3178282>

- Hernández-Lara, A. B., & Serradell-López, E. (2018). Student interactions in online discussion forums: their perception on learning with business simulation games. *Behaviour and Information Technology*, 37(4), 419–429. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1441326>
- Hernández-Lara, A. B., Serradell-Lopez, E., & Fitó-Bertran, Á. (2018). Do business games foster skills? A cross-cultural study from learners' views. *Intangible Capital*, 14(2), 315–331. <https://doi.org/10.3926/ic.1066>
- Hess, E. H., & Polt, J. H. (1964). Pupil Size in Relation to Mental Activity during Simple Problem-Solving. *Science*, 143(3611), 1190–1192. <https://doi.org/10.1126/science.143.3611.1190>
- Hess, E. H., & Polt, J. M. (1960). Pupil Size as Related to Interest Value of Visual Stimuli. *Science*, 132(3423), 349–350. <https://doi.org/10.1126/science.132.3423.349>
- Hookham, G., & Nesbitt, K. (2019, January 29). A Systematic Review of the Definition and Measurement of Engagement in Serious Games. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3290688.3290747>
- Huynh, S., Kim, S., Ko, J., Balan, R. K., & Lee, Y. (2018). EngageMon. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2(1), 1–27. <https://doi.org/10.1145/3191745>
- IJsselsteijn, W. A., de Kort, Y. A. W., & Poels, K. (2013). *The Game Experience Questionnaire*. Technische Universiteit Eindhoven.
- Izquierdo, I. (2002). *Memória*. Porto Alegre: ArtMed.
- Izquierdo, I. (2004). *Questões sobre Memória*. Unisinos.
- Johnsen, H. M., Briseid, H. S., Brodtkorb, K., Slettebø, Å., & Fossum, M. (2021). Nursing students' perceptions of combining hands-on simulation with simulated patients and a serious game in preparing for clinical placement in home healthcare: A qualitative study. *Nurse Education Today*, 97, 104675. <https://doi.org/10.1016/J.NEDT.2020.104675>
- Kamali, A. M., Saadi, Z. K., Yahyavi, S. S., Zarifkar, A., Aligholi, H., & Nami, M. (2019). Transcranial direct current stimulation to enhance athletic performance outcome in experienced bodybuilders. *PLoS ONE*, 14(8), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220363>
- Kim, S. H., Han, D. H., Lee, Y. S., Kim, B. N., Cheong, J. H., & Han, S. H. (2014). Baduk (the game of go) improved cognitive function and brain activity in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Psychiatry Investigation*, 11(2), 143–151. <https://doi.org/10.4306/pi.2014.11.2.143>
- Kivikangas, J. M., Chanel, G., Cowley, B., Ekman, I., Salminen, M., Järvelä, S., & Ravaja, N. (2011). A review of the use of psychophysiological methods in game research. *Journal of Gaming & Virtual Worlds*, 3(3), 181–199.
- Knyazev, G. G., Ushakov, V. L., Orlov, V. A., Malakhov, D. G., Kartashov, S. I., Savostyanov, A. N., Bocharov, A. v., & Velichkovsky, B. M. (2021). *EEG and fMRI Correlates of Insight: A Pilot Study*. <https://doi.org/10.3390/sym13020330>
- Kuchinsky, S. E., Ahlstrom, J. B., Vaden, K. I., Cute, S. L., Humes, L. E., Dubno, J. R., & Eckert, M. A. (2012). Pupil size varies with word listening and response selection difficulty in older adults with hearing loss. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01477.x>

- Kugler, M. (2003). *Uma contribuição ao desenvolvimento de interfaces cérebro-computador utilizando potenciais visualmente evocados* [Thesis]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Brasil.
- Kühn, S., Gleich, T., Lorenz, R. C., Lindenberger, U., & Gallinat, J. (2014). Playing super mario induces structural brain plasticity: Gray matter changes resulting from training with a commercial video game. *Molecular Psychiatry*, 19(2), 265–271. <https://doi.org/10.1038/mp.2013.120>
- Kühn, S., Romanowski, A., Schilling, C., Lorenz, R., Mörsen, C., Seiferth, N., Banaschewski, T., Barbot, A., Barker, G. J., Büchel, C., Conrod, P. J., Dalley, J. W., Flor, H., Garavan, H., Ittermann, B., Mann, K., Martinot, J. L., Paus, T., Rietschel, M., ... Gallinat, J. (2011). The neural basis of video gaming. *Translational Psychiatry*, 1(October). <https://doi.org/10.1038/tp.2011.53>
- Laamarti, F., Eid, M., & el Saddik, A. (2014). An Overview of Serious Games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, 1–15.
- Lankshear, Colin Knobel, M. (2008). Digital literacies: Concepts, policies and practices. In *Names* (Issue September 2008). https://books.google.com.au/books?hl=en&lr=&id=doVQq67wWSwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=lankshear+and+knobel&ots=h3T39p9C4r&sig=mXTCLtE_PEMHteqVuNzfzrXT_Q8&redir_esc=y#v=onepage&q=lankshear and knobel&f=false
- Lee, D., & Seo, H. (2016). Neural Basis of Strategic Decision Making. In *Trends in Neurosciences* (Vol. 39, Issue 1, pp. 40–48). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.11.002>
- Lehmann, J., Lalmas, M., Yom-Tov, E., & Dupret, G. (2012). Models of User Engagement. In J. Masthoff, B. Mobasher, M. C. Desmarais, & R. Nkambou (Eds.), *User Modeling, Adaptation, and Personalization* (pp. 164–175). Springer Berlin Heidelberg.
- Lent, R. (2001). *Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência*. São Paulo: Atheneu.
- Lewien, R. (2021). GazeHelp: Exploring Practical Gaze-assisted Interactions for Graphic Design Tools. *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 1–4. <https://doi.org/10.1145/3450341.3458764>
- Li, J., Sun, S., & Zhang, L. (2020). *An Improved Classification Model for Depression Detection Using EEG and EyeTracking Data* Jing Zhu, Zihan Wang, Tao Gong, Shuai Zeng, Xiaowei Li*, Member, IEEE , Bin Hu*, Member, IEEE , Jianxiu Li, Shuting Sun, Lan Zhang. <https://doi.org/10.1109/TNB.2020.2990690>
- Lin, H. H., Yen, W. C., & Wang, Y. S. (2018). Investigating the effect of learning method and motivation on learning performance in a business simulation system context: An experimental study. *Computers and Education*, 127(August), 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.008>
- Luo, J., & Knoblich, G. (2007). Studying insight problem solving with neuroscientific methods. *Methods*, 42(1), 77–86. <https://doi.org/10.1016/J.YMETH.2006.12.005>
- Luppa, N. v., & Borst, T. (2010). *End-to-End Game Development: creating independent serious games and simulations*. Burlington Elsevier.
- Ma, Y., Vallet, F., Cluzel, F., & Yannou, B. (2019). Analysing the relevance of serious game elements for effectively teaching innovation processes. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED, 2019-Augus(AUGUST)*, 439–448. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.47>
- Maheu-Cadotte, M. A., Cossette, S., Dubé, V., Fontaine, G., Mailhot, T., Lavoie, P., Cournoyer, A., Balli, F., & Mathieu-Dupuis, G. (2018). Effectiveness of serious games and impact of design elements on

engagement and educational outcomes in healthcare professionals and students: A systematic review and meta-Analysis protocol. In *BMJ Open* (Vol. 8, Issue 3). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-019871>

Maier, F. H., & Größler, A. (2000). What are we talking about? - A taxonomy of computer simulations to support learning. *System Dynamics Review*, 16(2), 135–148. [https://doi.org/10.1002/1099-1727\(200022\)16:2<135::AID-SDR193>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/1099-1727(200022)16:2<135::AID-SDR193>3.0.CO;2-P)

Marshall, S. P. (2007). Identifying cognitive state from eye metrics. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 78(5, Sect II, Suppl), B165–B175.

Mauricio, C., Díaz, C., & Author, B. D. (2015). Online Battle Arenas. *Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES*, 15–17.

Mäyrä, F. (2008). *An Introduction to Game Studies: Games in Culture*. London: SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781446214572>

McGlarty, K. L., Orr, A., Frey, P. M., Dolan, R. P., Vassileva, V., & McvAy, A. (2012). A Literature Review of Gaming in Gaming. *Gaming in Education*, June, 1–36. http://www.pearsonassessments.com/hai/Images/tmrs/Lit_Review_of_Gaming_in_Education.pdf%5Cnpapers3://publication/uuid/32BC44F8-5E69-43C6-9E62-5C00DF0E540F

Mercier, J., Avaca, I. L., Whissell-Turner, K., & Paradis, A. (2021). Towards Modeling the Psychophysiology of Learning Interactions: The Effect of Agency on Arousal in Dyads Learning Physics with a Serious Computer Game. *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education*, 421–431. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73988-1_34

Mettler, T., & Pinto, R. (2015). Serious games as a means for scientific knowledge transfer - A case from engineering management education. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 62(2), 256–265. <https://doi.org/10.1109/TEM.2015.2413494>

Mills, C., D'Mello, S., Lehman, B., Bosch, N., Strain, A., & Graesser, A. (2013). What makes learning fun? exploring the influence of choice and difficulty on mind wandering and engagement during learning. In *Artificial Intelligence in Education - 16th International Conference, AIED 2013, Proceedings* (pp. 71–80). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39112-5-8>

Moizer, J., Lean, J., Dell'Aquila, E., Walsh, P., Keary, A. (Alfie), O'Byrne, D., di Ferdinando, A., Miglino, O., Friedrich, R., Asperges, R., & Sica, L. S. (2019). An approach to evaluating the user experience of serious games. *Computers and Education*, 136, 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.006>

Mondéjar, T., Hervás, R., Johnson, E., Gutierrez, C., & Latorre, J. M. (2016). Correlation between videogame mechanics and executive functions through EEG analysis. *Journal of Biomedical Informatics*, 63, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.08.006>

Monk, E. F., & Lycett, M. (2016). Measuring business process learning with enterprise resource planning systems to improve the value of education. *Educ Inf Technol*, 21, 747–768.

Monteiro, D., Liang, H.-N., Abel, A., Bahaei, N., & de Cassia Monteiro, R. (2019). Evaluating engagement of virtual reality games based on first and third person perspective using EEG and subjective metrics. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality, AIVR 2018*, 53–60. <https://doi.org/10.1109/AIVR.2018.00015>

- Nacke, L. E. (2009). Affective Ludology: Scientific Measurement of User Experience in Interactive Entertainment. In *Ph.D. Thesis. Blekinge Institute of Technology*.
[http://www.bth.se/fou/forskinforsof/Sok/ca7dff01c93318fdc1257646004dfce1/\\$file/Nacke_diss.pdf](http://www.bth.se/fou/forskinforsof/Sok/ca7dff01c93318fdc1257646004dfce1/$file/Nacke_diss.pdf)
<http://phd.academic.com/>
- Nacke, L. E. (2015). *Games User Research and Physiological Game Evaluation* (pp. 63–86).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-15985-0_4
- Neves, C., & Henriques, S. (2020). Exploring the impacts of distance higher education on adult learners' lives and reclaiming lifelong learning as a human development process. *Open Praxis*, 12(4), 439.
<https://doi.org/10.5944/openpraxis.12.4.1084>
- Ni, D., Wang, S., & Liu, G. (2020). The EEG-Based Attention Analysis in Multimedia m-Learning. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2020, 4837291.
<https://doi.org/10.1155/2020/4837291>
- Ninaus, M., Kiili, K., Wood, G., Moeller, K., & Kober, S. E. (2020). To Add or Not to Add Game Elements? Exploring the Effects of Different Cognitive Task Designs Using Eye Tracking. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 847–860. <https://doi.org/10.1109/TLT.2020.3031644>
- O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2008). What is user engagement? A conceptual framework for defining user engagement with technology. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(6), 938–955. <https://doi.org/10.1002/asi.20801>
- Oliveira, J. H. C., & Giraldi, J. de M. E. (2019). Neuromarketing and its implications for operations management: An experiment with two brands of beer. *Gestao e Producao*, 26(3).
<https://doi.org/10.1590/0104-530X3512-19>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Papoutsaki, A., Laskey, J., & Huang, J. (2017). SearchGazer: Webcam Eye Tracking for Remote Studies of Web Search. *CHIIR'17: PROCEEDINGS OF THE 2017 CONFERENCE HUMAN INFORMATION INTERACTION AND RETRIEVAL*, 17–26. <https://doi.org/10.1145/3020165.3020170>
- Paula, A., Ferraz, C. M., & Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais Bloom's taxonomy and its adequacy to define instructional objective in order to obtain excellence in teaching. In *Canadá. Gest. Prod* (Issue 2).
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35(1), 73–89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Petko, D., Schmid, R., & Cantieni, A. (2020). Pacing in Serious Games: Exploring the Effects of Presentation Speed on Cognitive Load, Engagement and Learning Gains. *Simulation and Gaming*, 51(2), 258–279. <https://doi.org/10.1177/1046878120902502>
- Plechawska-Wojcik, M. (2015). Conceptual adaptive data model supporting effective education integrating biomedical signals. *Proceedings - 2015 8th International Conference on Human System Interaction, HSI 2015*, 68–74. <https://doi.org/10.1109/HSI.2015.7170645>

- Posner, M. I., & Driver, J. (1992). The neurobiology of selective attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 2(2), 165–169. [https://doi.org/10.1016/0959-4388\(92\)90006-7](https://doi.org/10.1016/0959-4388(92)90006-7)
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1), 25–42.
- Prete, G., Croce, P., Zappasodi, F., Tommasi, L., & Capotosto, P. (2022). Exploring brain activity for positive and negative emotions by means of EEG microstates. *Scientific Reports* |, 12, 3404. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07403-0>
- Prifti, L., Knigge, M., Löffler, A., Hecht, S., & Krcmar, H. (2017). Emerging Business Models in Education Provisioning: A Case Study on Providing Learning Support as Education-as-a-Service. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 7(3), 92. <https://doi.org/10.3991/ijep.v7i3.7337>
- Ramirez, R., & Vamvakousis, Z. (2012). Detecting Emotion from EEG Signals Using the Emotive Epoc Device. In F. M. Zanzotto, S. Tsumoto, N. Taatgen, & Y. Yao (Eds.), *Brain Informatics* (pp. 175–184). Springer Berlin Heidelberg.
- Ratwani, K. L., Orvis, K., & Knerr, B. (2010). *Game-Based Training Effectiveness Evaluation in an Operational Setting*. September, 34. <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA530660>
- Riechelmann, E., Gamer, M., Böckler, A., & Huestegge, L. (2021). How ubiquitous is the direct-gaze advantage? Evidence for an averted-gaze advantage in a gaze-discrimination task. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 83(1), 215–237. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-02147-3>
- Rodrak, S., & Wongsawat, Y. (2012). *On the classification of EEG/HEG-based attention levels via time-frequency selective multilayer perceptron for BCI-based neurofeedback system*.
- Ruohomaki, V. (1995). Viewpoints on learning and education with simulation games. In *In J.O. Riis (Ed.), Simulation games and learning in production management* (pp. 14–28). Chapman & Hall.
- Salazar Olarte, C. A. (2021). La pupilometría y el eye tracking como herramientas del neuromarketing. *Vivat Academia*, 227–243. <https://doi.org/10.15178/va.2021.154.e1345>
- Saling, L. L., & Phillips, J. G. (2007). Automatic behaviour: Efficient not mindless. In *Brain Research Bulletin* (Vol. 73, Issues 1–3, pp. 1–20). <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.02.009>
- Salminen, M., & Ravaja, N. (2007). Oscillatory brain responses evoked by video game events: the case of super monkey ball 2. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 10(3), 330–338. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9947>
- Salthouse, T. A. (2011). What cognitive abilities are involved in trail-making performance? *Intelligence*, 39(4), 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.03.001>
- Sánchez, J. L. G., Vela, F. L. G., Simarro, F. M., & Padilla-Zea, N. (2012). Playability: Analysing user experience in video games. *Behaviour and Information Technology*, 31(10), 1033–1054. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2012.710648>
- Santos, D., & Primi, R. (2014). *Desenvolvimento socioemocional e aprendizado escolar: Uma proposta de mensuração para apoiar políticas públicas* (p. 87). Instituto Ayrton Senna. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Scd, H. T., Mize, W., Scd, P. C. K., Toomim, M., Aa, R. M., Kozlowski, G. P., Kimball, M., Rémond, A., Toomim, H., & Marsh, R. (2008). Increase of Cerebral Blood Oxygenation Using

