

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS
NA EDUCAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO**

KAREN CARDOSO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO
LABORATÓRIO IMERSIVO DE APRENDIZAGEM EM
SAÚDE E ENFERMAGEM – LIASE:
MONITORAMENTO DA APRENDIZAGEM PELO
ELETROENCEFALOGRAMA E INVENTÁRIO DE
MOTIVAÇÃO INTRÍNSECA**

Porto Alegre, 2023

KAREN CARDOSO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO
LABORATÓRIO IMERSIVO DE APRENDIZAGEM
EM SAÚDE E ENFERMAGEM – LIASE:
MONITORAMENTO DA APRENDIZAGEM PELO
ELETROENCEFALOGRAMA E INVENTÁRIO DE
MOTIVAÇÃO INTRÍNSECA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador: Prof. Dr. Milton Antônio Zaro

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Maria Müller de Magalhães

Linha de Pesquisa: Paradigmas para a Pesquisa sobre o Ensino Científico e Tecnológico

Porto Alegre, 2023

CIP - Catalogação na Publicação

Cardoso, Karen

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO LABORATÓRIO IMERSIVO DE APRENDIZAGEM EM SAÚDE E ENFERMAGEM - LIASE: MONITORAMENTO DA APRENDIZAGEM PELO ELETROENCEFALOGRAMA E INVENTARIO DE MOTIVAÇÃO INTRINSECA / Karen Cardoso.

-- 2023.

178 f.

Orientador: Milton Antônio Zaro.

Coorientadora: Ana Maria Müller de Magalhães.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Contenção de Riscos Biológicos. 2. Educação em Enfermagem. 3. Laboratórios virtuais . 4. Simulação por computador. I. Zaro, Milton Antônio, orient. II. de Magalhães, Ana Maria Müller, coorient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
KAREN CARDOSO**

Às dezesseis horas do dia vinte e cinco de janeiro de dois mil e vinte e três, em sala virtual do Microsoft Teams (Meeting ID: 229 411 992 908 | Passcode: NiuV2A), conforme a portaria 02 de 10/10/2022 da PROPG/UFRGS, que regulamenta a modalidade híbrida ou a distância para as bancas de defesas de cursos stricto sensu, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelas Professoras Doutoras: Liane Margarida Rockenbach Tarouco, Ana Luísa Petersen Cogo e Cecília Dias Flores, para a análise da Defesa de Tese de Doutorado intitulada "Desenvolvimento e Avaliação do Laboratório Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem – Liase: Monitoramento da Aprendizagem pelo Eletroencefalograma e pelo Inventário de Motivação Intrínseca", da doutoranda de Pós-Graduação em Informática na Educação Karen Cardoso, sob a orientação do Prof. Dr. Milton Antônio Zaro. A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese Aprovada
() sem alterações;
() sem alterações, com voto de lózur;
(X) e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

Considera a Tese Reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

Banca considera relevante a contribuição da pesquisa realizada e apresentada e que a mesma tem valor acadêmico para ser considerada uma Tese de Doutorado.

Documento assinado digitalmente
govbr
MILTON ANTONIO ZARO
Data: 27/01/2023 22:00:30 -0500
href=mailto:mzaro@ufrgs.br

Prof. Dr. Milton Antônio Zaro
Orientador

Documento assinado digitalmente
govbr
LIANE MARGARIDA ROCKENBACH TAROUCO
Data: 27/01/2023 22:00:30 -0500
href=mailto:liane@ufrgs.br

Prof.ª Dr.ª Liane Margarida R. Tarouco

Documento assinado digitalmente
govbr
CECILIA DIAS FLORES
Data: 28/01/2023 09:00:00 -0500
href=mailto:cecidia@ufrgs.br

Prof.ª Dr.ª Cecília Dias Flores
UFCSA

Documento assinado digitalmente
govbr
ANA LUISA PETERSEN COGO
Data: 27/01/2023 22:00:00 -0500
href=mailto:anacogo@ufrgs.br

Prof.ª Dr.ª Ana Luísa Petersen Cogo
PPGEN/UFRGS

AGRADECIMENTOS

A lista é imensa, confirmando o fato de que o apoio das pessoas em nossas vidas é fundamental, para nos fortalecer e impulsionar a crescer continuamente. A gratidão, além de ser um nobre sentimento que aquece a alma e traz alento nos momentos mais desafiadores (e não foram poucos), motiva a escrever o rol daqueles(as) que fizeram parte desta caminhada em diferentes fases do trajeto!

Agradeço a Deus que sempre guiou meus passos.

À minha família: minha mãe, um exemplo de vida e apoio incondicional; minha irmã e sobrinhos. que foram uma grande torcida para o sucesso deste projeto!

Aos estimados orientadores: Prof. Dr. Milton Antônio Zaro, parceiro e amigo, Profa. Dra. Ana Maria Magalhães Müller de Magalhães, conselheira e referência na enfermagem, por compartilharem o seu conhecimento e apoiarem este projeto desde o seu incipiente início, lá em 2018.

À Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco, pelas aulas, orientações e amizade, que inspirou o conhecimento em Informática na Educação e nos Mundos Virtuais.

A todas as colegas com quem tive o privilégio de conviver, aprender e receber apoio e estímulo à inovação no ensino em enfermagem da diretoria 2020-2022 da Associação Brasileira de Enfermagem – ABEn seção RS, representada por sua presidente, Profa. Dra. Iride Caberlon.

À Profa. Dra. Dagmar Elaine Kaiser e Profa. Dra. Erica Rosalba Mallmann Duarte pelo apoio em vários momentos deste estudo, mas, principalmente, no acesso aos participantes e na coleta de dados.

À Escola de Enfermagem da UFRGS, aos docentes e aos alunos que participaram deste estudo.

Ao PPGIE-UFRGS, direção, docentes e servidores.

À direção da Escola de Saúde Pública da Secretaria Estadual de Saúde e aos seus servidores.

A Teresa Bettencourt, da Universidade de Aveiro, e aos amigos do Second Life, representados por Paulo Fernandes, McPool e Prudence.

“Educar é a arte de mudar o cérebro”

David Allen Kolb

RESUMO

Um dos maiores desafios para professores é auxiliar na aprendizagem dos alunos, e com este intuito desenvolvem, aplicam e avaliam novas metodologias e ferramentas educacionais. O uso de tecnologias na educação mediando o processo de aprendizagem sempre foi uma questão amplamente debatida, principalmente, nos cursos de formação em saúde, devido à complexidade do processo de formação de múltiplas competências, desenvolvidas em ambientes educacionais prioritariamente presenciais. Nos últimos dois anos e meio, a pandemia global em curso mostrou a necessidade de criar soluções que continuassem promovendo a aprendizagem, apesar das restrições sanitárias, abrindo caminho para soluções educacionais que privilegiassem a informática na educação. Os objetivos deste estudo foram desenvolver o Laboratório Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem – LIASE, elencado nas principais temáticas de biossegurança em saúde, e avaliar o processo de aprendizagem dos alunos do curso de graduação em enfermagem de uma universidade pública federal por meio de Eletroencefalograma (EEG) portátil Emotiv Insight 2.0, observação e Inventário de Motivação Intrínseca. É um estudo qualitativo-quantitativo, de cunho exploratório e experimental, de um laboratório virtual piloto, desenvolvido no Mundo Virtual Imersivo – MVI, que para este estudo foi o Second Life - SL. A amostra foi constituída por 17 alunos que atendiam aos critérios de inclusão e, destes, nove tiveram o sinal de EEG estável. Os alunos foram observados durante o monitoramento da atividade cerebral pelo EEG, em tempo real, e, ao finalizarem a rota de aprendizado proposta, preencheram o Inventário de Motivação Intrínseca (IMI). Os resultados foram obtidos por meio da triangulação dos diferentes instrumentos de coleta e das variáveis Estresse, Entusiasmo/Excitação, Engajamento, Foco/Atenção e Relaxamento, mensuradas e verificadas pela análise das ondas cerebrais do algoritmo do Emotiv e que correspondem às métricas de desempenho cerebral. O LIASE teve como base teórica a teoria da Epistemologia Genética de Piaget e a Teoria Experiencial de Kolb. Como resultados obtidos, foi desenvolvido e avaliado o LIASE. Também foram alcançados resultados promissores por meio da análise das métricas de desempenho individuais, que demonstraram que o processo de aprendizagem ocorreu, corroborando os resultados do EEG e do IMI, respondido pelos participantes do estudo e confirmando as hipóteses levantadas, abrindo a possibilidade do aprendizado em laboratórios virtuais em saúde.

Palavras-chave: Contenção de Riscos Biológicos, Educação em Enfermagem, Laboratórios virtuais, Realidade Virtual, Treinamento por Simulação, Simulação por computador

ABSTRACT

One of the biggest challenges for teachers is to help students learn, and with this purpose they develop, apply and evaluate new methodologies and educational tools. The use of technology in education, mediating the learning process, has always been a widely debated issue, especially in health training courses, due to the complexity of the formation process of multiple competencies, developed in educational environments that are primarily classroom-based. In the last two and a half years, the ongoing global pandemic has shown the need to create solutions that would continue to promote learning, despite health restrictions, opening the way for educational solutions that privilege informatics in education. The objectives of this study were to develop the Laboratory of Immersive Learning in Health and Nursing - LIASE, based on the main themes of biosafety in health, and to evaluate the learning process of undergraduate nursing students from a public federal university through portable Electroencephalogram (EEG) Emotiv Insight 2.0, observation and Intrinsic Motivation Inventory. This is a qualitative-quantitative, exploratory and experimental study, of a pilot virtual laboratory, developed in the Immersive Virtual World-MVI, which for this study was Second Life - SL. The sample consisted of 17 students who met all inclusion criteria of the study, and of these, 9 had stable EEG signal. The students were observed during the monitoring of brain activity by the EEG, and at the end of the proposed learning pathway, they filled out the Intrinsic Motivation Inventory. Intrinsic Motivation Inventory (IMI). The results were obtained through triangulation of the different collection instruments and the variables- Stress, Enthusiasm/Excitement, Engagement, Focus/attention, and Relaxation, measured and verified by the Emotiv algorithm's brain wave analysis, which algorithm and which correspond to the metrics of brain performance. LIASE was theoretically based on Piaget's theory of Genetic Epistemology and Kolb's Experiential Theory. As results obtained, the LIASE was developed and evaluated. Promising results were also achieved through the analysis of individual performance metrics that showed that the learning process occurred, corroborating the EEG and IMI results, answered by the study participants and confirming the hypotheses raised, opening the possibility of learning in virtual laboratories in healthcare.

Keywords: Biological Risk Containment, Nursing Education, Virtual Labs, Virtual Reality, Simulation Training, Computer Simulation

RESUMEN

Uno de los mayores retos de los docentes es ayudar a los alumnos a aprender, y para ello desarrollan, aplican y evalúan nuevas metodologías y herramientas educativas. El uso de las tecnologías en la educación, mediando el proceso de aprendizaje, siempre ha sido una cuestión ampliamente debatida, especialmente en los cursos de formación en salud, debido a la complejidad del proceso de formación de múltiples habilidades, desarrollado en ambientes educativos que son fundamentalmente presenciales. En los últimos dos años y medio, la pandemia mundial en curso ha mostrado la necesidad de crear soluciones que continúen promoviendo el aprendizaje, a pesar de las restricciones sanitarias, allanando el camino para soluciones educativas que privilegien las tecnologías de la información en la educación. Los objetivos de este estudio fueron desarrollar el Laboratorio Inmersivo de Aprendizaje en Salud y Enfermería - LIASE, enlistado en los principales temas de bioseguridad en salud, y evaluar el proceso de aprendizaje de los estudiantes del curso de graduación en enfermería de una universidad pública federal a través de Electroencefalograma (EEG) portátil Emotiv Insight 2.0, observación e Inventario de Motivación Intrínseca. Se trata de un estudio cualitativo-cuantitativo, exploratorio y experimental de un laboratorio virtual piloto, desarrollado en el Mundo Virtual Inmersivo - MVI, que para este estudio fue Second Life - SL. La muestra fue constituida por 17 estudiantes, que cumplieron con los criterios de inclusión del estudio y de estos, 9 tenían señal EEG estable. Los estudiantes fueron observados durante el monitoreo de la actividad cerebral por EEG, en tiempo real, y al final de la ruta de aprendizaje propuesta, completaron el Inventario de Motivación Intrínseca (IMI). Los resultados se obtuvieron a través de la triangulación de los diferentes instrumentos de recolección y las variables-Estrés, Entusiasmo/Excitación, Compromiso, Focalización/atención y Relajación, medidas y verificadas por el análisis de las ondas cerebrales del algoritmo Emotiv y que corresponden a las métricas de desempeño cerebral. LIASE se basó teóricamente en la teoría de la Epistemología Genética de Piaget y en la Teoría Experiencial de Kolb. Como resultados obtenidos se desarrolló y evaluó el LIASE. También se lograron resultados promisorios a través del análisis de las métricas de desempeño individuales que demostraron que se produjo el proceso de aprendizaje, corroborando los resultados del EEG e IMI, respondidos por los participantes del estudio y confirmando las hipótesis planteadas, abriendo la posibilidad de aprendizaje en laboratorios virtuales de salud.

Palabras clave: Contención de riesgos biológicos, Educación en enfermería, Laboratorios virtuales, Realidad virtual, Entrenamiento por simulación, Simulación por computadora

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Os campos multidisciplinares da Neuroeducação	28
Figura 2	A anatomia do cérebro	31
Figura 3	O sistema límbico	32
Figura 4	A regulação do mecanismo de informação pela atenção	34
Figura 5	Frequência de ondas cerebrais e estados mentais associados	37
Figura 6	Diagrama do sistema BCI	40
Figura 7	O Ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb	44
Figura 8	A ativação das áreas do córtex cerebral no ciclo de aprendizagem de Kolb segundo a proposta de Zull	47
Figura 9	Museu Oscar Niemeyer, o “museu do olho”	60
Figura 10	O <i>headset</i> do EMOTIV Insight 2.0.	64
Figura 11	O posicionamento dos sensores do <i>headset</i> do Emotiv	64
Figura 12	Gráfico demonstrativo das seis métricas de desempenho verificadas: Engajamento, Excitação e entusiasmo, Foco, Interesse, Relaxamento e Estresse	65
Figura 13	Etapa 1: Fluxo de Planejamento do Laboratório Virtual de Biossegurança	67
Figura 14	Etapa 2 – Protocolo de coleta de dados	70
Figura 15	O Roteiro de aprendizagem do primeiro protótipo do LIASE e os programas utilizados nas diferentes estações	71
Figura 16	A entrada do LIASE desenvolvido na plataforma OpenSim	72
Figura 17	Vista do LIASE no OpenSim	72
Figura 18	Visão geral da estação 1	73
Figura 19	Estação 2 do LIASE	74
Figura 20	Estação 3 do LIASE	75

Figura 21	Estação 4 com a classificação do lixo hospitalar	76
Figura 22	Vista aérea do LIASE 2ª versão	77
Figura 23	Entrada do prédio do LIASE 2ª versão	78
Figura 24	A estação 1 sobre a higiene das mãos no SL	79
Figura 25	Estação 2 da 2ª versão do LIASE no SL	80
Figura 26	Estação 3 com o jogo e a <i>tag</i> interativa	80
Figura 27	Estação 4 com o jogo de classificação dos resíduos hospitalares	81
Figura 28	Organização do ambiente de acesso ao LIASE para a coleta de dados	82
Figura 29	Estação 5 com a avaliação do participante	83
Figura 30	Composição dos participantes conforme o sexo	84
Figura 31	Percepção do participante da apreciação da atividade	85
Figura 32	Percepção do participante sobre a presença de ansiedade ou nervosismo durante a atividade	85
Figura 33	Relato do participante sobre o foco e concentração durante a atividade	86
Figura 34	Autoavaliação do participante em relação ao seu desempenho ao executar a atividade	86
Figura 35	Percepção do participante sobre a atividade ser interessante	87
Figura 36	Percepção do participante quanto à presença de tensão ao executar a atividade	87
Figura 37	Relato do participante considerando a atividade divertida	88
Figura 38	Percepção de satisfação do participante ao executar a atividade	88
Figura 39	Percepção de controle do participante ao executar a atividade	89
Figura 40	Percepção de satisfação do participante ao executar a atividade	89
Figura 41	Percepção do participante ao sentir-se focado na realização da atividade	90
Figura 42	Percepção de imersão do participante ao executar a atividade	90

Figura 43	Avaliação da atividade do interesse intrínseco que a atividade propiciou	91
Figura 44	Relato do participante sobre curiosidade motivada pela atividade	91
Figura 45	Percepção do participante quanto à imersão durante a execução da atividade	92
Figura 46	Avaliação geral da atividade pelo participante	92
Figura 47	Relato do participante sobre o estímulo à sua imaginação ao acessar as atividades do LIASE	93
Figura 48	Percepção sobre presença de ansiedade durante a execução da atividade	93
Figura 49	Percepção dos participantes sobre a utilidade da atividade na formação profissional	94
Figura 50	Avaliação do esforço despendido, na percepção do participante, na execução da atividade	94
Figura 51	Primeiro minuto de atividade de P2	101
Figura 52	Métrica de desempenho de P2 no sexto minuto de atividade na E2	102
Figura 53	Gráfico da métrica de desempenho de P2 no 15º minuto de atividade	103
Figura 54	Gráfico que corresponde à métrica de desempenho do 17º minuto de atividade	104
Figura 55	Gráfico que corresponde à métrica do 20º minuto de atividade	104
Figura 56	Pico da Métrica de P2 no 49º minuto durante a atividade em E1	105
Figura 57	Métrica de desempenho de P2 do 67º minuto de atividade	105
Figura 58	Métrica de desempenho do 82º minuto de atividade	106
Figura 59	Métrica de desempenho individual de P8, pós-calibragem e nos primeiros 10 segundos de gravação	108

Figura 60	Métrica de desempenho individual de P8 no terceiro minuto de atividade no LIASE	109
Figura 61	Métrica de desempenho individual de P8 no sexto minuto de atividade no LIASE	110
Figura 62	Métrica de desempenho individual de P8 no sétimo minuto de atividade no LIASE	110
Figura 63	Métrica de desempenho individual de P8 no nono minuto de atividade no LIASE	111
Figura 64	Métrica de desempenho individual de P8 no 13º minuto de atividade no LIASE	111
Figura 65	Métrica de desempenho individual de P8 no 20º minuto de atividade no LIASE	112
Figura 66	Métrica de desempenho individual de P8 no 25º minuto de atividade no LIASE	112
Figura 67	Métrica de desempenho individual de P8 ao finalizar a atividade no LIASE	113
Figura 68	Métrica de desempenho individual de P16 nos 6 minutos de atividade no LIASE	115
Figura 69	Métrica de desempenho individual de P16 no 10º minuto de atividade	116
Figura 70	Métrica de desempenho individual de P16 no jogo dos EPIs	117
Figura 71	Métrica de desempenho individual de P16 no 18º minuto de atividade no LIASE	117
Figura 72	Métrica de desempenho individual de P16 no 23º minuto de atividade no LIASE	118
Figura 73	Métrica de desempenho individual de P16 no 28º minuto de atividade	119
Figura 74	Métrica de desempenho individual de P16 ao finalizar a atividade no LIASE	119
Figura 75	Métrica de desempenho individual inicial de P18	121
Figura 76	Métrica de desempenho individual de P18 ao finalizar a atividade no LIASE	122
Figura 77	Métrica de desempenho inicial de P20	124
Figura 78	Métrica de desempenho de P20 ao assistir ao vídeo dos EPIs na E2	125

Figura 79	Métrica de desempenho de P20 ao clicar no painel com a ordem de paramentar e desparamentar	125
Figura 80	Métrica de desempenho de P20 ao clicar no painel das <i>tags</i> interativas	126
Figura 81	Métrica de desempenho de P20 no jogo de “paramentar e desparamentar”	127
Figura 82	Métrica de desempenho de P20 no jogo da classificação do lixo	127
Figura 83	Métrica de desempenho de P20 ao preencher a avaliação da atividade no LIASE	128
Figura 84	Métrica de desempenho de P20 ao finalizar o roteiro de aprendizagem do LIASE	128
Figura 85	Métrica de desempenho de P22 durante o vídeo “higiene das mãos com água e sabão”	130
Figura 86	Métrica de desempenho de P22 ao clicar no painel sobre a ordem de paramentar e desparamentar	131
Figura 87	Métrica de desempenho de P22 no jogo de “paramentar e desparamentar”	131
Figura 88	Métrica de desempenho de P22 ao acessar o conteúdo das normas de classificação de lixo hospitalar	132
Figura 89	Métrica de desempenho de P22 durante a atividade do jogo de classificação do lixo hospitalar	133
Figura 90	Métrica de desempenho final da atividade de P22 no LIASE	133
Figura 91	Pico da Métrica de desempenho durante o vídeo “higiene das mãos”	135
Figura 92	Pico da métrica de desempenho de P23 durante o vídeo “EPIs”	136
Figura 93	Métrica de desempenho de P23 durante o jogo de “paramentar e desparamentar”	137
Figura 94	Métrica de desempenho de P23 durante o acesso do conteúdo de normas de classificação do lixo hospitalar	137
Figura 95	Métrica de desempenho de P23 ao avaliar a atividade no LIASE	138
Figura 96	Métrica de desempenho inicial de P24 ao iniciar a rota de aprendizagem	140
Figura 97	Métrica de desempenho de P24 ao assistir o vídeo dos EPIs	141

Figura 98	Métrica de desempenho de P24 durante o jogo dos EPIs	141
Figura 99	Métrica de desempenho de P24 ao acessar o conteúdo das normas de classificação do lixo hospitalar	142
Figura 100	Métrica de desempenho de P24 acessando o jogo de classificação do lixo	143
Figura 101	Métrica de desempenho de P24 ao finalizar o roteiro de aprendizagem do LIASE	143
Figura 102	Métrica de desempenho inicial de P25 ao iniciar a atividade no LIASE	145
Figura 103	Métrica de desempenho de P25 ao assistir o vídeo de higiene das mãos	146
Figura 104	Métrica de desempenho de P25 ao assistir o vídeo dos EPIs	146
Figura 105	Métrica de desempenho de P25 ao acessar as <i>tags</i> interativas na E3	147
Figura 106	Métrica de desempenho de P25 ao acessar o jogo de paramentar e desparamentar	148
Figura 107	Métrica de desempenho de P25 ao acessar o jogo do lixo hospitalar	148
Figura 108	Métrica de desempenho de P25 ao avaliar a atividade no LIASE	149
Figura 109	Métrica individual de P25 ao finalizar a atividade no LIASE	150
QUADROS		
Quadro 1	Os lobos dos hemisférios cerebrais e suas ações específicas	31
Quadro 2	Descrição dos estados mentais percebidos pelos eletrodos do Emotiv Insight e processados pelo algoritmo do sistema	36
Quadro 3	Comparação entre alguns modelos de EEG portáteis disponíveis	41
Quadro 4	A descrição dos estágios do ciclo de Kolb	45
Quadro 5	As principais características do MVI	49
Quadro 6	Relato dos participantes no IMI, quanto à utilidade da atividade no LIASE	95

Quadro 7	Relato dos participantes no IMI sobre as dificuldades nas atividades propostas pelo LIASE(.)	96
Quadro 8	Relato dos participantes no IMI sobre as facilidades nas atividades propostas pelo LIASE	97
Quadro 9	Relato dos participantes no IMI com as sugestões para o LIASE	98
Quadro 10	Comentários no IMI sobre a atividade no LIASE	99
Quadro 11	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P2 nas principais atividades propostas pelo LIASE	107
Quadro 12	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P8 nas principais atividades propostas pelo LIASE	114
Quadro 13	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P16 nas principais atividades propostas pelo LIASE	120
Quadro 14	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P18 nas principais atividades propostas pelo LIASE	123
Quadro 15	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P20 nas principais atividades propostas pelo LIASE	129
Quadro 16	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P22 nas principais atividades propostas pelo LIASE	134
Quadro 17	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P23 nas principais atividades propostas pelo LIASE	139
Quadro 18	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P24 nas principais atividades propostas pelo LIASE	144
Quadro 19	Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P25 nas principais atividades propostas pelo LIASE	151

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACN - Associação Americana de Faculdades de Enfermagem

AONE - American Organization of Nurse Executives

BCI - Brain computer interface MVI - Mundo Virtual Imersivo

E - Estação

EEG - Eletroencefalograma

EPIs - Equipamentos de proteção individual

EPCs - Equipamentos de proteção coletiva

EC - Experiência Concreta

IMI - Inventário de motivação intrínseca

ISC SL - Associação Internacional de Enfermagem para Simulação Clínica e Aprendizagem

LIASE - Laboratório Virtual Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem

MV - mundo virtual

OpenSim - Open Simulator

OR - Observação Reflexiva

CA - Conceituação Abstrata

EA - Experimentação ativa

P - Participante

PPGIE - Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação

CINTED - Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação

RA - Realidade aumentada

RV - Realidade Virtual

SL - Second Life

SNA - Sistema Nervoso Autônomo

SNC - Sistema Nervoso Central

SNP - Sistema Nervoso Periférico

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1.1 JUSTIFICATIVA	24
1.2 OBJETIVO GERAL	25
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.4 PROBLEMA CENTRAL	25
1.5 HIPÓTESE	26
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 A NEUROEDUCAÇÃO, AS ESTRUTURAS DO CÉREBRO E SUAS FUNÇÕES	27
2.2 OS ESTADOS MENTAIS COGNITIVOS E A APRENDIZAGEM	33
2.3. O ELETROENCEFALOGRAMA	37
2.3.1 Os Eletroencefalogramas Portáteis	38
2.4. O PROCESSO DE APRENDIZAGEM: PIAGET E KOLB	42
2.5 OS MUNDOS VIRTUAIS IMERSIVOS NA EDUCAÇÃO	48
2.5.1 Os simuladores virtuais para ensino e a biossegurança em Enfermagem	52
3 CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO LIASE	57
4 METODOLOGIA	61
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	61
4.2 SUJEITOS DA PESQUISA	62
4.3 PROCEDIMENTOS	63
4.3.1 O EMOTIV Insight 2.0	63
4.3.2 A Plataforma de MVI e o Inventário de Motivação Intrínseca	66
4.3.3 Etapa 1 - Desenvolvimento do LIASE	67

4.3.4 Etapa 2 - Avaliação do LIASE	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.1 LIASE - PROTÓTIPO 1	71
5.2 LIASE - PROTÓTIPO 2	77
5.3 RESULTADOS DO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM NO LIASE	83
5.3.1 A avaliação da atividade e da motivação - IMI – Intrinsic Motivation Inventory	84
5.3.2 Resultados do monitoramento do processo de aprendizagem no LIASE: métricas de desempenho individuais pelo EEG	99
5.4 DISCUSSÃO	152
5.4.1 Trabalhos relacionados e continuidade da pesquisa	154
6 CONCLUSÕES	157
REFERÊNCIAS	158
APÊNDICES	167

INTRODUÇÃO

Podem os Mundos Virtuais Imersivos contribuir para o processo de aprendizagem de enfermeiros do século XXI? É possível obter indícios de processo de aprendizagem efetivo a partir de ferramentas de aprendizagem imersiva?

O presente estudo tem como foco a resposta para estas perguntas, surgindo a partir do repensar da formação de enfermeiros e utilizando novas formas de apresentar conteúdos e práticas, mediados pela tecnologia, buscando desenvolver a tomada de decisão a partir da contextualização do conhecimento voltado para profissionais cada vez mais habilitados ao cuidado seguro do paciente.

Com o avanço da tecnologia na área educacional, foi possível incorporar alguns dos avanços para o processo de aprendizagem em enfermagem, descortinando novos cenários no ensino e nas práticas. Novas modalidades de ensino e mediação são adotadas, acompanhando o avanço e acesso à tecnologia e à conectividade por rede, tanto dos indivíduos como das instituições.

A construção de habilidades essenciais nos laboratórios tradicionais de práticas em enfermagem, necessárias para a formação profissional e o cuidado seguro ao paciente, amplia-se, com a possibilidade de ferramentas que proporcionem um espaço seguro de aprendizagem, onde a simulação é, em parte, mediada pela tecnologia e permite a repetição monitorada, o registro e o ensino individualizado.

A experimentação em equipamentos semelhantes ao real, protocolos e situações simuladas em laboratórios virtuais possibilita ao aluno a repetição da experiência autônoma, saindo do modelo tradicional de aprendizagem, onde ele repete a orientação do professor.

A possibilidade da utilização de múltiplos recursos tecnológicos para aprendizagem do cuidado centrado na pessoa, que envolvam a contextualização dos aspectos culturais e éticos, bem como o “saber fazer”, pode ampliar a capacidade do processo de tomada de decisão em diferentes situações elencadas (EYIKARA, 2017; SANDERSON, 2020).

É nessa perspectiva que a simulação de situações clínicas, o uso de laboratórios virtuais e outras possibilidades com base tecnológica são ferramentas para mudanças curriculares que podem propiciar o ensino em enfermagem personalizado, voltado para a geração usuária da tecnologia. Diferente das gerações anteriores, os estudantes de enfermagem estão conectados ao mundo digital em seu cotidiano.

Reconhecendo que a formação de recursos humanos em saúde é estratégica para o

sistema de saúde e seus usuários, percebe-se que não basta apenas inserir a tecnologia no processo de aprendizagem, mas utilizá-la para melhorar os processos de cognição, aprendizado e retenção. Cabe também buscar mecanismos de monitoramento do processo de aprendizagem com base na Neuroeducação e nas atividades cerebrais estimuladas pelos recursos tecnológicos desenvolvidos, bem como a sua efetividade.

A Neuroeducação busca a compreensão desses fenômenos e surge como um novo campo do conhecimento, que integra outras ciências como a Psicologia, a Educação e a Neurociência e transversalmente outras áreas como a Física, a Matemática, a Engenharia e a Saúde, por exemplo. É considerada um campo transdisciplinar, tendo como foco não apenas constatar ou melhorar os processos de aprendizagem, mas, em uma proposta mais ampla, explicar como os processos de aprendizagem ocorrem, mudando o cérebro e a sua aplicabilidade em sala de aula, visando melhorar o rendimento dos alunos (FEILER, 2018).

A Neuroeducação pode auxiliar na formação de recursos humanos em saúde, indicando novos caminhos para o ensino, principalmente, na prática simulada mediada pela tecnologia.

Desde 2008, a Associação Americana de Faculdades de Enfermagem incluiu a simulação como estratégia educacional capaz de ensinar competências essenciais como a tomada de decisão, priorização e delegação de cuidados ao paciente, o que levou à necessidade de diretrizes baseadas em evidências para estimular as melhores práticas para a simulação. A Associação Internacional de Enfermagem para Simulação Clínica e Aprendizagem (INACSL), em 2015, normatizou os padrões da simulação como prática educacional para a enfermagem, o que levou a American Organization of Nurse Executives (AONE) a recomendar os ambientes simulados na educação em enfermagem:

A American Organization of Nurse Executives (AONE) enfatizou a necessidade de preencher a lacuna entre a educação e a prática de enfermagem. Os métodos tradicionais de preparação dos estudantes de enfermagem para a prática já não são suficientes para o aluno do século XXI. (KIRKMAN , 2018, p.12)

Estes ambientes podem proporcionar maior oportunidade para que o aluno desenvolva o processo reflexivo e análise crítica contextualizada, compreendendo o porquê de executar determinada técnica ou ação.

Os mecanismos das situações e práticas simuladas podem provocar resposta e mobilizar áreas cerebrais, neurotransmissores e a forma como o conhecimento é armazenado, contribuindo para o processo de aprendizagem (CARDOZA, 2011; KIRKMAN, 2018).

Percebe-se a importância de compreender cada vez mais a aprendizagem e a mobilização das áreas cerebrais durante o processo, observando-as durante a utilização de ambientes de simulação, situações clínicas e laboratórios virtuais.

O aprofundamento da Neuroeducação e das pesquisas com foco na educação apontam para a necessidade de melhorar as práticas educacionais, e as técnicas de imagem e monitoramento da atividade elétrica cerebral são alguns dos métodos utilizados para pesquisas em educação (HARRISON, 2013; CHARLAND, 2015; XU, 2018; NG, 2018).

O monitoramento da atividade cerebral dos estudantes, pelo eletroencefalograma (EEG), durante os processos de aprendizagem simulados virtualmente, podem oferecer subsídios para a compreensão do que ocorre com o cérebro. Estudos com este tipo de escopo são fundamentais para aprimorar a utilização dessas ferramentas virtuais.

Com base nessas premissas, o estudo teve como proposta o desenvolvimento do Laboratório Virtual Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem (LIASE), a observação da atividade e o monitoramento durante o processo de aprendizagem com o Eletroencefalograma (EEG), identificando as métricas de desempenho cognitivas e a avaliação da motivação intrínseca (IMI) dos participantes do estudo, na finalização da rota de aprendizagem.

A tese está estruturada em seis capítulos, iniciando com uma Introdução, e finalizando com as Referências e Anexos. A Introdução contextualiza o estudo e as mudanças no ensino em saúde e enfermagem, a importância da simulação da prática do cuidado, a Neuroeducação aplicada à educação e seus usos nos processos de aprendizagem com ferramentas digitais, define o problema, os objetivos gerais e específicos da pesquisa.

O Capítulo 2 e suas subseções abordam o referencial teórico do estudo, trazendo aspectos da Neuroeducação, as estruturas do cérebro e suas funções vinculados aos processos de aprendizagem e monitoramento das atividades cerebrais, a utilização de mundos virtuais imersivos na educação e as teorias de Piaget e Kolb aplicadas ao processo de aprendizagem.

O Capítulo 3 descreve a concepção e desenvolvimento do laboratório virtual imersivo de aprendizagem em saúde e enfermagem (LIASE).

O Capítulo 4 e suas subseções descrevem a metodologia da pesquisa, e como foi conduzida durante o período de estudo.

O Capítulo 5 e suas subseções apresentam os resultados, análise e discussão e limitações do estudo, com a descrição da observação dos participantes, métricas de desempenho e avaliação individuais do processo de aprendizagem. Os trabalhos correlatos e a continuidade dos estudos também são abordados neste capítulo.

O Capítulo 6 traz as conclusões sobre o estudo, seguido das Referências e dos Apêndices.

1.1 Justificativa

A formação de recursos humanos em saúde é um dos aspectos cruciais para o desenvolvimento e implementação de políticas de saúde no Brasil. A partir da formação de médicos, enfermeiros, nutricionistas, fisioterapeutas e outros profissionais de nível superior e médio, a população recebe a assistência à saúde em instituições de saúde.

O desenvolvimento de diferentes recursos e ferramentas para o ensino de Biossegurança e precauções universais com a respectiva mudança de comportamento e construção da cultura da segurança do paciente justificam-se, devido ao grande esforço continuado dos estabelecimentos de saúde para que os profissionais de saúde e enfermagem tenham adesão às precauções universais e às normas de Biossegurança. No atual momento em que vivemos, nunca foram tão necessários o desenvolvimento de possibilidades de aprendizado virtual e os estudos relacionados.

Em grande parte dos cursos de enfermagem, os procedimentos e práticas ocorrem em um laboratório tradicional presencial, após os alunos receberem toda a parte teórica e conceitual das temáticas envolvidas. Este tipo de treinamento necessita de uma área física dedicada, e a prática envolve um grande número de alunos, restritos pela oportunidade limitada para repetições, devido ao tempo de permanência no mesmo espaço e ao número de equipamentos por aluno.

Justifica-se, assim, o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio para o aprendizado individualizado, como um laboratório virtual, visando proporcionar o contato com a técnica e a base teórica, possibilitando refazer, rever, errar, elaborar e mobilizar o cérebro para o aprendizado.

O processo de aprendizagem no laboratório construído em um mundo virtual (MV) pode dar suporte e segurança ao aluno para a incorporação de novos procedimentos que envolvam a Biossegurança. Pondera-se que essa proposta alinha-se à necessidade de repensar o processo de aprender e ensinar, numa perspectiva de tornar a construção do ensino-aprendizagem mais interativa para o aluno, promovendo a autonomia e respeitando o tempo de cada um na consolidação e aquisição de competências para a prática laboral (MARTOS-CABRERA, 2019; BOEIRA, 2019)

A sensação de presença, sem a pressão do acerto e do erro, é outra possibilidade

que pode ser positiva para a saúde mental dos estudantes, onde os valores e aspectos éticos, colaboração e comunicação também devem estar presentes.

O processo de aprendizagem, com a utilização de atividades de simulação virtuais, pode mobilizar áreas cerebrais que ativam a atenção e a memória, envolvendo estados mentais e afetivos que consolidam, contextualizam e adquirem significado para os indivíduos, justificando o seu desenvolvimento.

Devido às suas características de acessibilidade (não limitado pelo tempo ou lugar), flexibilidade (permite a integração, adaptável para qualquer currículo) e escalabilidade (potencial para atender vários alunos simultaneamente), os MVs podem contribuir para a educação na área da saúde. Desta forma, é possível perceber o imenso potencial dos MVs para a educação em saúde e para a enfermagem, com foco não apenas na personalização do aprendizado, mas também no treinamento em equipe, de estudantes em formação e profissionais já formados e que necessitam atualização continuada (LIAW, 2018).

1.2 Objetivo Geral

Desenvolver o laboratório imersivo de aprendizagem em saúde e enfermagem – LIASE, elencado nas principais temáticas de aprendizagem em Biossegurança, e avaliar o processo de aprendizagem durante o uso da ferramenta pelos alunos do curso de graduação em enfermagem da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por meio da observação e monitoramento da atividade cerebral pelo EEG e da avaliação psicométrica através do inventário de motivação intrínseca (IMI).

1.3 Objetivos Específicos

- Elaborar e organizar todo o escopo do mundo virtual, suas estruturas e atividades e conteúdo didático;
- Desenvolver e testar o protótipo do laboratório virtual educacional com alunos de graduação em enfermagem, captando as métricas de desempenho cerebral durante a atividade de uso do laboratório por meio do Eletroencefalograma portátil (EEG).

1.4 Problema Central

A mediação e as dificuldades da efetividade do processo de aprendizagem em biossegurança por laboratórios virtuais em cursos de graduação em enfermagem.

1.5 Hipótese

A mensuração da atenção durante o laboratório virtual pode ser monitorada pelo EEG, por meio do monitoramento das métricas de desempenho e Inventário de Motivação Intrínseca – IMI e mostrando a atividade cerebral durante a aprendizagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Neuroeducação, as estruturas do cérebro e suas funções

As Neurociências têm avançado na compreensão do cérebro e de suas funções, ampliando as áreas de estudo, que envolvem a Neurociência molecular, que estuda a ação da química molecular em nosso sistema nervoso; a Neurociência celular, que aborda a composição celular do sistema nervoso; a Neurociência sistêmica, que aborda o conjunto de estruturas em diversas regiões cerebrais, suas funções e funcionamento; a Neurociência comportamental, que estuda as estruturas neurais responsáveis pelos diferentes comportamentos e fenômenos psicológicos; e a Neurociência Cognitiva, que trata do estudo das capacidades de pensamento, memória e aprendizagem. Todas as cinco áreas possuem abordagens de estudo diversas, sem limites rigidamente definidos, e contribuem para uma visão complementar da complexidade do funcionamento cerebral (LENT, 2004).

O crescimento de estudos na área da educação com interesse em compreender os processos cerebrais envolvidos na aprendizagem trouxe a visão multidisciplinar, necessária para compreender os fenômenos envolvidos, e trazendo a Neuroeducação como um novo campo que integra a Neurociência, a Pedagogia e a Psicologia (TOKUHAMA-ESPINOSA, 2008). A Figura 1 mostra a interpretação de Tokuhama-Espinosa sobre a composição interdisciplinar da Neuroeducação:

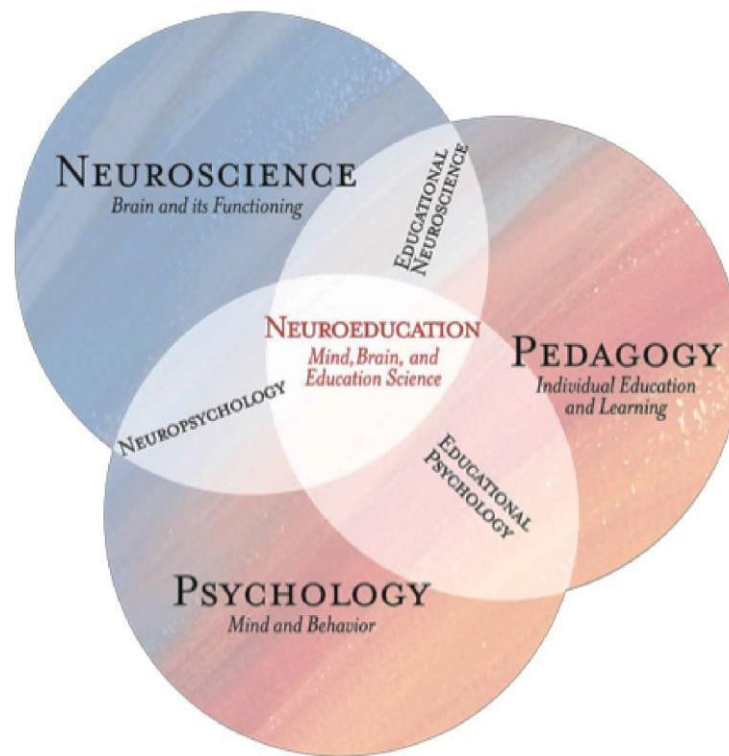


Figura 1. Os campos multidisciplinares da Neuroeducação. Fonte: Tokuhama-Espinosa, 2008

A Neuroeducação tem em Espinoza uma das importantes referências sobre o assunto, por reunir, em sua tese, os fundamentos da Neuroeducação, principais problemas e princípios desta área do conhecimento. Para Zaro (2010), a visão de Espinoza sobre a Neuroeducação descreve seu principal objetivo, mostrando a complexidade da aprendizagem e o impacto das emoções no processo:

Do ponto de vista psicológico, o objetivo principal da Neuroeducação seria explicar os comportamentos da aprendizagem, diz a pesquisadora, ressaltando que os neurologistas se ocupam disto através do cérebro, enquanto os psicólogos se debruçam sobre a mente, o que, certamente, para qualquer um que se mantenha em uma razoável distância crítica do tema, aponta para questões complementares e não antagônicas. Uma destas questões seria, por exemplo, buscar explicações sobre o papel das emoções no aprendizado, nos processos de tomada de decisão e nas várias possibilidades de motivação dos alunos para o aprendizado. (ZARO, 2010) p. 20

A Neuroeducação busca, então, explicar os comportamentos de aprendizagem e os estados mentais que acompanham o processo, as áreas cerebrais afetadas e como desenvolver tecnologia educacional que auxilie e maximize esse aprendizado. A mensuração da atividade cerebral, bem como as diferentes áreas do cérebro mobilizadas durante o processo de aprendizagem são, sem dúvida, objeto de estudo da Neuroeducação (ZARO, 2010; FEILER, 2018; NUNES, 2019).

Há necessidade de ampliar os estudos em Neuroeducação, para compreender os processos de aprendizagem, transformar e tornar mais efetivas as práticas de ensino em todas as áreas do conhecimento, com diferentes metodologias:

[...] a emergência das novas tecnologias educacionais, sua inexorabilidade e seu enorme potencial para impor a atualização sobre as novas necessidades e formas de ensinar e aprender seja o momento oportuno para que os educadores de todas as formações compreendam a metáfora do próprio cérebro humano, para fundamentar a produção de conhecimento sobre aprendizagem, ao processar informações diversas, em áreas diversas, integrando-as através de terceiras e quartas áreas, nas quais será capaz de produzir sentido e complexidade compatível com o conhecimento necessário ao educando e educador do Século XXI. (ZARO, 2010, p.207)

O cérebro, como centro de controle e parte importante de nosso sistema nervoso, é responsável por uma série de atividades que envolvem a percepção e processamento das informações que são captadas pelos órgãos sensoriais, e que são comparadas constantemente com as experiências que vivenciamos e que nos dão suporte ao processo de aprendizagem e de armazenamento. Cabe também ao cérebro o controle das funções corporais em diversos tipos de regulações homeostáticas e nos movimentos de resposta reflexa ou voluntária. (LENT, 2004; BEAR, 2009; NUNES, 2019).

O sistema nervoso é composto de sistemas que atuam de forma integrada: Sistema Nervoso Central (SNC), Sistema Nervoso Autônomo (SNA) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). As estruturas do SNC compreendem as estruturas que estão no interior da calota craniana, compostas pelo cérebro (telencéfalo, diencéfalo), tronco cerebral (mesencéfalo, ponte e bulbo) e cerebelo.

A medula espinhal e o tronco encefálico são responsáveis por receber e processar as informações sensoriais da pele, articulações e músculos, além de fazer o controle dos movimentos do tronco e dos membros; o bulbo, localizado na parte inferior do tronco

cerebral, é diretamente ligado à medula, sendo responsável por diversas funções vitais autônomas ou também denominadas neurovegetativas, que incluem o controle do sistema digestivo, da respiração e dos batimentos cardíacos. O cerebelo, situado na parte posterior da ponte, é conectado ao tronco cerebral, com a função de controlar a força e amplitude dos movimentos motores, e responsável pelo aprendizado de novas habilidades motoras (KANDEL, 2014; BEAR, 2009).

A partir da medula espinhal emergem os nervos, que são responsáveis por receber e enviar os estímulos e pelo controle motor. O sistema nervoso periférico faz a conexão com o sistema nervoso central, por meio de plexos, raízes e nervos, possibilitando o controle da musculatura voluntária e captando os estímulos periféricos (BEAR, 2009).

Por meio do cérebro e da sua conexão com o sistema nervoso, é possível perceber e selecionar as informações que provêm das terminações nervosas periféricas e que fazem parte dos nossos órgãos dos sentidos, processando as informações, comparando e “atualizando” o conhecimento das experiências anteriores com as novas vivências. Esta conexão também permite o controle das respostas voluntárias e involuntárias, dos sistemas de regulação corporal e das respostas comportamentais aos estímulos externos. Desta forma, “os processos mentais, tais como o pensamento, a atenção ou a capacidade de julgamento, são frutos do funcionamento cerebral” (NUNES, 2019, p.42).

As quatro divisões dos hemisférios cerebrais são denominadas de lobo frontal, lobo parietal, lobo temporal, lobo occipital. Cada um dos lobos é responsável por ações diferentes e complementares, cabendo aos hemisférios direito e esquerdo a realização de etapas diferentes do mesmo processo e que são interligadas. O Quadro 1 explicita as ações executadas por cada lobo.

Quadro 1. Os lobos dos hemisférios cerebrais e suas ações específicas. Fonte: (BEAR, 2009, p.203-207; NUNES, p. 62-63)

LOBO	AÇÕES ESPECÍFICAS
FRONTAL	Controle motor, planejamento das ações, modulação da memória imediata, controle da atenção e organização psicomotora, afeto, controle emocional, motivação e articulação da fala
PARIETAL	Registra e interpreta as informações do sistema sensorial, autopercepção corporal, reconhecimento tátil de objetos, senso de direção e processamento espacial, leitura e reconhecimento de signos.
TEMPORAL	Percepção e interpretação do paladar e olfato, percepção e interpretação de estímulos auditivos verbais e não verbais, percepção das emoções primitivas (medo, impulso sexual, saciedade)
OCCIPITAL	Percepção e processamento dos estímulos visuais

Na Figura 2 é possível visualizar a localização anatômica dos hemisférios e lobos cerebrais:

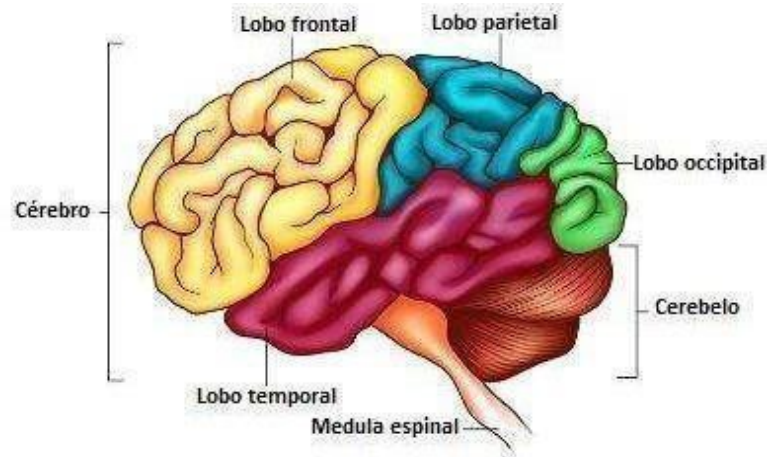


Figura 2. A anatomia do cérebro. Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/cerebro>.

As áreas interconectadas, que são especializadas em processos específicos como o movimento, a fala, visão e audição e regulação hemodinâmica corporal, por exemplo, tiveram a sua localização conhecida por diversos pesquisadores no decorrer do tempo. As principais estruturas responsáveis por emoções como o medo, tristeza, raiva e nojo têm sua gênese no sistema límbico, que sofre a influência de neurotransmissores e recruta o sistema nervoso autônomo, capaz de desencadear respostas periféricas, tais como, por exemplo, o aumento ou

diminuição na frequência cardíaca, a sudorese, contração ou dilatação dos vasos periféricos e pupilas, secreção lacrimal, piloereção e motilidade gastrointestinal (KANDEL, 2014; BEAR, 2009).

A Figura 3 mostra as estruturas do sistema límbico: amígdala, córtex cingulado, hipotálamo, corpo mamilar, giro cingulado, área septal, giro para-hipocampal, tálamo.

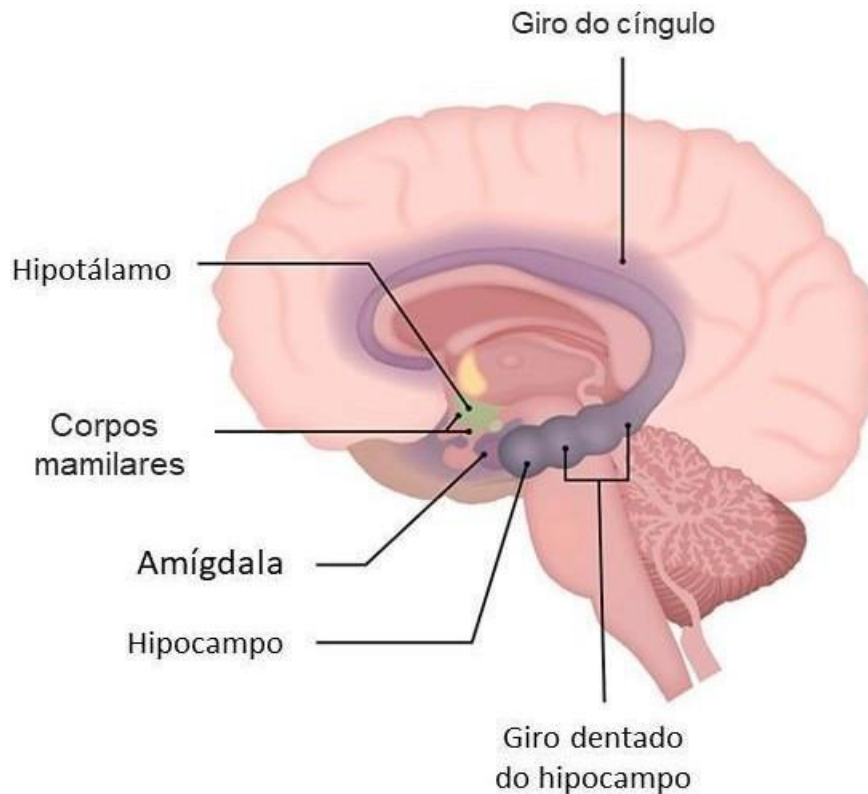


Figura 3. O sistema límbico. Fonte: Adaptado de <https://www.lecturio.com/pt/concepts/sistema-limbico-anatomia/>.

O processo de aprendizagem está intimamente relacionado com a forma como nosso cérebro percebe e interpreta diferentes estímulos externos e internos, percebendo-os como emoções positivas ou negativas. A percepção das emoções abrange outras áreas que vão além do sistema límbico e afetam as funções cognitivas e de tomada de decisão:

Embora o funcionamento emocional ocorra em todo o cérebro, e não meramente no sistema límbico (cérebro paleomamífero), pois está em causa um processo neuronal colaborativo com outras áreas cerebrais, particularmente o córtex pré-frontal e orbitofrontal, as funções emocionais estão obviamente interligadas com as funções cognitivas e as funções executivas. (FONSECA, 2016, p.367)

Algumas das funções cognitivas podem ser mencionadas, como excitação, estresse, relaxamento, engajamento, interesse e foco, e vinculadas ao processo de aprendizagem.

2.2 OS ESTADOS MENTAIS COGNITIVOS E A APRENDIZAGEM

O cérebro interpreta os estímulos buscando dar significado a experiências, conteúdos e informações. As reações aos estímulos visuais, auditivos, olfativos e motores levam às emoções e estados mentais que ativam determinadas funções cognitivas que podem auxiliar ou prejudicar o processo de aprendizagem. A atenção é um dos estados mentais que, devidamente mobilizada e sustentada, pode promover o processo de aprendizagem e memória.

A mobilização da atenção envolve um mecanismo de seleção do estímulo que deve ser privilegiado, dentre tantos que o cérebro recebe, e está ligado ao ato consciente de escolha de foco do indivíduo, o que provoca o “controle voluntário e trabalhoso da ação, em oposição ao comportamento automático bem apreendido” (RUEDA, 2018, p. 2).

A atenção demanda um estado considerado de ativação e mobilização cerebral. Assim, a atenção determina a capacidade de controlar as ações, estabelecendo as prioridades, e também seleciona aquilo que realmente é importante e necessita ter o controle voluntário, bem como a percepção de qualquer estímulo externo, e que são influenciados pelo cansaço, fadiga e sonolência, que podem comprometê-la (RUEDA, 2018).

Quando a atenção é mobilizada, o cérebro coloca-se a postos para perceber os estímulos, visando evitar o erro em condições novas nunca experimentadas e que demandam um número maior de estímulos desconhecidos, e também as situações de estresse e perigo.

A Figura 4 exemplifica como o cérebro se utiliza da ativação da atenção para regular o processamento consciente das informações e estímulos que inibem respostas e comportamentos automatizados e involuntários.



Figura 4. A regulação do mecanismo de informação pela atenção. Fonte: Adaptado de Rueda (2018)

A atenção segue caminhos diferentes no cérebro e está relacionada com aspectos de ativação, seleção e controle e que dependem de um controle externo denominado “exógeno”. O controle exógeno é caracterizado pela preparação ou mobilização da atenção (ativação), pelo direcionamento provocado por estímulos externos (seleção) e pela capacidade de automatização de movimentos ou comportamentos, relacionados a atividades e tarefas praticadas, com movimentos sequenciais (controle). Por outro lado, o controle endógeno, para ser ativado, depende da vigilância voluntária e sustentada (ativação), onde a atenção é voltada para objetivos propostos (seleção). Ao ser exposto aos estímulos externos, ocorre o conflito no cérebro, que processa e compara as experiências que são trazidas pela memória com outra situação ou novo aprendizado, que é avaliado superando respostas dominantes, percebendo o erro e fazendo redirecionamentos, em face das situações novas ou de risco (controle) (RUEDA, 2018).

O cérebro percebe e mobiliza as áreas de atenção a partir das informações relevantes, comparando com as que são consideradas irrelevantes, no gerenciamento dos recursos cognitivos para as atividades prioritárias dos indivíduos.

As áreas de ativação da atenção demonstram percorrer caminhos diferentes, associadas a redes cerebrais distintas. Assim, a atenção voluntária com foco em tarefas e objetivos parece

ocorrer no dorso frontoparietal bilateral, abrangendo o sulco intraparietal, o lóbulo parietal superior e os campos oculares frontais, sendo possível observar a ativação dessas áreas pelo EEG (RUEDA, 2018).

É possível estabelecer a relação entre a aprendizagem significativa e a mobilização da atenção como mecanismo cerebral fundamental para que novos conceitos sejam formados, a partir do confronto das experiências anteriores e informações armazenadas na memória.

O cérebro estabelece a preservação de informações e experiências com carga emocional e, quanto maior a mobilização da amígdala, maiores chances de memorização e armazenamento de novas informações ou aprendizado (NUNES, 2019).

O lobo frontal é uma área importante para o monitoramento da atenção, aprendizagem e processamento de informações. Estudos que realizaram o mapeamento cognitivo cerebral de microempreendedores por meio do eletroencefalograma (EEG) indicaram a ativação do lobo frontal, que demonstra ser uma área envolvida com o “planejamento estratégico, tomada de decisões, execução de múltiplas tarefas” (NUNES, 2019, p. 103).

O avanço tecnológico na captação das ondas cerebrais permite a decodificação dos sinais com algoritmos capazes de obter os estados mentais durante atividades diversas, como o aprendizado, por exemplo.

É possível verificar a mobilização das áreas cerebrais e seu desempenho ao realizar atividades solicitadas e compreender a amplitude e a oscilação da atenção, revezando-se com outros estados mentais cognitivos que também são fundamentais para a aprendizagem.

Para Strmiska (2018), o monitoramento dos estados mentais cognitivos de voluntários em diferentes atividades mostrou a oscilação entre o foco/atenção, engajamento, estresse e relaxamento, indicando a reação em diferentes níveis de dificuldade para a execução de uma tarefa ou prova.

Os estados mentais cognitivos também fizeram parte do estudo de Corredor-Camargo (2019) com usuários desenvolvendo tarefas com *feedback* háptico (controle de um robô em um trajeto com obstáculos), indicando as oscilações da atenção, interesse, estresse e excitação.

Segundo a revisão de Xu (2018) sobre o uso da tecnologia EEG portátil na pesquisa educacional, os estados emocionais cognitivos com maior prevalência, dentre os 22 artigos avaliados, foram a atenção e o engajamento. Outro estudo de revisão, de Dadebayev (2022), compara os diferentes dispositivos portáteis no mercado e a confiabilidade de monitoramento em diversas abordagens de estudos.

Os estados mentais cognitivos como o engajamento, relaxamento, foco/atenção, estresse, excitação/empolgação podem ser mensurados ao captar a atividade elétrica cerebral por EEG, dando uma métrica de desempenho dos estados mentais/emocionais cognitivos em tempo real durante a realização de uma atividade, mostrando o potencial do cérebro para compreender um conceito, contextualizá-lo e resolver um problema. As métricas de desempenho dos estados mentais/emocionais cognitivos descritas na biblioteca do Emotiv, resultado da análise das ondas cerebrais pelo algoritmo, podem ser verificadas no Quadro 2:

Quadro 2. Descrição dos estados mentais cognitivos percebidos pelos *headset* do Emotiv Insight e processados pelo algoritmo do sistema. Fonte: Emotiv Gitbook, disponível em: <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/data-streams/performance-metrics>.

Estresse	É uma medida de conforto com o desafio atual. O alto estresse pode resultar da incapacidade de concluir uma tarefa difícil, sentir-se sobrecarregado e temer consequências negativas por não satisfazer os requisitos da tarefa. Geralmente, um nível de estresse baixo a moderado pode melhorar a produtividade, enquanto um nível mais alto tende a ser destrutivo e pode ter consequências de longo prazo para a saúde e o bem-estar.
Engajamento/ Envolvimento	É experimentado como alerta e a direção consciente da atenção para estímulos relevantes para a tarefa. Mede o nível de imersão no momento, é uma mistura de atenção e concentração, e contrasta com o tédio. O envolvimento é caracterizado pelo aumento da excitação fisiológica e das ondas beta, juntamente com as ondas alfa atenuadas. Quanto maior a atenção, foco e carga de trabalho, maior a pontuação de saída relatada pela detecção.
Interesse/ Valência	É o grau de atração ou aversão aos estímulos atuais, ambiente ou atividade, e é comumente referido como valência. Baixas pontuações de interesse indicam uma forte aversão à tarefa, alto interesse indica uma forte afinidade com a tarefa, enquanto pontuações intermediárias indicam que a pessoa não gosta nem desgosta da atividade.
Excitação	É uma consciência ou sentimento de excitação fisiológica com um valor positivo. É caracterizada pela ativação no sistema nervoso simpático que resulta em uma série de respostas fisiológicas, incluindo dilatação da pupila, alargamento dos olhos, estimulação das glândulas sudoríparas, aumento da frequência cardíaca e da tensão muscular, desvio de sangue e inibição digestiva. Em geral, quanto maior o aumento da excitação fisiológica, maior a pontuação de saída para a detecção. A detecção de excitação é ajustada para fornecer pontuações de saída que refletem mudanças de curto prazo na excitação em períodos de tempo tão curtos quanto vários segundos.
Foco/Atenção	É uma medida de atenção fixa para uma tarefa específica. O foco mede a profundidade da atenção, bem como a frequência com que a atenção alterna entre as tarefas. Um alto nível de alternância de tarefas é uma indicação de foco e distração ruins.
Relaxamento	É uma medida da capacidade de desligar e se recuperar de uma concentração intensa. Meditadores treinados podem obter pontuações de relaxamento extremamente altas.

2.3 O ELETROENCEFALOGRAMA

O EEG foi criado para fins de diagnóstico clínico em 1929 por Hans Berger, que utilizou um galvanômetro ligado a eletrodos que foram afixados no couro cabeludo e que permitiu verificar a existência de correntes elétricas geradas no cérebro de forma não invasiva. Seus estudos identificaram a existência de ondas predominantes de atividade cerebral espontânea, que foram denominadas de alfa e beta, sujeitas à alteração quando os indivíduos eram estimulados durante o procedimento (BERGER, 1929).

A grande contribuição de Berger ocorreu, durante muito tempo, no auxílio diagnóstico de doenças relacionadas ao funcionamento cerebral.

A partir da criação de Berger, outros estudos utilizando o eletroencefalograma conseguiram monitorar, identificar e classificar sinais bioelétricos eletrofisiológicos em faixas de frequências, bandas de atividade, ou também chamados ritmos, relacionando-os aos estados de vigília e não vigília. São identificadas as bandas de atividade de ondas cerebrais denominadas de Alfa, Beta, Gama, Delta e Teta. Todas relacionadas ao “comportamento cognitivo e aos diferentes níveis de consciência, estados de prontidão e de movimentos, condições consideradas fundamentais para a função biológica da aprendizagem humana” (BONINI-ROCHA, 2008, p. 32).

A Figura 5 mostra as ondas cerebrais, as frequências em que podem ser detectadas e a atividade mental correspondente:

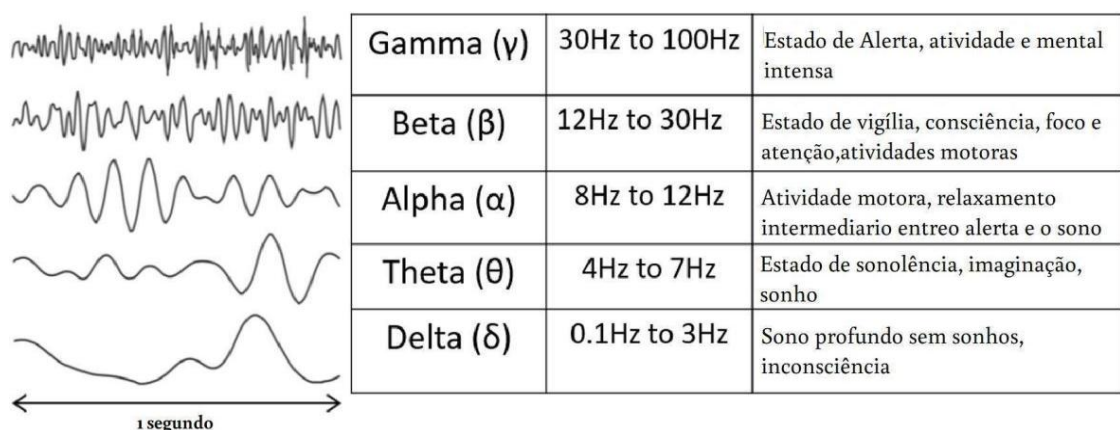


Figura 5. Frequência de ondas cerebrais e estados mentais associados. Fonte: Adaptado de Buerkle (2021)

As pesquisas aplicadas à neuroeducação têm salientado a importância da captação e monitoramento de ondas cerebrais, estados afetivos e mentais relacionados aos aprendizes,

visando atingir melhores resultados nos processos de aprendizagem.

O potencial de desenvolvimento de pesquisa nesta área descreve a importância de reconhecer os estados emocionais/mentais presentes em situações controladas, associar determinados estímulos ao tipo de onda cerebral apresentada, bem como a avaliação de atividade neural, relação com o estado afetivo e a possibilidade de modelagem do estado afetivo e mental desejado (ADAMOS, 2016; EHRLICH, 2019; LANGROUDI, 2018; WEGEMER, 2019).

A identificação dos estados emocionais e a associação das ondas cerebrais verificadas pelo Eletroencefalograma (EEG) podem auxiliar na implementação de processos de ensino-aprendizagem de maior *desempenho cognitivo*.

Há potencial de desenvolvimento de pesquisas nesta área, possibilitando reconhecer os estados de atenção e identificando os estados emocionais/mentais presentes em situações controladas. A identificação da atenção e dos estados emocionais associados às ondas cerebrais e verificadas pelo EEG pode auxiliar na implementação de processos de ensino-aprendizagem de melhores resultados para os indivíduos (LANGROUDI, 2018).

Nos estudos de interfaces cérebro-computador, o EEG atuou como medida psicofisiológica utilizada para obtenção de métricas emocionais/mentais cognitivas. Os sensores dos eletrodos foram posicionados no lobo frontal do cérebro e demais posições da cabeça, de acordo com a área de interesse. Recentemente, os sensores foram utilizados em diferentes áreas do conhecimento, como, por exemplo, a educação. Podemos incluir o *design* de interface computador, jogos educacionais e pesquisas em neuroeducação. A análise das ondas cerebrais está avançada na área da saúde, porém pouco explorada em análises de ambientes educacionais e sala de aula, evidenciando a importância do aprofundamento dos estudos na educação (HARRISON, 2013; CHARLAND, 2015; XU, 2018).

2.3.1 Os Eletroencefalogramas Portáteis

Os aparelhos de EEG passaram por um processo de evolução e modernização e ultrapassaram os objetivos de diagnóstico clínico em ambiente hospitalar.

As pesquisas na área educacional vêm crescendo nos últimos anos devido aos avanços tecnológicos dos equipamentos, que diminuíram sensivelmente os custos de aquisição e tornaram os sensores e *software* para análise dos dados mais eficientes e confiáveis.

Diferente do EEG clínico, com um grande número de sensores que necessitam de um

gel condutor e a permanência estática durante o monitoramento das ondas cerebrais, os equipamentos portáteis têm características que lhes conferem grande versatilidade, conforto e segurança.

Os sensores portáteis utilizados no EEG (*headsets*) são em menor número e, da mesma forma que o equipamento convencional, registram os sinais elétricos cerebrais a partir do contato com a pele do couro cabeludo, transcrevendo em forma de sinal elétrico a intensidade das ondas cerebrais. Estes sinais são transferidos a partir dos sensores para o computador de forma digital. Estes dados são inicialmente gravados de maneira independente, em cada um dos canais, RAW mode, sem qualquer análise prévia realizada pelo *software* ou usuário. A partir destes dados é possível identificar as áreas cerebrais ativadas, bem como a sua intensidade de modo tridimensional, a depender do número de sensores utilizados no experimento.

O posicionamento dos sensores é diferente conforme a marca e o modelo de EEG disponíveis e o processamento de análise das ondas cerebrais captadas depende do *software* de cada fabricante. A captação e interpretação dos sinais do EEG portátil é possível, graças ao desenvolvimento de interface cérebro computador – BCI (*brain computer interface*):

O dispositivo BCI permite a conexão entre o cérebro humano e um computador. Este dispositivo captura e analisa sinais biológicos de EEG para usá-los para controlar dispositivos externos e medir métricas de desempenho [...] (STRMISKA, 2018, p.538)

A figura mostra como a interface cérebro computador – BCI capta e processa os sinais cerebrais:

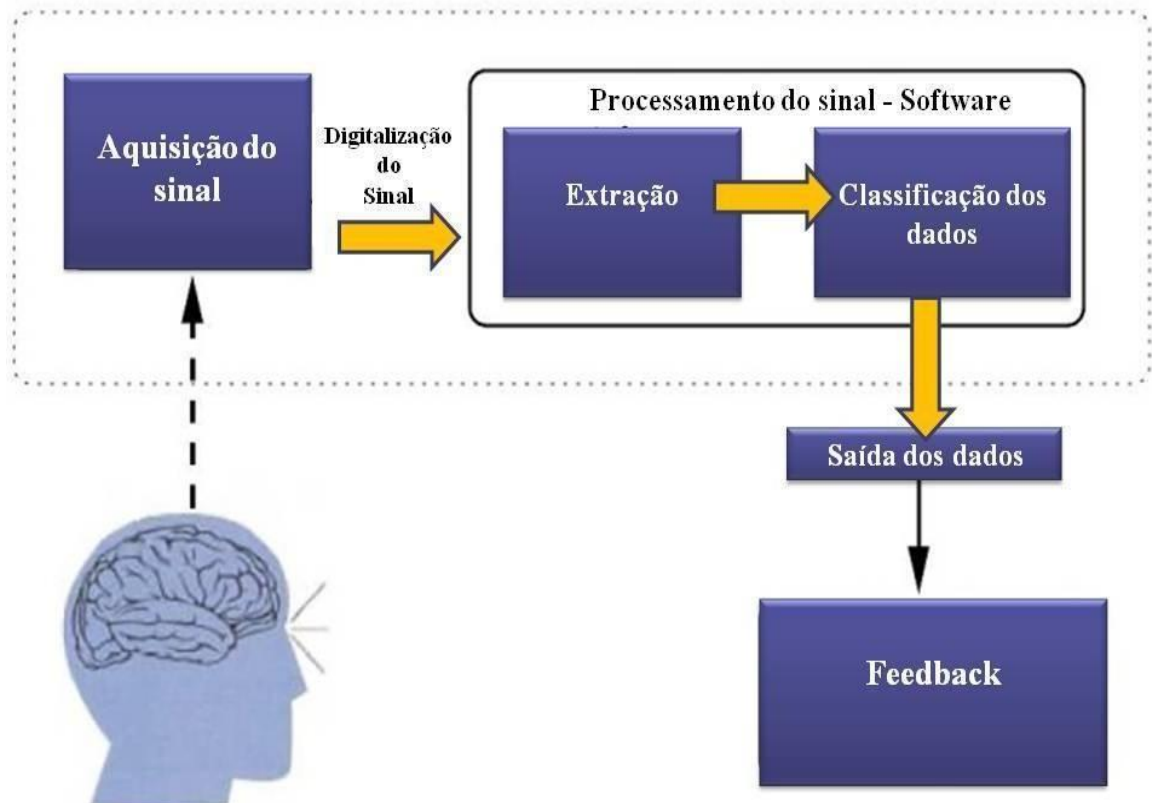






Figura 6. Diagrama do sistema BCI. Adaptado de STRMISKA (2018, p.538)

Atualmente vários modelos e marcas estão disponíveis no mercado, com diferentes propostas e formatos, principalmente dos *headsets* e quantidade de sensores. É possível mencionar o Mindwave da Neurosky, Emotiv EPOC X, Mindwave da Neurosky, Emotiv EPOC Flex e Emotiv Insight 2.0 como alguns dos mais utilizados em pesquisas educacionais. No Quadro 3 podemos ver alguns comparativos entre os diferentes modelos:

Quadro 3. Comparação entre alguns modelos de EEG portáteis disponíveis.
Fontes: <https://www.emotiv.com>; Instruction Manual NeuroSky Mindset, 2009

<i>Headset</i>	Marca/ Modelo	Contagem de sensores	Localização dos sensores	Vida útil da bateria	Resolução	Resposta de Frequência
	Emotiv EPOC X	14 +2	AF3, AF4, F3, F4, FC5, FC6, F7, F8, T7, T8, P7, P8, O1, O2	Até 9 h	14 bits ou 6 bits por canal	0,16 - 43Hz
	Mindwave da Neurosky	1	A1,FP1	Até 8 horas	14 bits	0,5- 40Hz
	Emotiv EPOC Flex	Até 32	Configurável em qualquer local 10-20	Até 9 horas	Limite de taxa de variação de 14 bits por canal 65µV/ amostra	0,16 - 43Hz
	Emotiv insight 2.0	5+2	AF3, AF4, T7, T8, Pz	Até 20 h	6 bits por canal	0,5 - 43Hz

Quanto à confiabilidade para pesquisas na educação, o EEG portátil tem-se mostrado adequado para o monitoramento de ondas elétricas cerebrais e as áreas específicas mobilizadas, sendo uma fonte confiável de captação e processamento de dados (TITGEMEYER, 2020).

O estudo de revisão tecnológica dos dispositivos de EEG portáteis para a pesquisa educacional demonstra que os dispositivos portáteis são seguros e confiáveis, recomendando a sua utilização em diversos níveis de ensino, na coleta e triangulação de dados de diferentes ferramentas de pesquisa (XU, 2018).

2.4 O PROCESSO DE APRENDIZAGEM: PIAGET E KOLB

À medida que o indivíduo cresce e entra em contato com o mundo, o aprendizado vai-se aprofundando cada vez mais, mudando comportamentos e estruturas mentais.

O estudo teve como base a associação das teorias da aprendizagem experiencial de Kolb e o processo epistemológico de Piaget. O processo de equilibração dos novos conhecimentos com as experiências anteriores e o processo de maturação com base na forma como o cérebro interpreta, processa e armazena as informações e a necessidade de experimentar, de construir o conhecimento e as habilidades são aspectos que contribuem como base teórica do estudo.

Para Piaget (2007) o desenvolvimento e a aprendizagem são conceitos diferenciados. O desenvolvimento ocorre em sequência cronológica que envolve várias estruturas: mental, motora e afetiva, e, à medida que a criança interage com os diferentes estímulos, estas estruturas amadurecem, dando suporte ao aprendizado. Piaget também considera o aprendizado uma ação intencional, onde o indivíduo tenta equilibrar um novo estímulo à sua estrutura cognitiva.

Na vida adulta, o cérebro e suas estruturas estão prontos para coletar, processar, interpretar e memorizar as informações. O desenvolvimento e funcionamento adequado das estruturas neuronais são essenciais para o desenvolvimento cognitivo.

Para Tarouco (2020) o processo de aprendizagem em laboratórios virtuais ocorre quando o aluno entra em contato e interage com os objetos, e na experimentação e resolução de problemas, o que resulta em necessidade de acomodar, equilibrar e assimilar novos conhecimentos, propostos na teoria de Piaget, e no processo cíclico de experimentação e contextualização de conceitos e situações-problema, presente no ciclo de aprendizagem de Kolb.

Segundo a teoria de Piaget, o processo de aprendizagem do cérebro é compreendido como a apropriação de novos patamares de conhecimento, que vão sendo construídos a partir da experiência do indivíduo com novas situações, interações, objetos e novos conhecimentos, que são comparados constantemente com as referências anteriores e em processo de construção constante:

O conhecimento, no entendimento de Jean Piaget, não está pré-determinado nas estruturas internas do sujeito, nem nas características do objeto, mas sim na interação que ocorre entre o sujeito e o objeto. Portanto, o

desenvolvimento do sujeito epistêmico possui uma dimensão social, e não apenas individual, na construção do conhecimento e do pensamento. (COGO, 2006, p.681)

Esse processo está conectado com a necessidade de interação dos indivíduos com o ambiente, que alavanca o processo de assimilação e equilíbrio do conhecimento e dos processos mentais, como mecanismo para processar as informações.

O desequilíbrio provocado pela interação com elementos externos precede a assimilação para a construção de novos patamares de referência. Para Tarouco (2020), o processo de assimilação enunciado por Piaget pode ser compreendido como um processo que abrange os sentidos e o movimento, capaz de analisar os diferentes estímulos do elemento externo:

A assimilação também é conhecida pela incorporação de um elemento exterior em um esquema sensório-motor ou conceitual, mesmo sendo ele um objeto ou até mesmo um acontecimento, e ocorre sempre que estes esquemas se relacionam. Quando se assimila algo, as características dos elementos assimilados são consideradas, chegando-se, assim, ao processo de acomodação, que acontece de forma diferente, pois são observadas as particularidades de cada objeto. (TAROUCO, 2020, p.50)

O papel do desequilíbrio é levar o indivíduo a outro patamar do conhecimento adquirido, pois desencadeia o processo de tentativas de constante superação do estado anterior e, neste sentido, a equilíbrio é um processo contínuo e progressivo, e fundamental para o desenvolvimento cognitivo (PIAGET, 1976).

A interação com objetos e situações capazes de fornecer *feedback* e provocar o desequilíbrio pode servir como base para o desenvolvimento de ambientes educacionais que ofereçam esta oportunidade. Simulações e jogos, bem como avaliações e *feedbacks* podem desencadear o processo contínuo de desequilíbrio e busca da equilíbrio.

O processo de equilíbrio, sob o ponto de vista da utilização de laboratórios virtuais no MVI, abrange a interação dos alunos com os objetos e situações capazes de desencadear a dúvida e o desequilíbrio, motivando a novas tentativas de busca de soluções e reequilíbrio, considerado como base para a experimentação.

Segundo Kolb a compreensão piagetiana do processo de aprendizagem é uma das bases da teoria experiencial, pois envolve o processo de interação ativa com o ambiente:

[...] a chave para a aprendizagem reside na interação mútua do processo de acomodação de conceitos ou esquemas à experiência no mundo e no processo de assimilação de eventos e experiências do mundo em conceitos e esquemas existentes. A aprendizagem ou, nos termos de Piaget, a adaptação inteligente resulta de uma tensão equilibrada entre esses dois processos. Quando os processos de acomodação dominam a assimilação, temos a imitação – a moldagem de si mesmo aos contornos ou restrições ambientais. Quando a assimilação predomina sobre a acomodação, temos o jogo – a imposição do próprio conceito e imagens sem levar em conta as realidades ambientais. O processo de crescimento cognitivo do concreto ao abstrato e do ativo ao reflexivo baseia-se nessa transição contínua entre assimilação e acomodação, ocorrendo em estágios sucessivos, cada um dos quais incorpora o que ocorreu antes em um novo nível superior de funcionamento cognitivo. (KOLB, 2015, p.34)

A teoria da aprendizagem experiencial de Kolb embasa a necessidade de perceber o conhecimento como um processo, construído e transformado por meio da experimentação e da interação com diferentes contextos. Sob a ótica da aprendizagem experiencial, “aprender é o processo pelo qual o conhecimento é criado através da transformação da experiência” (Kolb, 2015, p.49)

Para Kolb (2015) a aprendizagem ocorre em um ciclo de quatro etapas. Os quatro tipos de aprendizagem são representados por: Experiência Concreta (EC); Observação Reflexiva (OR); Conceituação Abstrata (CA); Experimentação ativa (EA), conforme pode ser verificado na Figura 7.



Figura 7. O Ciclo da aprendizagem experiencial de Kolb. Fonte: Adaptado de Kolb (2015)

O Quadro 4 descreve o que ocorre em cada um dos estágios do ciclo:

Quadro 4. A descrição dos estágios do ciclo de Kolb. Fonte: Adaptado de Kolb (2015)

Estágios do ciclo de Kolb	Descrição
Experiência Concreta (EC)	A aprendizagem ocorre por meio de situações práticas.
Observação Reflexiva (OR)	A aprendizagem ocorre por meio da observação e reflexão das situações-problema apresentadas.
Conceituação Abstrata (CA)	A aprendizagem ocorre pela assimilação e compreensão e estruturação lógica de um conceito, uma hipótese.
Experimentação ativa (EA)	A aprendizagem ocorre da aplicação do conhecimento assimilado e contextualizado para ser testado em novos cenários.

A cada avanço do ciclo, são necessárias a interação e combinação entre as quatro dimensões do desenvolvimento: a apreensão – que ocorre intuitivamente após a experimentação concreta; a intenção – que ocorre intencionalmente visando transformar o aprendizado; a compreensão – quando o indivíduo entende teorias, conceitos, símbolos; e a extensão, onde o indivíduo consegue aplicar o conhecimento adquirido e transformado internamente em outros contextos e situações (KOLB, 2015).

Segundo Tarouco (2020) o modelo do ciclo de aprendizagem proposto por Kolb possibilita a participação ativa do aluno, que, utilizando os seus recursos pessoais, compara e constrói novas perspectivas, a partir do que observa, reflete e compreende:

O estudante tem uma participação ativa, podendo acionar também suas experiências pessoais para resolver problemas a partir da compreensão intelectual de uma situação, o que lhe irá exigir um maior nível de abstração, pois demandará uma abordagem lógica e sistemática dos conceitos envolvidos. Ao exercer a experimentação ativa, terá a oportunidade de experimentar e mudar variáveis, podendo testá-las, levantar hipóteses e posteriormente realizar a verificação. (TAROUCO, 2020, p.56)

Para Kolb, cada indivíduo tem uma forma singular de aprender, que depende de seus traços genéticos e hereditários, sua condição sociocultural e da trajetória de vida. Estes

fatores presentes em cada pessoa funcionam como um filtro, uma lente que é muito pessoal e influencia a aprendizagem. Esse conjunto de habilidades é denominado por Kolb como “estilos de aprendizagem”, utilizados para cada situação de aprendizagem apresentada. Os estilos de aprendizagem são a marca de cada indivíduo em sua forma de experienciar e dar significado emocional à aprendizagem (KOLB, 2015).