Hemoencephalography (HEG): An Efficient Brain Exercise Therapy Intentional Increase of Cerebral. *Journal of Neurotherapy : Investigations in Neuromodulation , Neurofeedback and Applied Neuroscience Intentional*, April 2014, 37–41. <https://doi.org/10.1300/J184v08n03>

- Semmelmann, K., & Weigelt, S. (2018). Online webcam-based eye tracking in cognitive science: A first look. *Behavior Research Methods*, 50(2), 451–465. <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0913-7>
- Seo, H., Barraclough, D. J., & Lee, D. (2009). Lateral intraparietal cortex and reinforcement learning during a mixed-strategy game. *Journal of Neuroscience*, 29(22), 7278–7279. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1479-09.2009>
- Serra-Sala, M., Timoneda-Gallart, C., & Pérez-Álvarez, F. (2012). Evaluating Prefrontal Activation and Its Relationship with Cognitive and Emotional Processes by Means of Hemoencephalography (HEG). *Journal of Neurotherapy*, 16(3), 183–195. <https://doi.org/10.1080/10874208.2012.705754>
- Serra-Sala, M., Timoneda-Gallart, C., & Pérez-Álvarez, F. (2016). Clinical usefulness of hemoencephalography beyond the neurofeedback. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 12, 1173–1180. <https://doi.org/10.2147/NDT.S105476>
- Sharma, K., & Giannakos, M. (2020). Multimodal data capabilities for learning: What can multimodal data tell us about learning? *British Journal of Educational Technology*, 51(5), 1450–1484. <https://doi.org/10.1111/bjet.12993>
- Sheikholeslami, C., Yuan, H., He, E. J., Bai, X., Yang, L., & He, B. (2007). A high resolution EEG study of dynamic brain activity during video game play. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, 2489–2491. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4352833>
- Sibley, C., Coyne, J., & Baldwin, C. (2011). Pupil dilation as an index of learning. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 237–241. <https://doi.org/10.1177/1071181311551049>
- Siddiqui, A., Khan, M., & Akhtar, S. (2008). Supply chain simulator: A scenario-based educational tool to enhance student learning. *Computers and Education*, 51(1), 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.008>
- Siegle, G. J., Steinhauer, S. R., Stenger, V. A., Konecky, R., & Carter, C. S. (2003). *Use of concurrent pupil dilation assessment to inform interpretation and analysis of fMRI data*. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00298-2](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00298-2)
- Skulmowski, A., Bunge, A., Kaspar, K., Pipa, G., & Rocio Montoya, E. (2014). *Forced-choice decision-making in modified trolley dilemma situations: a virtual reality and eye tracking study*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00426>
- Slussareff, M., Braad, E., Wilkinson, P., & Strååt, B. (2016). Games for Learning. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9970 LNCS, 189–211. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_9
- Smith, F. (1999). Leitura para além dos olhos. *Leitura Significativa. Tradução Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed*.
- Smith, S. D., & Bulman-Fleming, M. B. (2005). An examination of the right-hemisphere hypothesis of the lateralization of emotion. *Brain and Cognition*, 57(2), 210–213. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.08.046>

- Soler-Dominguez, J. L., Camba, J. D., Contero, M., & Alcañiz, M. (2017). A proposal for the selection of eye-tracking metrics for the implementation of adaptive gameplay in virtual reality based games. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10280, 369–380. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57987-0_30
- Spinks, J. A., Zhang, J. X., Fox, P. T., Gao, J. H., & Hai Tan, L. (2004). More workload on the central executive of working memory, less attention capture by novel visual distractors: Evidence from an fMRI study. *NeuroImage*, 23(2), 517–524. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.06.025>
- Stephan, K. E., Fink, G. R., & Marshall, J. C. (2007). Mechanisms of hemispheric specialization: Insights from analyses of connectivity. In *Neuropsychologia* (Vol. 45, Issue 2, pp. 209–228). <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.07.002>
- Tabacow, L. S. (2007). Por dentro do cérebro do aprendiz: uma nova abordagem no processo educacional com a neurociência cognitiva: um guia para pais e educadores. *Sorocaba, SP: O Clássico*.
- Takatalo, J., Häkkinen, J., Kaistinen, J., & Nyman, G. (2010). Presence, Involvement, and Flow in Digital Games. In *Evaluating User Experience in Games: Concepts and Methods* (pp. 23–46). https://doi.org/10.1007/978-1-84882-963-3_3
- Tang, J. S. Y., Falkmer, M., Chen, N. T. M., Bölte, S., & Girdler, S. (2019). Designing a Serious Game for Youth with ASD: Perspectives from End-Users and Professionals. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 49(3), 978–995. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3801-9>
- Teo, J., & Chia, J. T. (2018). EEG-based excitement detection in immersive environments: An improved deep learning approach. In F. Nifa, C. Lin, & A. Hussain (Eds.), *3RD International Conference on Applied Science and Technology (ICAST'18)*. Amer Inst Physics. <https://doi.org/10.1063/1.5055547>
- Thornton, D., & Turley, F. (2020). Analysis of player behavior and EEG readings in a cybersecurity game. *ACMSE 2020 - Proceedings of the 2020 ACM Southeast Conference*, 149–153. <https://doi.org/10.1145/3374135.3385276>
- Toma, R. C., Margarit, G., Garais, G., & Matei, F. (2020). E-Learning Platform for Start-Up Simulation in Life Science and Business Field - a Useful Educational Tool. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 20(2), 493–498. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=144820437&site=eds-live>
- Tsai, M.-J., Huang, L.-J., Hou, H.-T., Hsu, C.-Y., & Chou, G.-L. (2016). Visual Behavior, Flow and Achievement in Game-Based Learning.pdf. *Computers and Education*, 98, 115–129. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.011>
- Vieito, J. P., da Rocha, A. F., & Rocha, F. T. (2015). Brain Activity of the Investor's Stock Market Financial Decision. *Journal of Behavioral Finance*, 16(3), 220–230. <https://doi.org/10.1080/15427560.2015.1064931>
- Weisberg, R. W. (2015). Toward an integrated theory of insight in problem solving. *Thinking & Reasoning*, 21(1), 5–39. <https://doi.org/10.1080/13546783.2014.886625>
- White, M. (2014). Learn to Play: Designing Tutorials for Video Games. In *Learn to Play: Designing Tutorials for Video Games*. <https://doi.org/10.1201/b17044>
- Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., Heetderks, W. J., Mcfarland, D. J., Peckham, P. H., Schalk, G., Donchin, E., Quatrano, L. A., Robinson, C. J., & Vaughan, T. M. (2000). Brain-computer interface technology: a

review of the first international meeting. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(2), 164–173. <https://doi.org/10.1109/tre.2000.847807>

Wray, R., Massey, L., Medina, J., & Bolton, A. (2020). Increasing engagement in a cyber-awareness training game. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*: Vol. 12197 LNAI. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50439-7_10

Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (5ª). Bookman.

Zarraonandia, T., Paloma, D., Santos, A., Montero, Á., & Aedo, I. (2017). Games and Learning Alliance. *International Conference on Games and Learning Alliance 2018*, 10653, 297–307. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71940-5>

Zea, E., Valez-Balderas, M., & Uribe-Quevedo, A. (2021). Serious Games and Multiple Intelligences for Customized Learning: A Discussion. In *Intelligent Systems Reference Library* (Vol. 196). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59608-8_9

Zelkowitz, M. v., & Wallace, D. R. (1998). Experimental models for validating technology. *Computer*, 31(5), 23–31. <https://doi.org/10.1109/2.675630>

Zhonggen, Y. (2019). A Meta-Analysis of Use of Serious Games in Education over a Decade. *International Journal of Computer Games Technology*, 2019(3). <https://doi.org/10.1155/2019/4797032>

Zulfiqar, S., Al-Reshidi, H. A., al Moteri, M. A., Feroz, H. M. B., Yahya, N., & Al-Rahmi, W. M. (2021). Understanding and predicting students' entrepreneurial intention through business simulation games: A perspective of covid-19. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su13041838>

9. APÊNDICES

9.1. Apêndice 1- Questionário Pré-Teste Espanha

16/05/2022 16:15

Questionario Pre Prueba Juego MC Donald's

Questionario Pre Prueba Juego MC Donald's

Luego de firmar el Documento de Consentimiento Libre Y Esclarecido , nos gustaría hacerle algunas preguntas importantes antes de comenzar la prueba. La información que proporcione aquí se utilizará únicamente para ayudar a analizar los resultados de el Proyecto de investigación: "Análisis de ambientes de aprendizaje organizacionales mediante el monitoreo de la respuesta de interfaces cerebro-computadora durante el uso de simuladores de negocios", y no se revelará el nombre ni datos personales. De antemano gracias por su atención.

*Obrigatório

1. Nombre *

2. Fecha de Nacimiento *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

3. Genero *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Masculino
☐ Femenino
☐ Otro

4. ¿Qué estudios estás cursando? *

5. ¿Qual opción representa mejor la situación actual en tus estudios universitarios? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Inicio
☐ Medio
☐ Final

6. 1) ¿Ha utilizado algún software de simulación de entorno empresarial? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Si
☐ No

7. 2) ¿Te divierten los juegos digitales de estrategia? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Si
☐ No

8. 3) ¿Qué consideras más importante en un simulador o juego? *

Ordenar de 1 a 6, donde 1 es el más importante y 6 el menos importante, sin repetir.

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Más importante)	2	3	4	5	6 (Menos importante)
Imágenes	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Interacción	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diferentes grados de dificultad	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Situaciones inesperadas	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Acciones disponibles en la interfaz con el escenario presentado	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Identificación de resultados después de cambiar las variables	☐	☐	☐	☐	☐	☐

9. 3.1) Aún com respecto a la pregunta anterior, si crees que hay otro elemento importante en la construcción de um simulador o juego, descríbelo.

10. 4) ¿Tienes alguna experiencia profesional o conocimiento tomado en Gestión de Empresas? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sí
☐ No

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

9.2. Apêndice 2 – Questionário Pós-Teste Espanha

13/05/2022 10:48

Cuestionario Post Prueba Juego Mc Donald's

Cuestionario Post Prueba Juego Mc Donald's

Después de probar con el juego, nos gustaría agradecerle su participación y pedirle sólo unos momentos más para contarnos como fue esta experiencia. Al igual que con el cuestionario previo, la información que proporcione aquí se utilizará únicamente para ayudar en el análisis de los resultados de la investigación y no se revelará su nombre ni datos personales.

***Obrigatório**

1. Nome *

2. 1) ¿El dispositivo de seguimiento ocular (Eye Tracking) y HEG utilizados para realizar la recolección de datos dificultó la ejecución de la prueba? *

Marque todas que se aplicam.

☐ Sí

☐ No

3. 1.1) Si marcó "Sí" en la pregunta 1 ¿qué te molestó?

4. 2) ¿La sala del experimento parece adecuada? *

Marque todas que se aplicam.

☐ Sí

☐ No

13/05/2022 10:48

Cuestionario Post Prueba Juego Mc Donald's

5. 2.1) Si marcó "No" en la pregunta 2 ¿Por qué la sala no te parece adecuada?

6. 3) ¿El tutorial de uso del juego te parece adecuado? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sí
☐ No

7. 3.1) Si marcó "No" en la pregunta 3 ¿Lo que no está bien en el Tutorial?

8. 4) ¿Te ha ayudado el entorno del juego a comprender cómo funciona la gestión de una empresa? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sí
☐ No

13/05/2022 10:48

Cuestionario Post Prueba Juego Mc Donald's

9. 4.1) Si marcó "No" en la pregunta 4 ¿Por qué el entorno del juego no te ayudó?

10. 5) ¿La velocidad del juego fue adecuada para la comprensión del problema presentado? *

Marcar apenas una oval.

- ☐ Sí
☐ No

11. 5.1) Si marcó "No" en la pregunta 5 ¿Por qué la velocidad no fue adecuada?

12. 6) ¿La cantidad de variables que podías modificar fue adecuada para entender el problema propuesto? *

Marcar apenas una oval.

- ☐ Sí
☐ No

13. 6.1) Si marcó "No" en la pregunta 6 ¿Qué otras variables faltan?

14. 7) ¿Qué consideraste más importante en éste juego? *

Ordenar de 1 a 6, donde 1 es el más importante y 6 el menos importante, sin repetir.

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Más importante)	2	3	4	5	6 (Menos importante)
Imágenes	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Interacción	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diferentes grados de dificultad	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Situaciones inesperadas	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Acciones disponibles en la interfaz con el escenario presentado	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Identificación de resultados después de cambiar las variables	☐	☐	☐	☐	☐	☐

15. 7.1) Aún con respecto a la pregunta anterior, si crees que hay otro elemento importante en la construcción de este juego, descríbelo.

16. 8) ¿Cómo describirías o principal problema a resolver en este juego para mantener la empresa en funcionamiento y financieramente equilibrada? *

17. 9) ¿Cuál fue tu estrategia para resolver el problema descrito en la pregunta anterior? *

18. 10) ¿Que cambiarías en el juego para mejorar la experiencia de los usuarios? *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

9.3. Apêndice 3 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: *Utilização de sinais cerebrais aplicados à computação*

Colaborador voluntário: _____ RG: _____

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa *Utilização de sinais cerebrais aplicados à computação*, subdenominado “Definição de um modelo de aprendizagem de ambientes organizacionais a partir da análise de resposta cérebro-espectral proveniente de interfaces cérebro computador em simuladores empresariais”, de responsabilidade do pesquisador Cleiton Pons Ferreira. Você foi selecionado(a) por ser aluno do IFRS Campus Rio Grande, maior de idade, e não apresentar nenhum transtorno de aprendizagem. A sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Uma possível recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. O objetivo deste estudo é identificar através da coleta de sinais cerebrais quais áreas do cérebro respondem a determinados estímulos, durante etapas de o uso de um simulador empresarial. Com isso vamos perceber com os sinais cerebrais, qual parte do cérebro irá ativar, diante de certos estímulos que a ferramenta apresentar. A participação nesta pesquisa será voluntária e consistirá em realizar uma atividade experimental e baseada em estímulos não invasivos, determinados pelos pesquisadores. Cabe destacar que a técnica de captura de imagens utilizada nesta pesquisa é também de caráter não invasivo. Os benefícios relacionados com a participação não são diretos aos envolvidos, mas permite um melhor entendimento da atividade cerebral, possibilitando analisar a efetividade de ambientes virtuais de aprendizagem e o desenvolvimento de modelos otimizados de simuladores organizacionais. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, e caso seja necessário utilizar o nome será na forma de um código. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Assinatura do pesquisador

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter sido informado e concordo com a minha participação, como voluntário, no projeto de pesquisa acima descrito.

Rio Grande, ____ de _____ de ____.