Kolb sinaliza uma ponte para a compreensão neurológica do processo de aprendizagem, ao comentar os estudos de um parceiro de pesquisa na educação, James Zull. Longe de trazer uma visão reducionista sobre o assunto, os estudos de Zull contribuem para ampliar a percepção do impacto do processo educacional e da aprendizagem em modelar o cérebro e impactar na plasticidade neuronal de áreas específicas, fazendo um paralelo entre o ciclo de aprendizagem e as áreas cerebrais ativadas. Ao citar o trabalho de Zull em sua obra, Kolb consolida a experimentação como *sine qua non* ao processo de aprendizagem:

É dele (Zull) a ideia básica de que o conhecimento reside dentro redes de neurônios dentro do neocórtex, construídas através do aprendizado com a experiência. Em termos construtivistas, a aprendizagem é um processo que baseia-se na base da estrutura neuronal de cada indivíduo e, portanto, cada aluno é único e interpretará a experiência de maneira única. Aprender com a experiência resulta em modificação, crescimento e poda de neurônios, sinapses e redes neuronais; assim, **aprender muda fisicamente o cérebro, e educar é a arte de mudar o cérebro.** (KOLB 2017, p.88, grifo nosso)

A convergência das ideias de Kolb e Zull indicam a mobilização cerebral de determinadas áreas durante o ciclo de aprendizagem. No processo descrito por Zull e Kolb, a experiência concreta é percebida através do córtex sensorial, a observação reflexiva envolve o córtex integrativo na região posterior e a criação de novos conceitos abstratos ocorre no córtex integrativo frontal, ativando o cérebro motor. Para Zull, em outras palavras, o ciclo de aprendizagem surge da estrutura do cérebro (apud Kolb, 2017, p.88). A Figura 8 mostra o detalhamento da estrutura cerebral sendo envolvida pelo ciclo de aprendizagem de Kolb:

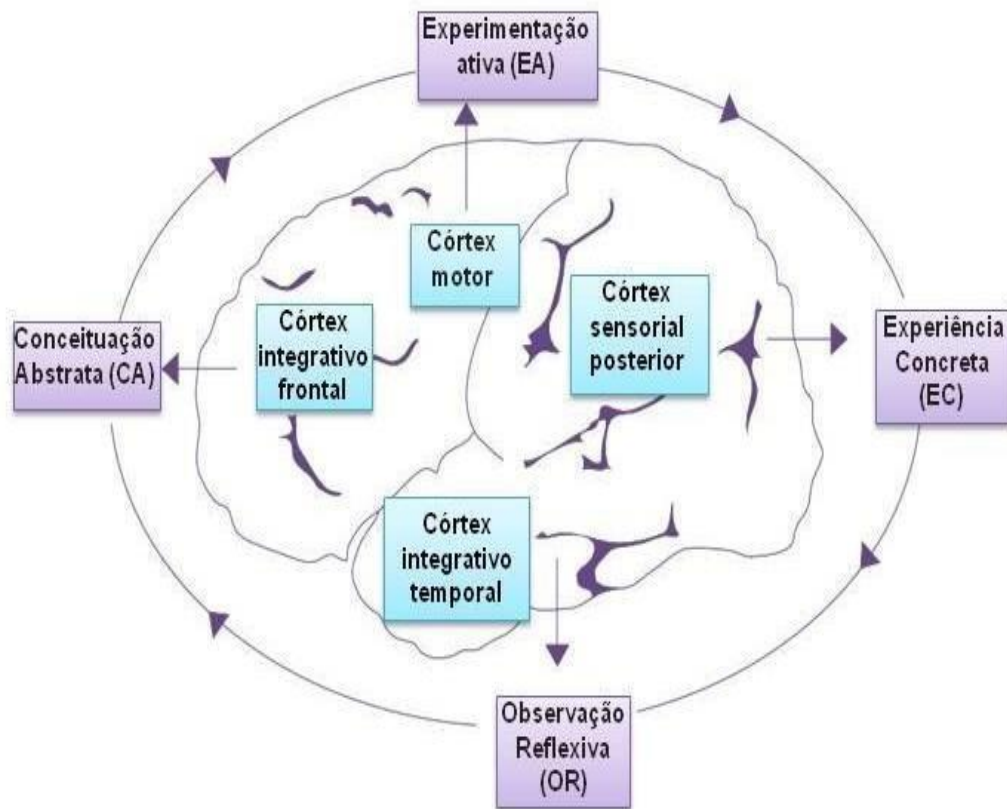


Figura 8. A ativação das áreas do córtex cerebral no ciclo de aprendizagem de Kolb segundo a proposta de Zull. Fonte: Adaptado de Kolb (2017, p. 89)

Os estímulos e informações do mundo exterior são captados pelos órgãos sensoriais e enviados ao córtex sensorial, que, em paralelo, envia a informação para a amígdala, que filtra a informação e a categoriza com base nas emoções que o estímulo desencadeia. Se for interpretada como situação desagradável ou ameaçadora, acarretará a ação instintiva de luta ou fuga. Para Kolb e Zull, os estímulos interpretados como ameaçadores pela amígdala podem desviar a atenção e prejudicar o processo de aprendizagem e, neste sentido, promover experiências positivas e sensorialmente enriquecedoras, contribuindo para o aprendizado (KOLB, 2017).

A ativação cerebral durante os estímulos recebidos pelo mundo externo é obtida pela significação da memória, quando a emoção faz parte do estímulo, impactando diretamente na qualidade da atenção e da memória de longa permanência:

A parte mais importante da formação da memória é sua ligação com a emoção. Para durar, a memória deve ter caminhos neuronais para estruturas emocionais, como a amígdala, o núcleo accumbens e o hipotálamo. A

emoção cria atenção e, se não prestarmos atenção a uma experiência, ela não será sentida. Experiências ricas, como aquelas que mudam e surpreendem ou usam todos os sentidos, são mais memoráveis (KOLB,2017, p.90, grifo nosso).

As estruturas cerebrais que fazem parte do ciclo de aprendizagem, mencionadas por Kolb e Kull, também são responsáveis por diversos mecanismos que podem facilitar a aprendizagem, como, por exemplo, estabelecendo a conexão entre a memória e o córtex integrador posterior. Para eles, **“A parte mais importante da formação da memória é sua ligação com a emoção”** (KOLB,2017, p. 90, grifo nosso).

Por outro lado, temos o córtex integrativo frontal, que é mobilizado na etapa da Conceituação Abstrata (CA), quando recorre à memória de curta duração para fazer inferências, comparações, julgamentos e tomada de decisão e, nesse processo, analisa, substitui ou descarta os pensamentos e informações para alcançar um determinado objetivo, preparando a resposta motora. Na etapa da Experimentação Ativa (EA), ocorre a finalização do ciclo de aprendizagem, com o processo da “grande transformação”, onde a experiência sensorial é transformada em experiência de ação, conforme a proposta de Kull, descrita por Kolb. Segundo Kolb, a transformação ocorre de duas formas: “do córtex sensorial para o córtex motor e a outra em torno do ciclo de aprendizagem através do córtex integrativo posterior (reflexivo) e frontal (pensante)” (KOLB, 2017, p.91).

Com base nos pressupostos de Piaget, Kolb e nas contribuições de Kull sobre o ciclo de aprendizagem de Kolb e estruturas cerebrais envolvidas, percebe-se que os laboratórios virtuais imersivos têm um grande potencial como ferramenta na aprendizagem de alunos das áreas da saúde no ensino superior.

2. 5 OS MUNDOS VIRTUAIS IMERSIVOS NA EDUCAÇÃO

O que são os Mundos Virtuais Imersivos e o que eles representam?

O Mundo Virtual Imersivo (MVI) é um espaço tridimensional, um ambiente gráfico, que representa um espaço físico, com simulação de gravidade, tempo, estações do ano, e até economia própria, permitindo ao usuário a modificação deste mundo. Nestes espaços virtuais, os usuários compartilham uma rede que tem a persistência e a sincronicidade de outras pessoas, que acessam e povoam o MV e têm a conexão facilitada por computadores em rede. Os usuários são representados digitalmente, constituindo o seu avatar, que permite o acesso e interação no MVI (BELL, 2008; SOTO, 2013; GRIOL, 2014).

O avatar é a representação digital dos usuários que acessam esses espaços tridimensionais, tendo forma, movimentos e capacidade de interação total com o MV e outros usuários. É o meio pelo qual o indivíduo “existe” no espaço virtual e está nele presente, interagindo, desenvolvendo diversas ações controladas por esse usuário que o criou (TAROUCO, 2020).

Nos países orientais com base religiosa hindu, a palavra “avatar”, derivada do sânscrito, refere-se a uma divindade espiritual e à sua representação corpórea na Terra, saindo do plano espiritual, para o plano material, que define várias vidas em diferentes reencarnações, conforme a crença hindu (SILVA, 2010). O termo “avatar” foi apropriado pelos jogos eletrônicos e, a seguir, pelos MVI. A metáfora do avatar descreve as múltiplas vidas de usuários de jogos digitais e sua representação digital, adicionada às possibilidades de uma vida paralela em um espaço tridimensional computacional.

Nestes ambientes, os avatares criam sua própria identidade visual, escolhendo o tipo físico e como gostariam de ser representados no MV. Podem também modificar o espaço físico, construir e interagir com objetos e outros usuários. O MV pode representar um local físico que já existe, pode criar um local imaginário, espaços e situações que virtualmente podem ser experimentadas pelo avatar com segurança e repetindo as situações e experiências, infinitamente (TAROUCO, 2020).

No Quadro 5, podemos ver as principais características presentes no MVI:

Quadro 5. As principais características do MVI. Adaptado de Choi (2011, p.2383)

REQUISITO/CATEGORIA	CARACTERÍSTICAS PRESENTES
RESOLUÇÃO DA REPRESENTAÇÃO COMPUTACIONAL	Realismo
	Movimentos dos objetos e avatares semelhantes ao real
	Representação gráfica do usuário – avatar
	<i>Feedback</i> com possibilidade de experiência cinestésica e tátil
INTERAÇÃO	Controle dos movimentos, visualização, navegação e controle dos objetos
	Possibilidade de comunicação verbal e não verbal do usuário
	Controle dos atributos e comportamento do ambiente
	Elaboração de <i>scripts</i> de comportamento de objetos construídos

O MVI possui características específicas, como os espaços compartilhados com múltiplos usuários, o que leva à interação em tempo real, socialização e atividades executadas em comum, e o *design* tridimensional, com a possibilidade de criação de objetos e novos espaços de acesso a usuários. Nestes espaços de interação, é possível desenvolver atividades educacionais, com uso de multimídia, de simulação e jogos, proporcionando aos usuários a diminuição do risco e ansiedade durante o processo de aprendizagem e, sob o ponto de vista da neuroeducação, ativar o processo cognitivo de forma mais efetiva, mobilizando estados mentais que promovam o significado positivo da experiência educacional. Sob esse prisma, vários autores referem o potencial de imersão do MVI, também conhecido como *flow* (CHOI, 2011; GRINBERG, 2014; GIRVAN, 2019; TAROUCO, 2020).

A teoria do fluxo foi proposta por Csikszentmihalyi em 1975, ao buscar compreender o significado do relato de imersão de pessoas desenvolvendo atividades mencionadas como prazerosas. O estado de fluxo ou imersivo está vinculado à perda da autopercepção, mas não do controle especificamente, e envolve a mobilização da atenção e obtenção de estados mentais de satisfação:

Flow significa um estado mental em que as pessoas se concentram completamente em uma atividade, com alto nível de excitação e satisfação. Quando as pessoas experimentam o estado de fluxo, suas percepções de estímulos ambientais tornam-se limitadas. Estímulos não correlacionados do ambiente são filtrados. Enquanto isso, as pessoas perdem a autopercepção. Em vez disso, eles apenas respondem ao alvo e ao feedback e têm sentimentos de controle sobre o ambiente. A teoria do fluxo também descreve como o estado mental de concentração completa leva à excitação e satisfação (HUANG, 2023, p.2)

Para Schmidt (2010), é fundamental que os docentes conheçam os mecanismos do *flow* e consigam elaborar atividades de ensino-aprendizagem que possam promover a imersibilidade. A autora também sugere a avaliação das áreas educacionais de maior imersão e estudos que possam abranger a capacidade de imersão de jovens e adultos no processo de aprendizagem.

Segundo o estudo de Huang (2023), o uso do ensino mediado pelo computador possibilita a imersão, o envolvimento emocional e a motivação e o engajamento dos alunos:

Ao se envolver em e-learning, por exemplo, um estado de fluxo pode aumentar o prazer da experiência de aprendizagem. Consequentemente, um aluno buscará a mesma experiência de aprendizagem no futuro, ativando uma motivação intrínseca para aprender (HUANG, 2023, p.2- 3)

Embora o MVI não tenha sido pensado ou desenvolvido com objetivo educacional, estudos neste sentido vêm sendo conduzidos no mundo inteiro, verificando o potencial de imersão existente para atividades de ensino-aprendizagem.

Podemos destacar o estudo exploratório de Girvan (2019), que utiliza o SL em atividades educacionais com 24 pós-graduandos, trazendo como um dos resultados a percepção de imersão dos participantes durante o processo de aprendizagem.

Dentre os principais MVIs desenvolvidos, estão: o *Active Worlds*, um dos pioneiros, criado em 1995; o *Second Life* (SL), que tem licença proprietária, assim como o *Sansar*; o *Open Simulator* (*OpenSim*); e o *Open Wonderland*, com licença gratuita e código aberto.

A evolução foi crescente, indicando o potencial dos MVs não apenas para o lazer, mas para o desenvolvimento de atividades educacionais. Um dos destaques seria o *Second Life* (SL), que permite a maior flexibilização e personalização do ambiente, cujos múltiplos recursos são privados e pagos, e por esse motivo abriu espaço para o desenvolvimento de outros MVs de código aberto, como o *OpenSim* e o *Open Wonderland*, possuindo algumas similaridades com o SL, mas mantendo a multiplataforma de código aberto.

Assim como o SL, o *OpenSim* e o *Open Wonderland* têm acesso e compartilhamento de múltiplos usuários, personalização do ambiente, modelagem gráfica de objetos 3D e interação com o ambiente, mas possibilitam criação e compartilhamento de objetos e *scripts* de forma livre (TAROUCO, 2020).

No desenvolvimento do LIASE foram utilizadas duas plataformas como MV: o *OpenSim*, para o desenvolvimento do primeiro protótipo, e o SL, para o desenvolvimento do protótipo testado pelos participantes do estudo. O Capítulo 3 fornecerá maiores detalhes sobre o processo de concepção do LIASE e da escolha dos MVs para o desenvolvimento.

A utilização do MVI para o ensino em saúde é relativamente recente.

Dentre os estudos realizados, está a revisão sistemática do uso de MVs, de LIAW (2018), especificamente aplicado à área da saúde, referindo 18 publicações com o foco educacional nesta área, relacionado, principalmente, aos cuidados em situações críticas e de urgência, como o suporte avançado de vida, estudos sobre o cuidado com pacientes com diversidades sociais e culturais e, finalmente, sobre estudos de caso de situações clínicas, voltados ao treinamento e tomada de decisão, tendo como pano de fundo a sala de aula ou o ambiente hospitalar, e a multiplataforma SL como MV. Das 18 publicações, apenas seis estudos informaram alguma teoria de aprendizagem como base do desenvolvimento do MV

educacional, demonstrando o quanto o referencial teórico é importante para possibilitar a avaliação do processo de aprendizagem e do planejamento das atividades a serem desenvolvidas no MV.

Dentre as teorias referidas pelos artigos, estão o aprendizado experiencial de Kolb, a teoria de simulação de Jeffries, a teoria de Brenner, o construtivismo e a aprendizagem reflexiva. A falta do referencial teórico definido, do tipo de atividades específicas e a limitação da avaliação apenas na opinião positiva ou negativa do aluno são fatores limitadores na consistência do uso do MV para a educação. Outro aspecto mencionado é a necessidade de financiamento para a manutenção e implementação dos MVs (LIAW, 2018).

Percebe-se que a potencialidade educacional dos MVs perpassa várias teorias educacionais, em destaque para as teorias que dão suporte a metodologias ativas como, por exemplo, a influência da teoria do aprendizado social de Bandura, com a interação entre os avatares; o aprendizado como uma experiência dentro de um contexto social e colaborativa de Vygotsky; a teoria de Lave da cognição situada, direcionando o aluno a usar no mundo real o conhecimento obtido no MV (GREEN, 2014).

2.5.1 Os simuladores virtuais para ensino e a biossegurança em enfermagem

A formação de recursos humanos em saúde é um dos aspectos cruciais para o desenvolvimento e implementação de políticas de saúde no Brasil. Da formação de médicos, enfermeiros, nutricionistas, fisioterapeutas e outros profissionais de nível superior e médio depende a população, tanto na assistência à saúde em instituições públicas, bem como em instituições privadas.

Desenvolver todo tipo de recurso e ferramenta para o ensino de Biossegurança e precauções universais e a respectiva mudança de comportamento esperada e necessária justificam-se, devido ao grande esforço continuado dos estabelecimentos de saúde para que os profissionais de saúde e enfermagem tenham adesão às precauções universais e às normas de Biossegurança.

Na grande maioria dos cursos de enfermagem, os estudantes desenvolvem os procedimentos no laboratório tradicional presencial, para o treinamento de práticas de enfermagem, e após receberem toda a parte teórica e conceitual das temáticas envolvidas. Este tipo de treinamento necessita de uma área física dedicada, com um grande número de alunos e oportunidade de tempo limitada para repetições devido ao número de equipamentos por aluno.

Neste sentido, há espaço para o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio para o aprendizado individualizado, como um laboratório virtual, visando proporcionar o contato com a técnica e a base teórica, possibilitando refazer, rever, errar, elaborar e mobilizar o cérebro para o aprendizado.

Alguns dos desafios para alunos e professores no processo de aprendizagem com laboratórios tradicionais são descritos no estudo de Tsai (2021):

Os professores não conseguem corrigir todos os erros dos alunos de forma eficaz ao mesmo tempo; (2) os alunos têm tempo e espaço limitados na sala de aula, de modo que as práticas podem não ser sustentáveis ou coerentes e os alunos podem esquecer as técnicas ao longo do tempo; e (3) os modelos de pacientes podem não parecer reais durante a prática. Além disso, durante a pandemia da COVID-19, as escolas podem precisar fechar e mudar para aulas online. (TSAI, 2021, p.1)

Para Yang (2018), o uso de simuladores virtuais promove um ambiente seguro para a prática das habilidades necessárias para alunos e profissionais, em contraposição com o ensino teórico e com a prática em laboratórios tradicionais. Os laboratórios tradicionais limitam o acesso dos alunos a situações reais de trabalho e a possibilidade para que desenvolvam a capacidade de diagnóstico clínico e de lidar com problemas sem restrições de espaço, tempo e lugar. Outro aspecto a ser considerado é a sensação de presença, sem a pressão do acerto e erro, mostrando-se como outra possibilidade que pode ser positiva para a saúde mental dos estudantes, onde os valores e aspectos éticos também devem estar presentes na comunicação e nos relacionamentos entre os avatares.

O uso de MVI para simular situações em saúde pode representar uma grande inovação no processo educacional e de capacitação de profissionais de saúde. O MVI surge como recurso potencial para a aprendizagem, estimulando diversos aspectos da cognição, além de contribuir para a construção de indivíduos autônomos, críticos, criativos, responsáveis, capazes de desenvolver atividades em cooperação e a resolução de problemas.

O processo de aprendizagem no laboratório construído em um Mundo Virtual pode dar suporte e segurança ao aluno para a incorporação de novos procedimentos que envolvem a Biossegurança, simulando situações, procedimentos e interação com conteúdos e objetos de aprendizagem. Pondera-se que essa proposta alinha-se à necessidade de repensar o processo de aprender e ensinar, numa perspectiva de tornar a construção do ensino-aprendizagem mais interativa para o aluno, promovendo a autonomia e respeitando o tempo de cada um na consolidação e aquisição de competências para a prática laboral. (MARTOS-

CABRERA, 2019; BOEIRA, 2019)

Devido às suas características de acessibilidade (não limitado pelo tempo ou lugar), flexibilidade (permite a integração, adaptável para qualquer currículo), escalabilidade (potencial para atender vários alunos simultaneamente), os MVIs podem contribuir para a educação na área da saúde.

Dessa forma, é possível perceber o imenso potencial dos MVs para a educação em saúde e para a enfermagem, com foco não apenas na personalização do aprendizado, mas também no treinamento em equipe, de estudantes em formação e profissionais já formados e que necessitam atualização continuada (LIAW, 2018).

O desenvolvimento de laboratórios virtuais em MVI surge, desta forma, dentre as várias alternativas que envolvem inovações tecnológicas no processo de ensino em Enfermagem.

Para Cardoza (2011), o uso da simulação virtual em atividades educacionais está relacionado a um mecanismo cerebral de recompensa e antecipação das ações, com possíveis conexões neuroquímicas com aumento de substâncias como a dopamina e adrenalina. Este tipo de resposta do cérebro aumenta a capacidade de resposta de risco na tomada de decisão. Quanto mais o cérebro é exposto ao estímulo que traz a recompensa, maior é o reforço das condições cognitivas de aprendizagem.

No ensino em enfermagem os avanços se evidenciam por meio da criação de ambientes de simulação com capacidade de imersão e contextualização dos conteúdos apreendidos, surgindo propostas de ensino em ambientes de realidade aumentada, realidade virtual e ambientes de aprendizagem em mundos virtuais (MCCALLUM, 2011; GREEN, 2014; TIFFANY, 2014; FENGFENG, 2016; LIAW, 2018; JAKL, 2020; TSAI, 2021; SHAH, 2021).

As mudanças das ferramentas e metodologias de ensino em enfermagem são apontadas como essenciais para o desenvolvimento de competências que auxiliem enfermeiros nos desafios do cuidado no século 21, com a capacidade de junção e contextualização da teoria e da prática, por meio de simulações clínicas que incluem a tecnologia como aliada nessa construção (WEEKS, 2017).

Há diferentes estudos que apontam as atividades de aprendizado simuladas como uma opção válida na formação em enfermagem e de outros profissionais de saúde. A mobilização cerebral, melhorando a resposta motivacional, a memória e a resolução de problemas, é o foco de muitas dessas pesquisas internacionais.

Para Murad (2017), as estratégias de simulação situacional em saúde auxiliam na memória associativa que faz parte da memória de longo prazo e que, por meio da rede neural, auxilia o indivíduo a estabelecer a relação do aprendizado em diferentes cenários reais e contextos de aplicação. Estudantes de enfermagem podem ser beneficiados com propostas educacionais que visem ativar os mecanismos de recompensa e memória de longo prazo.

Para Cardoza (2011) os mecanismos de recompensa são ativados, sugerindo que os ambientes de aprendizagem simulados levam à previsibilidade de erros e acertos. A dopamina e adrenalina mobilizadas podem ser ativadores neuronais e impulsionar a resposta preditiva dos alunos de enfermagem durante as experiências de simulação, desencadeando respostas internas exploratórias, de recompensa e de risco.

No estudo piloto de Tsai (2021) com 40 estudantes de graduação em enfermagem divididos em grupo controle e grupo experimental, foi verificado que o grupo experimental obteve melhores resultados no desempenho técnico que o grupo controle, sugerindo que a prática simulada com apoio da Realidade Virtual – RV pode dar maior suporte ao aluno no processo de aprendizagem de habilidades e conhecimentos técnicos, como a aspiração de vias aéreas superiores em pediatria, foco do estudo.

As ações de Biossegurança em saúde impactam diretamente sobre a segurança dos pacientes e do ambiente que os circunda, sendo, desta forma, um aprendizado essencial para todos os estudantes e profissionais de saúde. No momento atual, em que atravessamos uma pandemia da COVID-19, causada pelo novo Coronavírus 2 (SARS-CoV-2), essas ações estão no foco da mídia e das medidas de enfrentamento para toda a população e da formação de estudantes e qualificação dos profissionais da saúde.

Segundo Yang (2018) a tecnologia de realidade e laboratórios virtuais podem ser usados para simular cenários do mundo real de proteção ocupacional, como lavar as mãos, usar aventais, usar máscaras e luvas de proteção e simular as situações especiais em que sangue e fluidos corporais possam respingar nas roupas, na pele, mucosa ou feridas do operador no decorrer do diagnóstico, tratamento e operações de enfermagem, incluindo infusão, coleta de sangue e punção, para examinar e ajudar a melhorar os alunos. O processo de aprendizagem nos laboratórios virtuais mediado por imagens experimentais, animações realistas e uma variedade de materiais de vídeo e áudio pode incentivar e melhorar a autoaprendizagem, a motivação, a criatividade e o interesse dos alunos.

A higienização das mãos é uma das metas internacionais de segurança dos pacientes, proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como a principal medida de

prevenção de infecções, e ainda permanece como um desafio nos serviços de saúde pelas baixas taxas de adesão dos profissionais (WHO, 2006).

Desde o surgimento da COVID-19 as técnicas de higienização das mãos vêm sendo difundidas, diuturnamente, pelos meios de difusão da informação como a principal arma para evitar o contágio da população, junto com o isolamento social e o uso de máscaras faciais.

As práticas conhecidas como precauções padrão ou universais foram preconizadas e estabelecidas pelo *Centers for Disease Control and Prevention* com o objetivo de reduzir o risco de infecção e a exposição aos riscos ocupacionais inerentes às atividades de cuidado em saúde. As precauções se baseiam no princípio de que fluidos corporais (com exceção do suor) são responsáveis por transmitir doenças, sendo veículos de microrganismos patogênicos e, neste sentido, a higiene das mãos, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs), o isolamento de pessoas com doenças contagiosas, o cuidado com o lixo contaminado, principalmente dos materiais perfurocortantes, são algumas das ações indicadas, sendo adotadas mundialmente e regulamentadas por agências de vigilância em saúde de cada país (GARDNER, 1996).

Para estudantes de enfermagem e de outras áreas da saúde que prestam cuidados diretamente a pacientes, é fundamental o conhecimento da higienização correta das mãos e a sua periodicidade, bem como os conceitos científicos que embasam tal prática. Além da técnica correta, o hábito também deve ser criado. Concomitantemente, diferentes estratégias devem ser utilizadas para o ensino da higiene das mãos e das técnicas de Biossegurança, cabendo incluí-las nos diversos momentos de aprendizagem dos alunos. Isto quer dizer que aplicar os principais conceitos e procedimentos de Biossegurança demanda conhecer algumas técnicas em laboratório de práticas visando buscar a mudança de comportamento e a sensibilização (PORTO, 2016; SILVA, 2017).

A busca entre a conexão da aprendizagem e das atividades das áreas cerebrais tem sido alvo de vários estudos e, neste sentido, as alterações das ondas cerebrais que ocorrem durante o processo de aprendizagem monitoradas por meio de Eletroencefalograma portátil podem validar o Mundo Virtual Imersivo – MVI, como ferramenta de aprendizagem do processo de tomada de decisão e mobilização da atenção dos alunos (CARDOZA, 2011; SLOAN, 2016; MURAD, 2017; SPORTSMAN, 2018; ANDERSEN, 2019; NUNES, 2019).

3. A CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO LIASE

Durante o exercício da atividade docente, buscou-se o desafio das tecnologias aplicadas à educação nos cursos de enfermagem, nos diferentes níveis de formação. Esta jornada foi focada no desenvolvimento de objetos de aprendizagem capazes de auxiliar no processo de aprendizagem e, com este intuito, a especialização em Informática na Educação – CINTED/UFRGS foi concluída em 2005, tendo como objeto de estudo os quadrinhos digitais mediando o processo de aprendizagem de estudos de caso em enfermagem (CAETANO, 2005).

Esse estudo nos levou para o desafio seguinte, em 2004, no mestrado em Enfermagem da Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo, quando a temática de tomada de decisão em enfermagem foi o foco do desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem, com várias possibilidades de mediação pelas tecnologias no processo de aprendizagem, como o hipertexto, o editor de texto coletivo e a inclusão dos quadrinhos digitais (CAETANO, 2006).

A partir daí, seguimos incorporando cada vez mais as tecnologias nas atividades docentes, buscando compreender os mecanismos do processo de ensino-aprendizagem em enfermagem.

Na base da questão, estavam diversos questionamentos sobre o ensino-aprendizagem em enfermagem, tendo em vista a resistência de muitas frentes sobre a efetividade da mediação tecnológica no ensino em saúde, e, em 2018, ingressamos no programa de doutorado do PPGIE/UFRGS, buscando novos desafios e soluções.

O desenvolvimento do Mundo Virtual Imersivo (MVI) LIASE teve início em 2019 e foi o resultado das disciplinas de doutorado “laboratórios virtuais e aprendizagem experiencial” e “projeto e implementação de laboratórios virtuais”, ministradas pela Profa. Dra. Liane Margarida Rockenbach Tarouco. Foi nesta disciplina, cujo foco é o desenvolvimento e aplicabilidade do MVI na educação, que tivemos contato com a plataforma OpenSim, desenvolvendo o primeiro protótipo.

Ao buscarmos uma temática específica para o protótipo desenvolvido no OpenSim, a mente em turbilhão fez uma retrospectiva das dificuldades experienciadas como docente, para desenvolver aulas práticas e simulações em laboratórios presenciais; no desafio dos alunos, em se apropriarem de novas habilidades e comportamentos que fazem parte do

mundo hospitalar, e no desafio das instituições que recebem os alunos em suas dependências, ainda não familiarizados com os comportamentos necessários para evitar infecções e garantir o cuidado seguro.

Com a percepção do potencial do MVI para a educação, buscou-se ouvir os pares, sobre a possibilidade do desenvolvimento de um laboratório virtual de biossegurança, com base na hipótese de que a ferramenta pudesse auxiliar efetivamente no processo ensino-aprendizagem.

Durante este processo, houve questionamentos e dúvidas.

A resposta, no entanto, veio de algumas alunas do curso de graduação em enfermagem que, ao ouvirem a proposta em uma reunião de grupo de pesquisa, referiram a importância de existir um espaço de acesso irrestrito e seguro, onde o aprendizado ocorresse sem a ansiedade de cometer erros, como quando em um ambiente real.

Percebeu-se que o caminho escolhido fazia “sentido” para as alunas em seu processo de aprendizagem e, a partir desta constatação, houve a definição da temática, a elaboração dos objetivos educacionais, seguidas da idealização de um “roteiro de aprendizagem” (caminho a ser seguido pelo aluno), direcionando as principais ações relacionadas à Biossegurança, necessárias no ambiente hospitalar e cuidado ao paciente, com foco na segurança e diminuição de riscos de infecção.

A elaboração do “roteiro de aprendizagem” envolveu a pesquisa dos conteúdos, vídeos e aplicativos para interagir no mundo virtual. Iniciou-se, a seguir, a fase de criação das “estações de aprendizagem”, isto é, os locais específicos onde ocorrem determinados eventos e objetos de aprendizagem acessados pelo aluno. O desenvolvimento das estações de aprendizagem incluiu a criação de objetos, *scripts* e o uso de *softwares* específicos para cada momento.

O desenvolvimento do LIASE e o monitoramento do processo de aprendizagem, por meio do EEG, são o foco deste estudo. A possibilidade efetiva de aprendizado mediado pelo MVI, ao verificar as áreas cerebrais mobilizadas, tornou-se uma das hipóteses que nortearam o estudo desde o princípio do projeto.

Sendo assim, por questões técnicas de gravação da atividade elétrica captada pelo EEG, o tempo despendido durante o acesso às estações de aprendizagem não poderia exceder os 45 minutos.

No final de 2019, o primeiro protótipo do Laboratório Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem – LASE foi desenvolvido utilizando o MV *Open Simulator*

(*OpenSim*) para a criação de todo o espaço de aprendizagem. Teve como base teórica o aprendizado experiencial de Kolb, com objetivo de possibilitar o aprendizado de temáticas de Biossegurança a partir da exposição aos conceitos e ações necessárias, como, por exemplo, a higiene das mãos, o uso dos equipamentos de segurança e o manejo do resíduo hospitalar, além de contextualizar a normatização e ações de Biossegurança no cuidado ao paciente em diferentes situações.

No início de 2020, a pandemia da COVID-19 assumiu proporções globais e consequências mortais para a humanidade. Neste cenário, as normas de Biossegurança nunca foram tão importantes e ficou evidente o grande potencial do LIASE como ferramenta de aprendizagem na saúde.

Após a qualificação do projeto, no final de 2020, e considerando as sugestões da banca, observou-se a necessidade de alterar o primeiro protótipo. A inserção de jogos interativos e a inserção de conteúdos relacionados às alterações das normas sanitárias e de biossegurança provocadas pelo cenário se impuseram para o desenvolvimento do segundo protótipo. Antes, porém, o desenvolvimento do LIASE em sua primeira versão foi publicado (CARDOSO, 2021).

A segunda versão do LIASE foi desenvolvida tendo como base a sua primeira versão, mas em outra plataforma, o SL, pois o acesso *online* do LIASE no servidor da universidade foi interrompido com a finalização do projeto AVATAR (TAROUCO, 2020).

Durante o desenvolvimento do LIASE no OpenSim ocorreu a aproximação da comunidade do SL e, a partir daí, surgiu a possibilidade da instalação do LIASE no SL.

Diferente do OpenSim, o SL tem licença proprietária e limite para criação de objetos e de ocupação dos terrenos. A mudança de plataforma ocorreu com o convite para ocuparmos um espaço em uma ilha do SL pertencente a uma universidade portuguesa.

O segundo protótipo do LIASE foi desenvolvido nesse espaço compartilhado, onde cada um dos prédios existentes homenageia arquitetos portugueses. O prédio do LIASE homenageia o arquiteto Oscar Niemeyer, ao inspirar-se no Museu Oscar Niemeyer, localizado na cidade de Curitiba, conhecido como o “museu do olho”, escolha proposital, se compararmos o LIASE como um olhar para o futuro.

A Figura 9 mostra o Museu Oscar Niemeyer, que inspirou o projeto:



Figura 9. Museu Oscar Niemeyer, o “museu do olho”. Fonte: foto de Nani Góis <https://celere-ce.com.br/grandes-obras-da-engenharia/museu-oscar-niemeyer/>.

O protótipo foi desenvolvido ao longo de 2022 e acessado pelos participantes em agosto e setembro, após a autorização do CEP e o atendimento a todas as determinações sanitárias para a coleta de dados.

4. METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

É um estudo qualitativo-quantitativo, de cunho exploratório e experimental de um MV piloto, desenvolvido para avaliar o processo de aprendizagem de alunos do curso de graduação em enfermagem que voluntariamente participaram da pesquisa. Os alunos tiveram as ondas e as métricas de desempenho cerebral (Engajamento, Excitação e entusiasmo, Foco, Interesse, Relaxamento e Estresse) monitoradas pelo EEG durante o processo de utilização do MV LIASE.

Para Minayo (p. 22, 1994) “a diferença entre qualitativo e quantitativo é de natureza. Enquanto cientistas sociais que trabalham com estatística apreendem dos fenômenos apenas a região ‘visível, ecológica, morfológica e concreta’, a abordagem qualitativa aprofunda-se no mundo dos significados das ações e relação humanas, um lado não perceptível e não captável em equações, médias e estatísticas. O conjunto de dados quantitativos e qualitativos, porém, não se opõe. Ao contrário, se complementam, pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia”.

Segundo Marconi e Lakatos (2003) as pesquisas exploratórias têm por objetivo a “formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com o fato ou fenômeno, para realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos”.

Quanto aos procedimentos técnicos, o estudo utilizou-se da triangulação de diferentes instrumentos de coleta do processo de aprendizagem dos participantes (observação, monitoramento da atividade cerebral, questionário), possibilitando maior compreensão sobre o fenômeno estudado.

A triangulação é definida por Flick (2013) como uma forma de encarar um tema de pesquisa a partir de duas perspectivas, no mínimo, em condições de igualdade e visando ampliar o conhecimento que uma abordagem única poderia proporcionar.

Para Flick (2013), a triangulação em um estudo pode possibilitar possíveis convergências de resultados, confirmando total ou parcialmente os dados obtidos; a complementação, com diferentes dados complementando-se e permitindo uma visão mais ampla do fenômeno estudado pelo pesquisador; e finalmente a divergência ou contradição, onde os dados coletados diferem, sugerindo a necessidade de novo estudo para esclarecimento.

No presente estudo, a pesquisadora participou de todas as etapas da pesquisa que

envolveram o planejamento e desenvolvimento de um protótipo educacional (LIASE), os procedimentos de coleta e análise de dados.

O LIASE foi desenvolvido com o roteiro de aprendizagem com vários momentos intuitivos de interação aluno-máquina. Durante o processo de aprendizagem, o participante teve total controle e pôde interromper caso tivesse dúvidas, avançar ou retroceder no roteiro.

Além de monitorar as ondas cerebrais e a métrica de desempenho do participante pelo EEG durante o uso do LIASE, a pesquisadora fez a observação das interações do avatar do participante no MVI e o instrumento de avaliação do processo foi preenchido pelo participante virtualmente no LIASE, antes de deixar o roteiro de aprendizagem.

A métrica de desempenho dos participantes foi gravada individualmente, tendo sido realizados o cruzamento com os momentos de interação no LIASE e a avaliação do processo de aprendizagem pelo participante no instrumento disponível no MVI. Os resultados deste estudo são a análise da métrica de desempenho individual, observação do processo de aprendizagem pela pesquisadora e avaliação do processo de aprendizagem pelo participante.

4.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa foram os estudantes de graduação em enfermagem de uma universidade pública de Porto Alegre/RS, oficialmente matriculados no curso. A amostra aleatória para este estudo foi composta por 17 participantes voluntários. A escolha dos sujeitos da pesquisa ocorreu devido à temática proposta do LIASE fazer parte do currículo do curso de graduação, fundamental na formação de enfermeiros em todo o curso.

Os critérios de exclusão foram doença neurológica prévia, uso de medicamento psicoativo contínuo ou prévio à coleta de dados, uso de álcool ou drogas costumeiro e prévio à coleta, verificados durante a entrevista antes da coleta.

Cabe destacar que o tamanho da amostra se baseou no número de equipamentos para o monitoramento do EEG (um equipamento) e no acesso restrito aos participantes devido à pandemia.

Todos os protocolos sanitários foram observados, seguindo a determinação da comissão COVID da universidade, e os procedimentos utilizados nesta pesquisa obedecem aos critérios de ética na pesquisa com seres humanos, conforme a Resolução nº 466/2012 e Resolução nº 510/ 2016, CAAE 57500622.3.0000.5347, Parecer 5.444.723.

Os dados brutos do monitoramento do EEG dos participantes serão armazenados pela pesquisadora durante cinco anos em arquivo eletrônico com acesso por senha.

4.3 PROCEDIMENTOS

4.3.1 O EMOTIV Insight 2.0

Neste estudo, o equipamento utilizado para monitorar a atividade cerebral dos participantes foi o EMOTIV PRO Insight 2.0 – 5 Canais *Mobile Brainwear* e a sua escolha levou em consideração os seguintes critérios:

- Equipamento portátil, comunicação *bluetooth* e pareamento com o computador e cinco canais: AF3, AF4, T7, T8, Pz;
- Compatibilidade com os sistemas versão Windows e Android;
- Sensores de polímero semisseco hidrofílico gomoso com melhor penetração no cabelo e contato com o couro cabeludo;
- Dados em tempo real e algoritmo de análise das métricas de desempenho disponíveis no modelo de equipamento utilizado: *Excitement, Engagement, Relaxation, Interest, Stress, Focus* (Entusiasmo, Engajamento, Relaxamento, Interesse, Estresse, Foco);
- Os sinais podem ser brutos e espectro de potência do EEG na forma de ondas cerebrais (alpha, beta, gama, delta e theta), atualizados pelo algoritmo do sistema a cada 10 segundos;
- Vida útil da bateria de até 20 horas com uma única carga;
- A qualidade do sinal está vinculada com a eletricidade, o ruído, interferência de outros equipamentos e, principalmente, da estabilidade da Internet sem fio.

As Figuras 10 e 11 mostram o *headset* do EMOTIV Insight 2.0 e os sensores com os cinco canais e o posicionamento de cada sensor:



Figura 10. O *Headset* do EMOTIV Insight 2.0. Fonte: Gitbook-Manual Emotiv. Disponível em <https://emotiv.gitbook.io/insight-manual/>

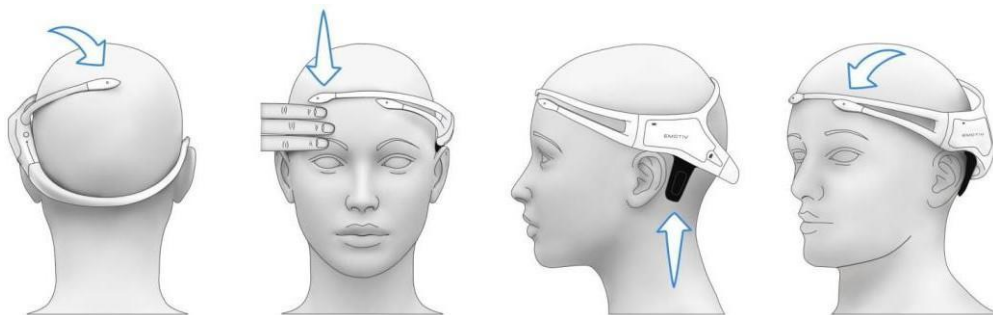


Figura 11. O posicionamento dos sensores do *headset* do Emotiv. Fonte: Gitbook-Manual Emotiv Pro. Disponível em <https://emotiv.gitbook.io/insight-manual/>

O Emotiv utiliza o *software* Brain Computer Interfaces (BCI), que é um aplicativo de *desktop* para Mac e Windows que permite visualizar e treinar os fluxos de dados do EMOTIV durante o monitoramento da atividade cerebral. Os fluxos de dados envolvem os comandos mentais e as métricas de desempenho, que permitem um controle passivo e contínuo com base em seu estado cognitivo, em tempo real do participante. (Manual EmotivPro, 2022)

Os dados de Métricas de Desempenho são exibidos no aplicativo em um eixo dimensionado de 0 a 100. O gráfico mostra dados históricos, isto é, a mensuração temporal da métrica durante a atividade, enquanto o número do lado esquerdo mostra o valor atual de cada métrica, conforme a Figura 12 a seguir:

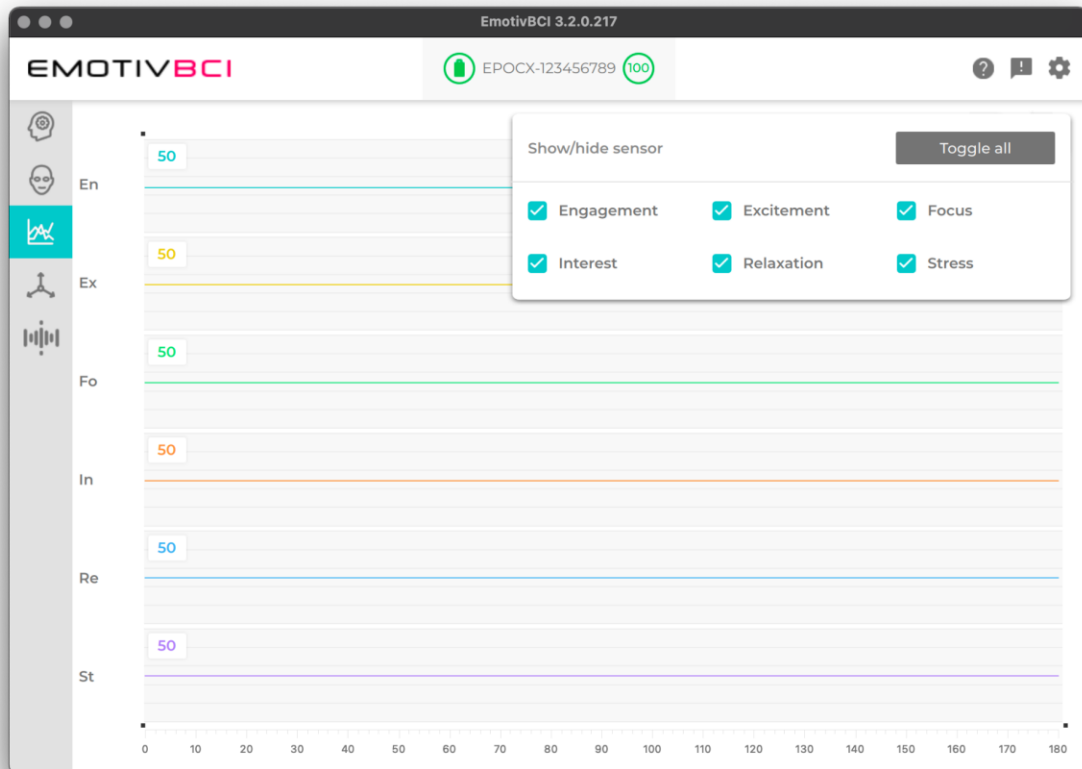


Figura 12. Gráfico demonstrativo das seis métricas de desempenho verificadas: Engajamento, Excitação e entusiasmo, Foco, Interesse, Relaxamento e Estresse. Fonte: <https://emotiv.gitbook.io/emotivpro-v3/data-streams/performance-metrics>

As variáveis de monitoramento cerebral foram as métricas de desempenho dos participantes durante a utilização do LIASE. A utilização do Emotiv na quantificação dos sinais neurais ocorreu graças à possibilidade de uso em ambiente não invasivo, não hospitalar, no qual o meio não foi um fator de influência nos dados analisados.

Segundo Wang (2013), é possível analisar a carga de trabalho no acesso à memória a partir de dispositivos EEG sem fio com o Emotiv, demonstrando, assim, a possibilidade analisar dados com o uso de técnicas de reconhecimento em tempo real, para monitoramento e identificação dos níveis de carga mental, em uma ampla variedade de atividades cognitivas. A partir da biblioteca do Emotiv e do algoritmo de análise dos dados obtidos, ocorre o pré- processamento dos sinais na quantização das métricas de desempenho ou estados mentais cognitivos.

4.3.2 A Plataforma de MVI e o Inventário de Motivação Intrínseca

A escolha da plataforma para desenvolvimento de MVI para o LIASE no primeiro protótipo ocorreu pela facilidade de desenvolvimento da proposta educacional e a gratuidade do *software* – o OpenSim. A acessibilidade foi um requisito considerado para o desenvolvimento do segundo protótipo, o que levou a pesquisadora a desenvolver o LIASE no Second Life em um espaço virtual cedido por uma universidade portuguesa, em uma ilha virtual no MVI.

A avaliação psicométrica foi realizada por meio do Inventário de Motivação Intrínseca – Intrinsic Motivation Inventory – IMI (MCAULEY,1989).

Segundo o Centro para a Teoria da Autodeterminação – CSDT, o IMI tem como base a miniteoria da avaliação cognitiva, avaliando a motivação intrínseca em estudos experimentais em várias áreas, como a educacional. O instrumento consiste em um dispositivo que mensura a experiência subjetiva dos participantes em relação a uma atividade-alvo, tendo como foco a avaliação do interesse/prazer dos participantes, competência percebida, esforço, valor/utilidade, pressão e tensão sentidas e a escolha percebida durante a realização de uma determinada atividade (CSDT, 2022).

Para o presente estudo, foi utilizada uma versão reduzida do IMI proposto por Preuss (2021), adaptado para as atividades com o LIASE, cujas questões estão descritas no Apêndice C. As respostas foram baseadas na escala Likert com cinco opções, variando de “discordo plenamente” (1) até “concordo plenamente” (5).

As questões propostas no IMI são agrupadas de acordo com os seguintes aspectos: competência percebida, interesse e satisfação, esforço, pressão e tensão e utilidade. Foram acrescentadas questões abertas opcionais (23, 24, 25, 26 e 27):

23.Fazer atividades pode ser útil para:

24.O que foi mais difícil para mim no desenvolvimento da atividade foi:

25.O que foi mais fácil para mim no desenvolvimento da atividade foi:

26.O que senti falta no desenvolvimento da atividade foi:

E finalmente:

27.Comentários (opcional):

4.3.3 Etapa 1 - Desenvolvimento do LIASE

O estudo teve duas etapas de execução. A primeira etapa envolveu o levantamento dos principais tópicos da temática de Biossegurança, necessária para a formação de alunos de graduação em enfermagem.

Foi desenvolvido o LIASE, laboratório virtual em um MV, e todo o cenário do laboratório e organização do conteúdo didático. Após o desenvolvimento do Laboratório Piloto, um pré-teste com uma pequena amostra de alunos foi planejado para o aperfeiçoamento e alterações necessárias, mas não concluído devido à pandemia e à impossibilidade de coleta presencial.

Durante o período da pandemia, a segunda versão do protótipo do LIASE foi desenvolvida enquanto eram aguardadas a autorização do Comitê de Ética em Pesquisa e a reabertura da universidade para as atividades estudantis presenciais, possibilitando a coleta de dados presenciais. A Figura 13 mostra o fluxo da primeira etapa:

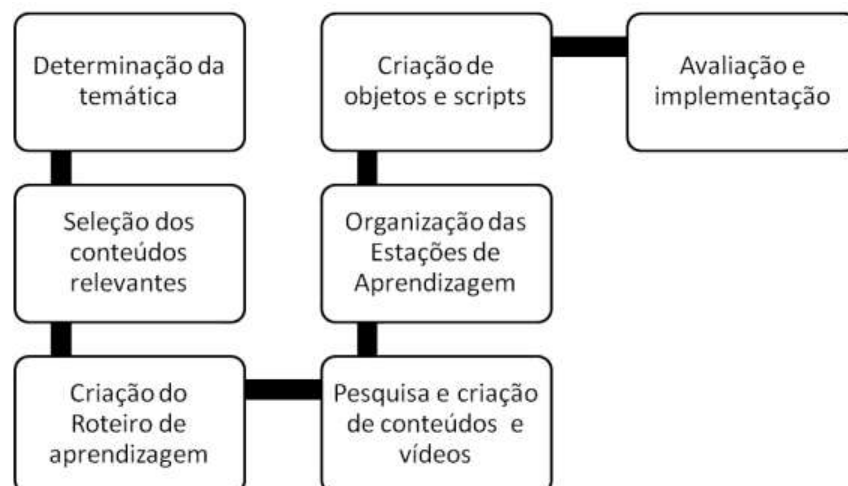


Figura 13. Etapa 1: Fluxo de Planejamento do Laboratório Virtual de Biossegurança. (Fonte: Autora)

4.3.4 Etapa 2 - Avaliação do LIASE

A segunda etapa inclui a avaliação do MV produzida pelo público-alvo e a verificação da apreensão do aprendizado por meio do EEG, conforme as variáveis definidas: Entusiasmo, Engajamento, Relaxamento, Interesse, Estresse, Foco.

A divulgação do estudo e o convite aos participantes ocorreram por meio de formulário digital enviado por *e-mail* à secretaria da unidade.

Apesar de várias tentativas de recrutamento através de mensagem eletrônica durante o período de um mês, não houve retorno de participantes para a pesquisa, o que levou a pesquisadora a solicitar à comissão de graduação o acesso às salas de aula, para o convite presencial aos alunos. As turmas a que a pesquisadora teve acesso, após a autorização da comissão, contato e autorização dos professores, foram dos alunos do 2º semestre, 4º semestre e 8º semestre.

Com o acesso aos estudantes, foi possível organizar um cronograma e agendamento de coleta, seguindo as normas e protocolos da COVID-19, com data e horário previamente agendados.

A coleta ocorreu em uma sala reservada no CINTED-UFRGS, no período de julho, agosto e setembro de 2022.

O participante compareceu no horário previamente agendado, foi entrevistado conforme instrumento (Apêndice B) e, ao atender aos critérios de inclusão, passou a fazer parte do estudo e acessou o roteiro de aprendizagem do LIASE.

A identidade e os dados pessoais dos participantes foram protegidos por código de identificação numérico e, na sequência, foi feita a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice A) e respondidas as dúvidas que porventura externassem.

O acesso do participante ao LIASE ocorreu em sala exclusiva, em computador individual, com fones de ouvido para captação do áudio necessário para a atividade proposta. O MVI também foi projetado em uma tela, para que ficasse mais fácil tanto para o participante visualizar o MVI, quanto para a pesquisadora observar a interação do participante com o MVI.

Após a entrevista, leitura do TCLE, ressarcimento do valor do transporte até o local da coleta, os celulares e as luzes foram desligados e o participante sentou-se confortavelmente em frente ao computador que dava acesso ao LIASE. Foi explicado ao participante como seriam os procedimentos de coleta e o manejo dos comandos para movimentação do avatar.

Os eletrodos foram posicionados no couro cabeludo do participante, utilizando solução salina própria como indutor dos sinais elétricos do cérebro. Um fone de ouvido foi posicionado no participante para que pudesse ouvir os sons durante o acesso ao roteiro de aprendizagem.

A pesquisadora optou por um avatar “genérico” devido às dificuldades de acesso aos participantes e ao tempo exíguo de coleta. Desta forma, o participante não necessitou inserir seus dados de acesso na plataforma, tendo o acesso já liberado.

Após o posicionamento dos sensores do EEG, o participante ambientou-se na parte inferior do LIASE, clicando nos objetos, experimentando os comandos e tirando dúvidas eventuais. Neste ínterim, a pesquisadora pôde verificar a qualidade do sinal de EEG e eventualmente fez ajustes no *headset*. Ao sinalizar que já estava pronto para iniciar a atividade, o participante foi orientado para posicionar o avatar frente ao elevador virtual, subir ao primeiro andar e aguardar o processo de calibração automático do Emotive, antes iniciar a gravação da atividade cerebral.

Após a calibração, começavam a gravação e o acesso ao roteiro de aprendizagem do LIASE – Laboratório Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem: Módulo Biossegurança era iniciado. Durante todo o percurso, o participante era observado pela pesquisadora, que registrava as interações com o LIASE.

Ao finalizar todo o roteiro de aprendizagem proposto, o aluno foi encaminhado para uma área de avaliação do LIASE dentro do MV. Ao concluir o preenchimento do Inventário de Motivação Intrínseca – IMI, eram finalizadas a coleta e a gravação e o participante saía do roteiro de aprendizagem, descia pelo elevador ao térreo, saía do prédio virtual do laboratório e, finalmente, eram retirados os eletrodos da cabeça do participante e a coleta estava concluída.

A avaliação dos sinais captados foi realizada pelo programa do Emotiv Pro, que, por meio de sua biblioteca e algoritmos, permite o processamento dos sinais captados, sua quantificação em área cerebral estimulada em relação ao Entusiasmo, Engajamento, Relaxamento, Interesse, Estresse, Foco. As áreas são identificadas e organizadas em arquivos da biblioteca do *software* do EMOTIV Pro, disponibilizando os dados individuais para análise, que correspondem às métricas de desempenho sinalizadas pelo programa, durante a captação dos sinais.

A Etapa 2 pode ser observada resumidamente na Figura 14:

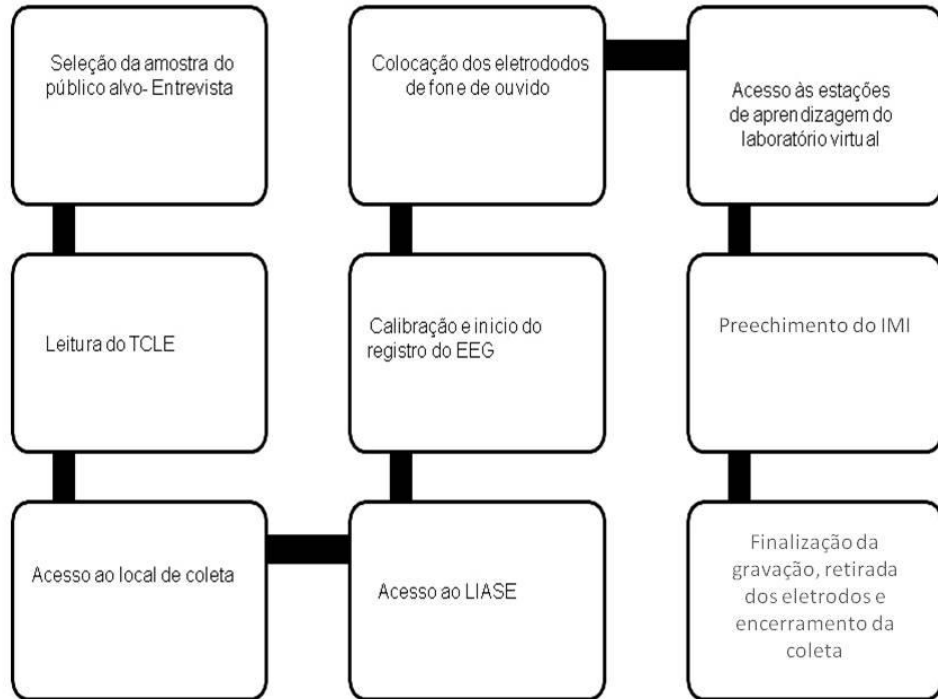


Figura 14. Etapa 2, Protocolo de coleta de dados. Fonte: a autora.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LIASE - PROTÓTIPO 1

Como resultado deste estudo, foi desenvolvido o LIASE – Laboratório Imersivo de Aprendizagem em Saúde e Enfermagem: Módulo de Biossegurança em Saúde, contendo cinco estações de aprendizado. O protótipo foi desenvolvido com a plataforma OpenSim com a seguinte configuração: cinco estações de aprendizagem, autoavaliação e um sarau cultural.

O roteiro de aprendizagem pode ser verificado na Figura 15, a seguir:

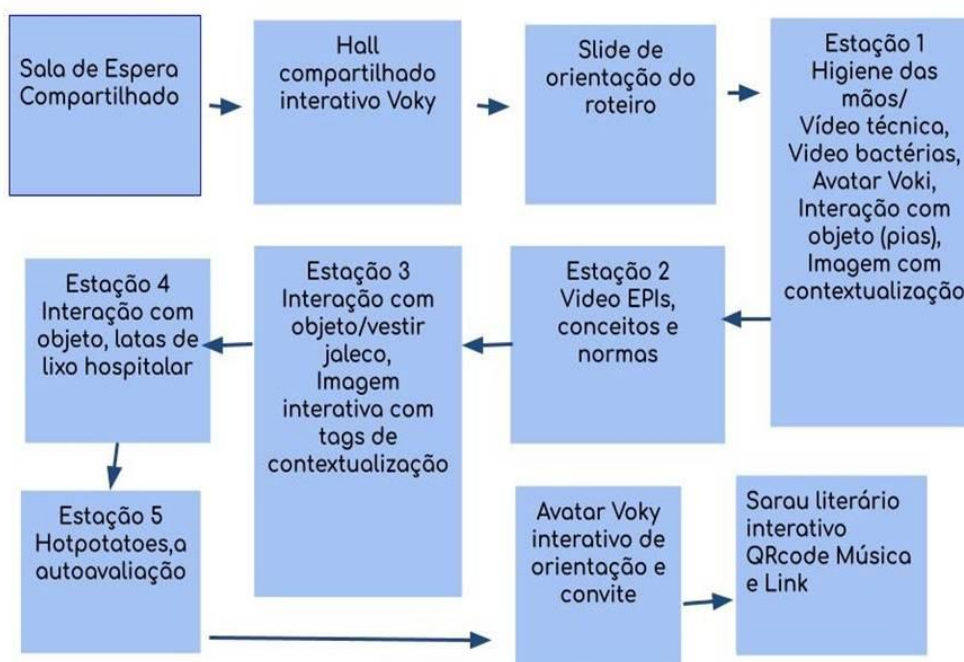


Figura 15. O Roteiro de aprendizagem do primeiro protótipo do LIASE e os programas utilizados nas diferentes estações. Fonte: a autora.

Após a entrada no prédio do LIASE, o avatar acessa o roteiro de aprendizagem disponível na entrada e clica em um avatar Voki, que apresenta o LIASE e seus objetivos.

A vista panorâmica da ilha onde se encontra o LIASE e a entrada no prédio em que foi desenvolvido no OpenSim podem ser observadas nas Figuras 16 e 17:



Figura 16. A entrada do LIASE desenvolvido na plataforma OpenSim. Fonte: a autora.



Figura 17. Vista do LIASE no OpenSim. Fonte: a autora.

A primeira estação a ser acessada é sobre a higiene das mãos. Na Estação 1, o avatar tem contato com o aspecto mais fundamental e básico da Biossegurança em saúde, que é a higiene das mãos correta.

Na estação 1, o ciclo de Kolb se apresenta no desenvolvimento das seguintes atividades:

- Experiência Concreta – A experiência da higienização das mãos, por meio de um vídeo com o passo a passo dos movimentos corretos.
- Observação Reflexiva e Conceitualização – A reflexão da experiência ocorre ao ter acesso a outro vídeo, que questiona o que ocorre quando não lavamos as mãos ou não o fazemos de forma adequada. A partir desse momento da “caminhada” de aprendizagem, o avatar inicia o processo das bases científicas de assepsia, higiene, limpeza, micro-organismos e seu risco para o ambiente hospitalar.
- Experimentação e contextualização – Ocorre a interação com o avatar motivacional, que convida o aluno ao conjunto de lavatórios “automáticos” com *script* que percebe a presença do avatar e simula a saída de água. Após simular a higiene no lavatório, o aluno vai contextualizar a experiência, ao verificar todas as situações em que é necessária a higienização das mãos, ao entrar em contato com o paciente.

A estação 1 e todos os seus componentes podem ser visualizados na Figura 18:



Figura 18. Visão geral da estação 1 do laboratório virtual em sua primeira versão.

Fonte: A autora.

Nas estações 2 e 3, o foco é o uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), onde o avatar tem contato com um vídeo que mostra quais são os EPIs e quais as situações em que devem ser utilizados e os tipos de isolamento que os pacientes e profissionais devem observar.

O avatar também é convidado a vestir um dos itens dos EPIs – o jaleco. Assim que aceita anexar o objeto (o jaleco), o avatar fica com o jaleco vestido. Após a colocação do jaleco, o avatar passa para uma figura representando o paciente no leito hospitalar e as possíveis situações, nos diversos níveis de risco de contaminação onde os EPIs devem ser utilizados, por meio de *tags* com que o aluno interage ao clicar. Desta forma, o ciclo de Kolb nas estações 2 e 3 se configura da seguinte forma:

- Experiência Concreta – Ocorre quando o avatar tem contato com o vídeo de utilização dos EPIs e aprende como deve utilizá-los e veste um dos EPIs.
- Observação Reflexiva e Conceitualização – Reflexão sobre o uso dos EPIs, os tipos de isolamento e os conceitos necessários para a compreensão da correta utilização dos EPIs no contexto hospitalar.
- Experimentação e contextualização – No processo de experimentação em um contexto de aplicabilidade, o avatar vai à foto com as *tags* que sinalizam ao aluno os contextos da utilização dos EPIs.

A Figura 19 mostra o avatar na estação 2 e, na sequência, a Figura 20, com a estação 3 e o avatar ao vestir o jaleco:



Figura 19. Estação 2 do LIASE. Fonte: A autora.



Figura 20. Estação 3 do LIASE. Fonte: a autora.

A próxima atividade ocorre na estação 4, onde o avatar acessa o conteúdo sobre a normatização e classificação do resíduo hospitalar. Ao clicar em diferentes latas de lixo disponíveis, o avatar interage e recebe uma orientação do que deve ser descartado naquele recipiente em que clicou. Na estação 4 o ciclo de Kolb se configura da seguinte forma:

- Experiência Concreta – Ocorre quando o avatar tem contato com a representação do lixo hospitalar no MV.
- Observação Reflexiva e Conceitualização – Reflexão sobre os conceitos que envolvem a temática da classificação do lixo e os riscos de contaminação.
- Experimentação e contextualização – Ocorrem quando o avatar associa os diferentes tipos de lixo hospitalar com a classificação e normatização vigentes, bem como com o local correto de descarte.

A estação 4 mostra a classificação do resíduo e pode ser verificada na Figura 21:



Figura 21. Estação 4 com a classificação do lixo hospitalar, primeira versão.

Fonte: A autora.

Finalmente, o avatar chega na estação 5, onde há orientações de um Voki sobre as atividades na estação 5, convidando também, ao finalizar a autoavaliação, a dirigir-se para o jardim na área do sarau cultural, onde um QR Code acessa uma música e outro, um texto poético.

Na estação 5 o ciclo de Kolb é proposto da seguinte forma:

- Experiência Concreta – Ocorre quando o aluno teve contato com todas as atividades propostas.
- Observação Reflexiva e Conceitualização – O aluno reflete sobre os conceitos que envolvem as temáticas de Biossegurança contempladas no MV.
- Experimentação e contextualização – Ocorre quando o aluno responde o instrumento de avaliação, contextualizando as atividades desenvolvidas e o entendimento dos conceitos.

A primeira versão do LIASE foi concluída em dezembro de 2019, sendo a base do projeto de qualificação em 2020. A partir das sugestões da banca e da avaliação das questões técnicas já descritas anteriormente, outra versão do LIASE foi desenvolvida e avaliada pelos participantes.

5.2 LIASE – PROTÓTIPO 2

Após a qualificação do projeto, com as sugestões da banca e com a mudança do cenário mundial com a pandemia da COVID-19, com ênfase nos cuidados de Biossegurança, o processo de aprendizagem de higiene das mãos, o uso do álcool gel, as normas de limpeza e desinfecção do ambiente e os EPIs utilizados para evitar o risco máximo de contaminação foram adaptados, dando origem ao segundo protótipo em 2021.

Na Figura 22 podemos ver o prédio virtual do LIASE em seu 2º protótipo, inspirado no “museu do olho” do arquiteto Oscar Niemeyer.



Figura 22. Vista aérea do LIASE 2a versão. Fonte: a autora.

Ao entrar no LIASE, o avatar tem acesso ao térreo, onde há vários painéis de sensibilização sobre a importância da higiene das mãos, acessando um Voki interativo e a pandemia da Covid-19 ressaltando a importância da vacinação. Ainda no *hall* de entrada, há o mapa do roteiro de aprendizagem e outro avatar Voki, dando as boas-vindas e apresentando o projeto do LIASE e seus objetivos, e um painel com *link* para o artigo publicado do LIASE. O acesso à rota de aprendizagem é pelo elevador que leva ao 1º andar do prédio virtual. A Figura 23 mostra o avatar na entrada do prédio virtual do LIASE.

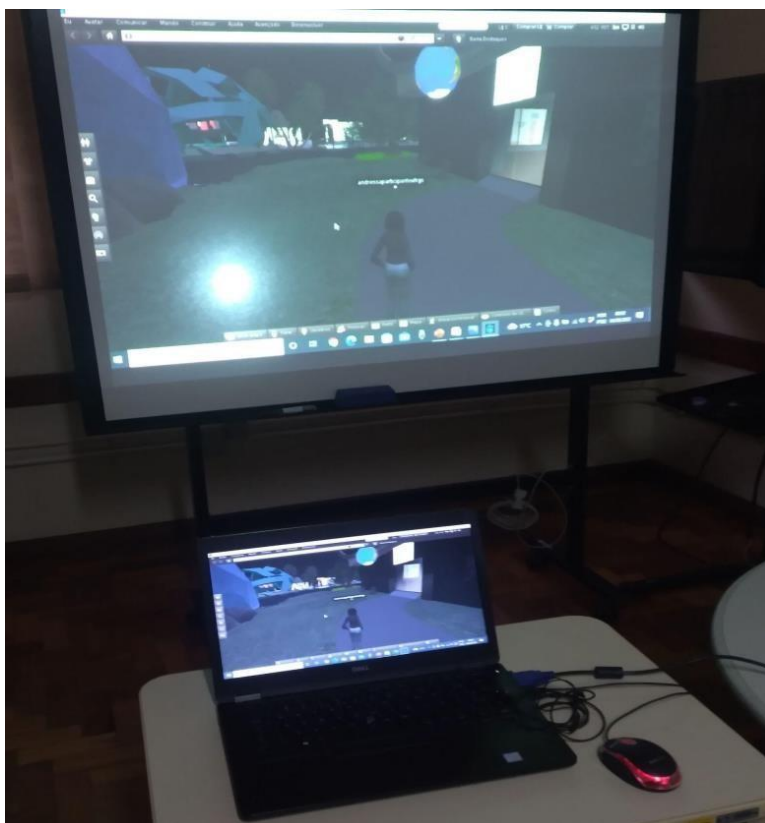


Figura 23. Entrada do prédio do LIASE 2ª versão. Fonte: a autora.

Na estação 1 o ciclo de Kolb se apresenta no desenvolvimento das seguintes atividades:

- Experiência Concreta – A experiência da higienização das mãos e do uso dos EPIs, por meio de vídeo com o passo a passo dos movimentos corretos e dos equipamentos de proteção.

- Observação Reflexiva e Conceitualização – A reflexão da experiência ocorre ao ter acesso à contextualização dos momentos corretos de higiene das mãos. A partir desse momento da “caminhada” de aprendizagem, o avatar inicia o processo das bases científicas de assepsia, higiene, limpeza, micro-organismos e seu risco para o ambiente hospitalar.

- Experimentação e contextualização – Ocorrem na interação com o avatar motivacional, que convida o avatar ao conjunto de lavatórios “automáticos”, com *script* que, ao ser clicado, abre a torneira para a higiene das mãos e a possibilidade de alguma simulação da higiene no lavatório virtual. Também interagem clicando no objeto jaleco

A estação 1 pode ser visualizada na Figura 24, onde podemos ver os objetos e mídias acessados pelo avatar:



Figura 24. A estação 1 sobre a higiene das mãos no SL. Fonte: a autora.

As estações 2 e 3 tratam dos EPIs e da sua utilização, em diferentes situações dos níveis de proteção, e principalmente a inclusão dos EPIs adicionados na rotina dos profissionais de saúde no cenário da COVID-19. No desenvolvimento do segundo protótipo foram inseridos dois jogos no roteiro de aprendizagem, inserindo o conteúdo da paramentação e desparamentação em situação COVID, um dos desafios enfrentados pelos profissionais na “linha de frente” e que necessitam adaptar-se a uma nova realidade mundial.

Nas estações 2 e 3, o ciclo de Kolb se apresenta no desenvolvimento das seguintes atividades:

- **Experiência Concreta** – Ocorre quando o avatar tem contato com o vídeo de utilização dos EPIs e aprende como utilizá-los. Interage ao clicar nos objetos máscara e *faceshield*.
- **Observação Reflexiva e Conceitualização** – Reflexão sobre o uso dos EPIs, os diferentes níveis de precauções e equipamentos e os conceitos necessários para a compreensão da correta utilização dos EPIs no contexto hospitalar.

- Experimentação e contextualização – No processo de experimentação em um contexto de aplicabilidade, o avatar vai à foto com as *tags* que sinalizam os contextos da utilização dos EPIs. E, na sequência, o avatar acessa o jogo de paramentar e desparamentar os EPIs necessários para proteção quanto à COVID-19.

As Figuras 25 e 26 mostram as estações 2 e 3, onde o avatar interage com objetos voltados ao uso dos EPIs:



Figura 25. Estação 2 da 2ª versão do LIASE no SL. Fonte: a autora.



Figura 26. Estação 3 com o jogo e a *tag* interativa. Fonte: a autora.

A estação 4 traz o conteúdo da normatização da classificação dos resíduos hospitalares e o jogo de descarte no recipiente adequado. No jogo, diversos artigos são disponibilizados e o avatar os arrasta até o local correto, recebendo o *feedback* imediato, com possibilidade de tentativas. A estação 4 pode ser verificada na Figura 27:

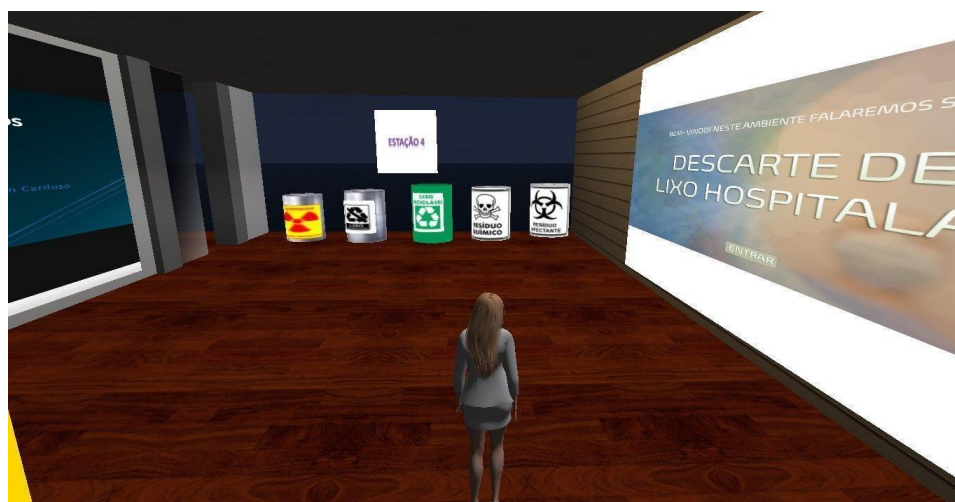


Figura 27. Estação 4 com o jogo de classificação dos resíduos hospitalares.

Fonte: a autora.

Na Figura 28 podemos ver como foi organizado o ambiente para a coleta de dados na segunda versão, contando com uma sala dedicada, computador e a projeção em tela para acompanhamento e observação.

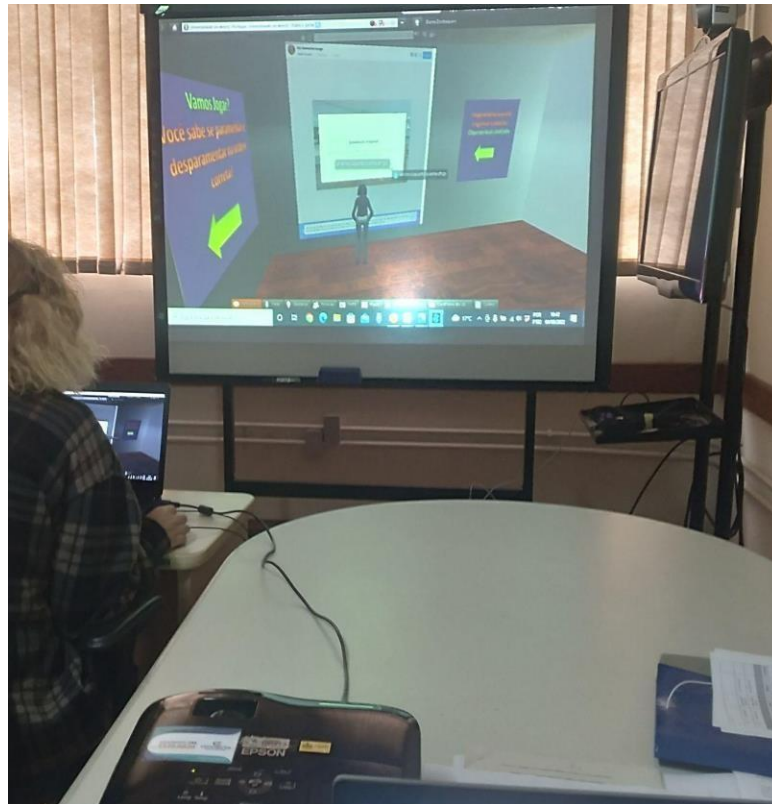


Figura 28. Organização do ambiente de acesso ao LIASE para a coleta de dados. Fonte: a autora

O ciclo de Kolb na estação 4:

- Experiência Concreta – Ocorre quando o avatar tem contato com a representação do lixo hospitalar no MV.
- Observação Reflexiva e Conceitualização – Reflexão sobre os conceitos que envolvem a temática da classificação do lixo e os riscos de contaminação, ao acessar o conteúdo sobre a normatização do descarte dos resíduos.
- Experimentação e contextualização – Ocorrem quando o avatar associa os diferentes tipos de lixo hospitalar com a classificação e normatização vigentes, bem como com o local correto de descarte, ao clicar no jogo.

Na estação 5 o ciclo de Kolb é proposto da seguinte forma:

- Experiência Concreta – Ocorre quando o aluno teve contato com todas as atividades propostas nas estações 1, 2, 3 e 4.
- Observação Reflexiva e Conceitualização – O aluno reflete sobre os conceitos que envolvem as temáticas de Biossegurança contempladas no MV e na experiência percebida na rota de aprendizagem proposta

- Experimentação e contextualização – Ocorrem quando o aluno responde o inventário de motivação intrínseca e finaliza a experiência, interagindo com o último objeto para retirar o jaleco.



A estação 5 pode ser visualizada na Figura 29:

Figura 29. Estação 5 com a avaliação do participante. Fonte: a autora.

5.3 RESULTADOS DO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE APRENDIZAGEM NO LIASE PELO EEG

A primeira tentativa de recrutamento voluntário dos participantes do estudo *online* não obteve nenhuma adesão, conforme já foi mencionado. Foi solicitada e obtida a autorização de acesso presencial aos alunos da graduação. A partir daí, os professores dos diferentes semestres foram contatados e aqueles que autorizaram o acesso aos alunos cursavam o 2º, 4º, 6º e 8º. O agendamento ocorreu em sala de aula (em público), motivo pelo qual não era possível fazer a triagem inicial sem expor a condição de saúde dos participantes interessados, o que só ocorreu em entrevista individual, no local da coleta e no dia agendado. Após o contato com os alunos, foi possível o agendamento de 25 alunos, que compareceram no local da coleta.

Após a entrevista, que, dentre algumas perguntas, questionava sobre o uso de medicamentos psicoativos e patologias neurológicas, 17 participantes atendiam aos itens de inclusão e acessaram o LIASE, respondendo o IMI após a finalização da rota de aprendizagem.

Durante o monitoramento pelo EEG, que ocorreu em uma sala de aula comum, nem sempre o sinal estava estável, devido à oscilação da Internet e à interferência de aparelhos eletrônicos. Sendo assim, o sinal monitorado de nove dos 17 participantes foi estável o suficiente para a obtenção das métricas de desempenho.

5.3.1 A avaliação da atividade e da motivação – IMI – Intrinsic Motivation Inventory

Ao final do roteiro de aprendizagem, 17 participantes responderam ao Inventário de Motivação Intrínseca – IMI adaptado de MCAULEY (1989) por Preuss (2021), disponível no MVI.

A amostra foi predominantemente do sexo feminino, característica de cursos de enfermagem, profissão que ainda tem maior representatividade feminina, conforme mostra a Figura 30.

2. Qual o seu sexo?

17 respostas

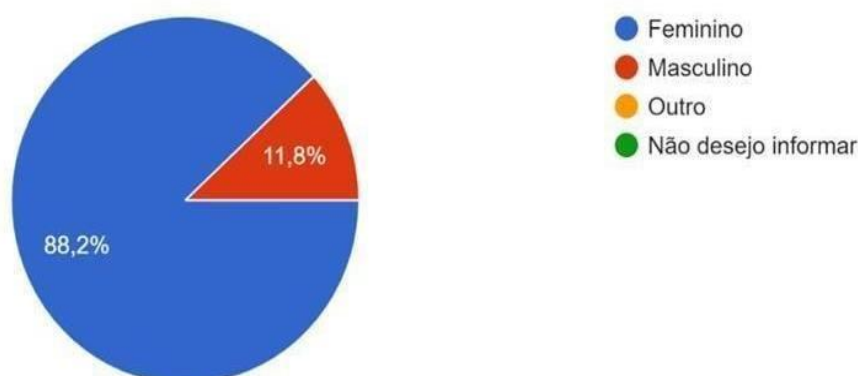


Figura 30. Composição dos participantes conforme o sexo. Fonte: a autora.

Segundo a percepção dos participantes, a atividade de aprendizagem foi prazerosa para 64,7% deles. Não houve relato de percepção de “desprazer” ao desenvolver as atividades propostas, conforme a Figura 31:

Durante a atividade, pensava que estava apreciando muito

17 respostas

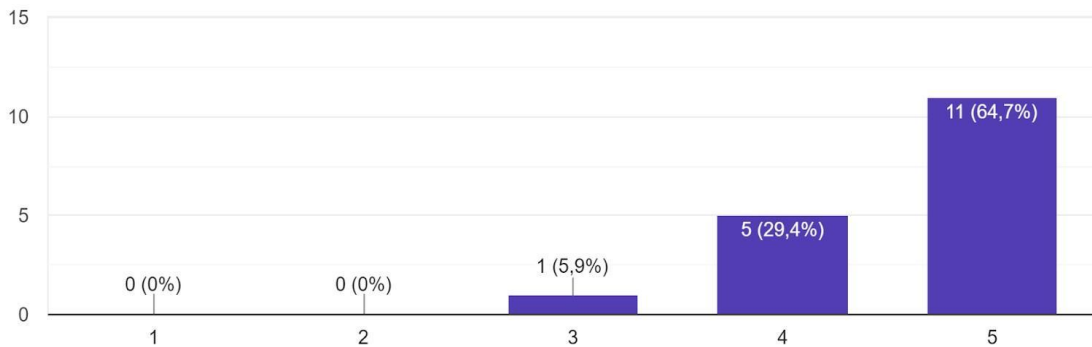


Figura 31. Percepção do participante da apreciação da atividade. Fonte: a autora.

Quanto ao relato de nervosismo durante a atividade, apenas seis participantes sinalizaram algum nível de nervosismo, conforme a Figura 32. Na maioria, os participantes não relataram sentirem-se nervosos.

Eu não me senti nervoso(a) durante a atividade

17 respostas

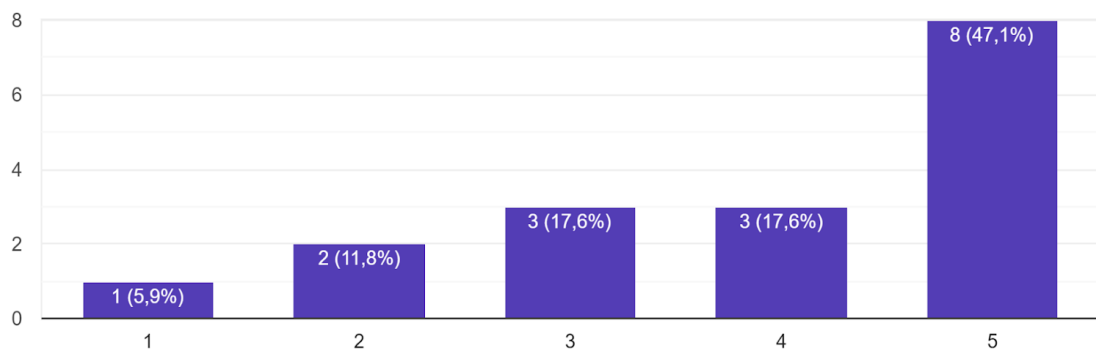


Figura 32. Percepção do participante sobre a presença de ansiedade ou nervosismo durante a atividade. Fonte a autora.

Outro aspecto importante, no relato do instrumento, é a atenção focada durante a atividade e, neste sentido, 52,9% dos participantes relataram que mantiveram a atenção nas atividades propostas pelo LIASE, conforme a Figura 33.