Responsável por obter o consentimento (assinatura e RG)

Testemunha (assinatura e RG)

Pesquisador: Cleiton Pons Ferreira

Endereço Institucional 1: Universidade Federal do Rio Grande – FURG - Centro de Ciências Computacionais
Av. Itália, Km 8 - Campus Carreiros - Rio Grande - RS - BRASIL - 96201900

Endereço Institucional 2: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS

R. Eng. Alfredo Huck, 475 – Centro - Rio Grande – RS – Brasil - 96201460

Telefone: 53 99992-0045

Email: cleiton.ferreira@riogrande.ifrs.edu.br

Orientadora: Profª Drª Diana Francisca Adamatti

Bolsista IFRS colaboradora do projeto: Giovana Barreto de Oliveira

C E P A S - Comitê de Ética em Pesquisa na Área da Saúde (Universidade Federal do Rio Grande Hospital Universitário – FURG - Centro - Rio Grande – RS – Brasil)

E-mail: cepas@furg.br

Telefone: 53 32374652

Homepage: www.cepas.furg.br

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS - Centro – Bento Gonçalves – RS – Brasil)

E-mail: cepesquisa@ifrs.edu.br

Telefone: 54 34493340

Homepage: www.ifrs.edu.br/institucional/comites/comite-de-etica-em-pesquisa/

9.4. Apêndice 4 – Tabela de Informações de referência cruzadas entre HEG1e ET3

Jogador	Pontos principais	I) Período de tempo (segundos)	II) Situação de jogo do BSG	III) Comportamento Ratio HED	IV) DDP min (mm)	V) DDP máx (mm)	VI) DDP médio (mm)	VII) Variação DDP (mm)
P1	1	273-283	DE	Descenso	2.9155	3.3187	3.1372	0.4032
	2	342-354	IJ	Ascenso	3.2588	3.4870	3.3779	0.2282
	3	432-443	SC	Ascenso	3.2150	3.4557	3.3532	0.2407
	4	523-590	DE	Ascenso	3.4468	4.1689	3.6972	0.7221
	5	609-621	SC	Descenso	3.4892	3.9327	3.7390	0.4435
	6	628-640	DO	Ascenso	3.3810	3.9618	3.6737	0.5808
	7	1118-1131	PE	Ascenso	3.3550	4.2808	3.7544	0.9258
	8	949-960	DE	Descenso	3.5320	3.9697	3.7820	0.4377
	9	1099-1111	SC	Descenso	3.4877	3.9375	3.7071	0.4498
P2	1	6-18	IS	Descenso	3.1539	3.7445	3.3722	0.5906
	2	161-175	PE	Ascenso	2.8378	3.2531	3.0526	0.4153
	3	213-265	DE	Ascenso	3.2034	4.2710	3.7751	1.0676
	4	327-339	DE	Descenso	3.2694	3.9066	3.6250	0.6372
	5	424-441	DO	Ascenso	3.5927	4.2246	3.8863	0.6319
	6	506-518	PE	Ascenso	3.7283	4.3915	4.0462	0.6632
	7	652-664	SC	Descenso	3.6455	4.3097	3.9654	0.6642
	8	762-879	SC	Ascenso	3.1114	4.5328	3.8237	1.4214
	9	885-899	DO	Descenso	3.2337	3.9946	3.6891	0.7609
P3	1	347-359	SC	Descenso	3.9083	4.5551	4.3327	0.6468
	2	419-431	DO	Ascenso	4.1199	4.7076	4.4349	0.5877
	3	564-582	DE	Descenso	3.8330	4.4401	4.1846	0.6071
	4	631-642	DO	Ascenso	3.9843	4.5652	4.2976	0.5809
	5	669-684	SC	Descenso	4.0768	4.3559	4.2131	0.2791
	6	808-864	DE	Descenso	3.7910	4.5412	4.2144	0.7502
	7	1064-1115	SC	Descenso	3.7347	4.4502	4.1382	0.7155
	8	1145-1165	SC	Ascenso	3.7093	4.7729	4.1600	1.0636
P4	1	350-380	SC	Ascenso	3.2175	4.1204	3.5652	0.9029
	2	381-392	DO	Descenso	3.3601	3.9655	3.6127	0.6054
	3	608-623	DE	Ascenso	3.2416	4.0911	3.6229	0.8495
	4	924-936	SC	Ascenso	3.4552	3.8541	3.6516	0.3989
	5	937-945	DO	Descenso	3.5924	4.0267	3.8347	0.4343
P5	1	182-193	DE	Ascenso	2.9232	3.3531	3.1506	0.4299
	2	336-352	DO	Descenso	3.4259	3.7923	3.6682	0.3664
	3	699-709	SC	Ascenso	3.5561	3.8322	3.7310	0.2761
	4	773-784	DO	Descenso	3.3534	3.7958	3.6067	0.4424
	5	989-1001	SC	Ascenso	3.3372	3.9779	3.6532	0.6407
	6	1060-1072	SC	Ascenso	3.6029	3.9547	3.7961	0.3518
	7	1072-1117	DO	Descenso	3.3994	3.9522	3.6580	0.5528
P6	1	20-46	IS	Ascenso	1.8887	2.2917	2.0491	0.4030
	2	81-112	IS	Descenso	1.7663	1.9910	1.8942	0.2247
	3	321-332	DE	Descenso	2.1713	2.4799	2.3547	0.3086
	4	430-450	FJ	Ascenso	2.1277	2.3878	2.2697	0.2601
	5	455-474	DO	Descenso	2.1560	2.5897	2.3195	0.4337
	6	587-597	SC	Descenso	2.0899	2.3438	2.2236	0.2539
	7	621-640	SC	Ascenso	2.0154	2.3149	2.1499	0.2995
P7	1	53-124	IS	Ascenso	3.2747	4.0762	3.6520	0.8015
	2	240-266	IS	Ascenso	3.4729	3.8900	3.6503	0.4171
	3	282-298	IJ	Descenso	3.7925	4.4462	4.1296	0.6537
	4	504-599	SC	Ascenso	3.2993	4.4773	3.9932	1.1780
	5	747-870	SC	Ascenso	3.4226	4.3826	4.0142	0.9600
	7	1192-1204	SC	Ascenso	3.6641	4.5744	4.1327	0.9103
P8	1	329-340	DE	Descenso	2.5513	3.0386	2.7272	0.4873
	2	422-432	DO	Ascenso	2.6842	2.9737	2.8389	0.2895
	3	507-518	DO	Ascenso	2.5505	2.8084	2.6714	0.2579
	4	653-674	DE	Ascenso	2.5631	2.9446	2.7385	0.3815
	5	720-780	SC	Ascenso	2.2761	3.1305	2.8778	0.8544
	6	810-827	DO	Descenso	2.5783	2.9157	2.7406	0.3374
	7	887-899	DO	Descenso	2.5756	3.0623	2.8596	0.4867
	8	906-924	IS	Ascenso	2.6040	2.9818	2.8087	0.3778
	9	1109-1130	DE	Descenso	2.6283	3.1873	2.9087	0.5590
P9	1	10-41	IS	Ascenso	2.9835	3.9353	3.4411	0.9518
	2	117-156	DE	Descenso	3.2328	4.3639	3.7994	1.1311
	3	156-177	IS	Ascenso	3.3948	4.0034	3.7315	0.6086
	4	256-267	IS	Ascenso	3.4911	4.1965	3.9241	0.7054
	5	535-550	SC	Ascenso	3.8763	4.9207	4.3356	1.0444
	6	703/719	SC	Ascenso	3.9724	4.6468	4.3417	0.6744
	7	784-795	SC	Ascenso	3.9978	4.7905	4.4542	0.7927
	8	803-833	FJ	Descenso	3.8058	4.8136	4.3551	1.0078
	9	890-950	DO	Descenso	3.9966	4.8885	4.3823	0.8919
P10	1	46-58	IS	Ascenso	3.2025	3.6066	3.4473	0.4041
	2	377-386	DE	Descenso	3.6790	4.1176	3.8990	0.4386
	3	354-376	IS	Ascenso	3.6627	4.4119	4.0856	0.7492
	4	528-538	DE	Descenso	3.8645	4.5475	4.3724	0.6830
	5	737-750	DE	Descenso	3.5468	4.1789	3.8123	0.6321
	6	827-837	DE	Descenso	3.8669	4.4601	4.2183	0.5932
	7	851-865	SC	Ascenso	3.8447	4.2299	4.0697	0.3852
	8	1082-1092	SC	Ascenso	3.8339	4.1826	4.0054	0.3487

Legenda de situações do BSG

IJ	Início do Jogo
SC	Situação Crítica
FJ	Fim de Jogo
DE	Dilema Ético
DO	Decisão Operacional
PE	Pensamento Estratégico
IS	Insight

Visualizando Tutorial

Jogando o BSG

9.5. Apêndice 5 – Questionário Pré-Teste Brasil

13/05/2022 10:33

Questionário Pré-teste

Questionário Pré-teste

Gostaríamos de fazer algumas perguntas importantes antes de começar este jogo. As informações aqui fornecidas serão importantes para a organização e desenvolvimentos das atividades que seguem e analisar os resultados de um Projeto de Pesquisa: "Análise de ambientes de aprendizagem organizacionais mediante o monitoramento da resposta de interfaces cérebro-computador durante o uso de simuladores empresariais", e não se revelará teu nome e dados pessoais. De antemão agradecemos tua atenção.

*Obrigatório

1. Nome: *

2. Data de Nascimento: *

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

3. Gênero *

Marque todas que se aplicam.

☐ Masculino

☐ Feminino

☐ Outro

4. Qual curso superior frequentas? *

5. Qual opção representa melhor a tua situação atual de estudos universitários? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Início
☐ Intermediário
☐ Final

6. 1) Te divertem os games para computador e celular? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sim
☐ Não

7. 2) Cite o nome dos games para computador e celular que vocês mais costuma usar? (vale até Jogo de Paciência, mas se você não utiliza nenhum game digite "nenhum") *

8. 3) O que consideras mais importante em um game? *

Ordenar de 1 a 6, onde 1 é o menos importante e 6 o mais importante, sem repetir

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Menos importante)	2	3	4	5	6 (Mais importante)
Imagens	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Interação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diferentes graus de dificuldade	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Situações inesperadas	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ações disponíveis na interface com o cenário apresentado	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Identificação de resultados depois de mudar as variáveis	☐	☐	☐	☐	☐	☐

9. 3.1) Ainda com respeito a pergunta anterior, se acreditas que existe um outro elemento importante na construção de um game descreva-o.

10. 4) Tens alguma experiência profissional ou conhecimento na área de logística/cadeia de suprimentos de um negócio?

Marque todas que se aplicam.

☐ Sim

☐ Não

13/05/2022 10:33

Questionário Pré-teste

11. 4.1) Ainda com respeito a pergunta anterior, se assinalastes sim, poderias detalhar como e onde esta experiência ou conhecimento foi obtida?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

9.6. Apêndice 6 – Questionário Pós-Teste Brasil

16/05/2022 16:03

Questionário pós-teste

Questionário pós-teste

Depois de tomar a decisão com o simulador, gostaríamos de agradecer a sua participação e pedir apenas uns momentos mais para você nos contar como foi esta experiência. As informações aqui fornecidas serão utilizadas unicamente para ajudar na análise dos resultados da investigação e não se revelará o seu nome nem seus dados pessoais.

***Obrigatório**

1. Nome *

2. 1) O dispositivo de monitoramento e seguimento ocular (Eye Tracking) pela Webcam utilizado para realizar a coleta de dados dificultou a execução do teste? *

Marque todas que se aplicam.

☐ Sim

☐ Não

☐ Não consegui utilizar o dispositivo

3. 1.1) Se marcou "Sim" na pergunta 1, o que você acredita que lhe atrapalhou?

4. 2) O computador utilizado e o local onde você executou o game foram adequados? *

Marque todas que se aplicam.

☐ Sim

☐ Não

5. 2.1) Se marcou "Não" na pergunta 2, o que não lhe pareceu adequado?

6. 3) As instruções oferecidas pelo Game foram fáceis de aprender e suficientes para utilizá-lo? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sim
☐ Não

7. 3.1) Se marcou "Não" na pergunta pergunta 3, o que faltou para melhorar o uso do Game?

8. 4) O Game proposto ajudou você a compreender como funciona aspectos gerais da gestão de uma empresa? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sim
☐ Não

9. 4.1) Se marcou "Não" na pergunta 4, o que ficou faltando ou atrapalhou?

10. 5) Você acredita que a proposta deste Game, ao apresentar um ambiente de negócios em formato mais lúdico e divertido, contribuiu para a sua aprendizagem na área? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sim
☐ Não

11. 5.1) Justifique sua resposta independente da escolha na pergunta 5. *

12. 6) As variáveis com as quais você podia interagir durante o jogo foram adequadas para atingir o objetivo proposto? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sim
☐ Não

13. 6.1) Se marcou "Não" na pergunta 6, que outras variáveis você acrescentaria?

14. 7) O que você considerou como mais importante durante o uso deste Game? *

Ordenar de 1 a 6, onde 1 é o mais importante e 6 é o menos importante, sem repetir.

Marcar apenas uma oval por linha.

	1 (Mais importante)	2	3	4	5	6 (Menos importante)
Imagens	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Interação	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Diferentes graus de dificuldade	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Situações inesperadas	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ações disponíveis na interface com o cenário apresentado	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Identificação de resultados depois de mudar as variáveis	☐	☐	☐	☐	☐	☐

15. 7.1) Ainda com respeito a pergunta anterior, se acredita que exista algum outro(s) elemento(s) importante na construção deste Game, descreva-o(s).

16. 8) Quais os principais problemas da empresa representada no Game que você teve que resolver durante o tempo que jogou? *

17. 9) Qual foi a sua estratégia para resolver os problemas da empresa durante o jogo? *

18. 10) O que você mudaria no Game para melhorar a experiência de usuário? *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