A atividade não conseguiu manter minha atenção

17 respostas

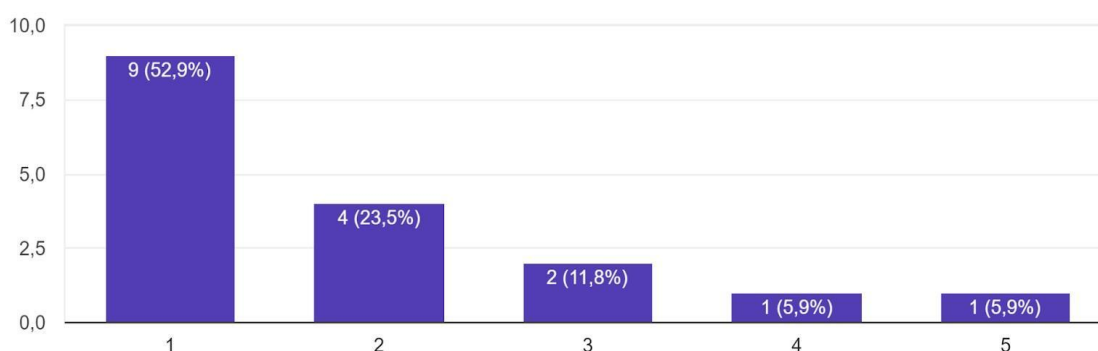


Figura 33. Relato do participante sobre o foco e concentração durante a atividade. Fonte: a autora.

Em relação ao desempenho, a percepção dos participantes foi relativamente equilibrada, mas predominantemente positiva. É interessante ressaltar que, no grupo, tivemos alunos de diferentes semestres do curso: 4º, 6º e 8º semestres, o que implica em percepções diferentes e um equilíbrio no nível de dificuldade das atividades percebido, como mostra a Figura 34:

Acho que me saí muito bem durante a atividade

17 respostas

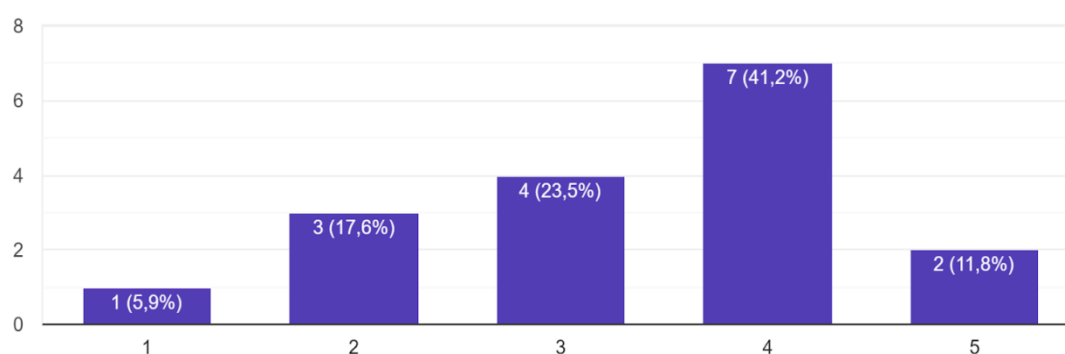


Figura 34. Autoavaliação do participante em relação ao seu desempenho ao executar a atividade. Fonte: a autora.

Cerca de 82% dos participantes indicaram a atividade como interessante, conforme a Figura 35:

Achei a atividade muito interessante

17 respostas

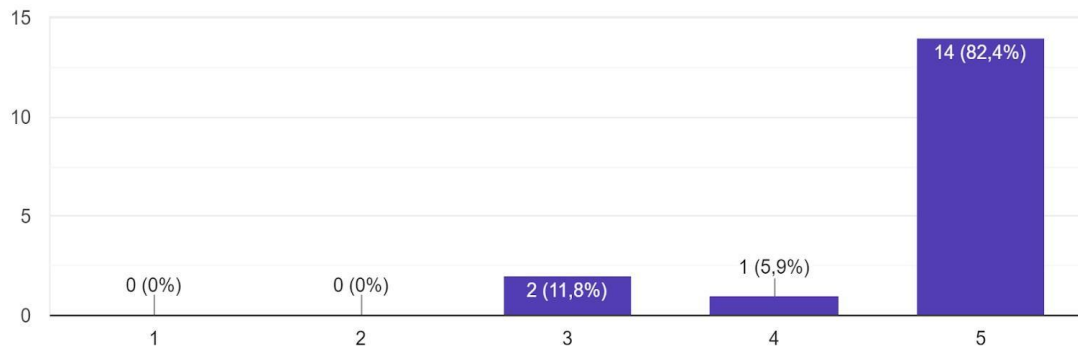


Figura 35. Percepção do participante sobre a atividade ser interessante. Fonte: a autora.

O instrumento avalia a presença de tensão durante o processo de aprendizagem e, segundo os resultados obtidos, 47,1% não sentiram tensão durante o roteiro de aprendizagem do LIASE, como pode ser verificado na Figura 36.

Eu me senti muito tenso(a) durante a atividade

17 respostas

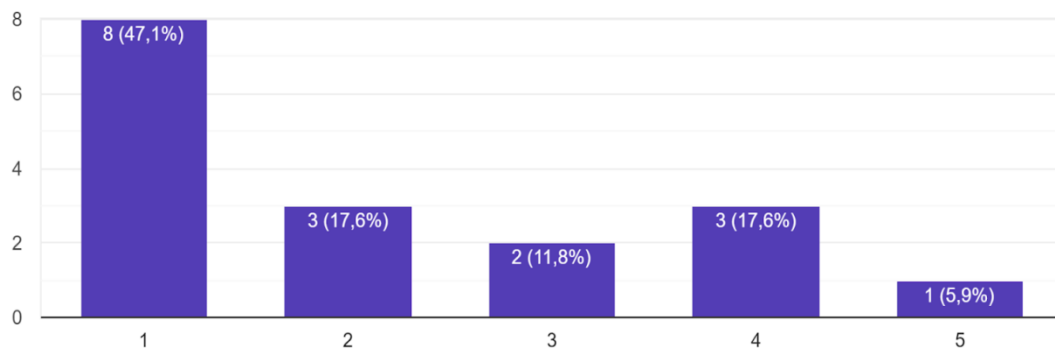


Figura 36. Percepção do participante quanto à presença de tensão ao executar a atividade. Fonte: a autora.

Quanto ao aspecto lúdico proposto pelo LIASE, 58,8% dos participantes consideraram a atividade de aprendizagem divertida, conforme mostra a Figura 37:

A atividade foi muito divertida

17 respostas

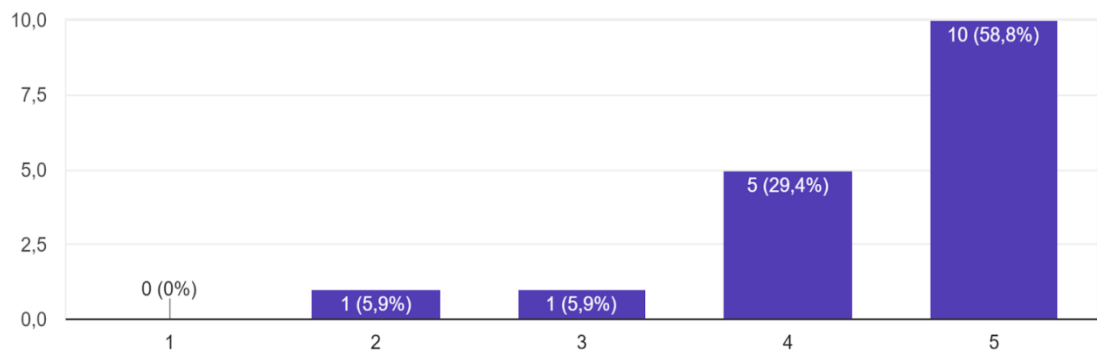


Figura 37. Relato do participante considerando a atividade divertida. Fonte: a autora.

Conforme a Figura 38, os participantes confirmaram que estavam satisfeitos com o seu desempenho ao executar as atividades do LIASE. Com este resultado, podemos perceber o equilíbrio no nível de dificuldade proposto.

Estou satisfeito com o meu desempenho na atividade

17 respostas

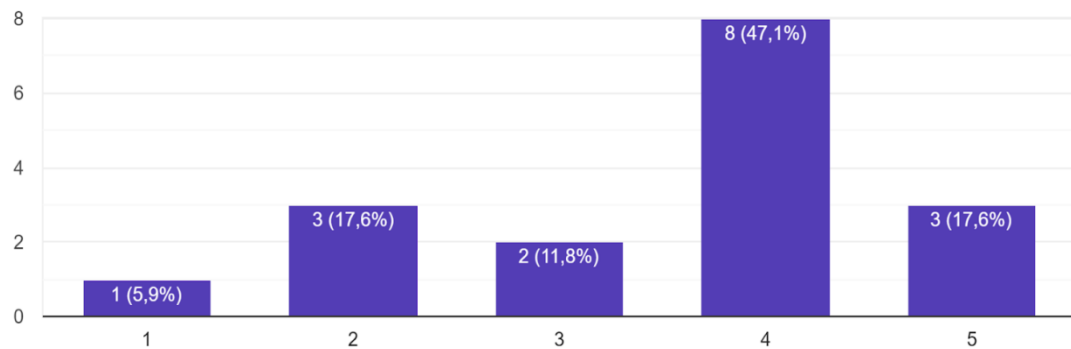


Figura 38. Percepção de satisfação do participante ao executar a atividade.

Fonte: a autora.

A sensação de controle do processo de aprendizagem e a autonomia são aspectos importantes na educação de adultos, principalmente, em ambientes virtuais que envolvem comandos para movimentação do avatar e orientação espacial. Neste sentido, os participantes receberam orientação prévia à coleta e tiveram algum tempo para testar

os comandos no MVI. Como resultado, 52,9% referiram que sentiram estar no controle das atividades no LIASE, conforme mostra a Figura 39.

Durante a atividade, senti o tempo todo que estava no controle do que estava fazendo
17 respostas

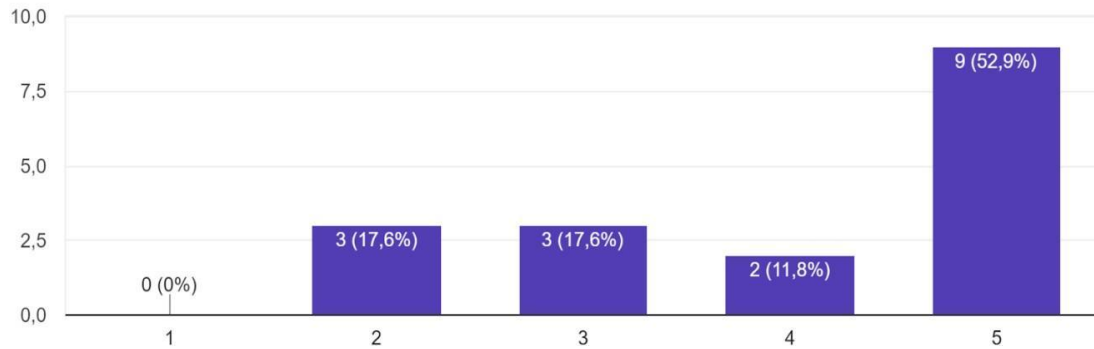


Figura 39. Percepção de controle do participante ao executar a atividade.

Fonte: a autora.

A capacidade de estar focado na atividade proposta também foi avaliada pelos participantes, mostrando que a maioria manteve a atenção focada na atividade proposta, conforme mostram as Figuras 40 e 41:

Durante a atividade, eu estava pensando em outras coisas
17 respostas

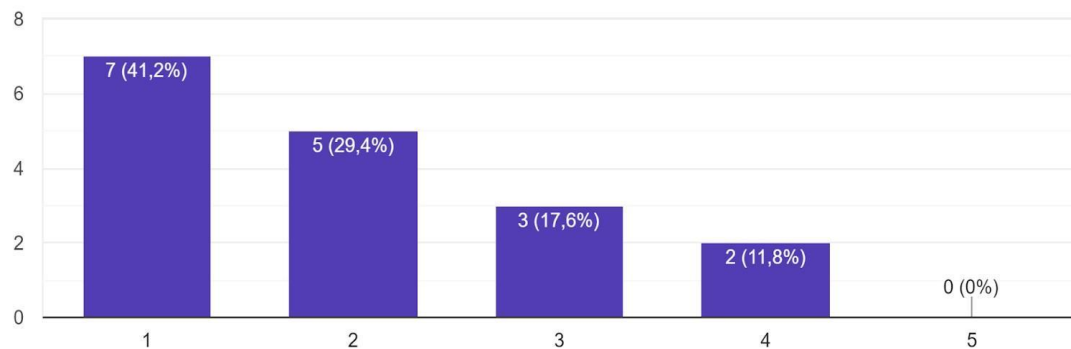


Figura 40. Percepção de satisfação do participante ao executar a atividade.

Fonte: a autora.

Frequentemente me distraio com outras coisas não relacionadas à atividade

17 respostas

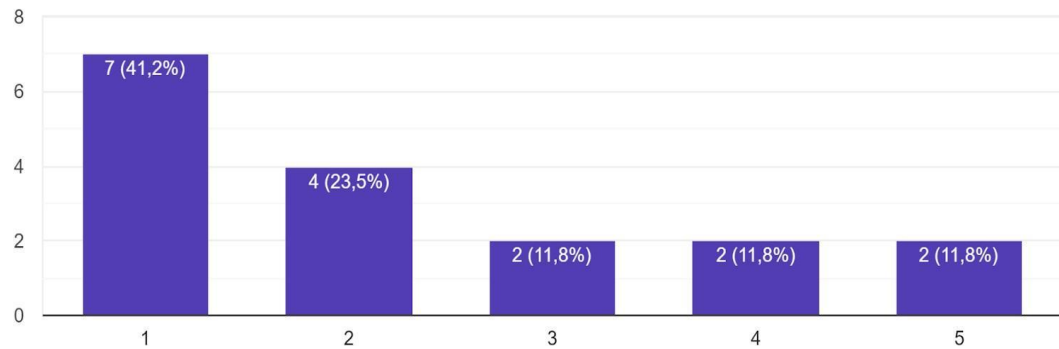


Figura 41. Percepção do participante ao sentir-se focado na realização da atividade. Fonte: a autora.

Cabe destacar que a maioria dos participantes referiu envolvimento e interesse significativo ao interagir e participar das atividades, como mostram as Figuras 43 e 44, com a percepção de perda de noção do tempo, que aparece nos relatos da experiência dos alunos e nas Figuras 45 e 46.

O relato de imersão é um achado interessante neste estudo, tendo em vista que não foram desenvolvidos recursos de realidade virtual.

A atividade me envolveu completamente

17 respostas

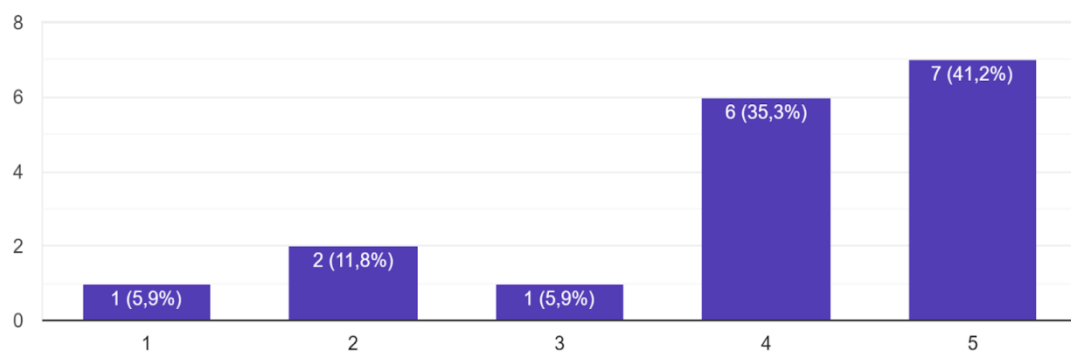


Figura 42. Percepção de imersão do participante ao executar a atividade.

Fonte: a autora.

A atividade foi intrinsecamente interessante

17 respostas

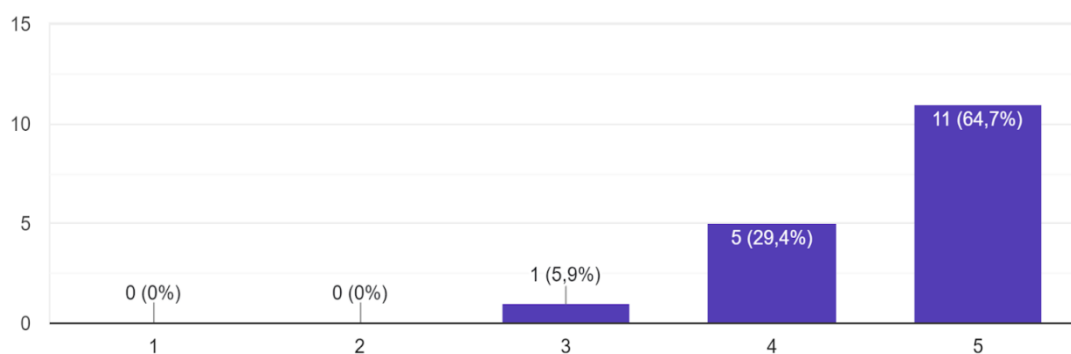


Figura 43. Avaliação da atividade do interesse intrínseco que a atividade propiciou. Fonte: a autora.

A atividade despertou minha curiosidade

17 respostas

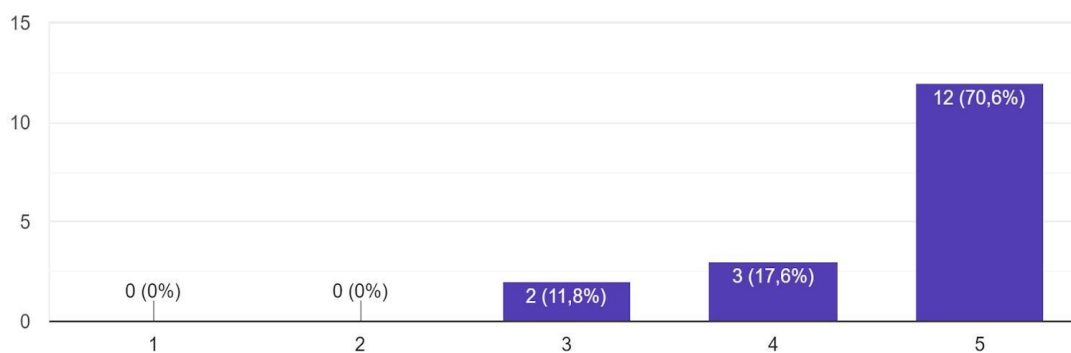


Figura 44. Relato do participante sobre curiosidade motivada pela atividade.

Fonte: a autora.

Eu me senti tão imerso na atividade que perdi a noção do tempo

17 respostas

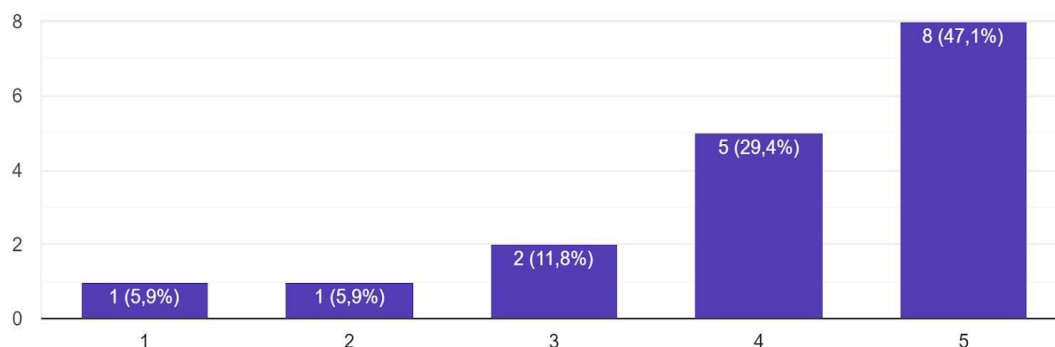


Figura 45. Percepção do participante quanto à imersão durante a execução da atividade. Fonte: a autora.

É importante perceber que a percepção dos participantes em relação à experiência educacional é em sua maioria positiva, o que concorre para a possibilidade de significar afetivamente o processo de aprendizagem. Na Figura 47, verificamos que 76,5% deram este significado à experiência:

Saio com uma opinião muito positiva sobre a atividade

17 respostas

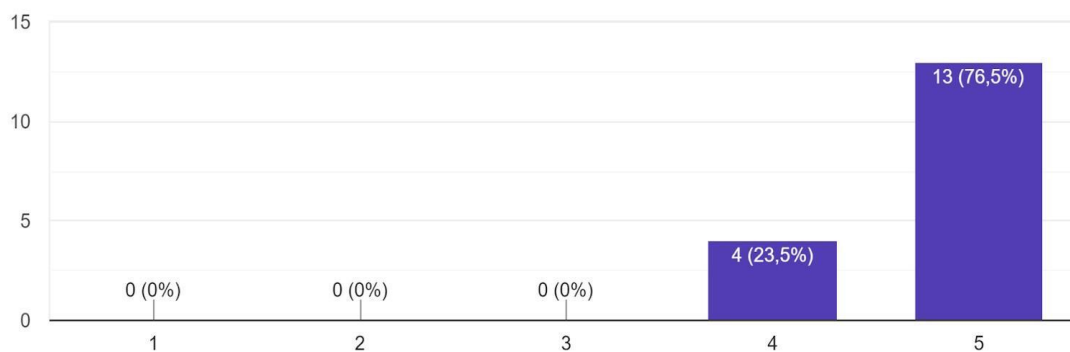


Figura 46. Avaliação geral da atividade pelo participante. Fonte: a autora.

Ao sentir-se com a imaginação estimulada, conforme a Figura 48, o participante foi motivado a seguir o roteiro de aprendizagem, engajando-se nas atividades propostas.

A atividade estimulou minha imaginação

17 respostas

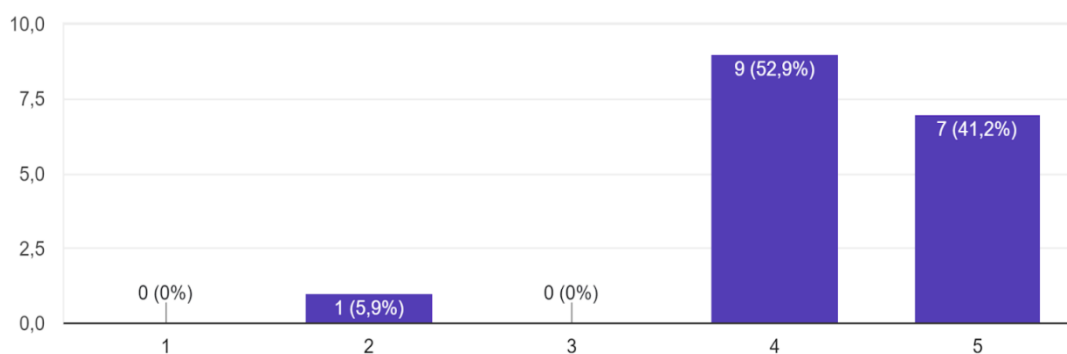


Figura 47. Relato do participante sobre o estímulo à sua imaginação ao acessar as atividades do LIASE. Fonte: a autora.

Eu me senti ansioso(a) durante a atividade

17 respostas

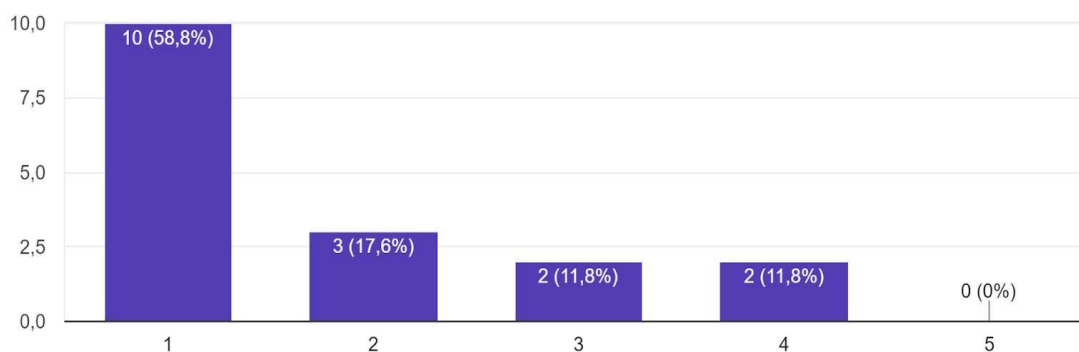


Figura 48. Percepção sobre presença de ansiedade durante a execução da atividade. Fonte: a autora.

A Figura 49 mostra o relato dos participantes sobre a ansiedade durante o percurso de aprendizagem no LIASE. É interessante perceber que a ansiedade esteve presente nos participantes do estudo em nível moderado, para quatro dos participantes, no entanto, 58,8% não descreveram ansiedade durante o processo.

Os participantes também referiram o LIASE como ferramenta útil para a sua formação e, neste caso, 70,6% dos participantes responderam ter esta percepção.

Eu acho que essa atividade pode ser muito útil para o minha formação

17 respostas

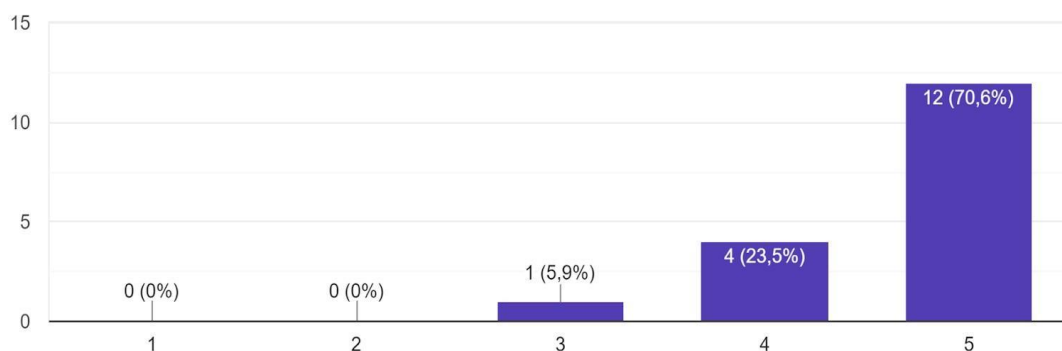


Figura 49. Percepção dos participantes sobre a utilidade da atividade na formação profissional. Fonte: a autora.

Quanto ao esforço para desenvolver a atividade, ficou demonstrado pelas respostas dos participantes que o esforço despendido não foi igual para todos. Tendo em vista que os participantes eram alunos de diferentes etapas do curso e que isto foi levado em consideração no desenvolvimento da ferramenta, era esperado o relato de maior ou menor esforço para executar as atividades do LIASE, conforme demonstra a Figura 50.

Dediquei muito esforço para fazer essa atividade

17 respostas

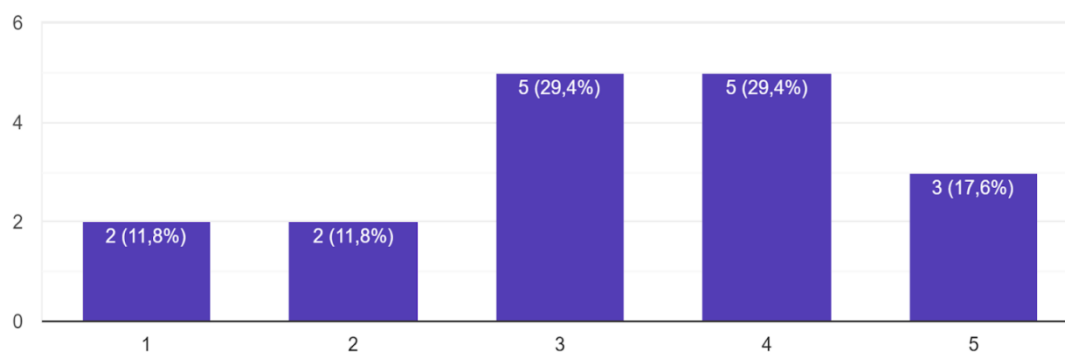


Figura 50. Avaliação do esforço despendido, na percepção do participante, na execução da atividade. Fonte: a autora.

O IMI também permite respostas abertas que implicam em categorias importantes para observarmos a motivação dos participantes do estudo, ao avaliarem o LIASE. As perguntas abertas do IMI propostas por Preuss (2021) avaliam a utilidade, dificuldades e facilidades de execução e sugestões sobre o que poderia ser

acrescentado. As respostas dos participantes foram agrupadas conforme esta proposta e podem ser verificadas nos quadros a seguir:

Quadro 6. Relato dos participantes no IMI, quanto à utilidade da atividade no LIASE. Fonte: A autora.

PARTICIPANTE	O QUE FOI MAIS DIFÍCIL PARA MIM NO DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE FOI:
1	<i>“Entender a relação das estações de parada do elevador a partir do local no qual a boneca estava (me senti perdida no espaço do jogo/dinâmica)”</i>
2	<i>“Descobrir como era pra desenvolver a atividade, perdi tempo para descobrir como jogava, mas depois consegui entender o jogo”</i>
3	<i>“Locomoção pelo computador”</i>
4	<i>“Lembrar da ordem de colocar os equipamentos”</i>
5	<i>“Mexer com a personagem, clicava errado, às vezes, existe um áudio junto com conteúdo que acaba atrapalhando a concentração e, quando joguei o jogo de descarte de materiais, fiquei na dúvida com o lixo orgânico”</i>
8	<i>“Interação dos painéis”</i>
9	<i>“Movimentar corretamente o avatar”</i>
10	<i>“Fazer os jogos propostos”</i>
11	<i>“Nunca ter manuseado esta área antes”</i>
16	<i>“Ter o controle do avatar”</i>
17	<i>“Memória”</i>
19	<i>“Me concentrar devido à tensão”</i>
20	<i>“Manuseio do avatar”</i>
22	<i>“A questão do descarte de materiais”</i>
23	<i>“Lidar com a ansiedade e, talvez, o medo de errar”</i>
24	<i>“Nada foi difícil, bem fácil de manusear”</i>
25	<i>“Me adaptar aos comandos”</i>

Quadro 7. Relato dos participantes no IMI sobre as Dificuldades para desenvolver as atividades no LIASE. Fonte: A autora.

PARTICIPANTE	O QUE FOI MAIS DIFÍCIL PARA MIM NO DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE FOI:
1	<i>“Entender a relação das estações de parada do elevador a partir do local no qual a boneca estava (me senti perdida no espaço do jogo/dinâmica)”</i>
2	<i>“Descobrir como era pra desenvolver a atividade, perdi tempo para descobrir como jogava, mas depois consegui entender o jogo”</i>
3	<i>“Locomoção pelo computador”</i>
4	<i>“Lembrar da ordem de colocar os equipamentos”</i>
5	<i>“Mexer com a personagem, clicava errado, às vezes, existe um áudio junto com conteúdo que acaba atrapalhando a concentração e, quando joguei o jogo de descarte de materiais, fiquei na dúvida com o lixo orgânico”</i>
8	<i>“Interação dos painéis”</i>
9	<i>“Movimentar corretamente o avatar”</i>
10	<i>“Fazer os jogos propostos”</i>
11	<i>“Nunca ter manuseado esta área antes”</i>
16	<i>“Ter o controle do avatar”</i>
17	<i>“Memória”</i>
19	<i>“Me concentrar devido à tensão”</i>
20	<i>“Manuseio do avatar”</i>
22	<i>“A questão do descarte de materiais”</i>
23	<i>“Lidar com a ansiedade e, talvez, o medo de errar”</i>
24	<i>“Nada foi difícil, bem fácil de manusear”</i>
25	<i>“Me adaptar aos comandos”</i>

Quadro 8. Relato dos participantes no IMI sobre as Facilidades nas atividades propostas pelo LIASE. Fonte: A autora.

PARTICIPANTE	O QUE FOI MAIS FÁCIL PARA MIM NO DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE FOI:
1	<i>“Manipular os comandos do teclado e movimentar a boneca”</i>
2	<i>“Assistir sobre o conteúdo”</i>
3	<i>“A atividade foi ilustrativa”</i>
4	<i>“Ler as instruções”</i>
5	<i>“Fazer os jogos e ler atentamente os panfletos que estavam nas paredes do jogo”</i>
8	<i>“A movimentação do personagem e execução dos testes”</i>
9	<i>“O desenvolvimento e progressão das atividades propostas”</i>
10	<i>“Seguir todas as instruções”</i>
11	<i>“Mesmo não conhecendo o material utilizado, durante o processo foi natural o uso de tal”</i>
16	<i>“Recapitular tudo sobre biossegurança”</i>
17	<i>“Gravar as informações exibidas em áudio”</i>
19	<i>“Utilizar o computador”</i>
20	<i>“Ler e assistir vídeos e cartazes”</i>
22	<i>“O manejo da atividade foi bem fácil e prático”</i>
23	<i>“Interagir com o ambiente virtual”</i>
24	<i>“Me deslocar pelo espaço”</i>
25	<i>“A interatividade da plataforma”</i>

Quadro 9. Relato dos participantes no IMI com as sugestões para o LIASE.
 Fonte: A autora.

PARTICIPANTE	O QUE SENTI FALTA NO DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE FOI:
1	<i>“Melhor construção do jogo/dinâmica”</i>
2	<i>“Um guia no jogo durante as estações, seria interessante uma narração em áudio”</i>
3	<i>“Familiaridade com o jogo”</i>
4	<i>“Estímulo de memória”</i>
5	<i>“Acredito que foi tranquilo a atividade e não senti falta de algo para desenvolver a atividade”</i>
8	<i>“Mais testes”</i>
9	<i>“Uma forma de aumentar os textos expostos em painel”</i>
10	<i>“Um pouco mais de gráficos na sala 5”</i>
11	<i>“Nada”</i>
16	<i>“Ter mais jogos para o desenvolvimento e a aprendizagem das habilidades”</i>
17	<i>“Não sei”</i>
19	<i>“Ficar mais à vontade”</i>
20	<i>“Informações mais aprofundadas”</i>
22	<i>“Não há algo que eu tenha sentido falta”</i>
23	<i>“Nada em específico”</i>
24	<i>“Achei a velocidade das atividades um pouco lentas”</i>
25	<i>“Talvez aumentar o tamanho da sinalização das interações”</i>

Quadro 10. Comentários no IMI sobre a atividade no LIASE. Fonte: A autora.

PARTICIPANTE	COMENTÁRIOS:
1	<i>“Obrigada pela oportunidade de aprendizagem”</i>
19	<i>“Gostei muito de participar da pesquisa”</i>
23	<i>“Laboratórios virtuais são uma boa opção para vivenciar diferentes realidades que muitas vezes não seriam possíveis na vida real”</i>
25	<i>“Adorei a experiência e fico muito empolgada em saber que isso poderá ser uma possibilidade no ensino futuramente”</i>

5.3.2 Resultados do monitoramento do processo de aprendizagem no LIASE: métricas de desempenho individuais pelo EEG

As métricas de desempenho resultado do monitoramento das ondas cerebrais brutas durante o acesso ao LIASE pelos participantes e analisadas pelo algoritmo do EMOTIV são o *Stress* (FRU), Engajamento (ENG), Interesse (VAL), Entusiasmo (EXC), Foco (FOC), Relaxamento (MED), descritas pelo manual do equipamento (Manual Emotiv 3.0, 2022).

As métricas de desempenho são fornecidas a 0,1Hz para exportação, reprodução e visualização de dados no Emotiv. O sistema faz a análise da atividade cerebral em tempo real e organiza os resultados em valências que vão de 0-100, e são a média da análise do algoritmo a cada 10 segundos, correspondendo às métricas de desempenho dos participantes do estudo durante o uso do LIASE.

Dos 17 participantes que atenderam aos critérios do estudo, nove tiveram o sinal de EEG estável o suficiente para que o algoritmo pudesse fazer a análise das métricas de desempenho.

Durante o acesso ao LIASE, cada participante teve a atividade cerebral monitorada e gravada pelo EEG portátil. Enquanto este processo ocorria, o participante foi observado e registrados todos os movimentos e acessos ao roteiro de aprendizagem no LIASE no minuto em que ocorreram. Na análise da gravação de cada participante, foi possível verificar o estado mental ocorrido nas atividades das diferentes estações do LIASE.

Os resultados apresentados a seguir correspondem ao cruzamento dos dados descritos: os estados mentais resultado da análise do algoritmo, a observação da atividade do participante e o relato do processo de aprendizagem pelo participante.

O método de calibragem que ocorre antes de cada gravação é configurado no Emotiv e ativado a cada início de gravação e monitoramento do EEG, correspondendo aos movimentos de fechamento e abertura ocular do participante, coordenados pelo sistema.

P2: Métricas de desempenho

Sexo: Feminino

Idade:

Semestre: 8º

Tempo de gravação: 1 hora 13 minutos e 8 segundos

O Participante 2 (P2) recebeu as orientações sobre o uso dos comandos e a adaptação no andar térreo do laboratório, com o *headset* posicionado na cabeça, ainda sem iniciar a gravação.

O Participante 2 (P2) iniciou a atividade após a calibração do sistema, e acionou o elevador, entrando na Estação 1.

Clicou no lavatório e no painel do avatar de orientações sobre a higienização das mãos. Não clicou para assistir o vídeo de higienização das mãos com água e sabão, indo diretamente para o painel dos cinco momentos, clicando no local para a colocação do avental, encerrando as atividades na E1. As métricas do primeiro minuto mostram a atividade do primeiro minuto e dos 5 minutos seguintes na Estação 1, na Figura 51.

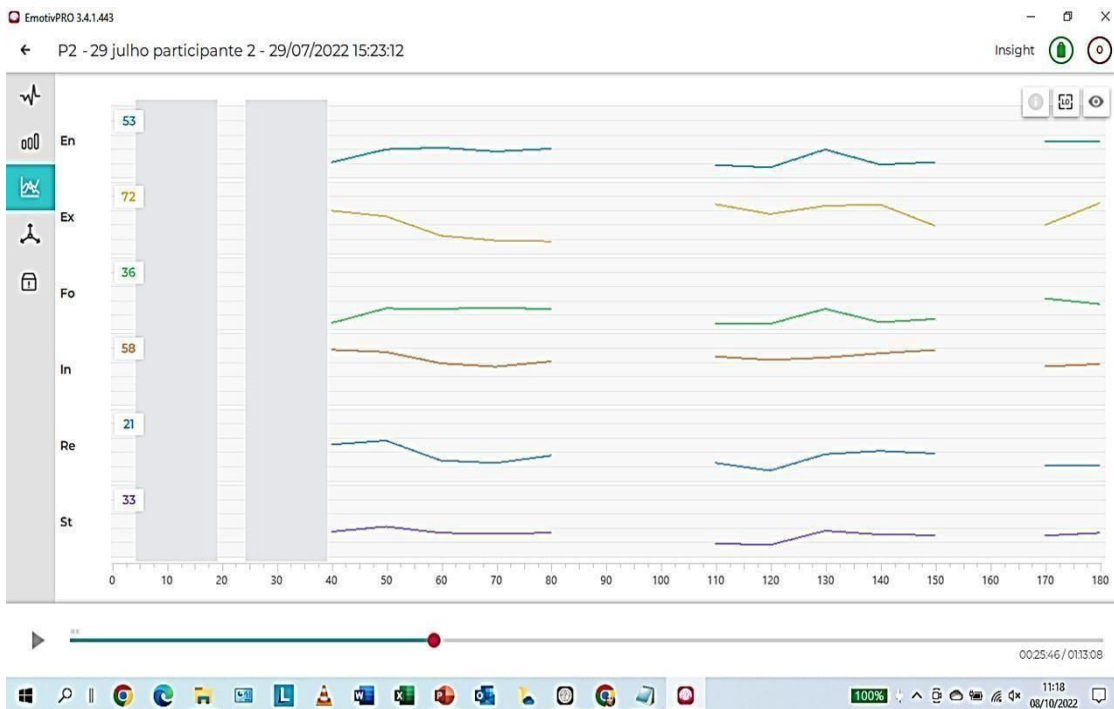


Figura 51. Primeiro minuto de atividade de P2. Fonte: EmotivPro.

P2 adentrou a Estação 2 (E2) no sexto minuto da atividade. Não clicou no painel com o vídeo sobre os EPIs. Seguiu para a mesa com o *faceshield* e a máscara, clicando para que o seu avatar adquirisse os objetos. Leu os três painéis sobre os cuidados no uso de EPIs nas precauções universais e gotículas. As métricas das atividades correspondem ao gráfico da Figura 52 no sexto minuto de atividade:

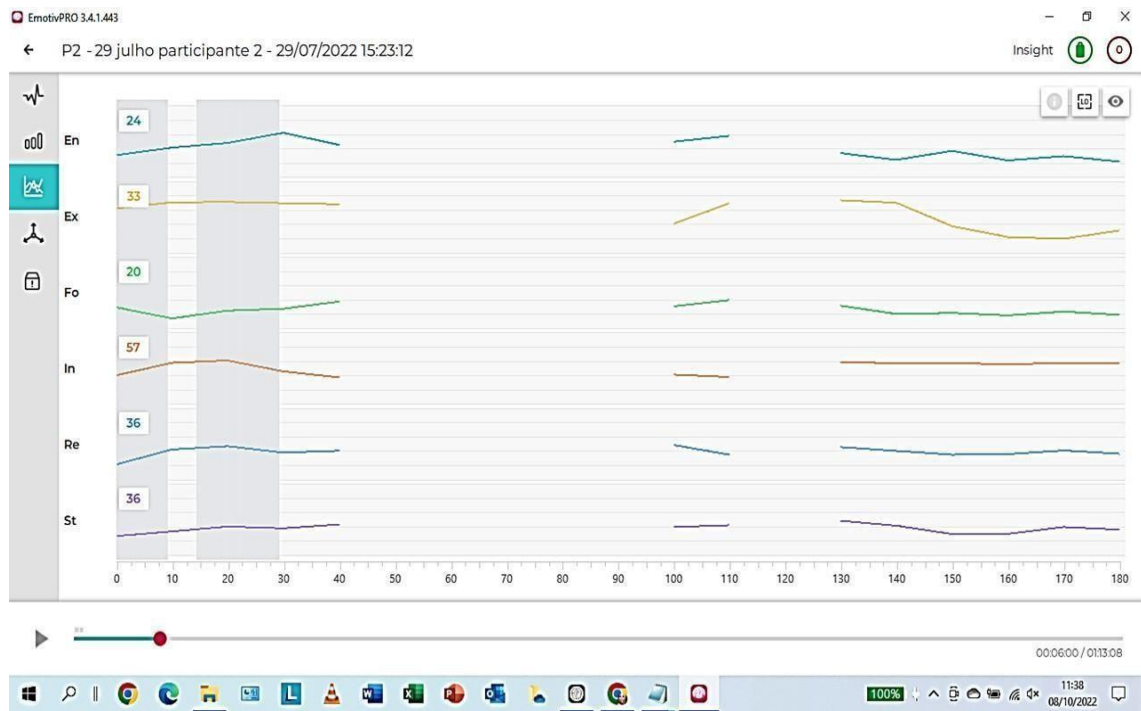


Figura 52. Métrica de desempenho de P2 no sexto minuto de atividade na E2. Fonte: EmotivPro.