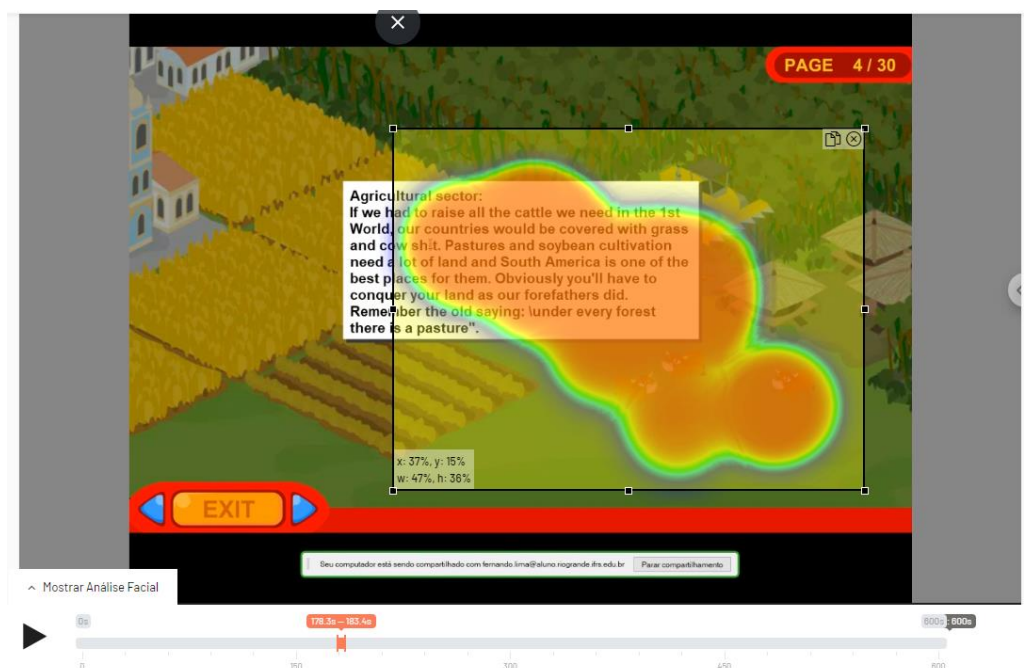
Google Formulários

9.7. Apêndice 7 – Tabela de Eletrodos com maior ativação de cada participante durante o tutorial

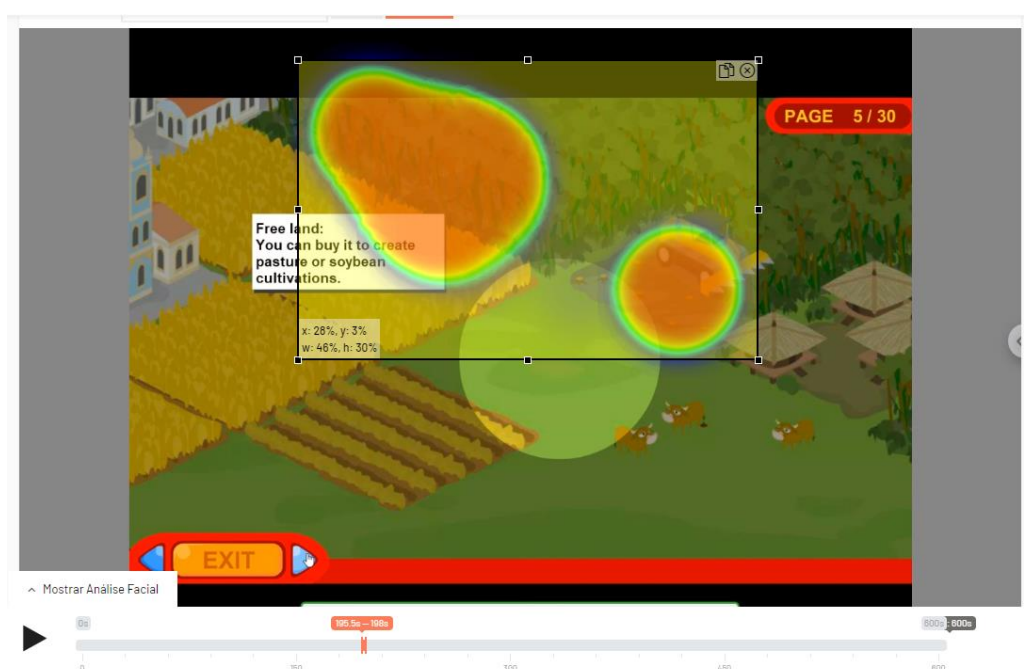
Jogador	Período	Página(s) do tutorial	Tempo (segundos)	Eletrodos com maior Amplitude de sinal (A)												O1	O2
				AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8		
P1	1	4	180 - 182	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x			
P1	2	5	196 - 198	x	x	x	x	x	x	x	x						
P1	3	14-15-16	269 - 287	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P1	4	25	374 - 379	x						x							
P1	5	26	383 - 384	x				x		x			x				
P2	1	4	138 - 140	x	x	x	x	x	x	x	x						
P2	2	9	166 - 174	x	x	x	x	x	x	x	x						
P2	3	19	246 - 253	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P2	4	25	283 - 289	x	x		x	x	x	x	x		x		x		
P3	Dados do Tutorial desconsiderados por problemas na gravação dos registros de ET2																
P4	1	10	126 - 127	x	x	x	x	x	x	x	x						
P4	2	13	148 - 149	x	x	x	x	x	x	x	x						
P4	3	19	207 - 208	x	x	x	x	x	x	x	x						
P4	4	20	220 - 221	x	x	x	x	x	x	x	x						
P4	5	23	232 - 234	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		
P5	1	1	44			x											
P5	2	20	117-119	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
P5	3	27	135			x											
P6	1	1	52-53	x	x	x		x	x	x							
P6	2	7	110-113	x	x		x	x	x								
P6	3	10	123-124			x			x								
P6	4	25	245-247	x	x	x	x	x	x	x							
P6	5	28	272			x		x	x								
P7	1	2	78-79	x	x		x	x	x	x			x				
P7	2	6	142-143	x		x	x			x			x			x	
P7	3	11	168-172	x		x	x	x	x	x		x	x			x	x
P7	4	24	281-282	x	x	x	x	x	x	x	x		x			x	x
P8	1	3	91-93	x				x	x	x		x		x		x	
P8	2	17	153-154	x	x	x	x	x	x	x	x						
P8	3	27	195-196	x	x	x	x	x	x	x							
P9	1	4	86	x		x		x		x							
P9	2	7	137					x									
P9	3	15	188					x									
P10	1	1	88	x				x	x	x							
P10	2	10	190-192	x	x			x	x								
P10	3	16	228	x	x		x	x	x								

9.8. Apêndice 8 – mapas de calor de fixação ocular correspondentes aos períodos de maior ativação do córtex-frontal durante a leitura do tutorial de cada participante

MCT-P1-1: mapa de calor do participante 1 no período 1 do tutorial



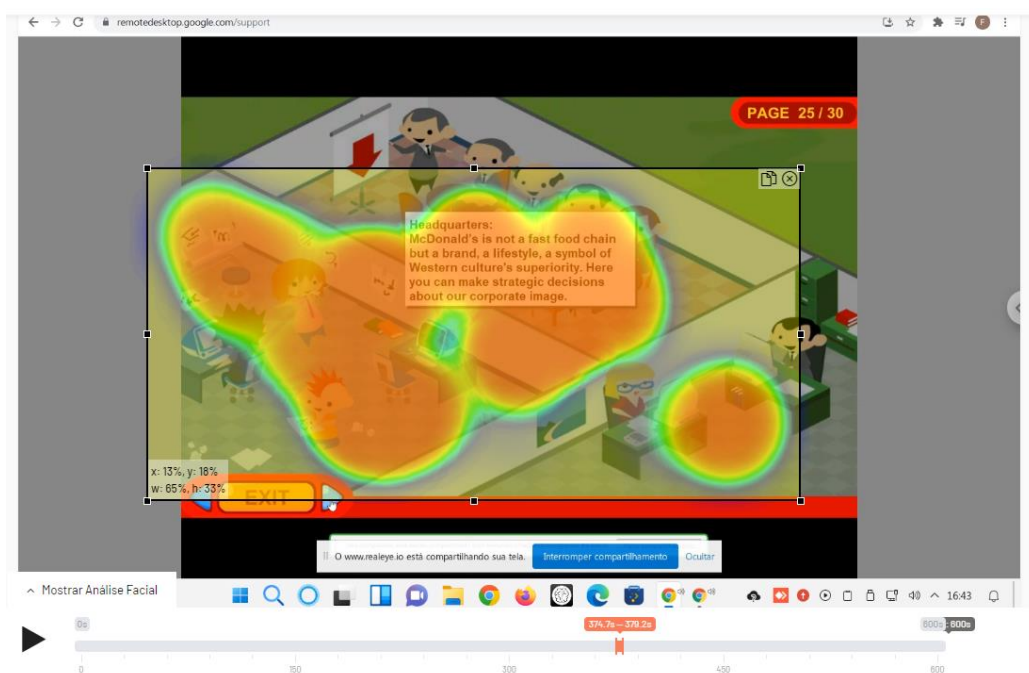
MCT-P1-2: mapa de calor do participante 1 no período 2 do tutorial



MCT-P1-3: mapa de calor do participante 1 no período 3 do tutorial



MCT-P1-4: mapa de calor do participante 1 no período 4 do tutorial



MCT-P1-5: mapa de calor do participante 1 no período 5 do tutorial



MCT-P2-1: mapa de calor do participante 2 no período 1 do tutorial



MCT-P2-2: mapa de calor do participante 2 no período 2 do tutorial



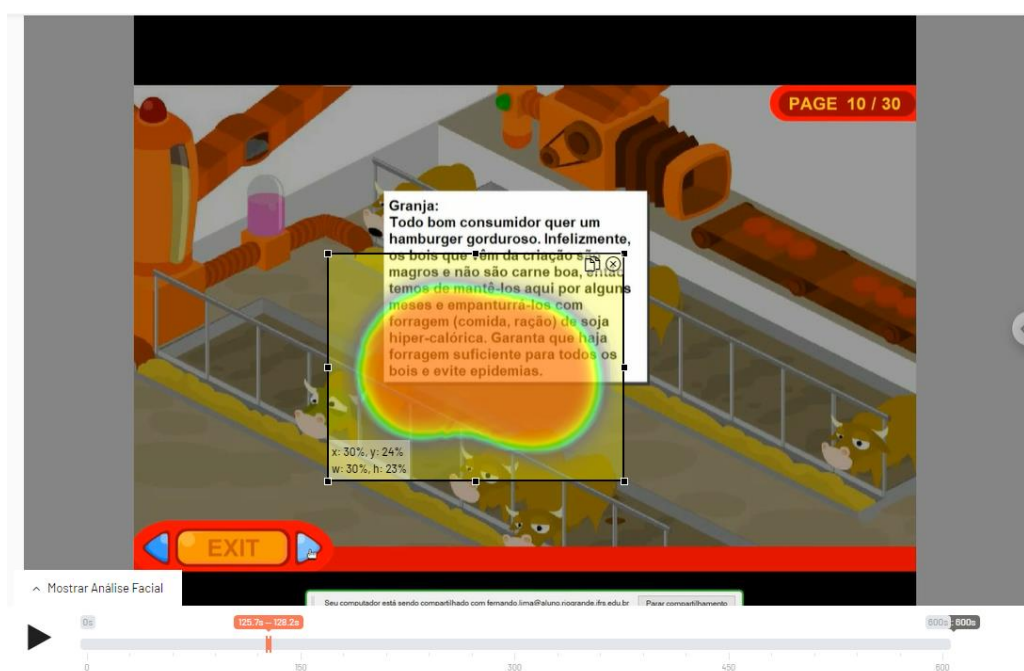
MCT-P2-3: mapa de calor do participante 2 no período 3 do tutorial



MCT-P2-4: mapa de calor do participante 2 no período 4 do tutorial



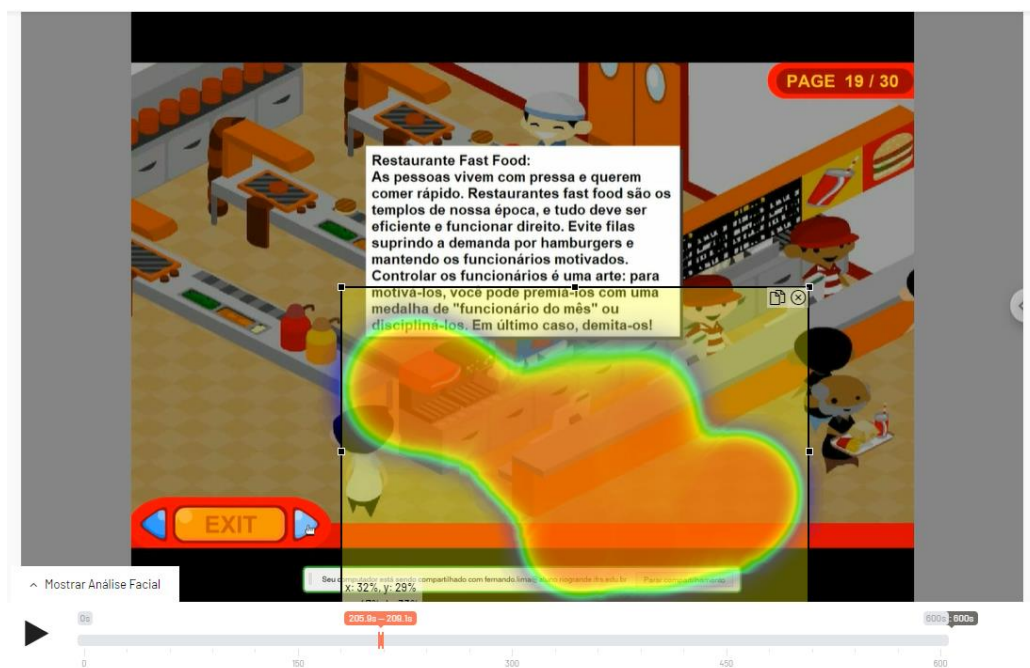
MCT-P4-1: mapa de calor do participante 4 no período 1 do tutorial



MCT-P4-2: mapa de calor do participante 4 no período 2 do tutorial



MCT-P4-3: mapa de calor do participante 4 no período 3 do tutorial



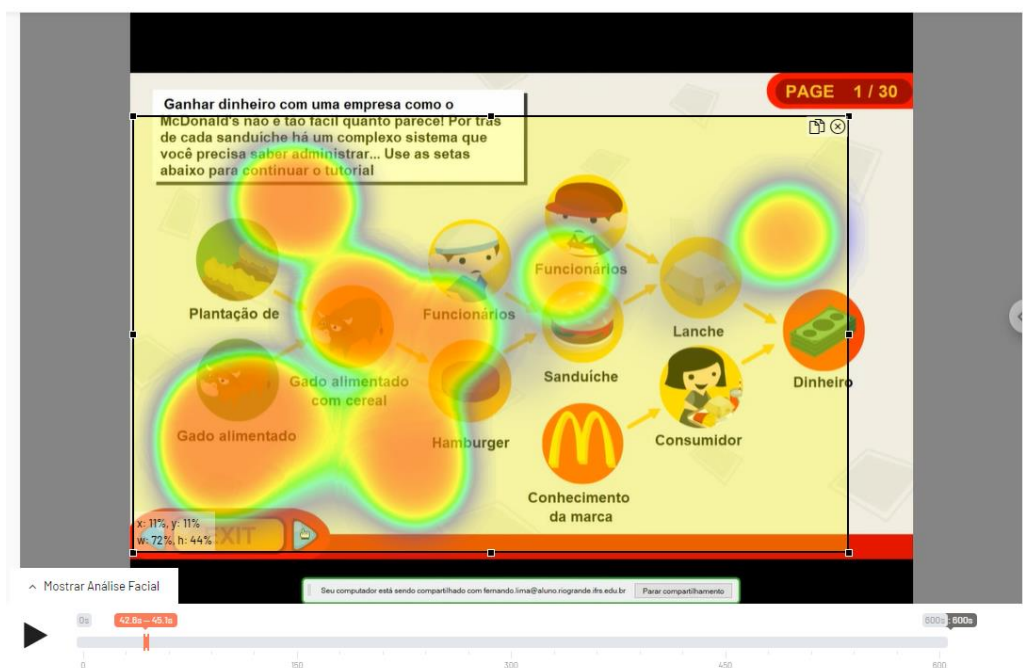
MCT-P4-4: mapa de calor do participante 4 no período 4 do tutorial



MCT-P4-5: mapa de calor do participante 4 no período 5 do tutorial



MCT-P5-1: mapa de calor do participante 5 no período 1 do tutorial



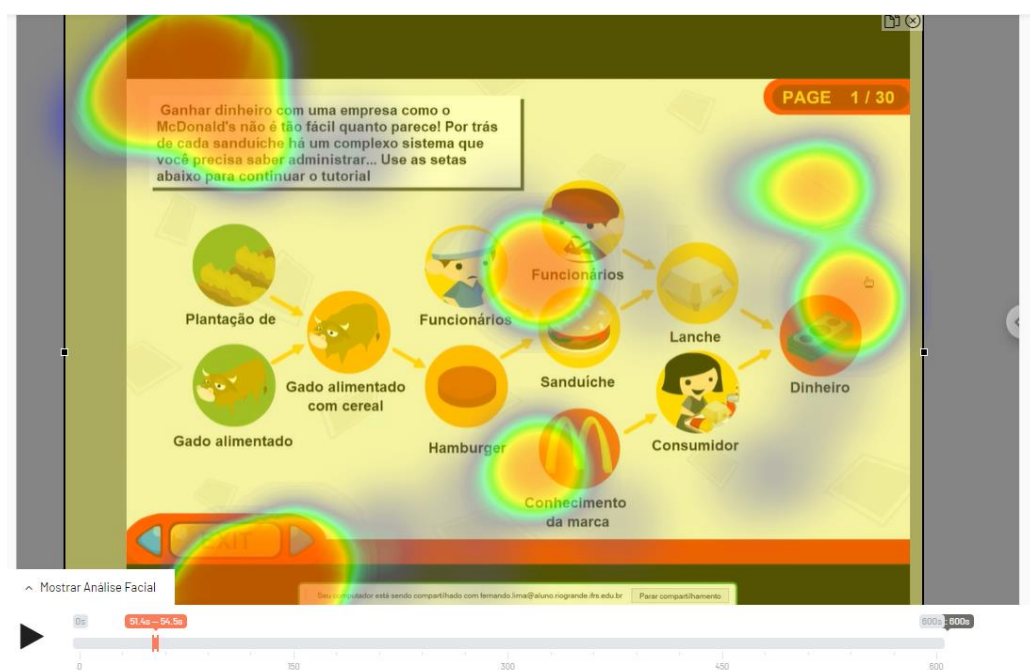
MCT-P5-2: mapa de calor do participante 5 no período 2 do tutorial



MCT-P5-3: mapa de calor do participante 5 no período 3 do tutorial



MCT-P6-1: mapa de calor do participante 6 no período 1 do tutorial



MCT-P6-2: mapa de calor do participante 6 no período 2 do tutorial



MCT-P6-3: mapa de calor do participante 6 no período 3 do tutorial



MCT-P6-4: mapa de calor do participante 6 no período 4 do tutorial



MCT-P6-5: mapa de calor do participante 6 no período 5 do tutorial



MCT-P7-1: mapa de calor do participante 7 no período 1 do tutorial



MCT-P7-2: mapa de calor do participante 7 no período 2 do tutorial



MCT-P7-3: mapa de calor do participante 7 no período 3 do tutorial



MCT-P7-4: mapa de calor do participante 7 no período 4 do tutorial



MCT-P8-1: mapa de calor do participante 8 no período 1 do tutorial



MCT-P8-2: mapa de calor do participante 8 no período 2 do tutorial



MCT-P8-3: mapa de calor do participante 8 no período 3 do tutorial



MCT-P9-1: mapa de calor do participante 9 no período 1 do tutorial



MCT-P9-2: mapa de calor do participante 9 no período 2 do tutorial



MCT-P9-3: mapa de calor do participante 9 no período 3 do tutorial

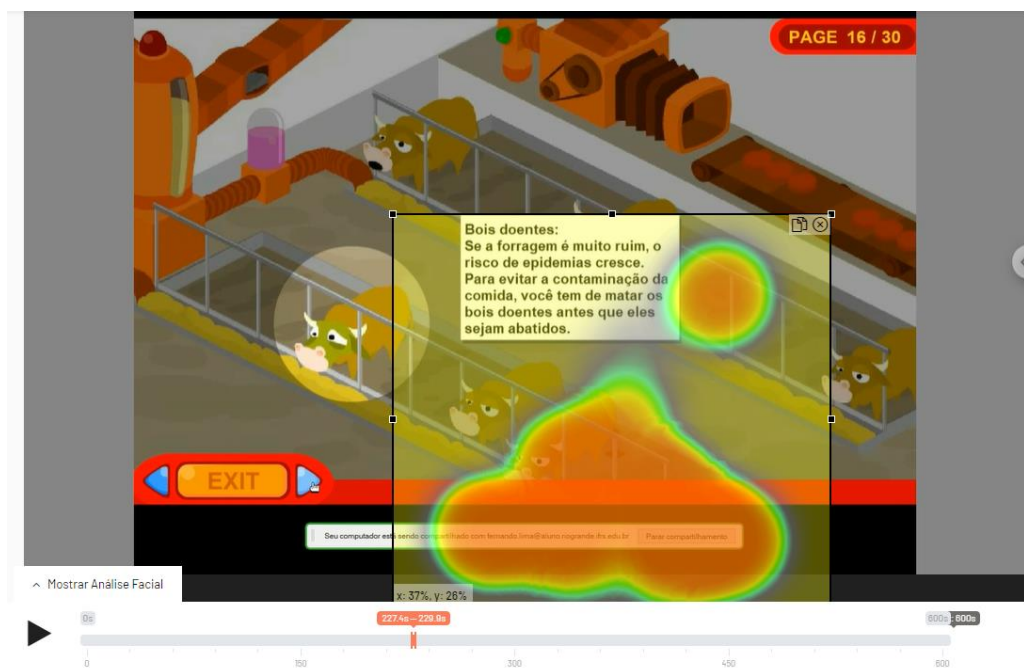


MCT-P10-1: mapa de calor do participante 10 no período 1 do tutorial



MCT-P10-2: mapa de calor do participante 10 no período 2 do tutorial



MCT-P10-3: mapa de calor do participante 10 no período 3 do tutorial

9.9. Apêndice 9 – Tabela de Eletrodos com maior ativação de cada participante durante o jogo

• Participante P1

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)																
P1	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2	Tela	Categoria	Situação no Jogo
1	425-430	x	x	x	x	x	x	x	x							1	IJ	Analisando tela inicial
2	432					x										1	DO	
3	466-468	x	x	x	x	x		x								1	DO	Primeiras decisões
4	469-471	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	
5	486-488	x			x		x		x		x	x		x	x	1	DO	Explorando possibilidades de plantio e criação de gado
6	506-508	x	x	x	x	x	x	x	x		x					2	DO	Observando melhor posição de plantio
7	522-527	x					x	x								3	DO	Observando o fluxo da loja
8	529	x	x		x	x	x		x							3	DO	Contratando funcionários
9	553-554	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	DE	Premiando um vendedor
10	563-568	x	x	x	x	x			x		x					4	PE	Observando os tipos de marketing
11	40-43	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x			1	IJ	Primeiras decisões
12	48-53							x								1	IJ	
13	56	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	IS	Descobrimo a importância das máquinas no processo
14	155							x								4	DE	Observando opções de suborno
15	194-195					x	x		x		x					2	DO	Observando a quantidade de bois
16	213-215					x	x									2	DO	Adicionando hormônios na forragem
17	404	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DE	Apareceu advertência na tela
18	423-424					x	x									1	SC	Observando o campo morto
19	446-449	x	x	x	x	x	x	x	x		x					1	DO	Tirando gado da terra
20	566	x	x		x	x	x									1	DE	Reagindo à advertência na tela

Legenda:

IJ	Início do jogo
SC	Situação Crítica
F	Fim de jogo
DE	Dilema ético
DO	Decisão Operacional
PE	Pensamento Estratégico
IS	Insight

Primeiro registro do ET2
Segundo registro de ET2
Período selecionado para análise

• Participante P2

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P2	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	309-311	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	IJ	Primeiro contato com o jogo
2	317-321	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Primeiras decisões
3	323-327	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	
4	366	x	x	x	x	x	x	x	x							2	DO	Analisando o Alimento-o-Matic
5	394-401	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DO	Contratando um funcionário
6	407-413	x	x	x	x	x	x	x	x		x					2	SC	Observando personagem ao chamar atenção para a falta de bois
7	435-437	x	x		x	x	x	x	x							1	IS	Identificando o motivo porque faltava gado
8	462	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Momentos depois de tomar um decisão
9	500	x	x	x	x	x	x	x	x							4	DE	Analisando as opções de suborno
10	503	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	IS	Momentos antes de tomar uma decisão
11	515	x	x	x	x	x	x	x	x							4	PE	Analisando as opções de marketing
12	520	x	x	x	x	x	x	x	x							4	PE	Momentos antes de tomar uma decisão de marketing
13	47						x					x				1	IJ	Tomando as Primeiras decisões
14	93-97	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DE	Momentos antes de contratar um suborno
15	124	x	x	x	x	x	x	x	x							2	DO	Observando reação do personagem
16	152-158	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	IS	Conhecendo o Abate-o-Matic
17	172-174	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	IS	Momentos antes de contratar mais um vendedor
18	206	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	IS	Descobrimos a possibilidade de recompensa para um funcionário
19	231	x	x	x	x	x	x	x	x							4	DO	Escolhendo de mais uma opção de marketing
20	295-297	x	x	x		x	x	x	x							1	DO	Momentos antes de comprar uma área de plantio
21	313	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Comprando mais gado
22	326		x			x	x	x	x							1	DE	Advertencia na tela e momentos antes de comprar suborno
23	369-374	x	x	x	x	x	x	x	x							4	DE	Reagindo à uma advertencia na tela
24	430	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DE	Observando advertencia na tela

• Participante P3

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P3	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	81	x	x	x	x	x	x	x	x							1	IJ	Primeiras decisões
2	103	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DO	Contratando 2 funcionários
3	113-115	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Comprando mais terra
4	120-125	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Comprando mais gado
5	153-159	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	DE	Adicionando resíduos industriais na forragem
6	167-168	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Aumentando a criação de gado
7	192-194	x	x	x	x	x	x	x	x							4	PE	Momentos antes de escolher o marketing
8	248-250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	DE	Abatendo boi doente
9	306-308	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DE	Apareceu advertência na tela
10	51	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	IS	Descobre o ajuste de velocidade
11	109-112	x	x	x	x	x	x	x	x							4	PE	Contratou marketing
12	155-161	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DO	Contratou mais 2 funcionários
13	179-186	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	DE	Contratando mais marketing e suborno
14	194-200	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Comprou mais gado
15	209-211	x	x	x	x	x	x	x	x							3	DO	Observando o restaurante
16	285-290	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	DE	Contratando suborno
17	295-303	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Trocou o campo de soja por de gado
18	303-306	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Trocou o campo de gado por de soja
19	326-332	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	IS	Advertência na tela - trocando posição do gado
20	392	x	x	x	x	x	x	x	x							4	PE	Contratando mais marketing
21	420	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	IS	Momentos antes de troca área de gado por plantação de soja
22	442-448	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Vendendo de terrenos
23	472-476	x	x	x	x	x	x	x	x	x						3	SC	Selecionando o gerente para ajuda
24	539	x	x	x	x	x	x	x	x	x						1	FJ	Falencia

• Participante P4

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P4	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	300	x	x	x	x	x	x	x	x							1	IJ	Comprando a primeira área de plantio
2	308	x	x				x									1	DO	Desistindo de comprar terra
3	345	x	x	x	x	x	x		x		x				x	1	DO	Adicionando mais 1 gado no campo
4	454	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	DO	Contratando um vendedor
5	477	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	4	PE	Observando recursos e imagens da tela
6	523-526	x	x	x	x	x	x	x	x		x					1	FJ	Advertencia mais falencia
7	535	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		IJ	Iniciando de um novo jogo
8	48	x	x	x	x	x	x	x	x							1	IJ	Primeira decisão
9	121-124		x				x		x							4	PE	Observando as opções de marketing
10	174-184		x			x	x									4	PE	Conferindo as opções de suborno
11	187-189	x	x	x	x		x	x	x		x					2	DE	Abatendo boi doente
12	257-259	x	x			x	x		x	x		x				1	DO	Escolhendo soja transgenica
13	265	x	x	x		x	x		x							1	FJ	Falencia
14	287	x	x		x		x		x		x		x			1	DO	Colocando mais gado no campo
15	325-329		x				x		x		x				x	2	DO	Observando antes de tomar uma decisão
16	381-383	x	x	x	x	x	x	x	x		x				x	3	DO	Identificando as opções de ação para o vendedor
17	429-431	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	SC	Momentos apos verificar a situação da granja
18	439-442	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	SC	Analisando reclamações na loja
19	479-481		x		x	x	x		x		x					4	PE	Momentos antes de desabilitar um suborno
20	517-519	x	x			x	x	x								2	FJ	Falencia

• Participante P5

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P5	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	155	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					1	IJ	Primeiras decisões
2	157-162					x			x	x		x		x	x	1	DO	Observando antes de colocar mais gado
3	166	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					1	DO	Escolhendo onde comprar a terra
4	176	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	DO	Aumentando a terra de gado
5	296-298	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	1	DO	Momento apos comprar a terra
6	304-309	x					x	x	x	x	x					1	DO	Observando o campo
7	317-322	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	DO	Comprando mais terra de gado
8	385-387	x						x		x	x	x		x		1	SC	Ragindo a advertência na tela
9	417-419	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					3	FJ	Falência
10	442-445	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	IJ	Primeiras decisões
11	514-515	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	DO	Contratando um funcionário
12	48-50								x	x	x	x				3	IJ	Momentos antes de contratar um chapeiro
13	81	x		x		x		x		x	x	x				4	PE	Observando o grafico financeiro
14	150	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	DE	Olhando a opção de marketing infantil
15	168-171	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	IS	Descobrimdo informação importante sobre produção hamburger
16	281-286	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	IS	Observando entre as telas
17	301	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	SC	Reagindo a advertência na tela
18	341	x							x							2	DO	Observando a granja
19	359							x								1	FJ	Falência
20	368-370							x								1	IJ	Momento após as primeiras decisões
21	430	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	DE	Escolhendo opções soja transgênica, exploração de zona de floresta e indígena
22	458	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	DO	Comprando terra
23	580	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		1	DO	Inserindo mais gado no campo

- Participante P6

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)																
P6	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2	Tela	Categoria	Situação no Jogo
1	311-315	x	x	x	x	x	x	x		x				x		1	IJ	Primeiras decisões
2	336-343	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x		2	DO	Observando as telas
3	364-368	x	x	x	x	x	x	x								1	DO	Comprando terra de gado
4	404-410	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		3	IS	Momento imediatamente anterior à contratação
5	433-438	x	x	x	x	x	x	x			x					2	DO	Olhando a granja
6	454-459	x	x	x	x	x	x	x			x					3	DO	Observando o restaurante
7	474-478	x	x	x	x	x	x	x								3	DO	Contratando funcionários
8	494-498	x	x	x	x	x	x	x		x	x					3	DO	Contratando um chapeiro
9	537-547	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		4	PE	Observando as opções de marketing
10	44-45	x	x	x	x		x		x		x	x		x	x	3	DO	Contratando funcionários
11	51-56		x		x	x	x		x		x		x	x		4	PE	Contratando marketing
12	88	x	x	x	x		x		x		x					3	DO	Contratando mais funcionários
13	106		x		x	x	x		x		x		x			1	DO	Comprando mais terra de gado
14	169-171					x	x				x					2	SC	Apareceu advertência na tela
15	191-193	x	x	x	x	x	x	x	x	x						4	DE	Olhando as opções de suborno
16	259-261	x	x	x		x	x									1	FJ	Falência
17	267-274	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		1	IJ	Primeiras decisões
18	281-288	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x			3	DO	Contratando funcionários
19	307-314	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x			3	DO	Observando o restaurante
20	327-330	x	x	x	x	x	x	x	x		x					3	DO	Contratando um funcionário
21	540-545	x	x	x	x	x	x	x	x		x					2	DO	Observando a granja
22	556-558					x		x		x						2	FJ	Falência
23	563-573	x	x	x	x	x	x	x	x		x					1	IJ	Primeiras decisões

- Participante P7

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P7	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	363-365	x				x	x									1	IJ	Primeiras decisões
2	409-412	x				x										1	DO	Momento após comprar terra de soja
3	436					x										1	DO	Olhando o campo
4	518					x										2	DO	Observando o que o cuidador da granja esta informando
5	542					x										2	DE	Momentos antes de abater boi doente
6	573			x												4	PE	Olhando as opções de marketing
7	113								x							2	IJ	Observando o que o cuidador da granja esta falando
8	125-130	x	x	x		x	x	x		x		x		x	x	1	DO	Observando o campo
9	138-142					x										1	DO	Observando o campo
10	266				x											2	DO	Observando o que o cuidador da granja esta falando
11	309		x													2	DO	Observando a granja
12	318	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	FJ	Falência
13	331-336					x										1	IJ	Primeiras decisões
14	360-364		x			x	x	x								1	DO	Observando o campo
15	396-401					x		x								1	DO	
16	416					x										2	DO	Observando o Alimento-o-Matic
17	485-489	x		x	x	x	x	x	x	x		x				3	DO	Observando a granja
18	502-505					x	x									1	DO	Comprando campo para soja
19	522	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	SC	Reagindo à advertência na tela
20	571				x											3	DO	Momentos antes de demitir um vendedor