P2 passou pela Estação 3 (E3) sem jogar ou clicar no painel com as *tags* de contextualização do uso dos EPIs. Seguiu para a Estação 4 (E4), onde clicou nas latas de lixo, no *descarpack* e seguiu para a Estação 5 (E5), lendo rapidamente as orientações para preenchimento do Inventário de Motivação Intrínseca (IMI), e clicou na máquina de lavar na saída, retirando o avental.

Na segunda vez em que P2 fez o roteiro de aprendizagem, leu as orientações dos painéis da E1 e da E2. Os gráficos das Figuras 53 e 54 mostram a métrica de P2 durante a interação com o painel com as *tags* interativas da E3, que correspondem ao espaço de tempo entre o 15º e 17º minutos.

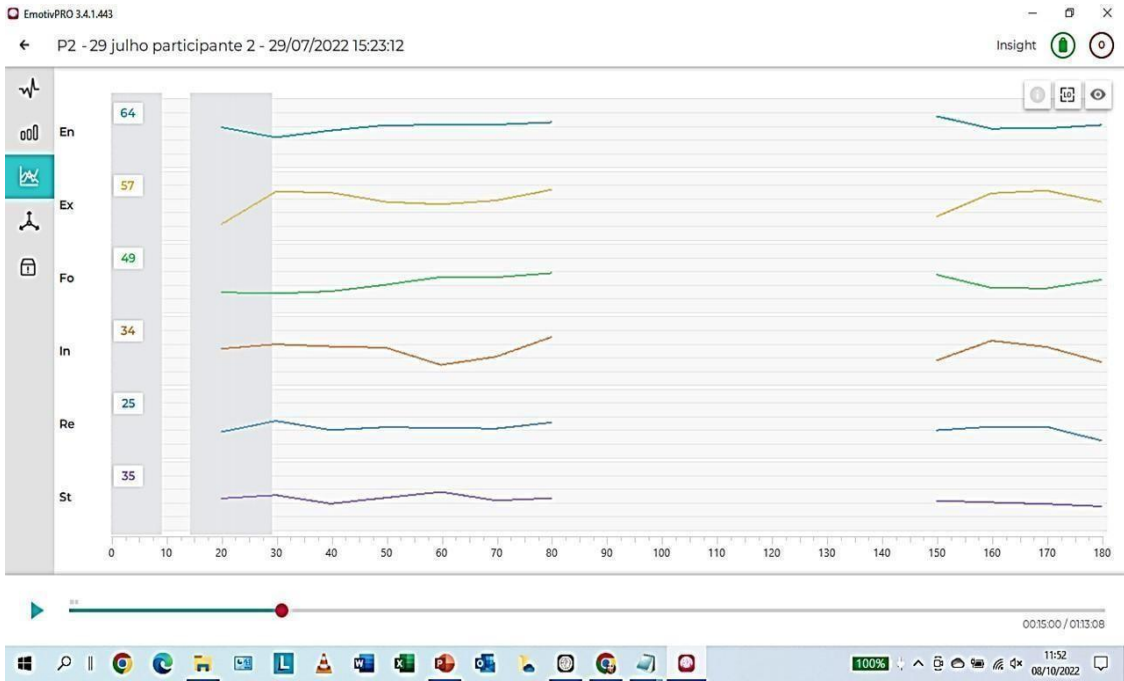


Figura 53. Gráfico da métrica de desempenho de P2 no 15º minuto de atividade.
Fonte: EmotivPro.

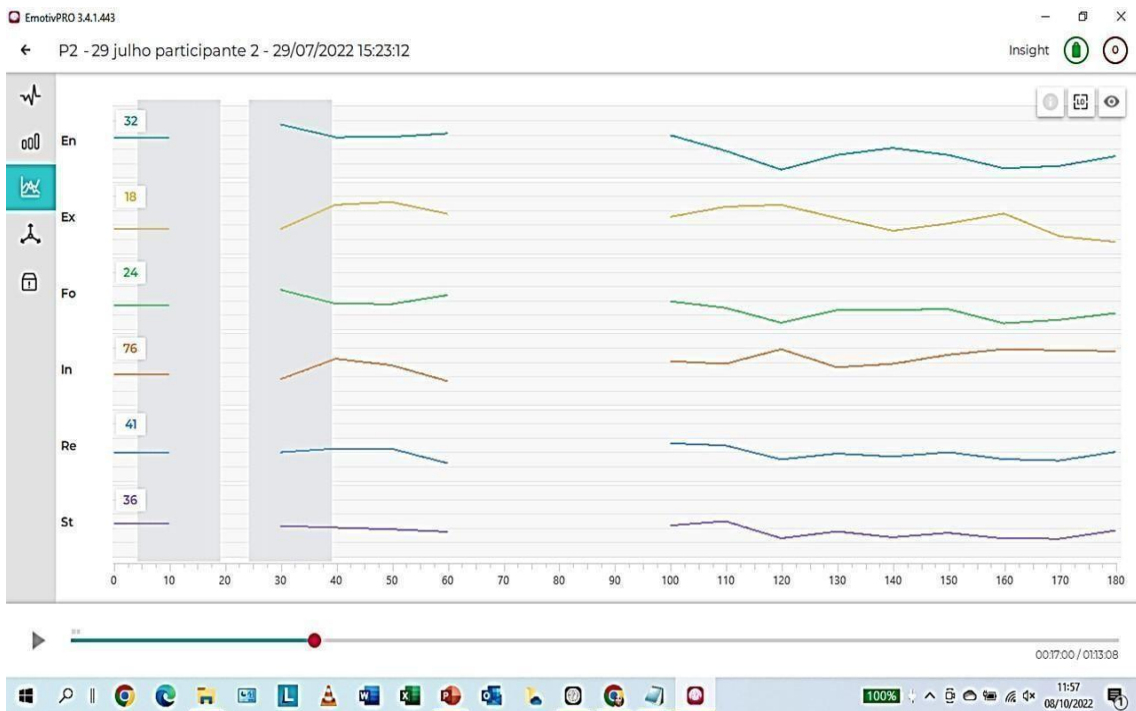


Figura 54. Gráfico que corresponde à métrica de desempenho do 17º minuto de atividade nas tags interativas. Fonte: EmotivPro.

A seguir, P2 foi para E4 e clicou no painel com o jogo de classificação do lixo hospitalar, permanecendo no jogo durante os 2 minutos seguintes. A métrica de desempenho desta atividade pode ser verificada na Figura 55.

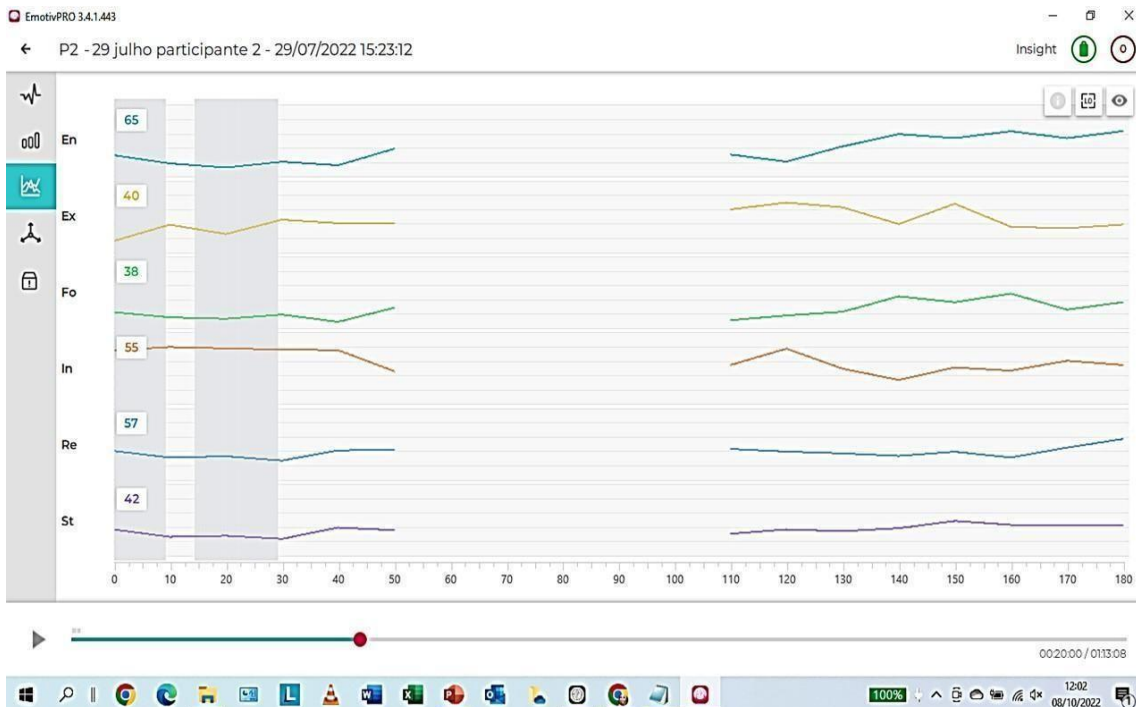


Figura 55. Gráfico que corresponde à métrica do 20º minuto de atividade.

Fonte:EmotivPro.

A seguir, P2 clicou nas latas de lixo, no *descarpack* e seguiu novamente para a E1 e assistiu ao vídeo no painel 1. A Figura 56 mostra a métrica durante os minutos (44º-50º min) em que assistiu ao vídeo sobre a higiene das mãos com água e sabão e clicou no painel com o avatar que orienta a higiene das mãos com álcool.

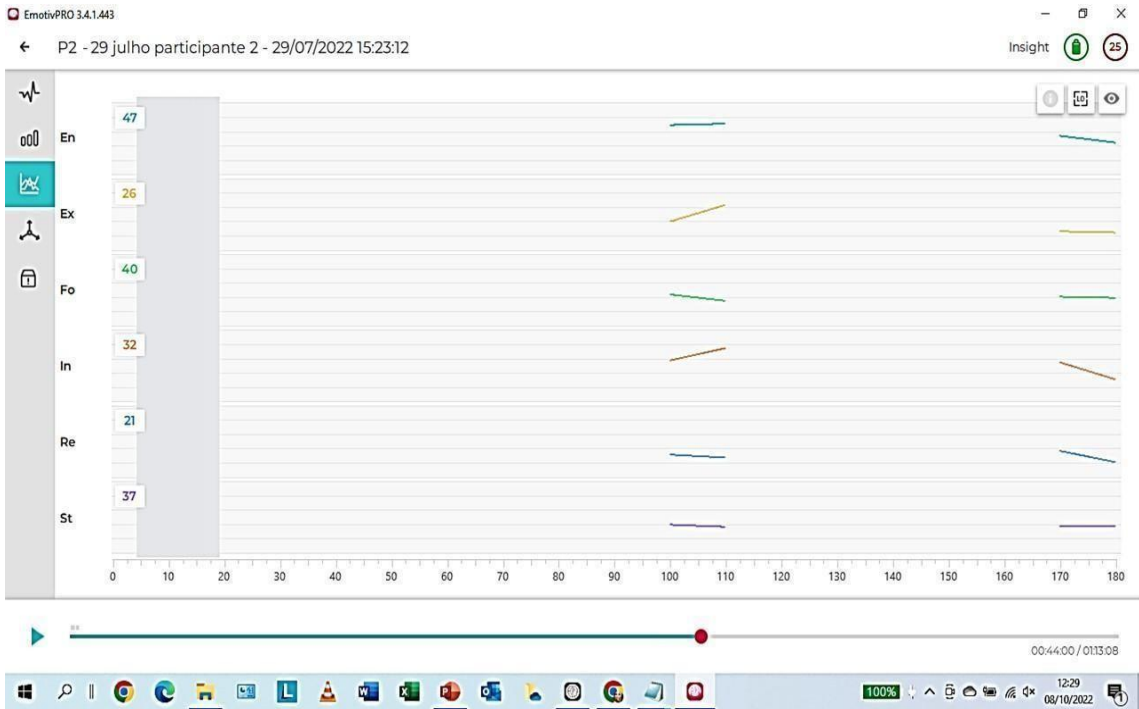


Figura 56. Pico da Métrica de P2 no 49º minuto durante a atividade em E1.
 Fonte: EmotivPro.

Na sequência da observação, P2 segue novamente para a E2, clicando no painel com o vídeo sobre os EPIs e assistindo ao vídeo nos 6 minutos seguintes, correspondendo ao gráfico das métricas na Figura 57.



Figura 57. Métrica de desempenho de P2 do 67º minuto de atividade.
 Fonte:EmotivPro.

A seguir, P2 fez as atividades de jogo dos EPs “paramentação e desparamentação”, o preenchimento da avaliação e finalizou a gravação, correspondendo ao gráfico das métricas de P2 na Figura 58.



Figura 58. Métrica de desempenho do 82º minuto de atividade. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação do P2:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P2 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada.

Foi uma gravação de 1 h e 13 minutos, onde P2 percorreu e explorou várias vezes o roteiro de aprendizagem e as atividades propostas. Na finalização da gravação ocorreu instabilidade da Internet local, impactando no sinal para captação das métricas no final da atividade.

Foram observados em P2 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 11:

Quadro 11. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P2 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienizaçã o das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias "	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	Tags interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivaçã o Intrínseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	53	47	65	32	49	24	64	31	não clicou	65	sem sinal	31
Excitação	72	72	59	18	41	33	57	73	não clicou	40	sem sinal	73
Foco	36	40	49	24	42	20	49	19	não clicou	38	sem sinal	19
Interesse	58	32	61	76	61	57	34	71	não clicou	55	sem sinal	71
Relaxamento	21	21	26	41	26	36	25	26	não clicou	57	sem sinal	26
<i>Stress</i>	33	37	42	36	42	36	35	23	não clicou	42	sem sinal	23

Embora P2 tenha recebido orientações antes de iniciar a atividade proposta e tido o tempo de adaptação no manejo dos comandos, painéis e vídeos, relatou no IMI sentir-se um pouco "perdida" no que deveria fazer, o que parece explicar as idas e vindas nas diferentes estações, até que fizesse "sentido" a atividade proposta para P2. O percurso da rota de aprendizagem não foi linear, ocorrendo algumas idas e vindas entre as estações. Observamos também que P2 manteve os níveis de excitação altos, devido à novidade da atividade, mas a pontuação de foco, engajamento e interesse mantiveram-se estáveis durante a atividade completa.

Os resultados do IMI da P2 corroboram para pontuação relevante em relação ao interesse e engajamento durante a atividade, baixos níveis de *stress* e relaxamento relatados e percepção de imersão na atividade.

P8: Métricas de desempenho

Sexo: Masculino

Idade: 20 anos

Curso: Enfermagem

Semestre: 2º

Tempo de gravação: 25 minutos e 42 segundos

Após a colocação do *headset*, o participante percorreu o trajeto prévio da gravação, que permite adaptação aos comandos e ao ambiente, bem como os ajustes do *headset* na cabeça do participante, visando ao sinal de EEG adequado para a coleta. O tempo de adaptação é livre e o participante sinaliza ao pesquisador quando está pronto para iniciar as atividades no LIASE.

A Figura 59 registra o momento inicial da gravação após a calibragem do sistema, sinalizando os índices iniciais das métricas de desempenho e o início da gravação.

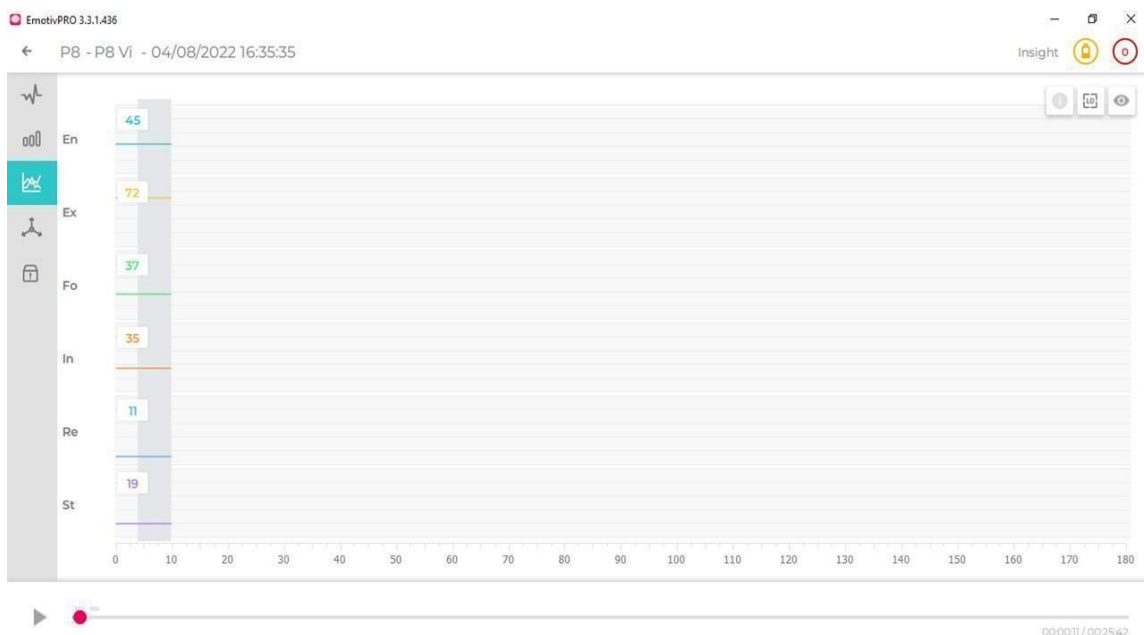


Figura 59. Métrica de desempenho individual de P8, pós-calibragem e nos primeiros 10 segundos de gravação. Fonte: EmotivPro.

O gráfico representado na Figura 60 traz os primeiros 3 minutos, conforme a observação do trajeto do participante no roteiro de aprendizagem e a presença do avatar na Estação 1 - Higiene das mãos. A primeira atividade foi clicar no painel “vídeo-higiene das mãos com água e sabão”. Na sequência, P8 clicou no painel “cartaz higiene das mãos com álcool gel”.

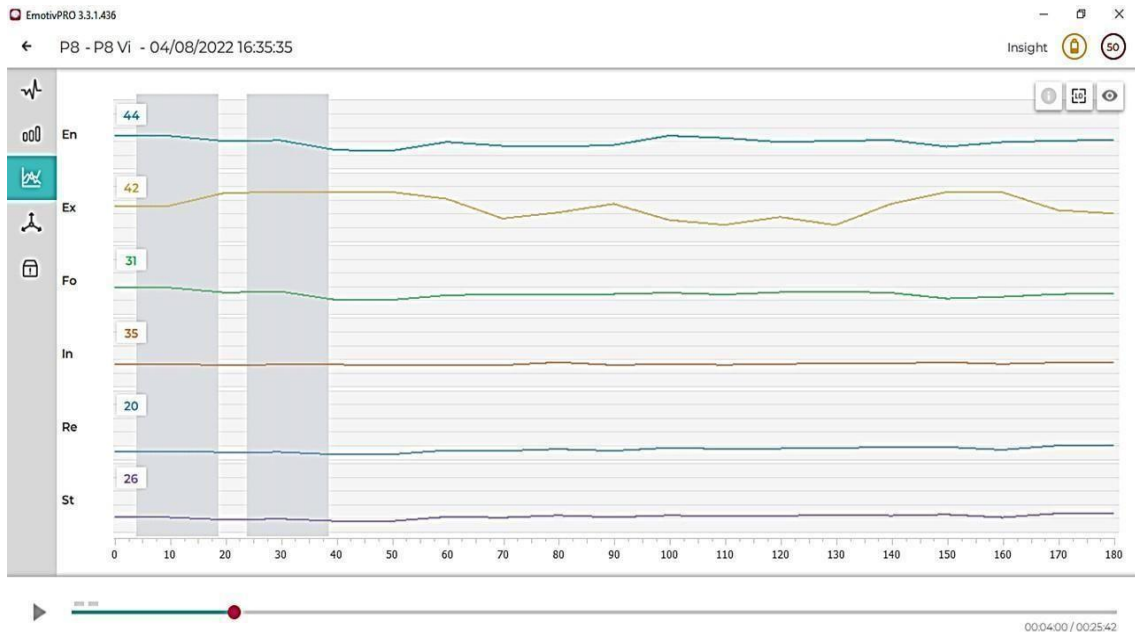


Figura 60. Métrica de desempenho individual de P8 no terceiro minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

O 4º e 5º minutos do trajeto correspondem ao clique no jaleco para vestir no avatar e, na sequência, o painel “Avatar de orientação dos cinco momentos para higienização das mãos”.

As métricas de desempenho de P8 na Estação 2 – EPIS estão nas Figuras 61 e 62. Nesta estação[,] P8 clicou no painel “precauções universais”, no painel “precauções gotículas” e no painel “precauções respiratórias” e na colocação da máscara e *faceshield* pelo avatar.

O painel “colocar e retirar EPIS” não foi clicado e o painel “vídeo sobre os EPIS” não foi visto ou acessado pelo participante[.]

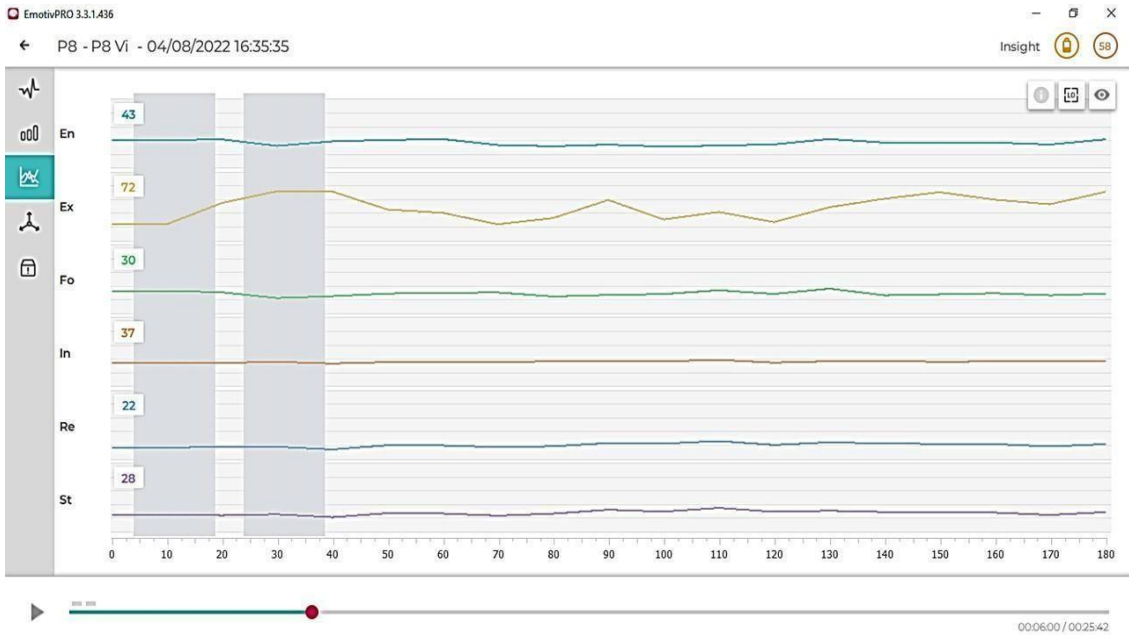


Figura 61. Métrica de desempenho individual de P8 no sexto minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

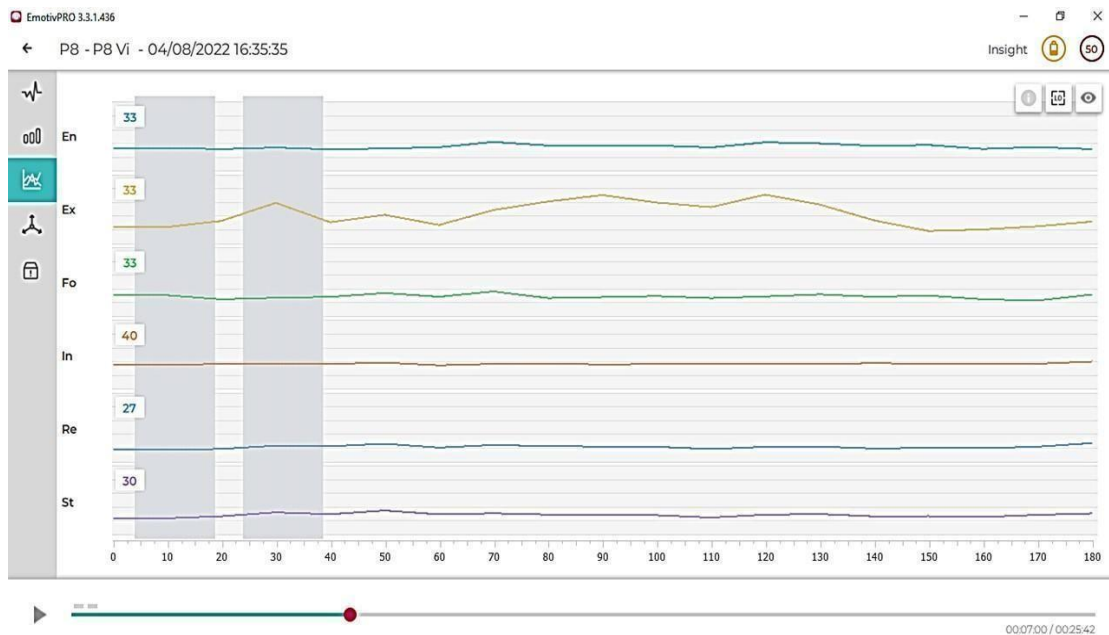


Figura 62. Métrica de desempenho individual de P8 no sétimo minuto de atividade no LIASE. Fonte: Emotiv.

O avatar de P8 entrou na Estação 3 acessando o painel interativo das *tags*

“Contextualização dos EPIs” nos 3 minutos seguintes, conforme o gráfico da Figura 63.

P8 solicitou orientações antes de acessar o painel com o “Jogo de paramentar e desparamentar”, jogando nos 3 minutos seguintes.

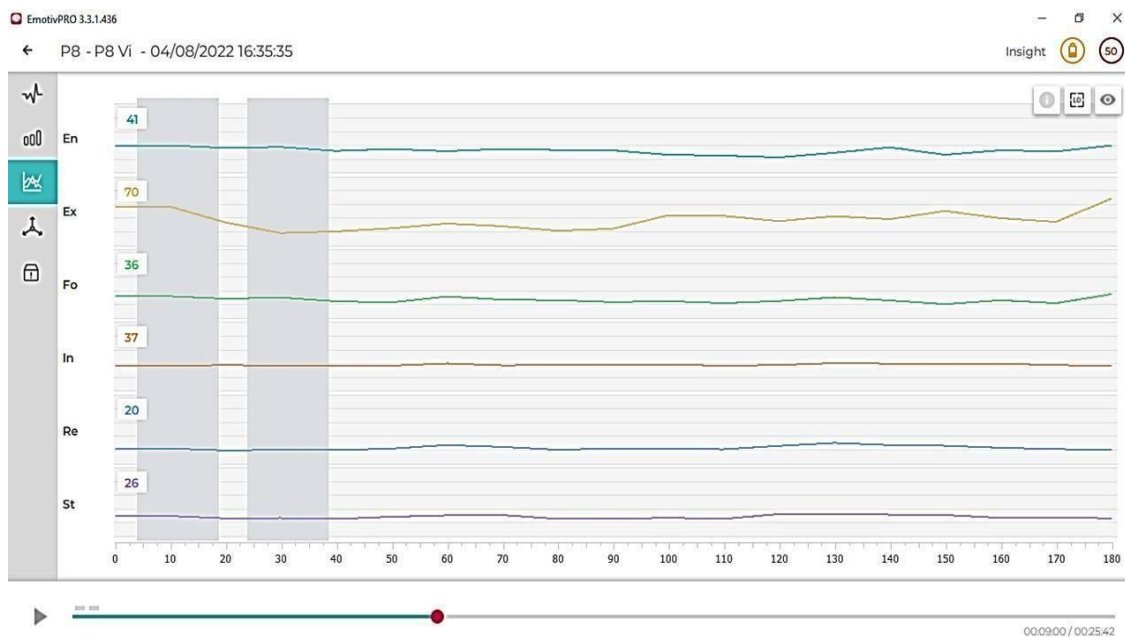


Figura 63. Métrica de desempenho individual de P8 no nono minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Seguindo a rota de aprendizagem, o P8 acessou a Estação 4 “classificação dos resíduos hospitalares”. P8 acessou o painel com “Normas de classificação dos resíduos hospitalares”, conforme o gráfico da Figura 64 mostra o pico da métrica de desempenho referente aos 5 minutos de atividade.

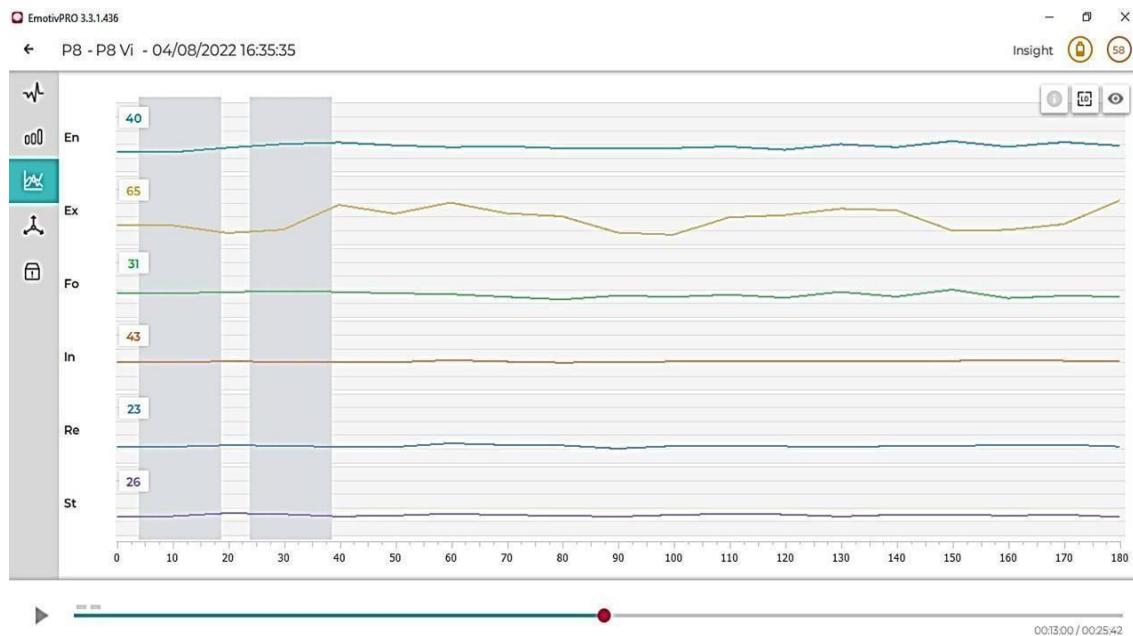


Figura 64. Métrica de desempenho individual do Participante 8 no 13º minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Ao finalizar, P8 solicitou informações antes de acessar o “Jogo de classificação do Lixo Hospitalar”. O gráfico da Figura 65 mostra o pico da métrica de desempenho de atividade durante o acesso ao jogo.

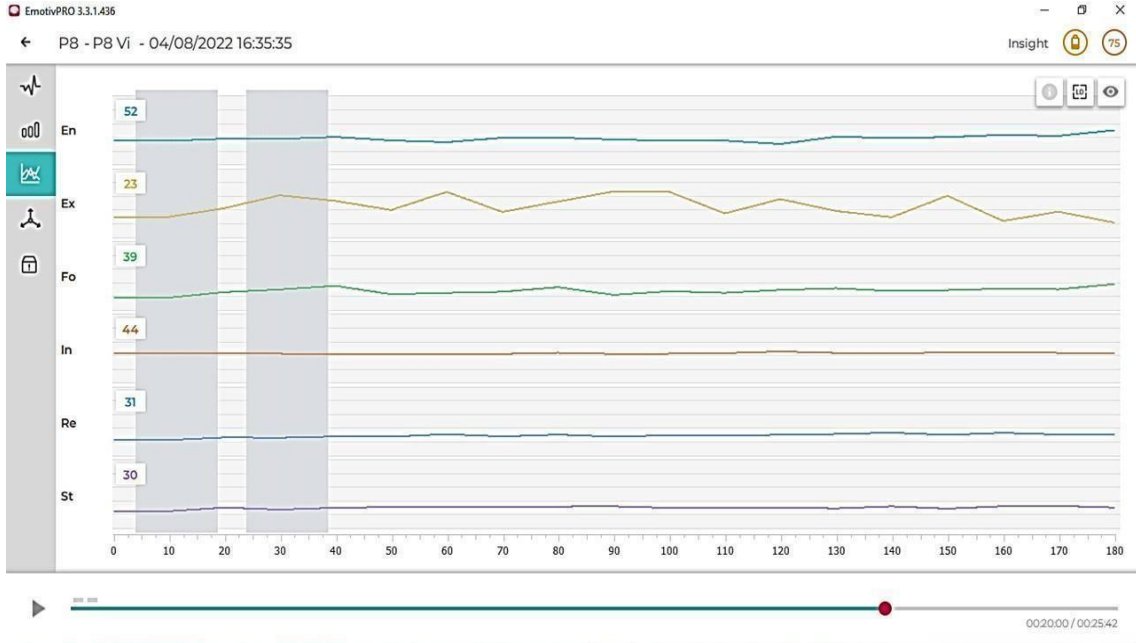


Figura 65. Métrica de desempenho individual de P8 no 20º minuto de atividade no LIASE. Fonte: Emotiv.

Após encerrar o jogo, o avatar de P8 dirigiu-se para a Estação 5 para preenchimento da avaliação da atividade com o Inventário de Motivação Intrínseca (IMI), correspondendo ao gráfico da Figura 66, que mostra o pico da métrica de desempenho de P8.

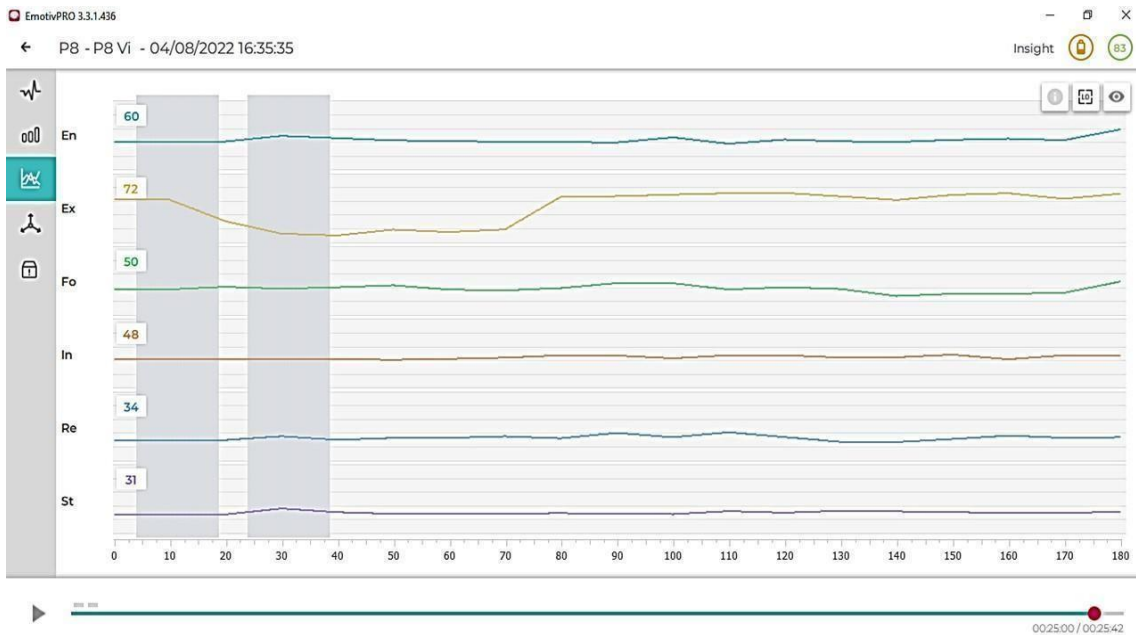


Figura 66. Métrica de desempenho individual do Participante 8 no 25º minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

A última atividade executada por P8 foi clicar na lavadora de roupa, retirando o avental, e a saída do avatar do LIASE e finalização do roteiro de aprendizagem, conforme pode ser verificado no gráfico da Figura 67.

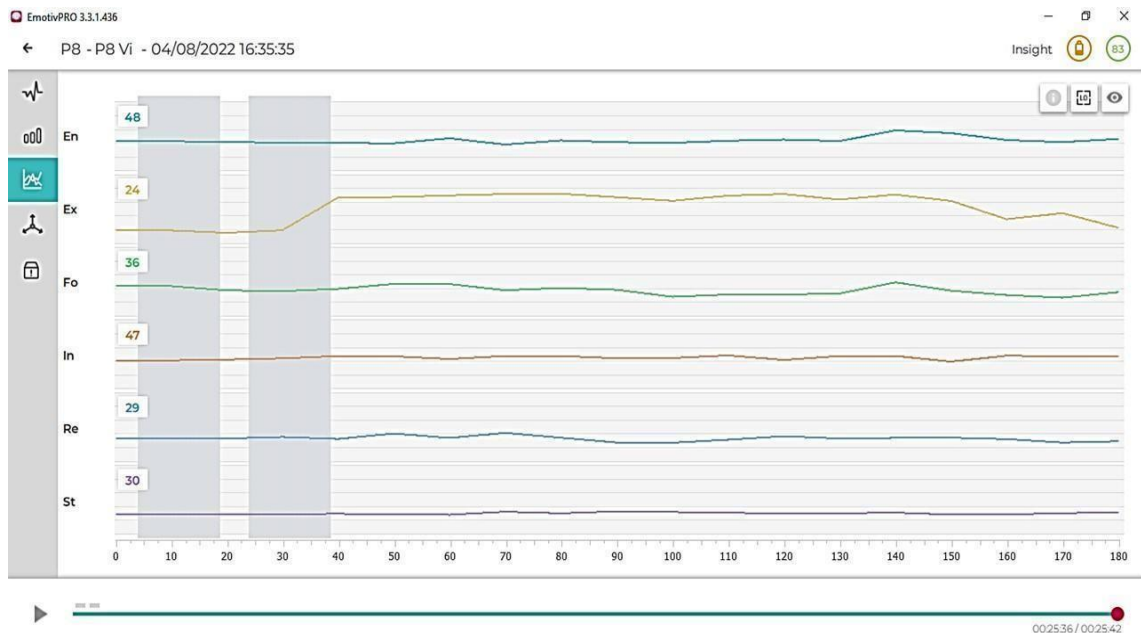


Figura 67. Métrica de desempenho individual do Participante 8 ao finalizar a atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P8:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P8 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada. Foram observados em P8 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 12:

Quadro 12. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P8 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienização das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	Tags interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivação Intrínseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	45	50	36	43	não visto	33	24	41	40	48	60	48
Excitação	72	53	28	72	não visto	33	37	70	65	56	72	24
Foco	37	39	29	30	não visto	33	26	36	31	43	50	36
Interesse	35	33	35	37	não visto	40	38	37	43	46	48	47
Relaxamento	11	12	21	22	não visto	27	26	20	23	34	34	29
<i>Stress</i>	19	21	29	28	não visto	30	32	26	26	31	31	30

Quanto aos níveis de engajamento, estes mantiveram-se estáveis na maior parte do tempo da execução das atividades. Isto quer dizer que P8 estava em estado de alerta e no uso consciente da atenção para estímulos relevantes para a tarefa. A pontuação do engajamento de P8 também mede o nível de imersão durante a atividade e, em algumas atividades, foram detectados maior atenção, foco e carga de trabalho, corroborando com o resultado do IMI de P8. Quanto maiores a atenção, o foco e a carga de trabalho, maior foi a pontuação de saída relatada pela detecção do Emotiv.

Comparativamente, os resultados de P8 mostraram pontuação de baixo nível de tensão que coincidem com o seu relato no IMI. P8 também relatou imersão durante a atividade que coincide com os resultados das pontuações estáveis no engajamento, foco e interesse apresentados. A percepção de esforço para desenvolver a atividade e desempenho adequado não foi afetada, embora P8 estivesse nos semestres iniciais do curso.