• Participante P8

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P8	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	219-221					x	x			x			x			1	IJ	Momento após a primeira decisão
2	248-251					x	x	x								4	PE	Observando a sede da empresa
3	268-271		x				x		x	x						1	DO	Observando o campo
4	318-321	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x			1	DO	Comprando mais gado
5	337-340	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x				3	DO	Contratando um chapeiro
6	356-359	x	x	x		x	x	x	x							1	DO	Comprando mais gado
7	396-400	x				x	x			x		x		x	x	1	IS	Descobrimo como se dá a transferência dos bois para a granja
8	473	x	x	x		x		x								3	SC	Reagindo à advertência na tela
9	540-542	x	x	x	x	x	x	x	x							1	DO	Comprando mais terra de soja
10	545-547	x	x		x	x	x	x		x						1	FJ	Falência
11	48-50					x	x	x		x						1	IJ	Momento após tomar as primeiras decisões
12	67-69	x	x	x	x	x	x	x								2	DO	Observando o Alimento-o-Matic
13	106-111	x	x	x	x	x	x	x	x	x						1	DO	Comprando mais terra de gado
14	240-242	x	x	x	x	x	x	x								4	PE	Refletindo sobre a opinião dos invejosos
15	271-273	x	x			x	x	x								4	DE	Observando as opções de suborno
16	345-347	x	x	x	x	x	x	x		x						1	DO	Observando o campo
17	363-366	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	IS	Momentos após recompensar um vendedor
18	385	x	x	x	x	x	x	x								2	DO	Selecionando o cuidador da granja para mais informações
19	417-420	x	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	1	IS	Momentos após vender compo de soja e comprar de gado
20	458-461					x	x			x						3	DO	Contratando um novo funcionário
21	477	x	x	x	x	x	x	x								3	SC	Reagindo à advertência na tela
22	524	x	x	x	x	x	x	x								1	DO	Aumentando a criação de gado
23	577-579	x	x	x	x	x	x	x	x							3	SC	Observando comportamento do gerente e falta de produtos
24	593-597	x	x	x	x	x	x	x	x	x						3	FJ	Falência

- Participante P9

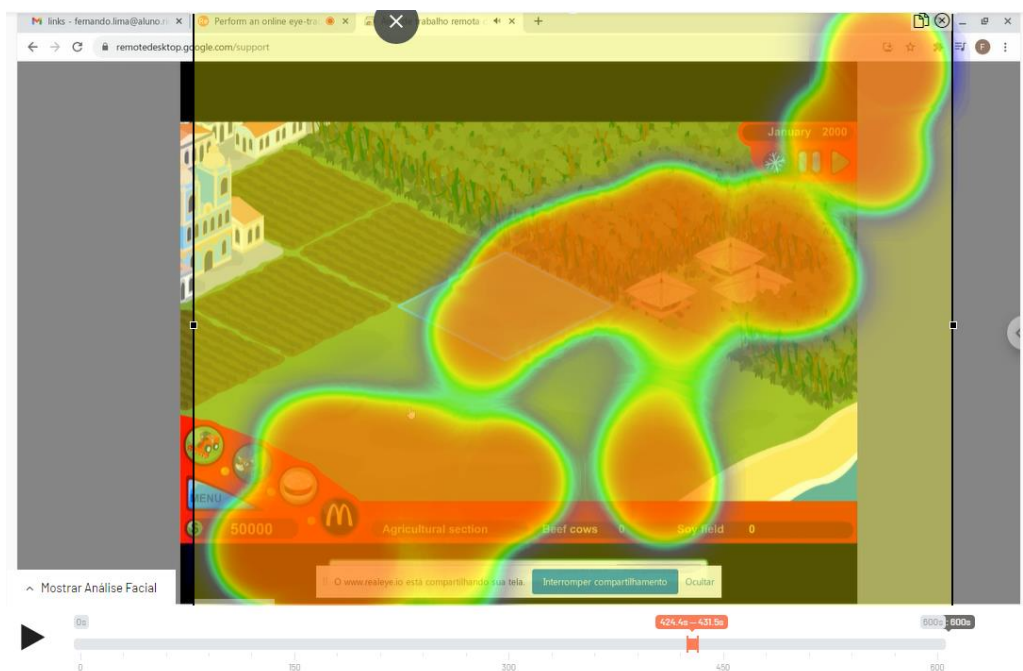
		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)																
P9	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2	Tela	Categoria	Situação no Jogo
1	312-314		x		x		x		x					x		1	IJ	Observando o campo
2	348					x										2	DE	Momentos após abater alguns gados
3	441-445					x										1	DO	Comprando terra de gado
4	462-465					x										1	DO	Observando o campo
5	481-484					x										3	DO	Observando o restaurante
6	513-518	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		1	SC	Observando as opções do campo
7	528-532	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x		1	SC	Comprou mais gado
8	549	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	FJ	Falência
9	50	x	x	x	x	x	x	x	x		x					1	IJ	Momentos apos tomar as primeiras decisões
10	136-139	x		x		x		x								3	DO	Momentos após contratar um funcionário
11	146-150		x		x		x		x							3	DO	Observando o restaurante
12	236-240		x		x	x	x		x							1	DO	Observando as opções do campo
13	252-257	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	IS	Observando a situação da granja e velocidade processo
14	327					x							x			3	DO	Momentos após demitir um chapeiro
15	412					x										1	DO	Vendendo uma terra de gado
16	429					x										2	DO	Observando a granja
17	450	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3	FJ	Falência
18	503-506					x							x			2	IJ	Momento após abater boi doente
19	533-537					x										1	DO	Adicionando mais gado no campo
20	539-541	x	x				x				x					1	DO	Comprando terra de soja

• Participante P10

		Eletrodos com maior Amplitude de Sinal (A)														Tela	Categoria	Situação no Jogo
P10	Tempo (s)	AF3	AF4	F3	F4	F7	F8	FC5	FC6	T7	T8	P7	P8	O1	O2			
1	325-332	x	x		x	x	x		x			x				1	IJ	Primeiro contato com o jogo
2	368-371	x	x		x	x	x	x	x							2	DO	Investigando o funcionamento dos equipamentos da granja
3	376-379	x	x		x	x	x	x	x							3	DO	Primeiro contato com o restaurante
4	402-405	x	x			x	x	x			x					4	PE	Primeiro contato com a sede
5	422-426	x	x			x	x	x	x		x					4	PE	Observando as opções do conselho dos diretores
6	451-455	x	x		x	x	x	x	x							1	DO	Adicionando mais gado no campo
7	471-473	x	x		x	x	x		x							2	DO	Observando as opções do Alimento-o-Matic
8	41-47	x	x			x	x									1	IJ	Primeiras impressões
9	56-59	x	x	x		x		x								1	DO	Comprando mais campo de soja
10	66-71	x	x			x	x									2	DE	Abatendo boi doente
11	78-81	x	x			x	x	x								3	DO	Contratou funcionários
12	90-95	x	x			x	x		x		x					4	PE	Observando a sede da empresa
13	161-165	x				x		x								3	DO	Contratando mais um vendedor
14	192-196	x	x			x	x		x		x				x	3	IS	Descobrimos como resolver o problema da fila na loja
15	217-224	x	x			x	x	x								1	DE	Analisando opção de suborno
16	257-262					x	x	x								1	SC	Reagindo à advertência na tela
17	419-422	x	x	x	x	x	x	x	x							2	DE	Momentos após abater boi doente
18	428-435	x	x			x	x									1	DO	Trocando terra de gado por soja e de soja por gado
19	454-457	x				x	x	x								3	DO	Recompensando um funcionário
20	567-571		x		x	x	x	x	x		x					4	PE	Contratando um marketing

9.10. Apêndice 10 – mapas de calor de fixação ocular correspondentes aos períodos selecionados de maior ativação do córtex-frontal durante o jogo de cada participante

MCJ-P1-IJ: mapa de calor do participante 1 em período de IJ no jogo



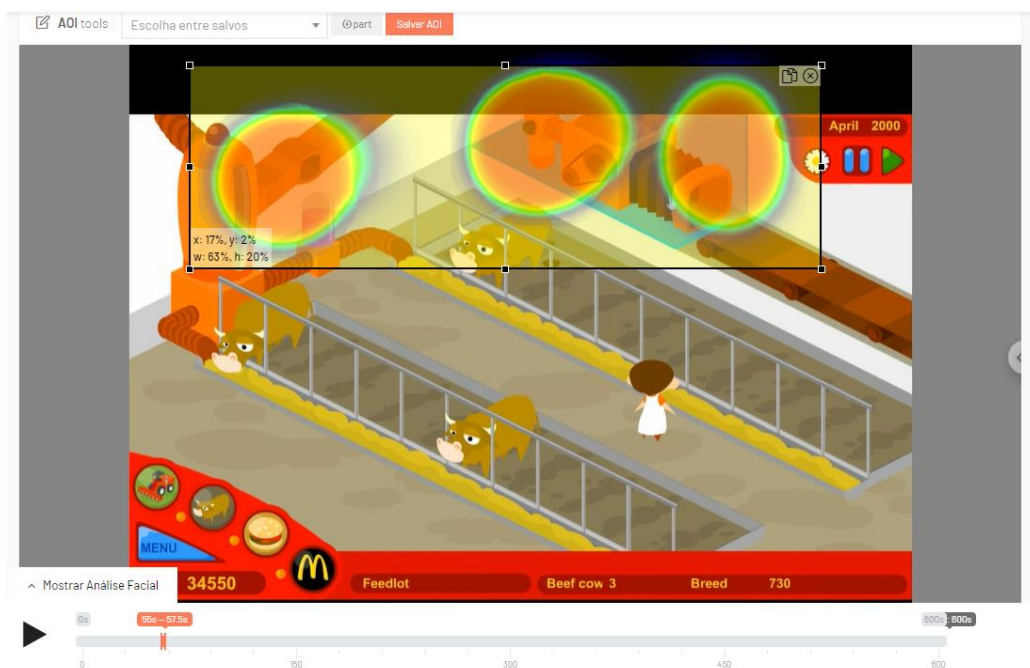
MCJ-P1-DO: mapa de calor do participante 1 em período de DO no jogo



MCJ-P1-PE: mapa de calor do participante 1 em período de PE no jogo



MCJ-P1-IS: mapa de calor do participante 1 em período de IS no jogo



MCJ-P1-SC: mapa de calor do participante 1 em período de SC no jogo



MCJ-P1-DE: mapa de calor do participante 1 em período de DE no jogo



MCJ-P2-IJ: mapa de calor do participante 2 em período de IJ no jogo



MCJ-P2-DO: mapa de calor do participante 2 em período de DO no jogo



MCJ-P2-SC: mapa de calor do participante 2 em período de SC no jogo



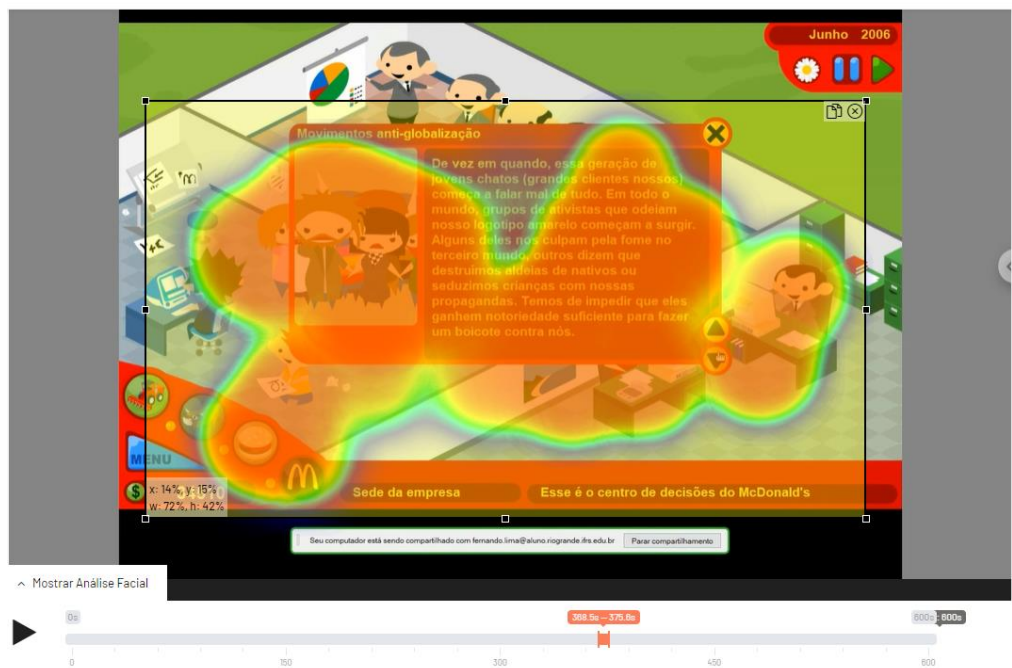
MCJ-P2-PE: mapa de calor do participante 2 em período de PE no jogo



MCJ-P2-IS: mapa de calor do participante 2 em período de IS no jogo



MCJ-P2-DE: mapa de calor do participante 2 em período de DE no jogo



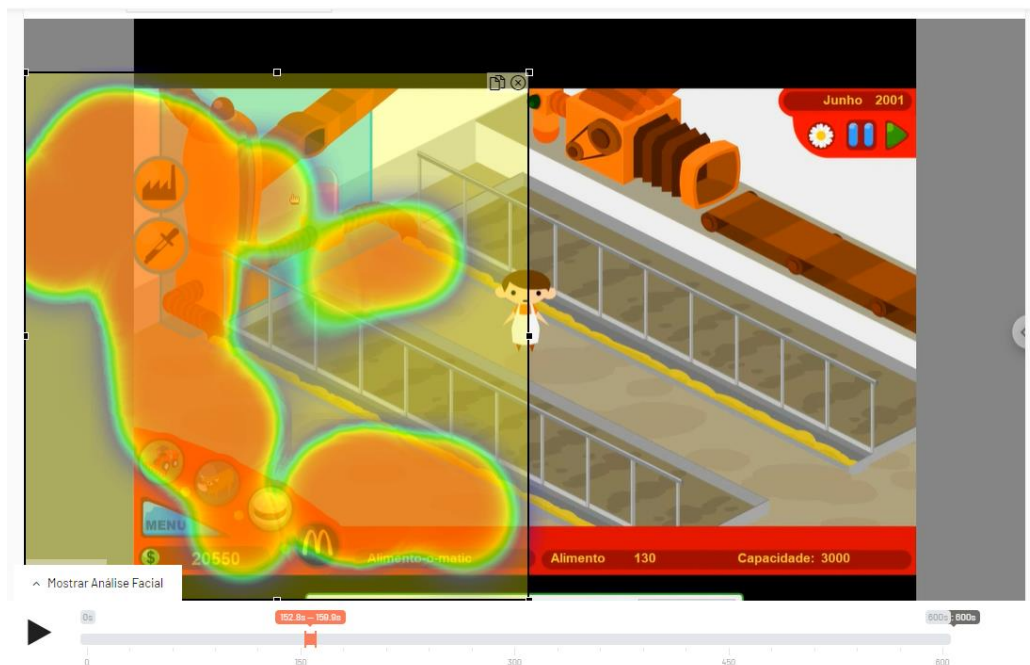
MCJ-P3-IJ: mapa de calor do participante 3 em período de IJ no jogo



MCJ-P3-IS: mapa de calor do participante 3 em período de IS no jogo



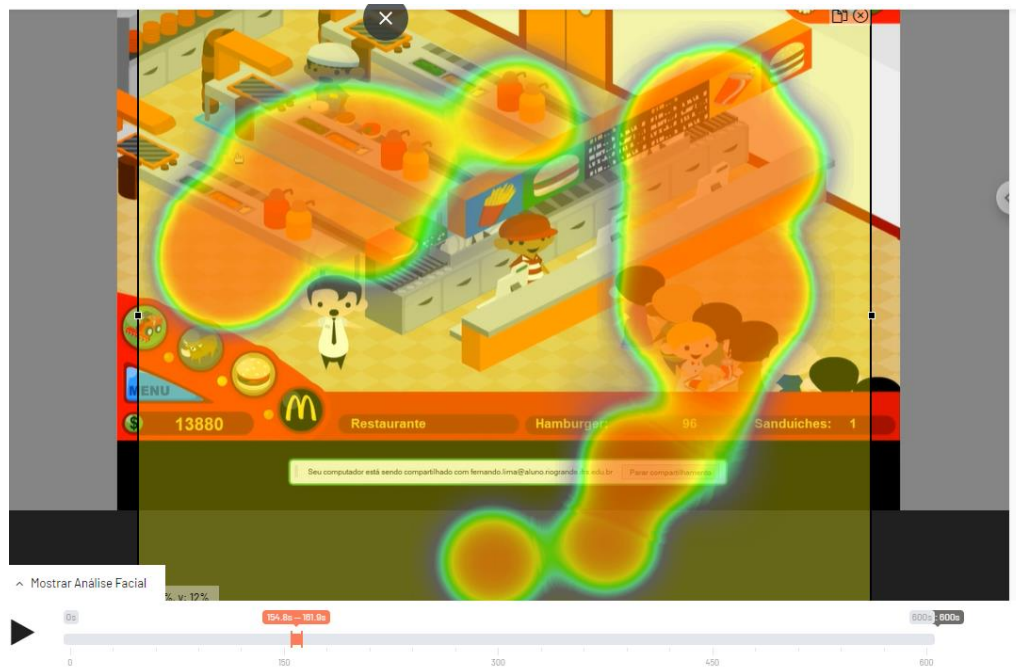
MCJ-P3-DE: mapa de calor do participante 3 em período de DE no jogo



MCJ-P3-PE: mapa de calor do participante 3 em período de PE no jogo



MCJ-P3-DO: mapa de calor do participante 3 em período de DO no jogo



MCJ-P3-SC: mapa de calor do participante 3 em período de SC no jogo



MCJ-P3-FJ: mapa de calor do participante 3 em período de FJ no jogo



MCJ-P4-IJ: mapa de calor do participante 4 em período de IJ no jogo



MCJ-P4-DO: mapa de calor do participante 4 em período de DO no jogo



MCJ-P4-PE: mapa de calor do participante 4 em período de PE no jogo



MCJ-P4-FJ: mapa de calor do participante 4 em período de FJ no jogo



MCJ-P4-DE: mapa de calor do participante 4 em período de DE no jogo



MCJ-P4-SC: mapa de calor do participante 4 em período de SC no jogo



MCJ-P5-IJ: mapa de calor do participante 5 em período de IJ no jogo



MCJ-P5-DO: mapa de calor do participante 5 em período de DO no jogo



MCJ-P5-PE: mapa de calor do participante 5 em período de PE no jogo



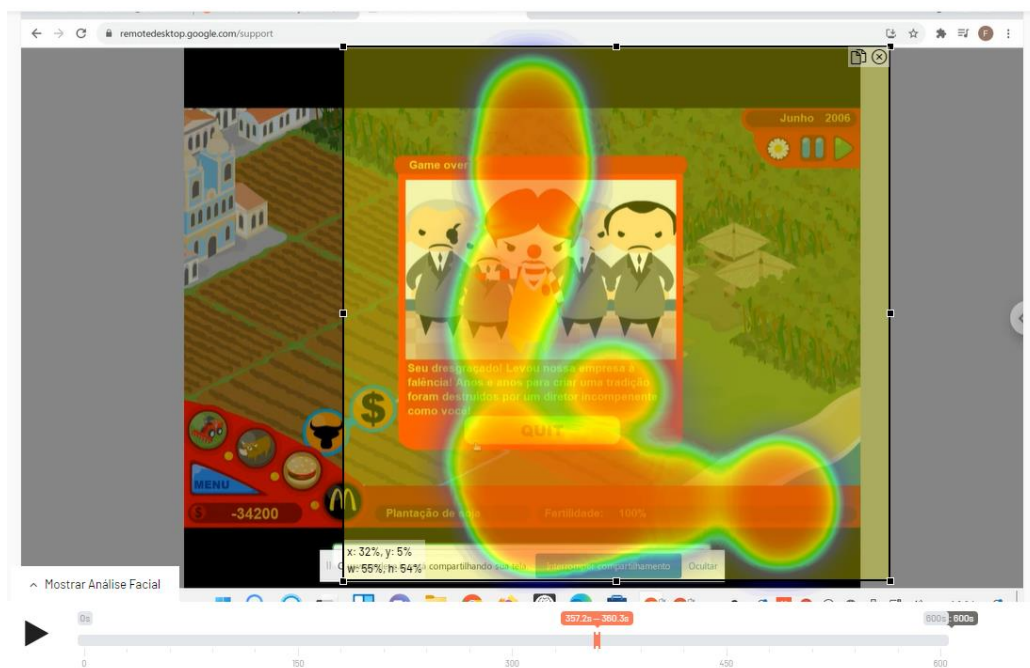
MCJ-P5-IS: mapa de calor do participante 5 em período de IS no jogo



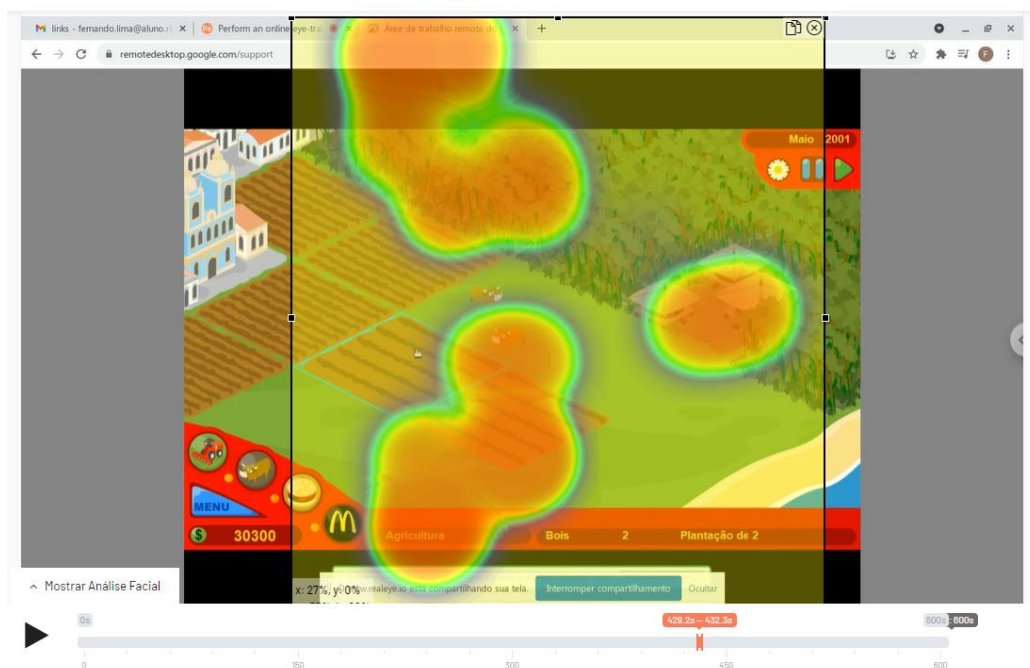
MCJ-P5-SC: mapa de calor do participante 5 em período de SC no jogo



MCJ-P5-FJ: mapa de calor do participante 5 em período de FJ no jogo



MCJ-P5-DE: mapa de calor do participante 5 em período de DE no jogo



MCJ-P6-IJ: mapa de calor do participante 6 em período de IJ no jogo



MCJ-P6-IS: mapa de calor do participante 6 em período de IS no jogo



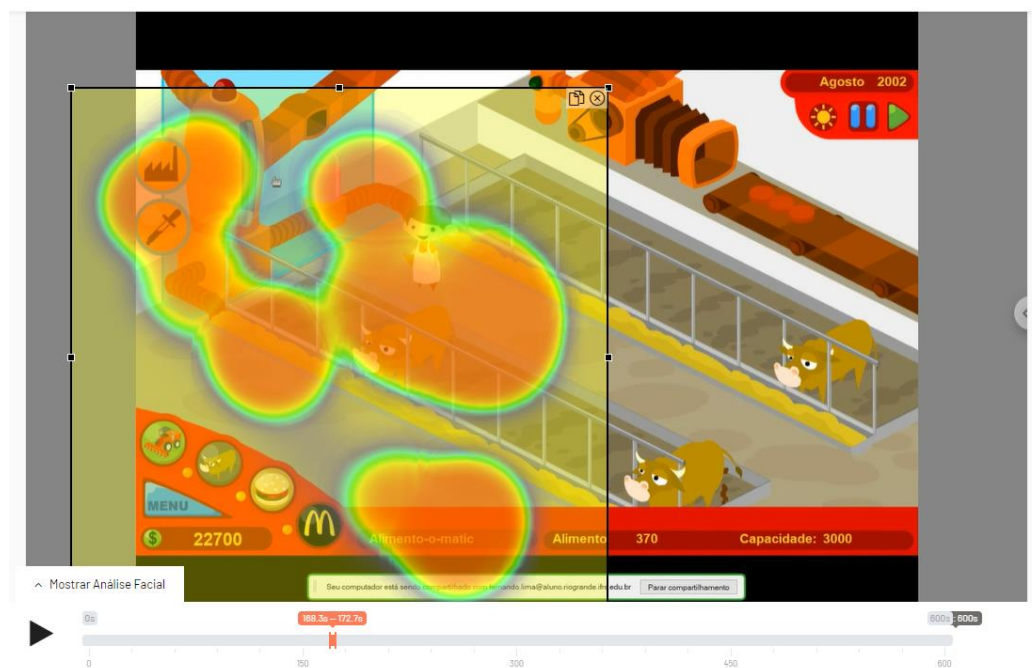
MCJ-P6-PE: mapa de calor do participante 6 em período de PE no jogo



MCJ-P6-DO: mapa de calor do participante 6 em período de DO no jogo



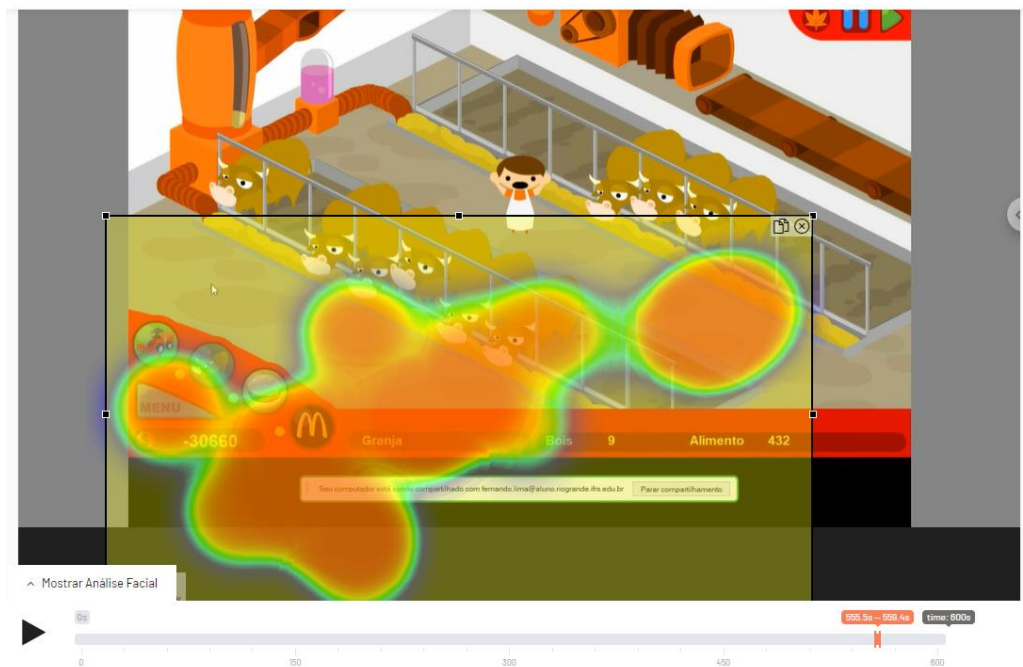
MCJ-P6-SC: mapa de calor do participante 6 em período de SC no jogo



MCJ-P6-DE: mapa de calor do participante 6 em período de IJ no jogo



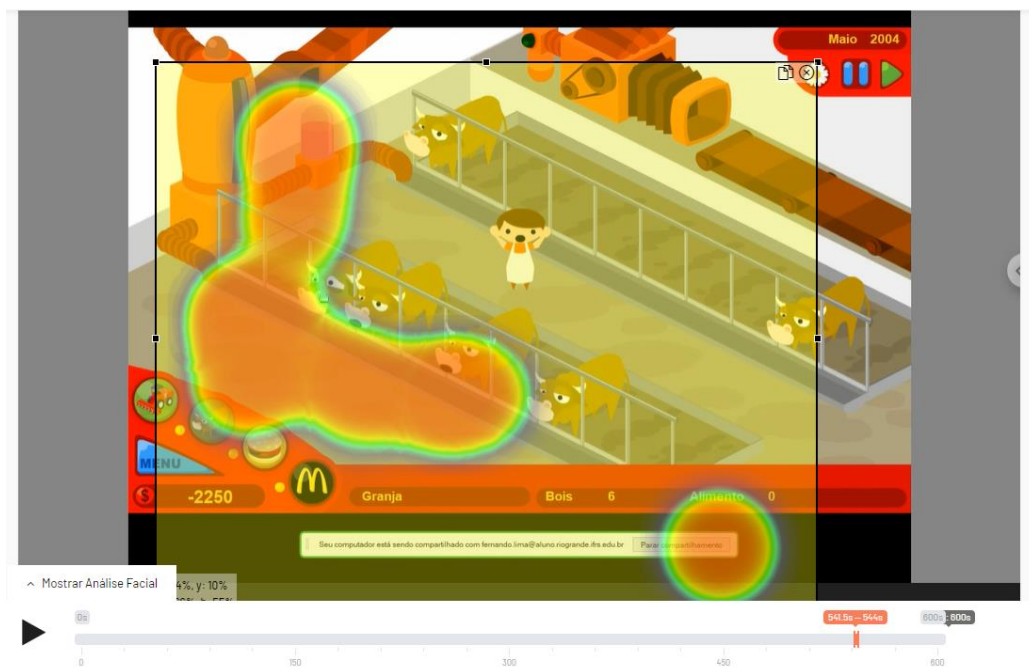
MCJ-P6-FJ: mapa de calor do participante 6 em período de FJ no jogo



MCJ-P7-IJ: mapa de calor do participante 7 em período de IJ no jogo



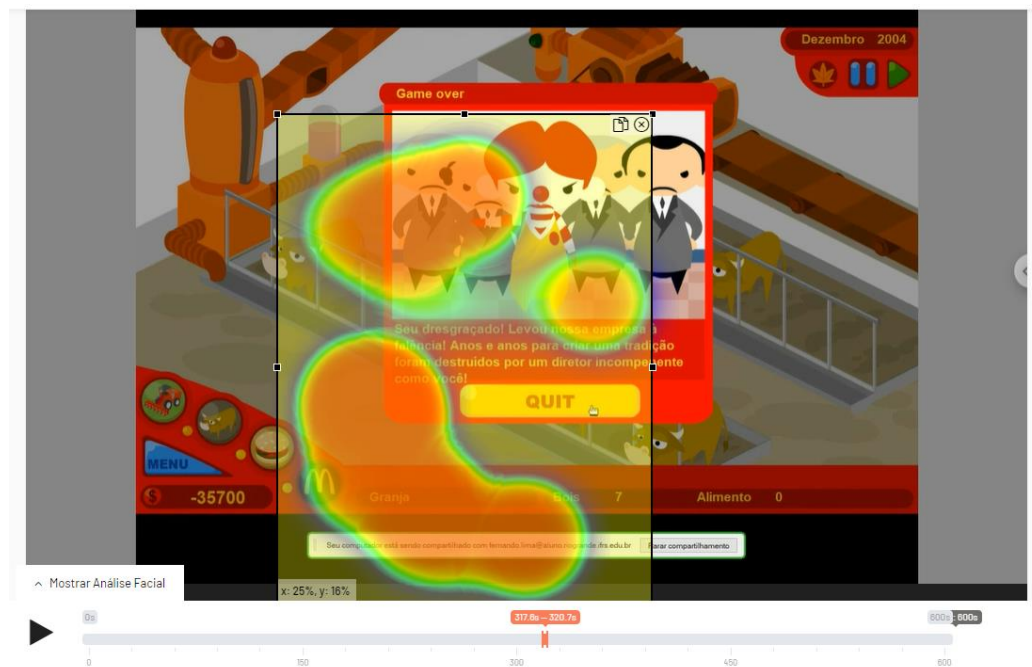
MCJ-P7-DE: mapa de calor do participante 7 em período de DE no jogo