P16: Métricas de desempenho

Sexo: feminino

Idade: 29 anos

Curso: Enfermagem Semestre: 8º

Tempo total de gravação: 47 minutos e 29 segundos

A gravação da métrica de desempenho de P16 teve três tentativas, a primeira, devido à oscilação do sinal de Internet, interferindo no sinal, e não obtivemos a métrica. Reiniciamos a gravação e, após a calibração do sistema, obtivemos sucesso em um sinal válido da atividade cerebral que, analisada pelo algoritmo do Emotiv, faz a inferência da média da métrica de desempenho.

Os primeiros 6 minutos de atividade de P16 foram clicados no painel com o vídeo da higiene das mãos e nos painéis de higiene das mãos com álcool gel, nos cinco momentos para higienização das mãos, e clicou para pegar o jaleco. A Figura 68 mostra a métrica de desempenho de P16 no sexto minuto da atividade na E1.



Figura 68. Métrica de desempenho individual de P16 nos 6 minutos de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro

Na sequência das atividades, P16 encaminhou o avatar para E2, clicando no painel e assistindo o vídeo sobre o EPIs durante 7 minutos, solicitando orientações, após, sobre os outros painéis, sobre os tipos de precaução, e clicou para pegar a máscara e o *faceshield*. A Figura 69 demonstra o gráfico da métrica de desempenho de P16 no 10º minuto.

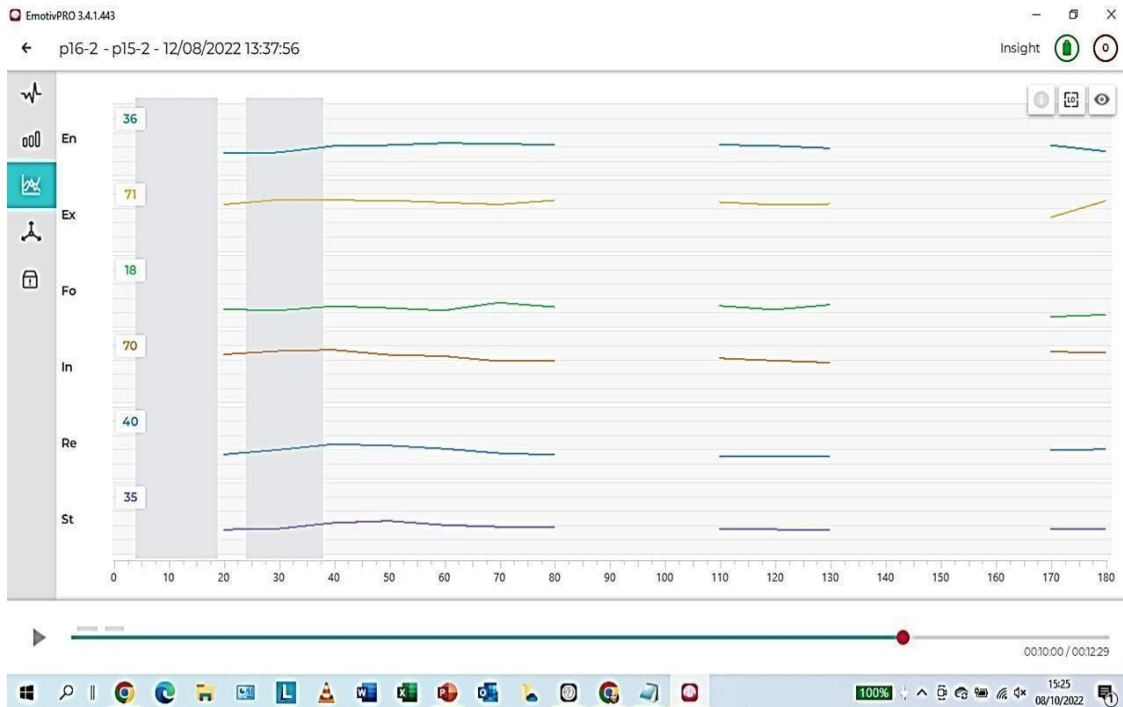


Figura 69. Métrica de desempenho individual de P16 no 10º minuto de atividade. Fonte, EmotivPro.

O Avatar de P16 foi para a E3. Ao chegar na estação, P16 clicou nas *tags* de contextualização das ações de biossegurança em diferentes contextos.

A atividade seguinte de P16 foi o jogo de “paramentar e desparamentar”, onde permaneceu durante 3 minutos. A Figura 70 mostra o pico da métrica de desempenho desta atividade:

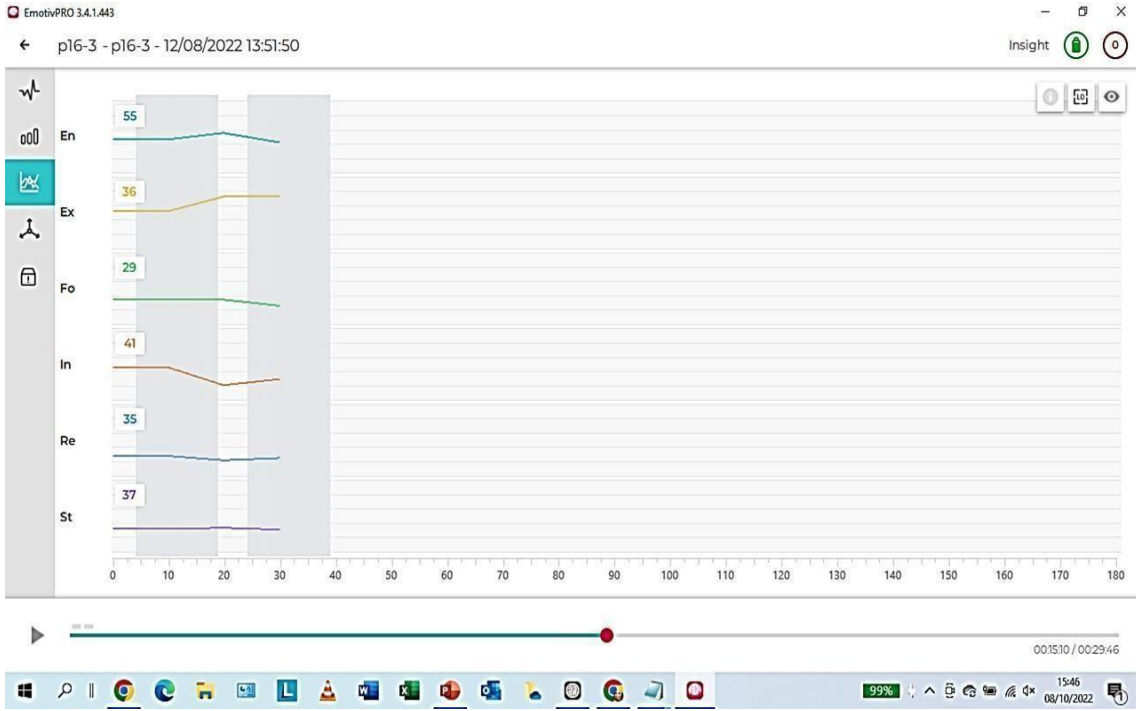


Figura 70. Métrica de desempenho individual de P16 no jogo dos EPIs. Fonte: EmotivPro.

P16 encaminhou o avatar para a E4 e clicou no jogo de “classificação do lixo hospitalar”, onde permaneceu 7 minutos e jogou duas vezes. A Figura 71 apresenta o gráfico com a maior valência da métrica de desempenho durante a atividade.

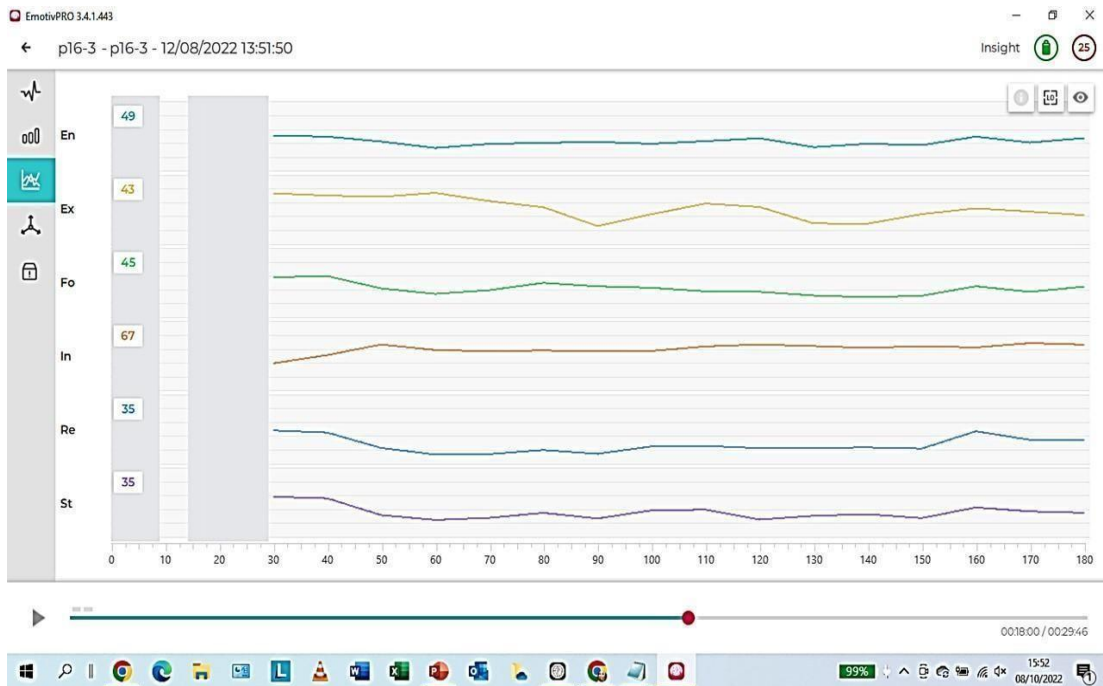


Figura 71. Métrica de desempenho individual de P16 no 18º minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Depois que jogou, P16 clicou na aula “normas de classificação de resíduos hospitalares”, onde verificou e leu o conteúdo por 5 minutos. A Figura 72 mostra a maior métrica de desempenho de P16 na atividade:

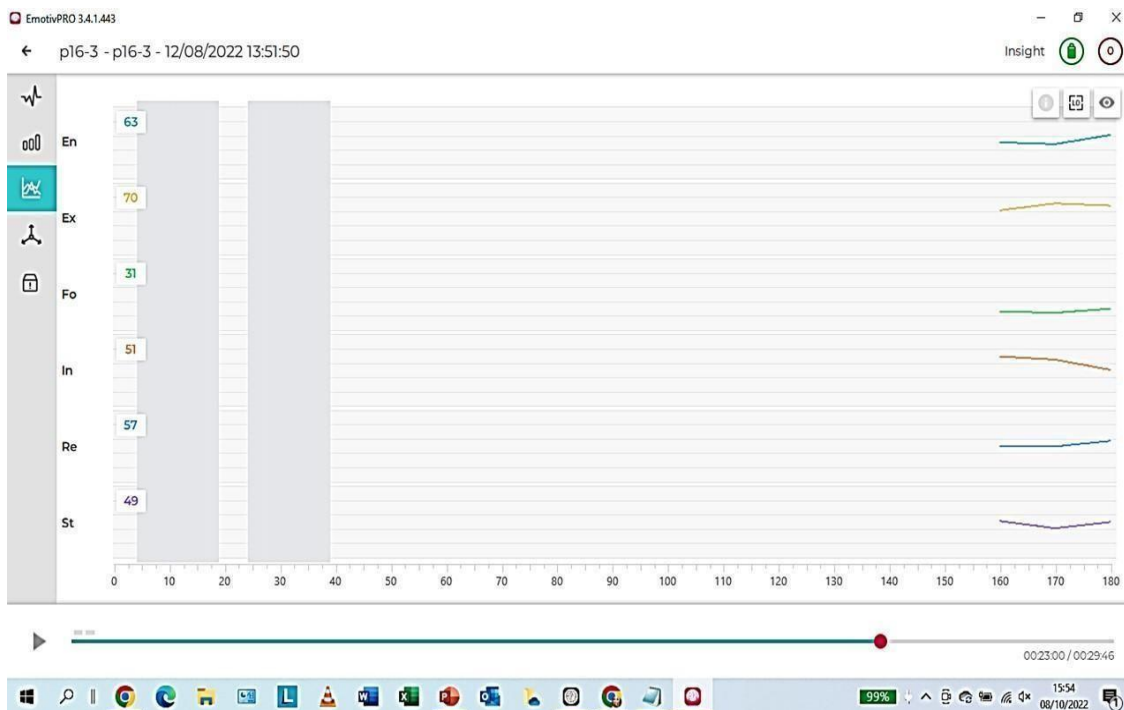


Figura 72. Métrica de desempenho individual de P16 no 23^o minuto de atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

P16 clicou nas latas de lixo e encaminhou o avatar para E5, onde preencheu o IMI e permaneceu até concluir o roteiro de aprendizagem e deixar a estação. Os picos de desempenho da atividade na E5 e na finalização do roteiro estão nas Figuras 73 e 74, respectivamente.

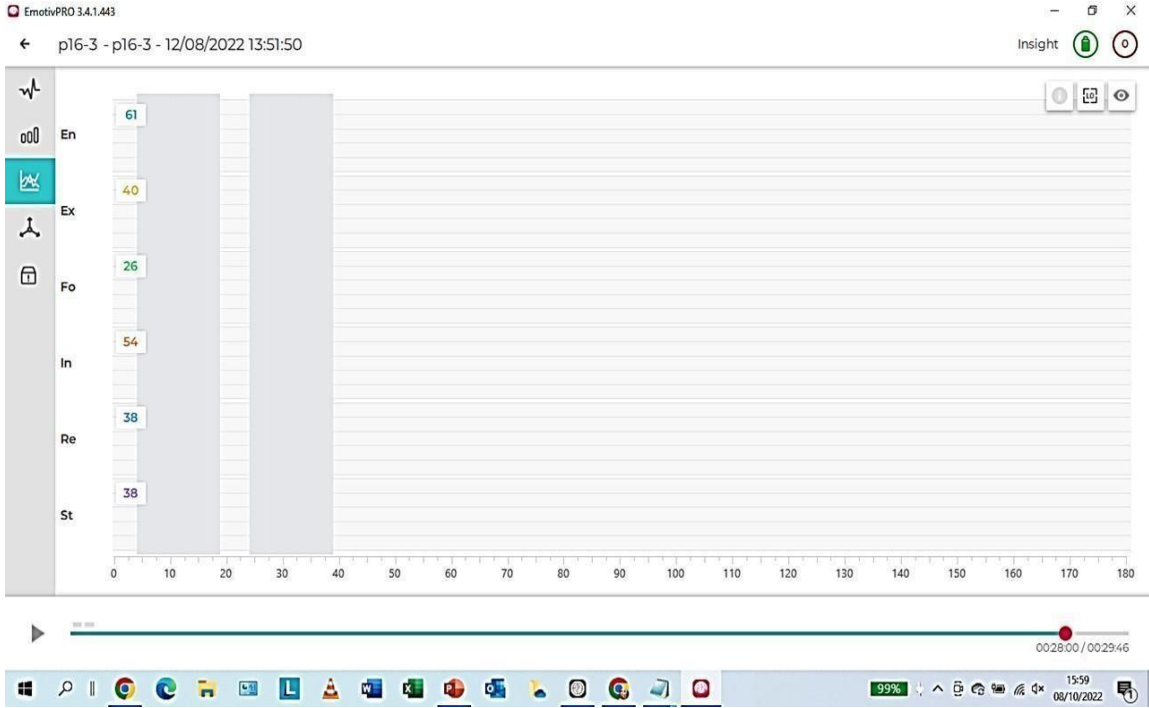


Figura 73. Métrica de desempenho individual de P16 no 28^o minuto de atividade. Fonte: EmotivPro.



Figura 74. Métrica de desempenho individual de P16 ao finalizar a atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P16:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P16 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada.

As questões técnicas de qualidade do sinal geralmente se deram pelo volume e densidade de cabelo, principalmente afro, e das oscilações na Internet da universidade, levando ao reinício do processo de coleta.

Na avaliação da atividade de P16 no LIASE, pudemos observar picos de engajamento e interesse principalmente nas atividades lúdicas. Observamos também valências expressivas na excitação, indicando que a atividade provocou um grande envolvimento do participante, que coincidem com o relato no IMI de interesse e percepção de diversão durante a realização da atividade.

Além disso, os relatos do IMI de P16 de relaxamento e baixo nível de *stress* coincidem com a pontuação das métricas de desempenho.

Foram observados em P16 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 13:

Quadro 13. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P16 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienização das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	Tags interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivação o Intrínseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	sinal ruim	39	41	43	43	36	48	55	63	49	61	59
Excitação	sinal ruim	59	67	66	66	71	53	36	70	43	40	59
Foco	sinal ruim	32	31	25	25	18	36	29	31	45	26	40
Interesse	sinal ruim	62	55	59	59	70	46	41	51	67	54	60
Relaxamento	sinal ruim	18	24	30	30	40	28	35	57	35	38	35
<i>Stress</i>	sinal ruim	28	29	34	34	35	32	37	49	35	38	38

P18: Métricas de desempenho

Sexo: Masculino

Idade: 33 anos

Curso: Enfermagem

Semestre: 8^o

Tempo de gravação: 4 minutos e 37 segundos

A coleta de P18 foi interrompida por problemas de oscilação na rede de Internet que interferiram na coleta. P18 foi um dos participantes que referiram dificuldade de memorização após a COVID-19, contraída em julho de 2022. Após a calibração, a Figura 75 mostra a valência inicial da métrica de desempenho da atividade:



Figura 75. Métrica de desempenho individual inicial de P18. Fonte: EmotivPro.

P18 iniciou as atividades na E1 clicando no avatar com orientações sobre o uso do álcool gel e, a seguir, clicou no painel com o vídeo da higiene das mãos com água e sabão.

Após assistir o vídeo, P18 clicou nos painéis sobre a higiene das mãos com álcool e nos cinco momentos da higiene das mãos, e a coleta foi finalizada devido à persistência da oscilação da Internet. A Figura 76 mostra a métrica de desempenho final de P18:

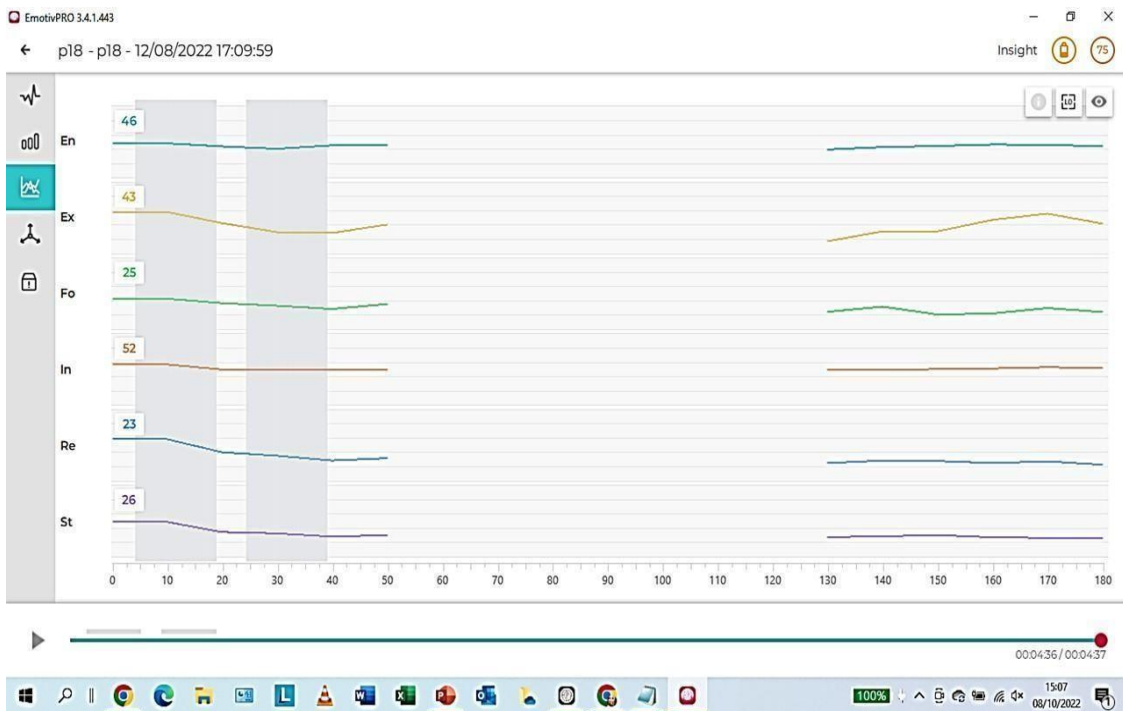


Figura 76. Métrica de desempenho individual de P18 ao finalizar a atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P18:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P18 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada.

A coleta teve limitação devido à oscilação da Internet, que não registrou sinal adequado em todas as atividades acessadas por P18. No entanto, nos momentos em que o sinal foi captado durante a atividade, P18 mantinha a atenção focada e o engajamento na atividade.

Foram observados em P18 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 14:

P20: Métricas de desempenho

Sexo: Feminino

Idade: 24 anos

Curso: Enfermagem

Semestre: 8º

Tempo de gravação: 42 minutos e 57 segundos

Um dos problemas de qualidade do sinal de EEG envolve o contato com o couro cabeludo, principalmente, em participantes do sexo feminino com cabelos longos e densos. Em alguns casos como o de P20, o sinal inicial foi obtido após algumas tentativas de ajuste do *headset*. A gravação de P20 iniciou-se após o tempo de adaptação e calibragem. A Figura 77 mostra o gráfico inicial da métrica da atividade de P20:

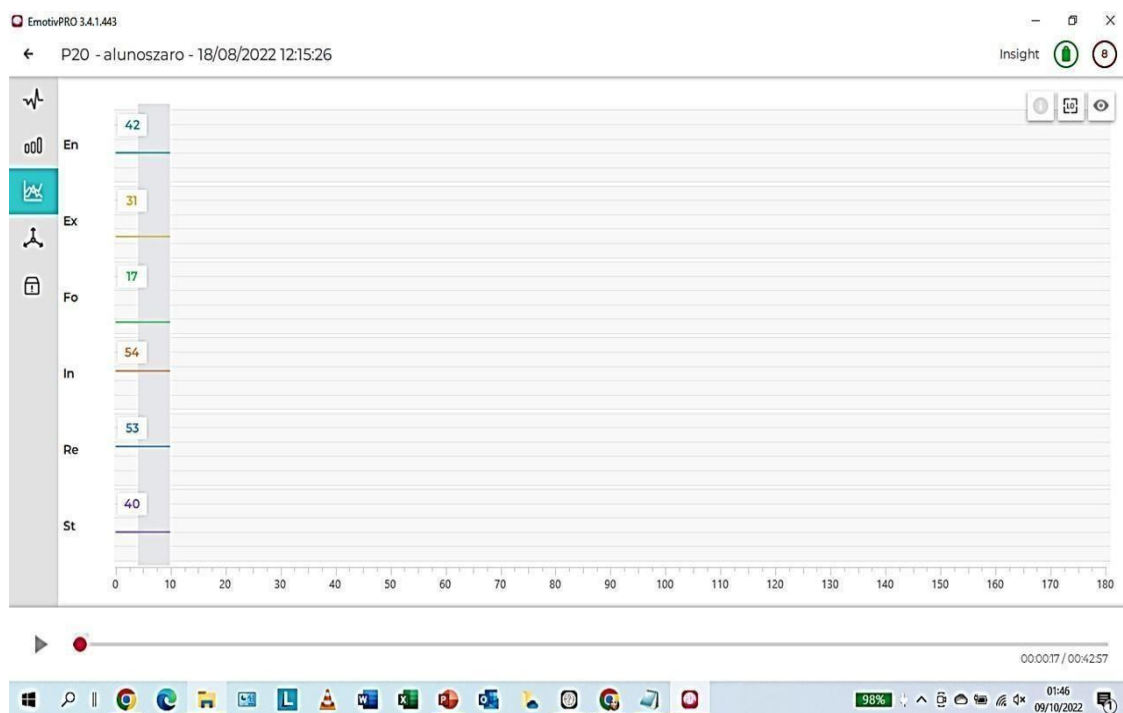


Figura 77: Métrica de desempenho inicial de P20. Fonte: EmotivPro.

P2 encaminhou o avatar para a E1, assistindo ao vídeo, clicando no avental para vestir, nos painéis de higiene das mãos com álcool gel e cinco momentos, finalizando a E1 ao clicar o avatar de orientação sobre a higiene das mãos. Não havia sinal da métrica de desempenho durante a atividade em E1. Na sequência, P20 foi para a E2 e assistiu ao vídeo sobre os EPIs durante 3 minutos. Podemos observar o pico de valência das métricas de desempenho na Figura 78:

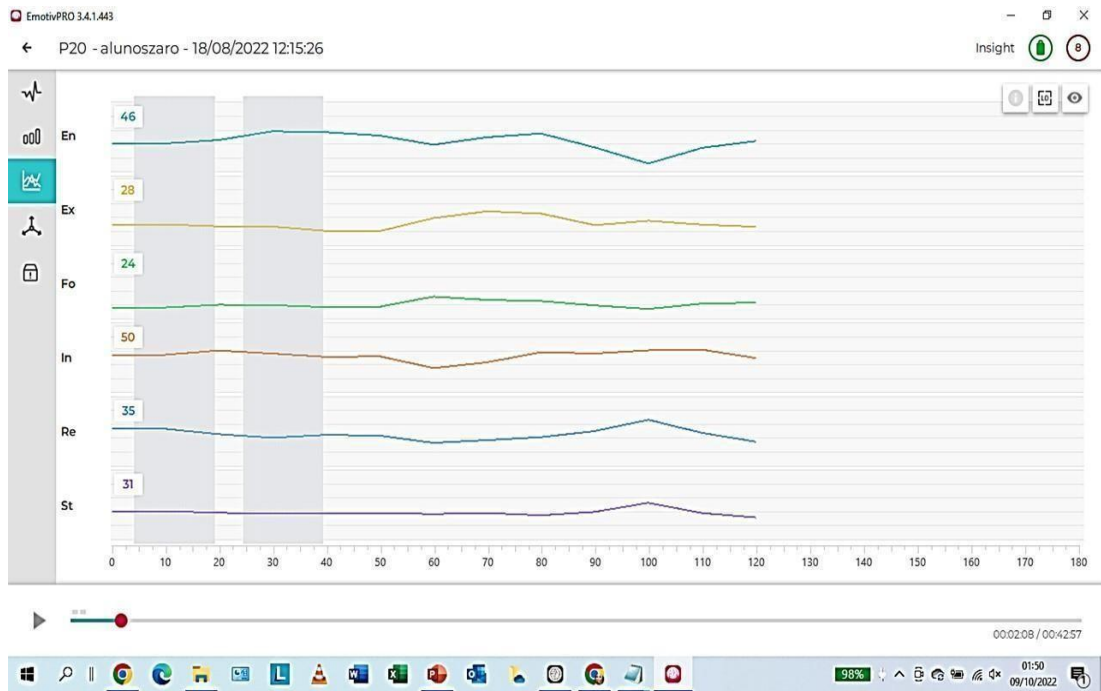


Figura 78. Métrica de desempenho de P20 ao assistir ao vídeo dos EPIs na E2.

Fonte: EmotivPro.

Após o vídeo, P20 clicou nos painéis sobre Precauções Universais, Gotícula e respiratório. A seguir, P20 clicou na máscara, no *faceshield* e no painel da ordem de paramentar e desparamentar, conforme pode ser observado gráfico da métrica de desempenho da Figura 79 no sexto minuto de atividade:

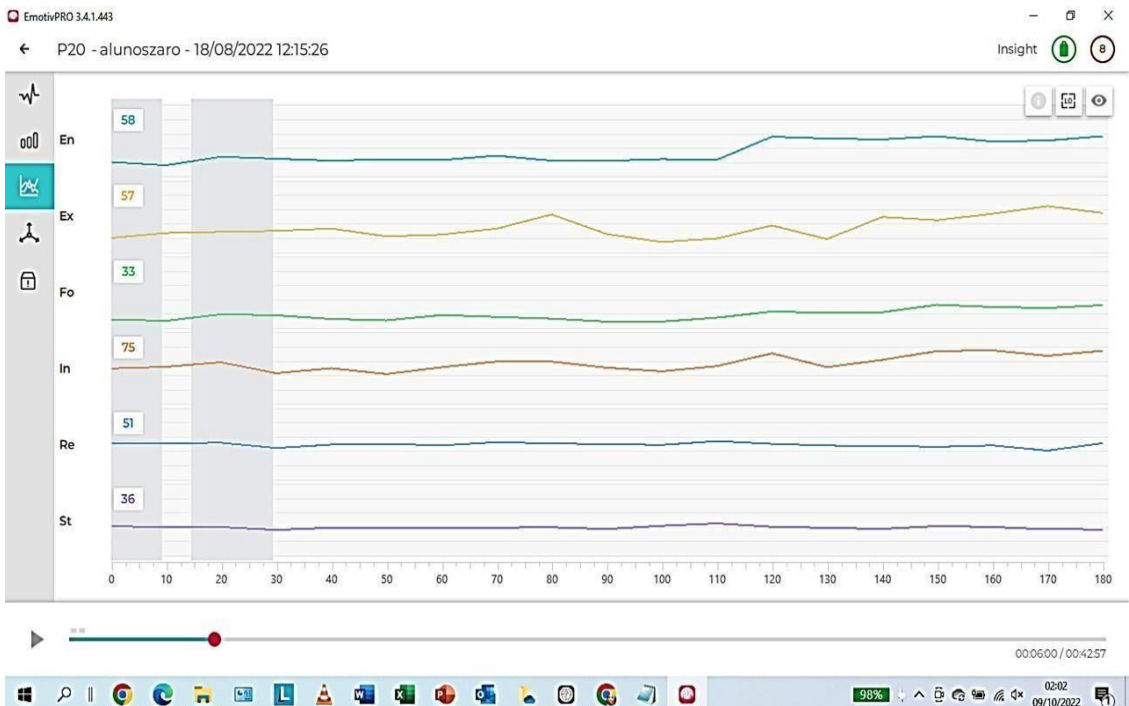


Figura 79. Métrica de desempenho de P20 ao clicar no painel com a ordem de paramentar e desparamentar. Fonte: EmotivPro.

P20 encaminhou o avatar para a E3, clicando no painel com as *tags* de contextualização. As métricas de desempenho podem ser verificadas na Figura 80:

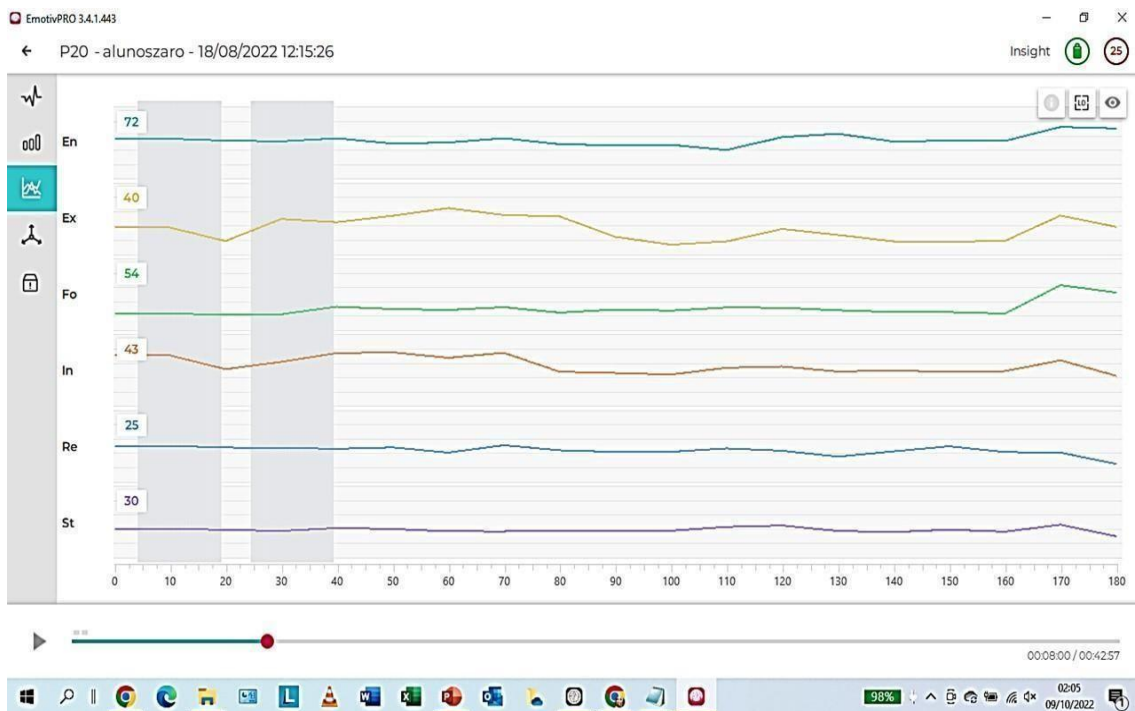


Figura 80: Métrica de desempenho de P20 ao clicar no painel das *tags* interativas. Fonte: EmotivPro.

P20 solicitou e recebeu orientações sobre o jogo de “paramentar e desparamentar”, iniciando o jogo na sequência. O gráfico de desempenho que mostra o pico de valência da métrica de desempenho durante a atividade pode ser verificado na Figura 81:

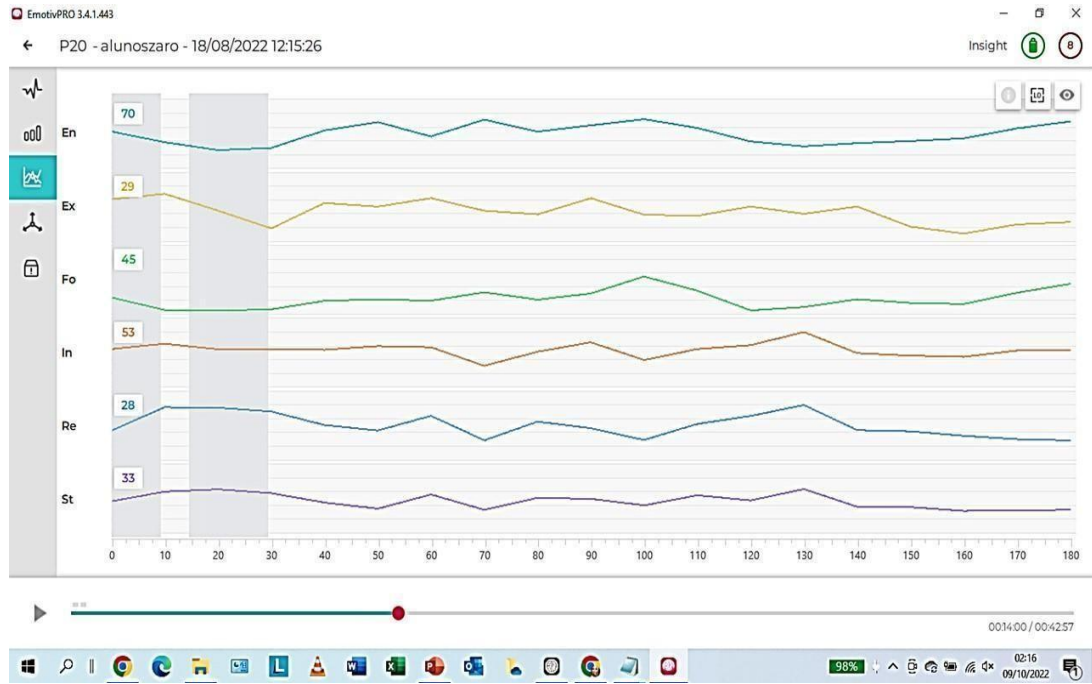


Figura 81. Métrica de desempenho de P20 no jogo de “paramentar e desparamentar”. Fonte: EmotivPro.

P20 seguiu com o avatar para E4, onde clicou no conteúdo de classificação do lixo hospitalar. Solicitou e recebeu novamente orientações e, após, clicou no jogo de classificação do lixo, conforme mostra a Figura 82.

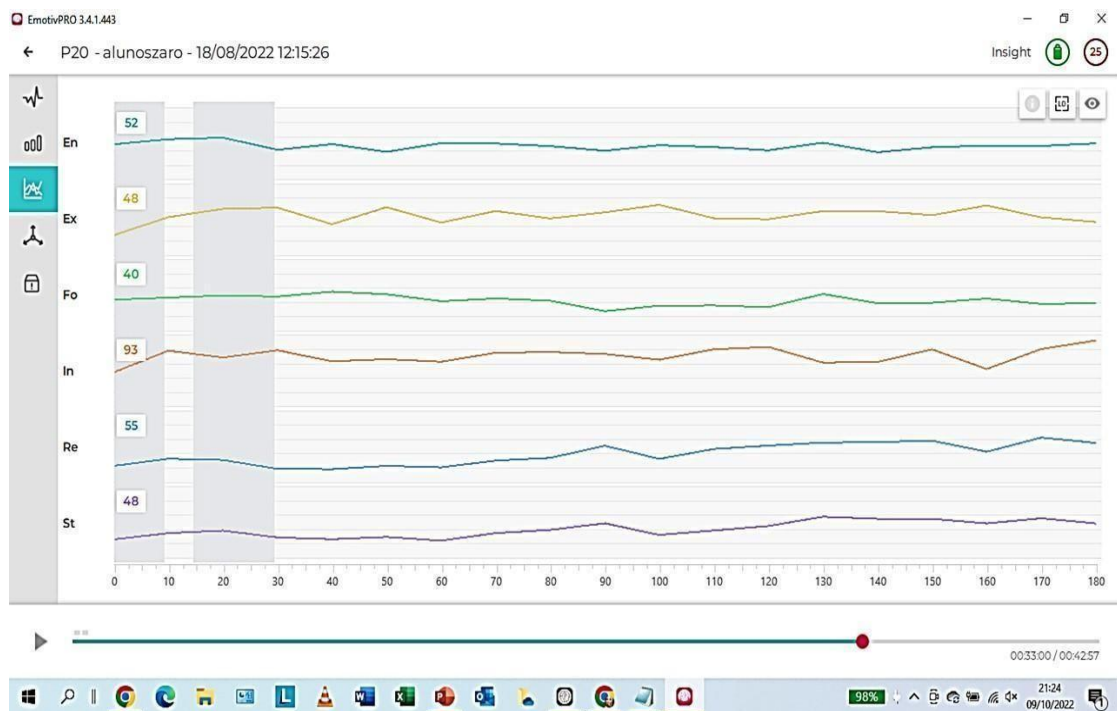


Figura 82. Métrica de desempenho de P20 no jogo da classificação do lixo.

Fonte: EmotivPro.