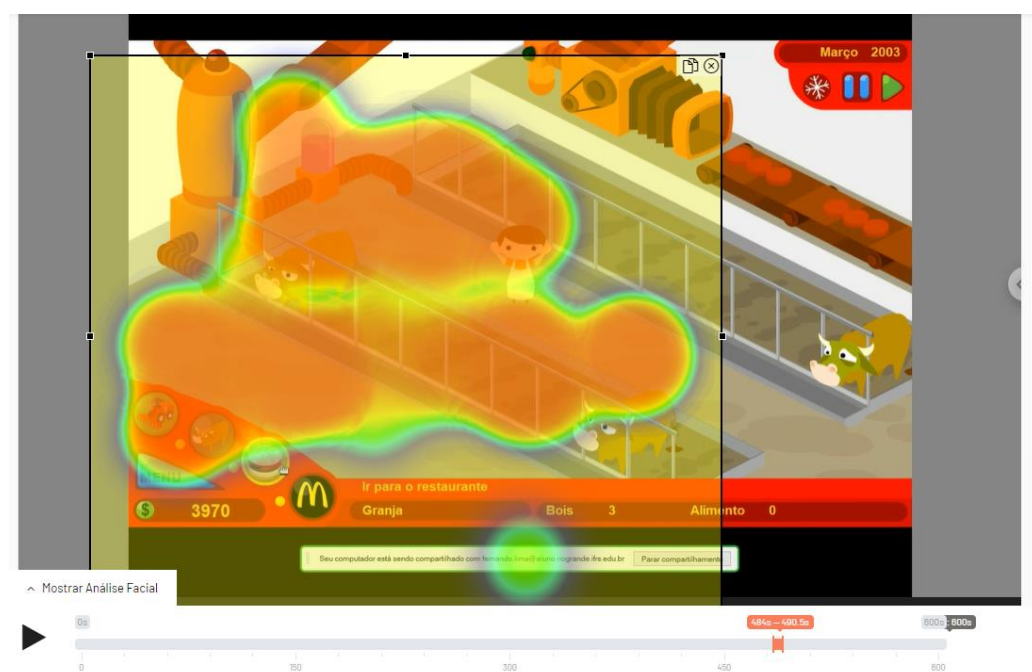
MCJ-P7-PE: mapa de calor do participante 7 em período de PE no jogo



MCJ-P7-FJ: mapa de calor do participante 7 em período de FJ no jogo



MCJ-P7-DO: mapa de calor do participante 7 em período de DO no jogo



MCJ-P7-SC: mapa de calor do participante 7 em período de SC no jogo



MCJ-P8-DO: mapa de calor do participante 8 em período de DO no jogo



MCJ-P8-IS: mapa de calor do participante 8 em período de IS no jogo



MCJ-P8-IJ: mapa de calor do participante 8 em período de IJ no jogo



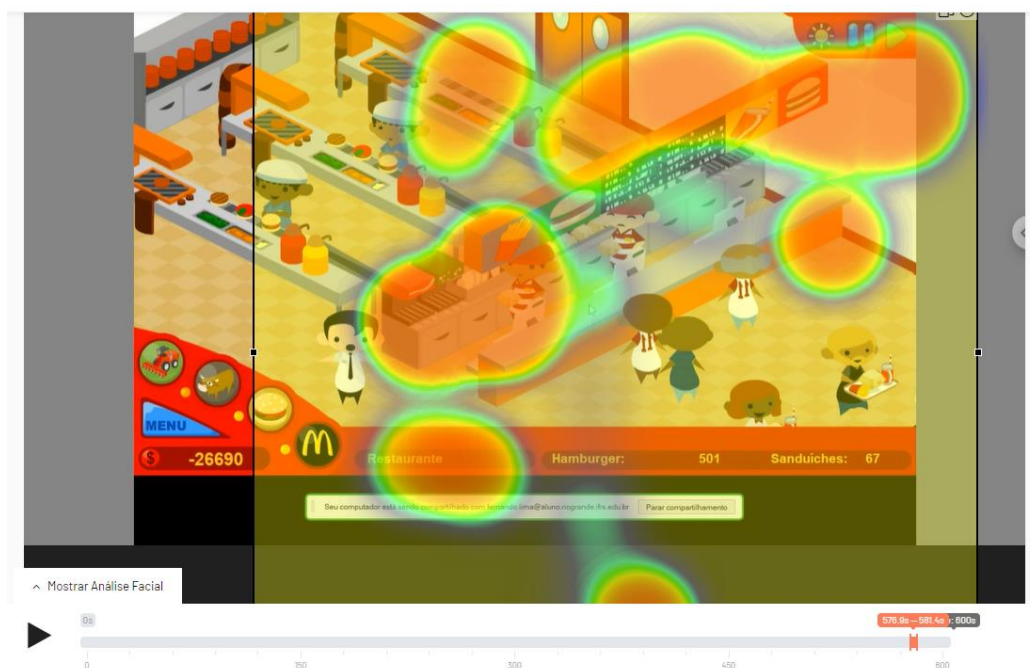
MCJ-P8-PE: mapa de calor do participante 8 em período de PE no jogo



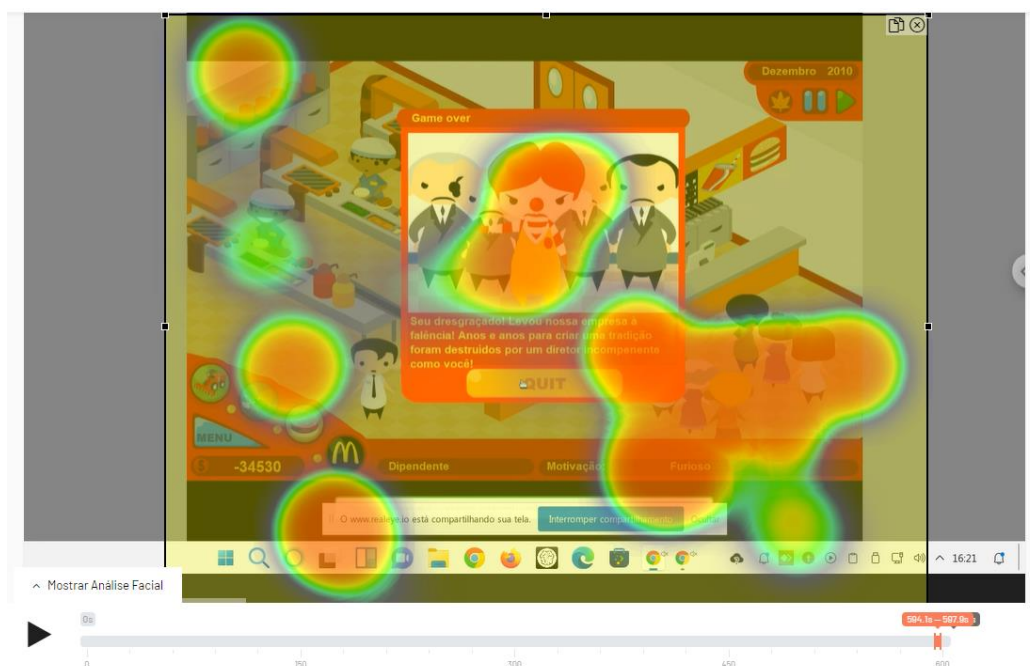
MCJ-P8-DE: mapa de calor do participante 8 em período de DE no jogo



MCJ-P8-SC: mapa de calor do participante 8 em período de SC no jogo



MCJ-P8-FJ: mapa de calor do participante 8 em período de FJ no jogo



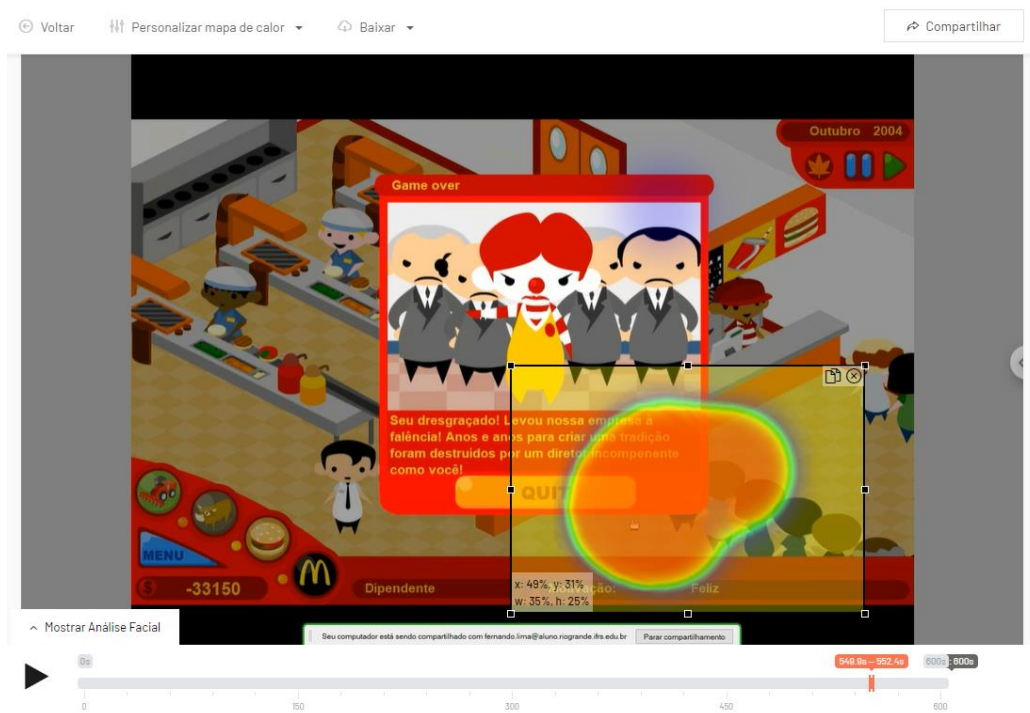
MCJ-P9-DE: mapa de calor do participante 9 em período de DE no jogo



MCJ-P9-SC: mapa de calor do participante 9 em período de SC no jogo



MCJ-P9-FJ: mapa de calor do participante 9 em período de FJ no jogo



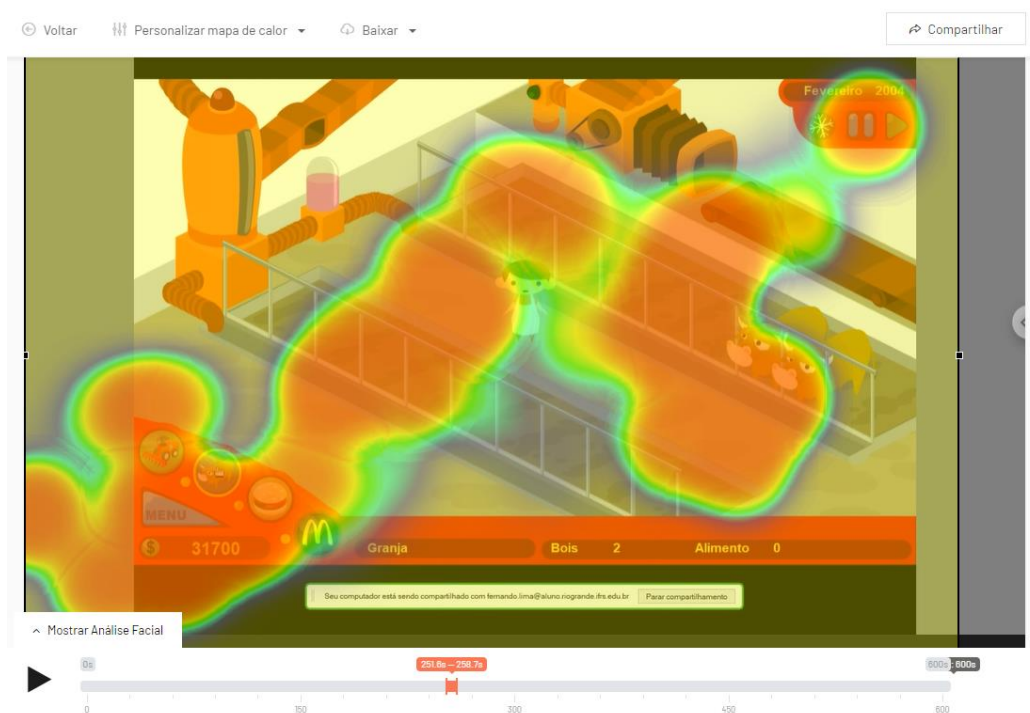
MCJ-P9-IJ: mapa de calor do participante 9 em período de IJ no jogo



MCJ-P9-DO: mapa de calor do participante 9 em período de DO no jogo



MCJ-P9-IS: mapa de calor do participante 9 em período de IS no jogo



MCJ-P10-IJ: mapa de calor do participante 10 em período de IJ no jogo



MCJ-P10-DO: mapa de calor do participante 10 em período de DO no jogo



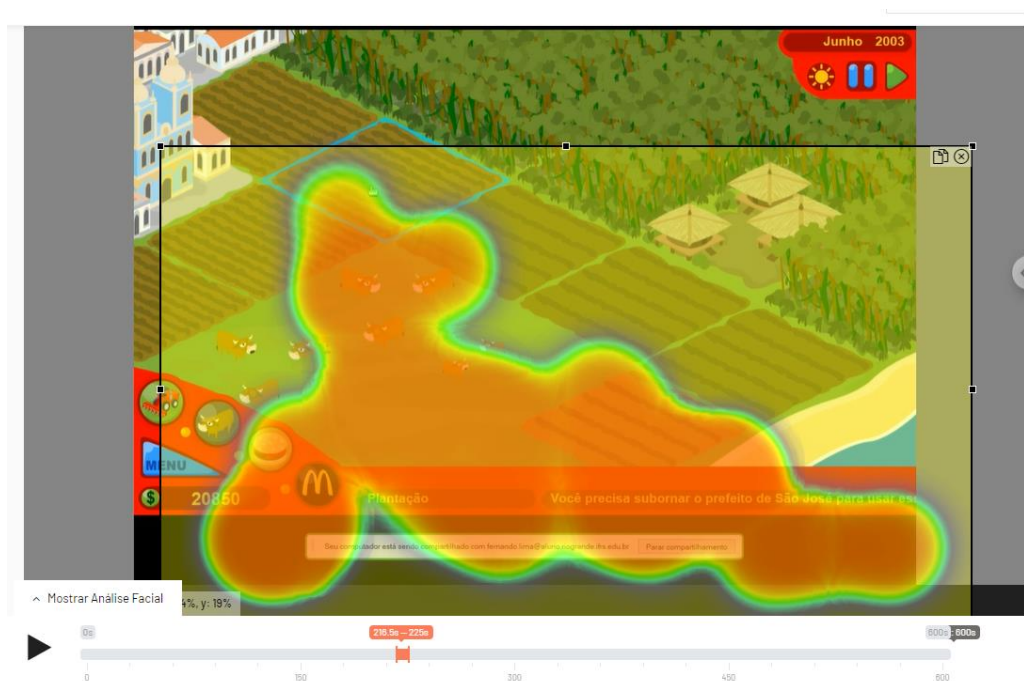
MCJ-P10-PE: mapa de calor do participante 10 em período de PE no jogo



MCJ-P10-IS: mapa de calor do participante 10 em período de IS no jogo



MCJ-P10-DE: mapa de calor do participante 10 em período de DE no jogo



MCJ-P10-SC: mapa de calor do participante 10 em período de SC no jogo