Ao concluir o jogo, P20 clicou no objeto e seguiu para E5 e avaliou a atividade no LIASE, conforme pode ser observado na Figura 83:

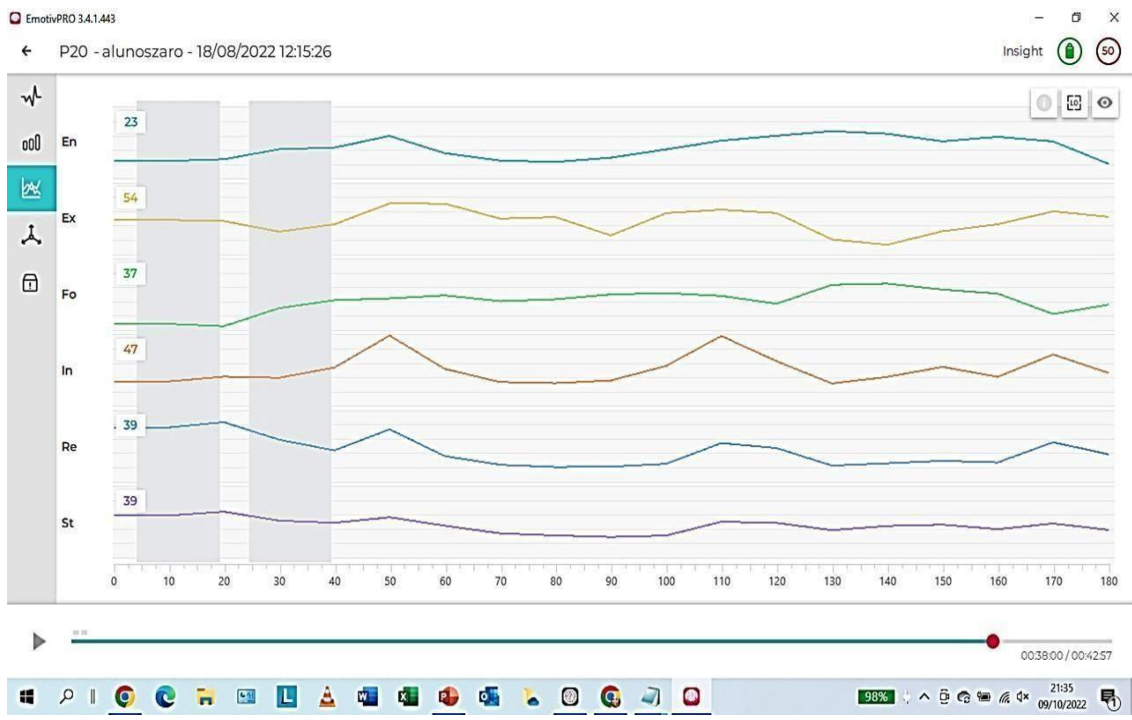


Figura 83. Métrica de desempenho de P20 ao preencher a avaliação da atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Ao concluir, P20 clicou na máquina de lavar para retirar o avental e dirigiu-se para a saída. O gráfico da métrica de desempenho de P20 ao finalizar a atividade no LIASE pode ser verificado na Figura 84:

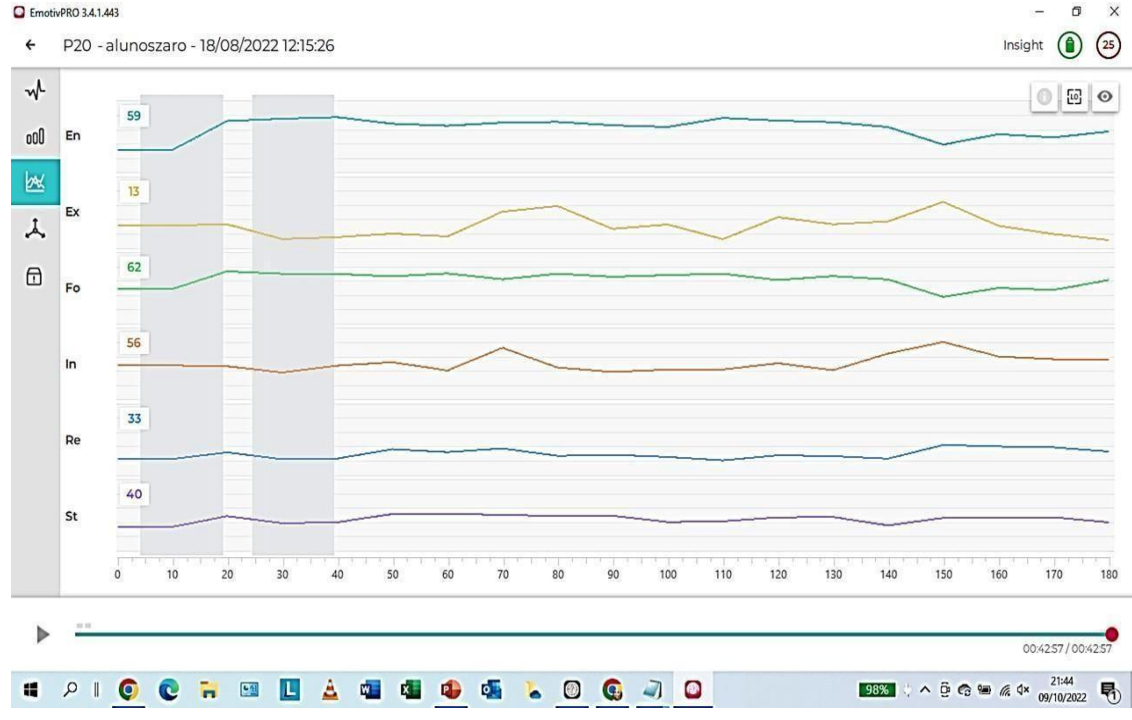


Figura 84. Métrica de desempenho de P20 ao finalizar o roteiro de aprendizagem do LIASE. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P20:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P20 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada. Durante o monitoramento da atividade cerebral de P20 houve oscilação de sinal de Internet, não sendo possível registrar a métrica de desempenho em duas atividades.

Na comparação da atividade cerebral de P20 é possível observar valências elevadas de engajamento, foco e interesse durante o acesso aos jogos e *tags* interativas que coincidem com os resultados dos relatos de P20 no IMI.

Foram observados em P20 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 15:

Quadro 15. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P20 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienizaçã o das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	<i>Tags</i> interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivaçã o Intrinseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	42	sem sinal	sem sinal	25	58	46	72	70	30	52	74	59
Excitação	31	sem sinal	sem sinal	26	39	28	40	29	43	48	45	13
Foco	17	sem sinal	sem sinal	20	25	24	54	45	44	40	62	62
Interesse	54	sem sinal	sem sinal	52	71	50	43	53	67	93	51	56
Relaxamento	53	sem sinal	sem sinal	48	50	35	25	25	25	55	33	33
<i>Stress</i>	40	sem sinal	sem sinal	39	40	31	30	51	31	48	40	40

P22: Métricas de desempenho

Sexo: Feminino

Idade: 24 anos

Curso: Enfermagem

Semestre: 2^o

Tempo de gravação: 44 minutos e 32 segundos

Após o tempo de adaptação e calibração, a gravação de P22 foi iniciada, porém a métrica de desempenho inicial dos primeiros dez segundos da atividade cerebral não foi obtida por ausência de qualidade de sinal no início da gravação. O sinal foi obtido no primeiro minuto, quando P22 estava na E1, na atividade do vídeo da higiene das mãos. A métrica de desempenho desta atividade pode ser verificada na Figura 85 durante o segundo minuto de gravação.

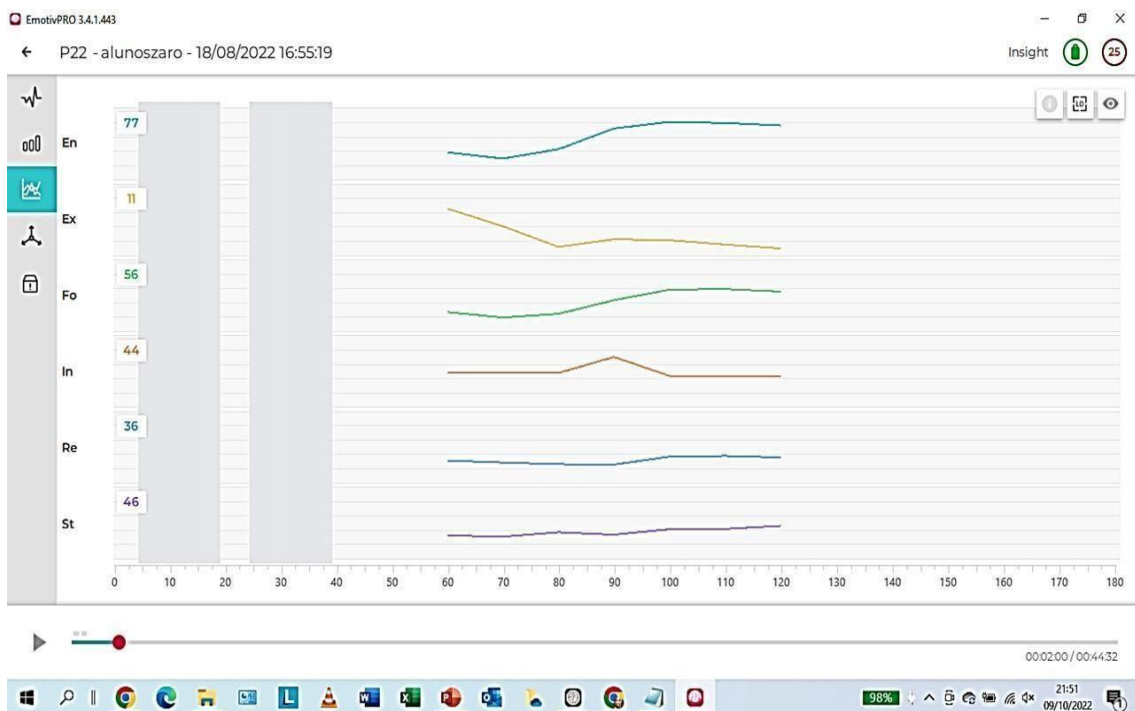


Figura 85. Métrica de desempenho de P22 durante o vídeo “higiene das mãos com água e sabão”. Fonte: EmotivPro.

Na sequência, P22 clicou nos painéis da “higiene das mãos com álcool” e nos “cinco momentos” para realizar a higiene das mãos. P22 não clicou no objeto avental e parou em frente ao painel da ordem de paramentar e desparamentar. A métrica de desempenho da atividade pode ser verificada na Figura 86:

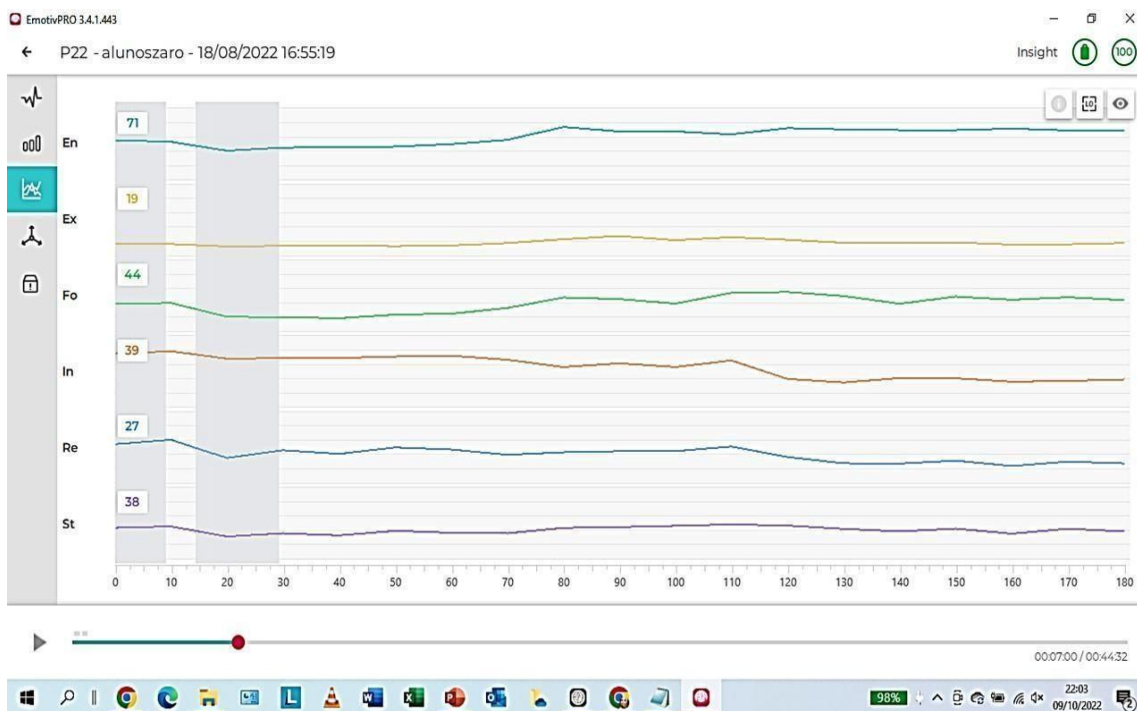


Figura 86. Métrica de desempenho de P22 ao clicar no painel sobre a ordem de paramentar e desparamentar. Fonte: EmotivPro.

A seguir, P22 solicitou e recebeu orientações e clicou e assistiu ao vídeo sobre os EPIs, clicou na máscara e *faceshield* e seguiu para a E3. P22 solicitou e recebeu orientações e iniciou a atividade jogo de “paramentar e desparamentar”, conforme pode ser verificado no gráfico da Figura 87:

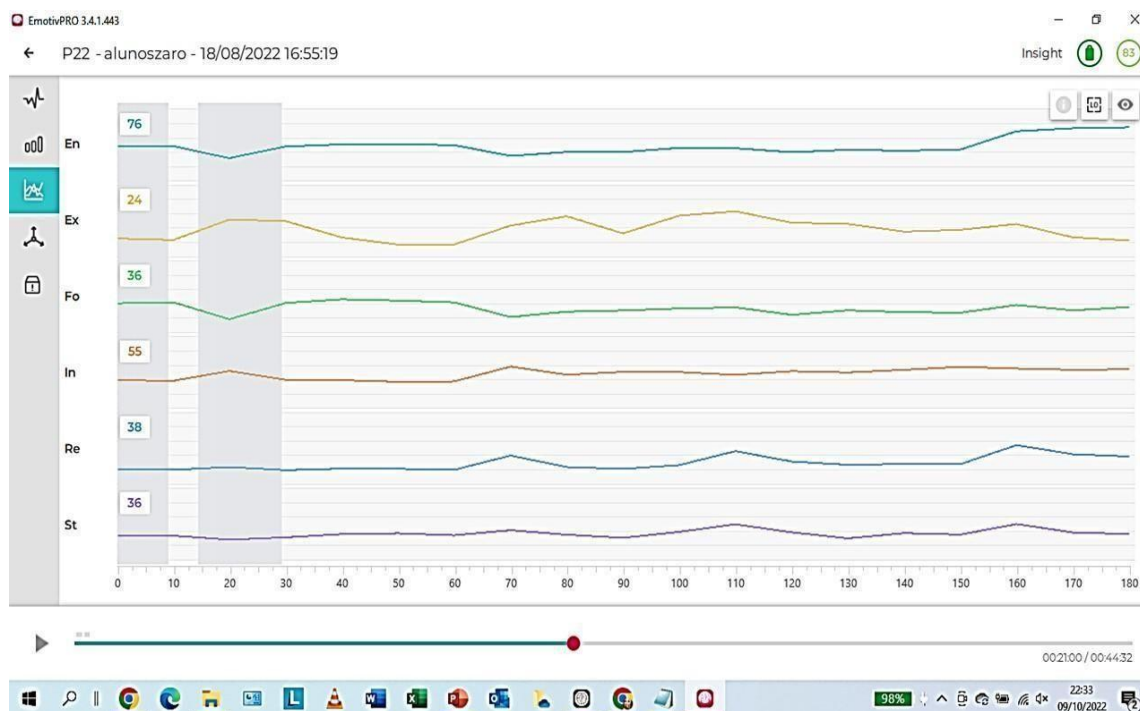


Figura 87. Métrica de desempenho de P22 no jogo de “paramentar e desparamentar”. Fonte: EmotivPro.

Após jogar, P22 clicou o painel das *tags* e interagiu durante cerca de 3 minutos. P22 seguiu com o avatar para E4, acessando o conteúdo sobre classificação do lixo hospitalar, verificando o conteúdo, conforme mostra a sua métrica de desempenho, na Figura 88:

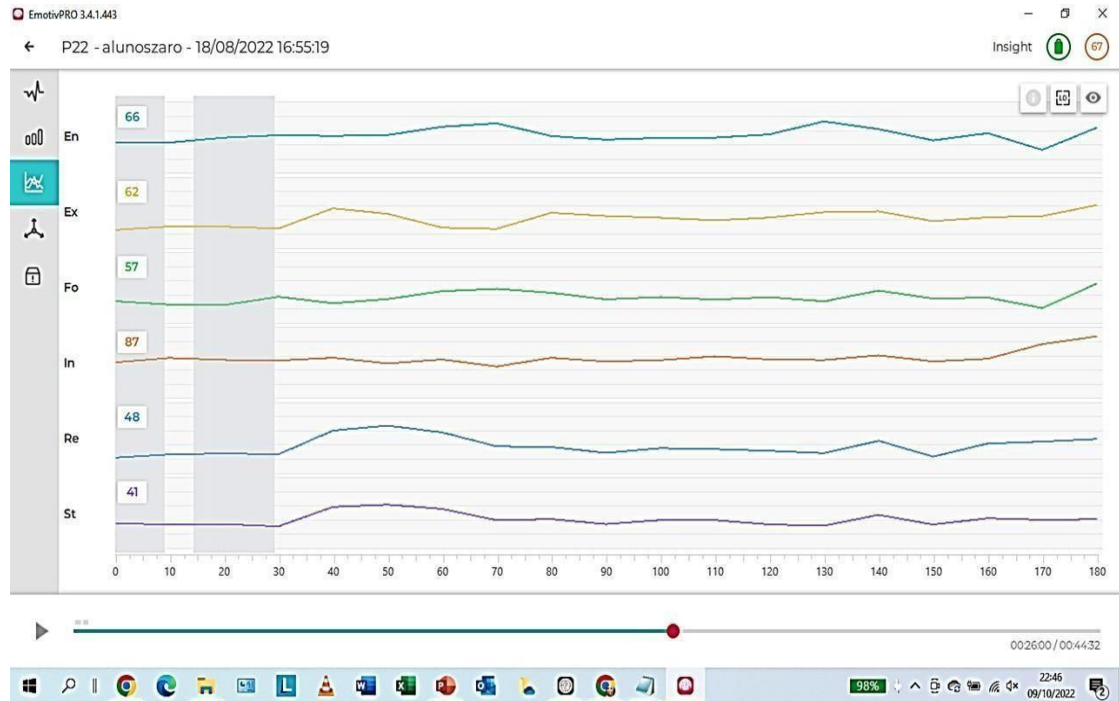


Figura 88. Métrica de desempenho de P22 ao acessar o conteúdo das normas de classificação de lixo hospitalar. Fonte: EmotivPro.

P22 acessou o jogo de classificação do lixo, mas, durante o jogo, voltou a acessar o conteúdo teórico várias vezes, ficando na atividade por cerca de 7 minutos. O gráfico da métrica de desempenho nesta atividade de P22 pode ser verificado na Figura 89:

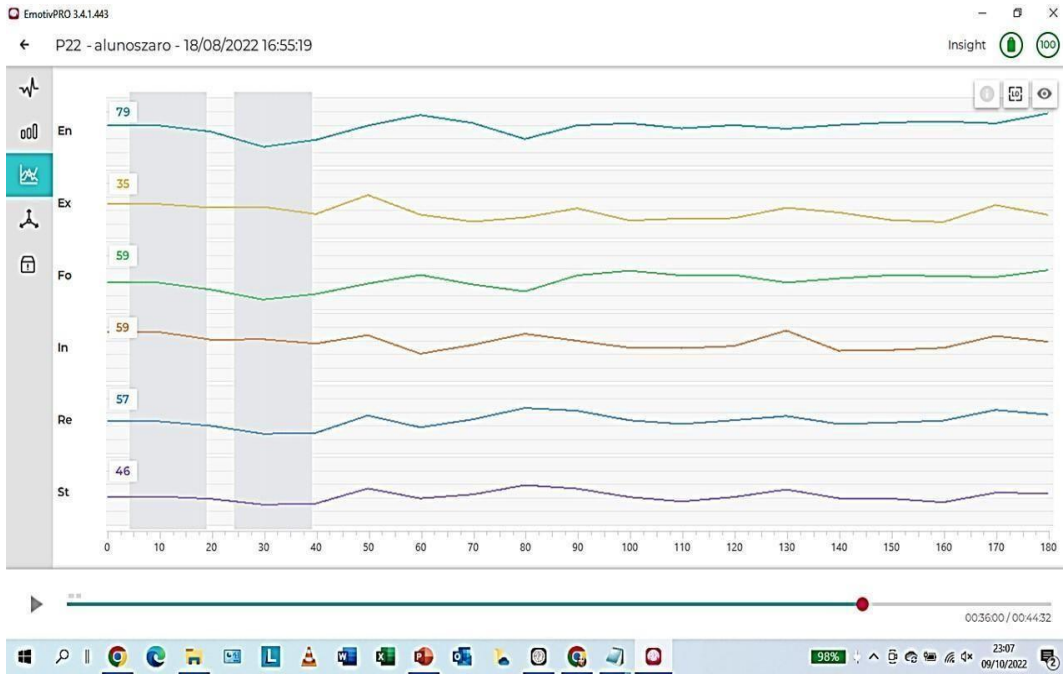


Figura 89. Métrica de desempenho de P22 durante a atividade do jogo de classificação do lixo hospitalar. Fonte: EmotivPro.

A seguir, o avatar de P22 seguiu para E5 e iniciou a avaliação da atividade no LIASE. Após finalizar a avaliação, P22 clicou na máquina de lavar e o avatar concluiu o roteiro de aprendizagem. A métrica de desempenho final de P22 pode ser verificada na Figura 90:

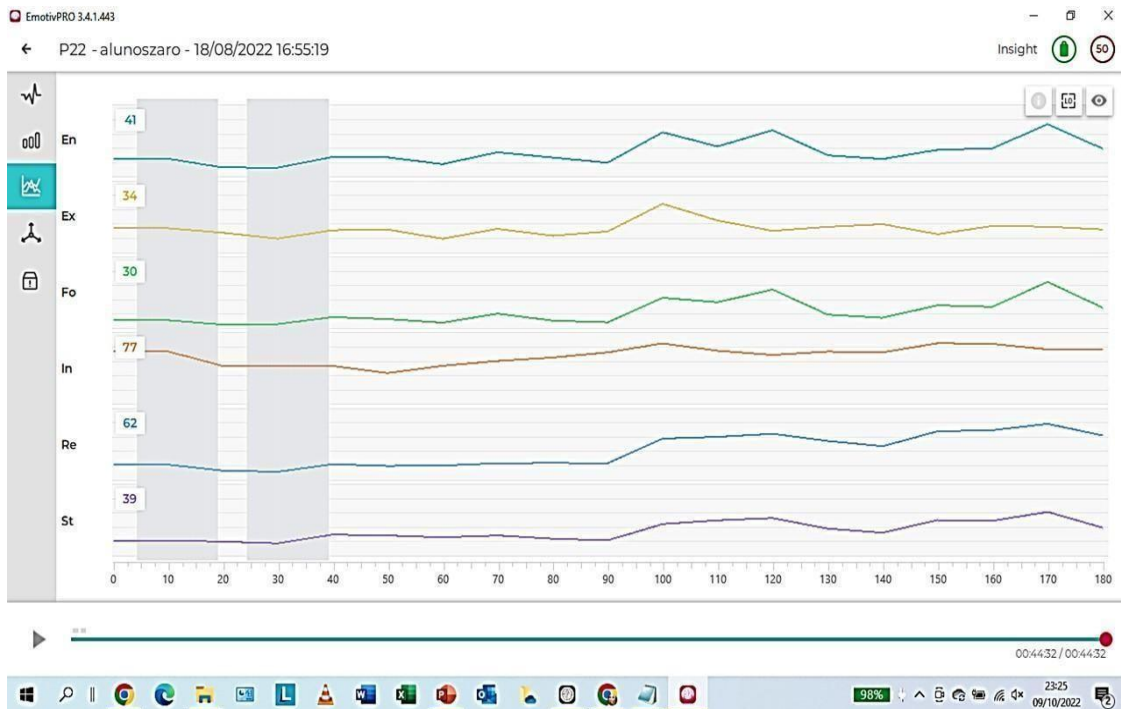


Figura 90. Métrica de desempenho final da atividade de P22 no LIASE. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P22:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P22 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada que coincidem com o IMI realizado. O sinal da atividade cerebral de P22 foi registrado a partir da atividade do vídeo da higiene das mãos. A oscilação da Internet e o volume de cabelo da participante foram os motivos do sinal irregular no início da gravação.

Podemos observar que as valências engajamento, foco e interesse durante o acesso aos vídeos e aos jogos disponíveis no roteiro de aprendizagem foram maiores que nas outras atividades acessadas. P22 relatou no IMI a satisfação nos resultados da atividade realizada e baixo nível de *stress*, coincidindo com os resultados apresentados pela métrica de desempenho.

Foram observados em P22 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 16:

Quadro 16. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P22 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienização das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	Tags interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivação o Intrínseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	sem sinal	77	não clicou	57	57	47	55	76	66	79	27	41
Excitação	sem sinal	11	não clicou	18	42	33	50	24	62	35	42	34
Foco	sem sinal	56	não clicou	39	43	36	35	36	57	59	16	30
Interesse	sem sinal	44	não clicou	75	47	41	49	55	87	59	73	77
Relaxamento	sem sinal	36	não clicou	54	31	25	67	38	48	57	47	62
<i>Stress</i>	sem sinal	46	não clicou	43	44	38	61	36	41	46	32	39

P23: Métricas de desempenho

Sexo: Feminino

Idade: 25 anos

Curso: Enfermagem

Semestre: 8º

Tempo de gravação: 25 minutos e 52 segundos

P23 fez o processo de adaptação antes de iniciar a gravação e verificação do sinal estável do EEG. Na sequência, o avatar de P23 iniciou o roteiro de aprendizagem na E1. Não foi obtido o sinal da métrica de desempenho inicial de P23 devido à oscilação do sinal de Internet. A captação foi possível aos 2 minutos de gravação e P23 estava assistindo o vídeo “higiene das mãos com água e sabão”. A Figura 91 mostra a métrica de desempenho de P23 na atividade:

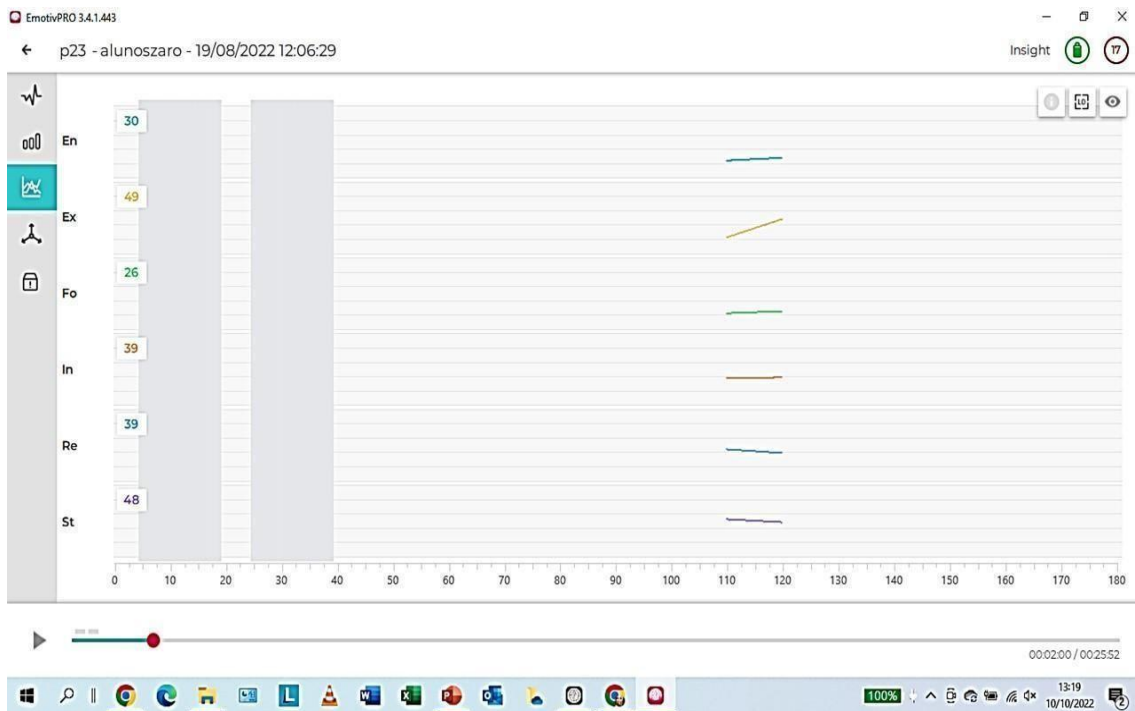


Figura 91. Pico da Métrica de desempenho durante o vídeo “higiene das mãos”.

Fonte: EmotivPro.

Na sequência, P23 clicou nos painéis de “higiene das mãos com álcool”, “cinco momentos” e no avatar de orientação da higiene das mãos com álcool. P23 clicou no jaleco para vesti-lo, solicitou e recebeu orientações e seu avatar foi para a E2, onde iniciou o vídeo “EPIs”. A Figura 92 mostra a métrica de desempenho de P23 durante o vídeo.

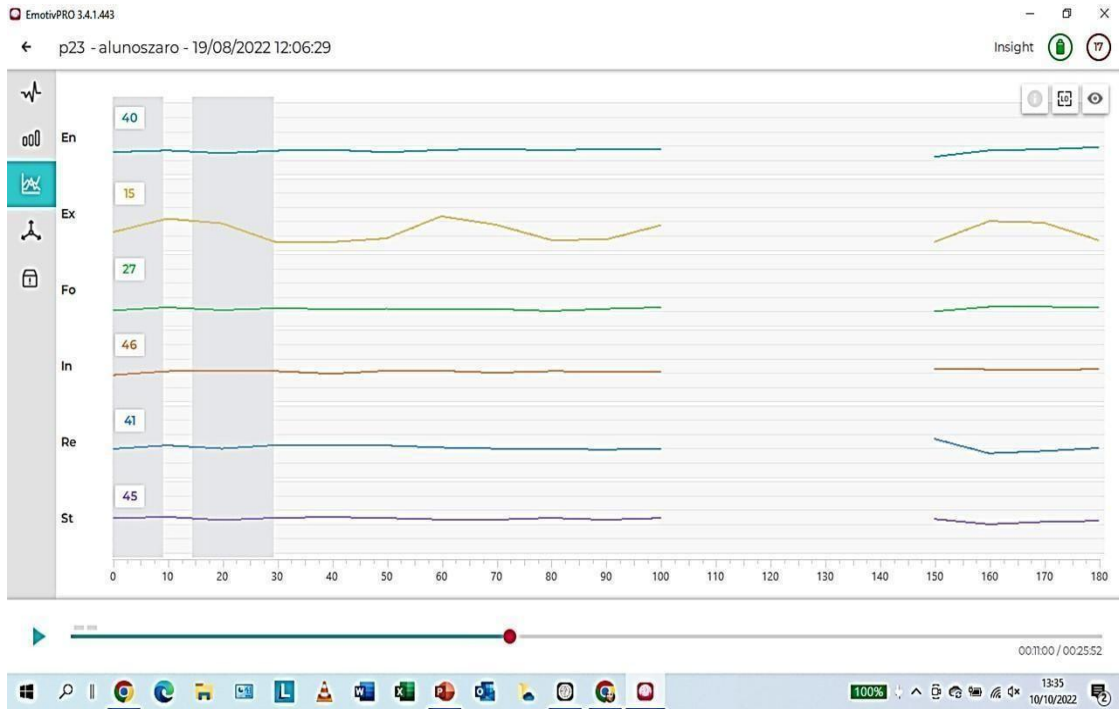


Figura 92. Pico da métrica de desempenho de P23 durante o vídeo “EPIs”.
Fonte: EmotivPro.

Na sequência, P23 clicou nos painéis sobre as precauções universais, de contato, gotículas, respiratória e no painel “paramentar e desparamentar”, máscara e *faceshield*, antes de finalizar as atividades na E2. Ao concluir as atividades, encaminhou o avatar para a E3 e iniciou o jogo de “paramentar e desparamentar” e jogou duas vezes. As métricas de desempenho podem ser verificadas na Figura 93:

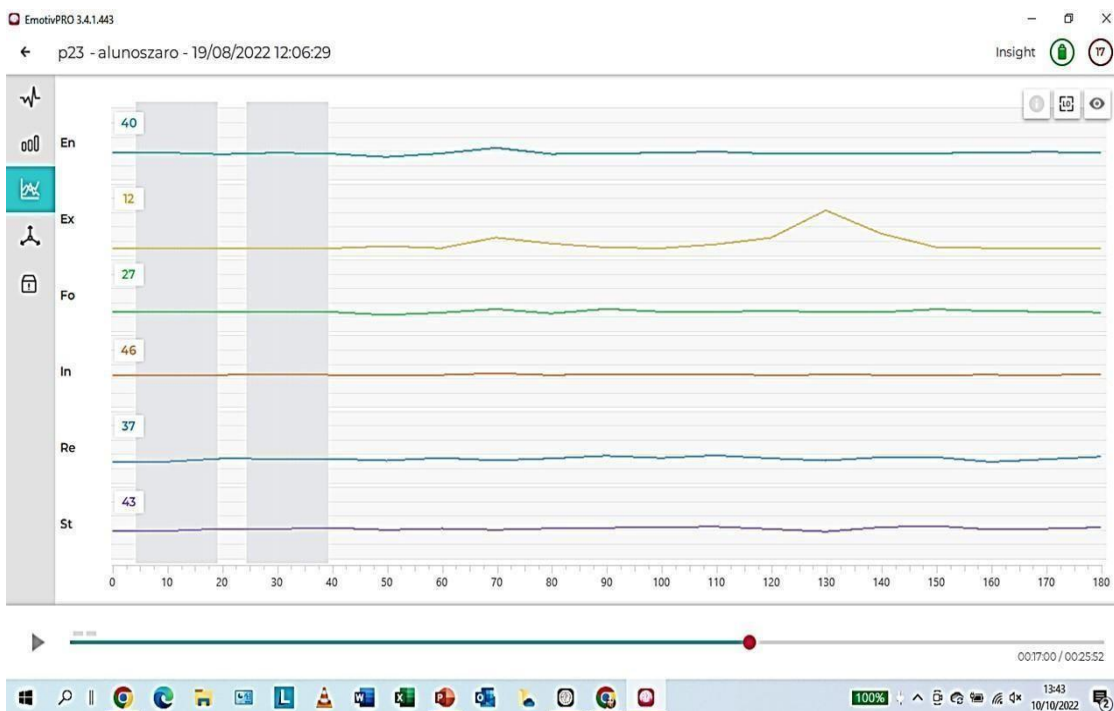


Figura 93. Métrica de desempenho de P23 durante o jogo de “paramentar e desparamentar”. Fonte: EmotivPro.

P23 clicou nas *tags* interativas ainda em E3, solicitou e recebeu orientações e seguiu com o avatar para a E4, onde clicou no conteúdo de normas de classificação do lixo hospitalar, sendo um acesso parcial do conteúdo. A Figura 94 mostra a métrica de desempenho desta atividade:

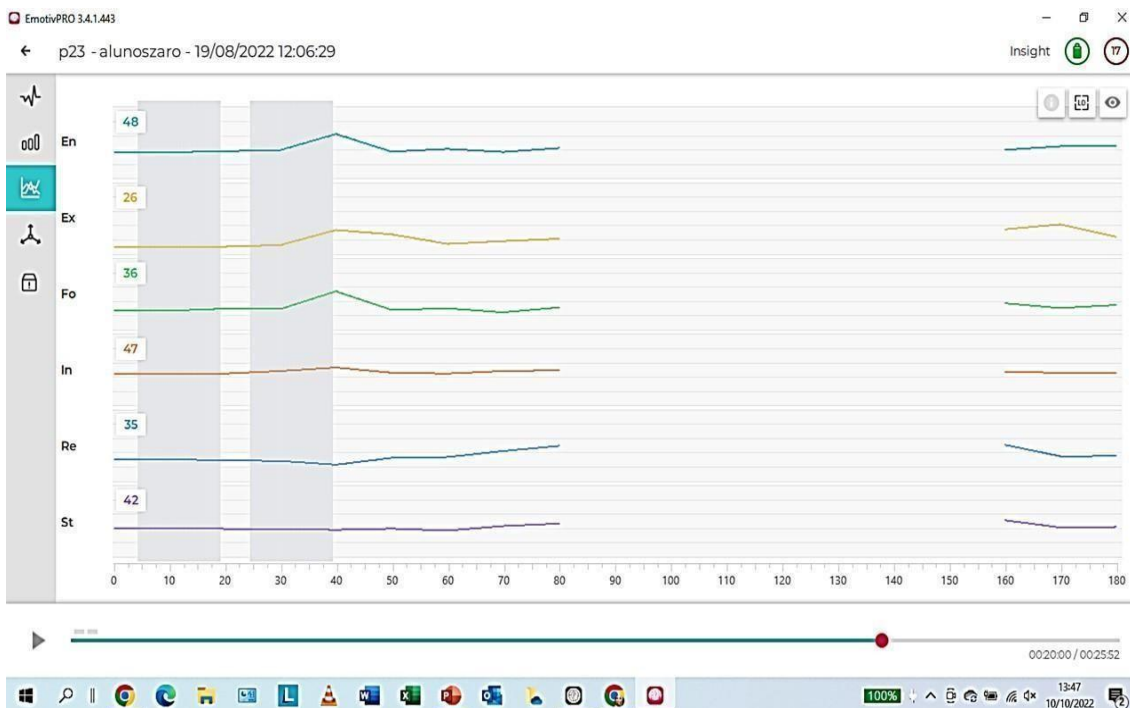


Figura 94. Métrica de desempenho de P23 durante o acesso do conteúdo de normas de classificação do lixo hospitalar. Fonte: EmotivPro.

Na sequência, P23 clicou no jogo de classificação do lixo hospitalar e, após, seguiu para a E5, onde iniciou o preenchimento do instrumento de avaliação da atividade no LIASE, conforme mostra a Figura 95:



Figura 95. Métrica de desempenho de P23 ao avaliar a atividade no LIASE.

Fonte: EmotivPro.

Após a avaliação da atividade no LIASE, P23 concluiu o roteiro de aprendizagem.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P23:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P23 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada. Houve muita oscilação do sinal de Internet, principalmente, no início e no final da gravação.

O engajamento, foco e interesse mantiveram-se sem diferenças expressivas na valência nas atividades propostas. Nos resultados do IMI de P23 há relatos de ansiedade e “medo de errar” que explicam a pontuação do *stress* acima de 40 pontos durante toda a atividade.

Foram observados em P23 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 17:

Quadro 17. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P23 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienização das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	Tags interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivação o Intrínseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	Sem sinal	30	31	37	40	40	41	40	48	40	50	44
Excitação	Sem sinal	49	11	11	11	15	56	52	26	58	38	64
Foco	Sem sinal	25	25	26	28	27	30	27	36	22	39	34
Interesse	Sem sinal	39	41	45	45	46	42	46	47	36	47	48
Relaxamento	Sem sinal	39	36	37	30	41	43	37	35	35	37	35
<i>Stress</i>	Sem sinal	48	44	42	38	45	47	43	42	42	40	42

P24: Métricas de desempenho

Sexo: Feminino

Idade: Não informou.

Curso: Enfermagem

Semestre: 4º

Tempo de gravação: 41 minutos e 6 segundos

Após o tempo de adaptação, antes de percorrer o roteiro de aprendizagem e fazer a calibragem, se iniciou a gravação e, logo a seguir, P24 solicitou e recebeu orientações. A Figura 96 mostra a métrica de desempenho inicial de P24.



Figura 96. Métrica de desempenho inicial de P24 ao iniciar a rota de aprendizagem. Fonte: EmotivPro.

Na sequência, P24 clicou no jaleco, depois clicou para assistir o vídeo “higiene das mãos com água e sabão” e clicou no avatar de orientação sobre a “higiene das mãos com álcool gel e os cinco momentos”. A seguir, o avatar de P24 foi para a E2, clicou nos objetos máscara e *faceshield* e clicou no vídeo dos EPIs. A Figura 97 mostra a métrica de desempenho durante a atividade do vídeo.

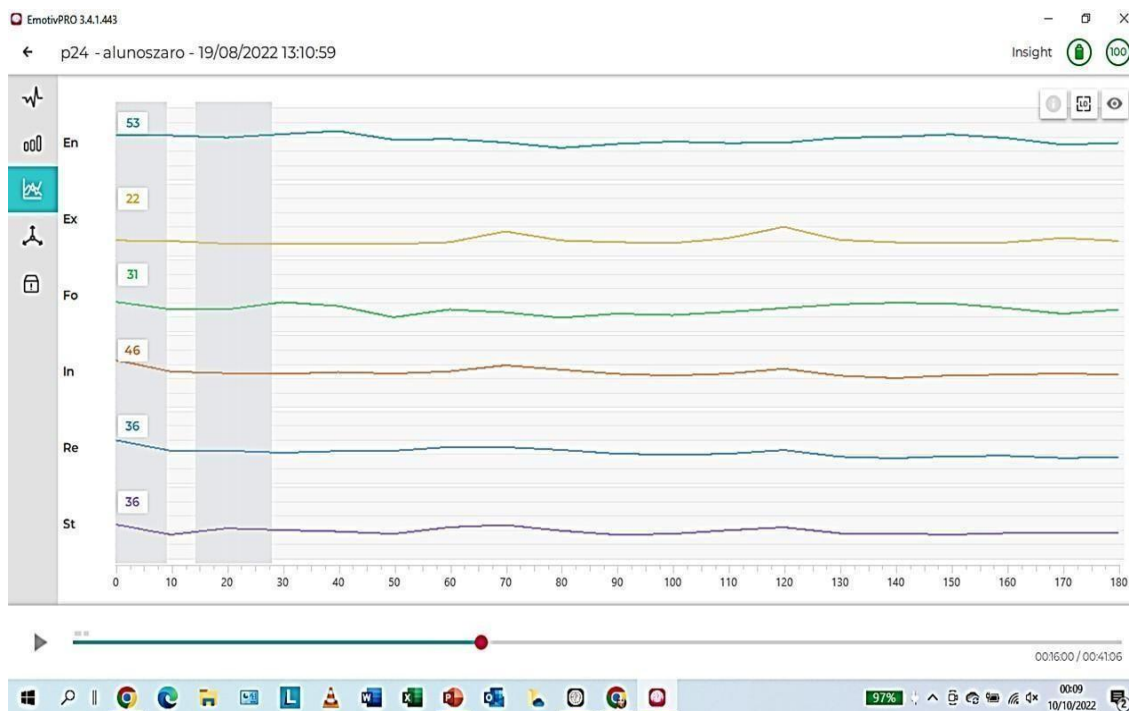


Figura 97. Métrica de desempenho de P24 ao assistir o vídeo dos EPIs. Fonte: EmotivPro.

Na sequência, P24 solicitou e recebeu orientações, após, clicou nos painéis da E2 sobre as precauções universais, com gotículas, de contato e respiratória.

P24 conduziu o avatar para E4, clicando nas *tags* interativas e, após, clicou no jogo de “paramentar e desparamentar”. A métrica de desempenho da atividade pode ser visualizada na Figura 98:

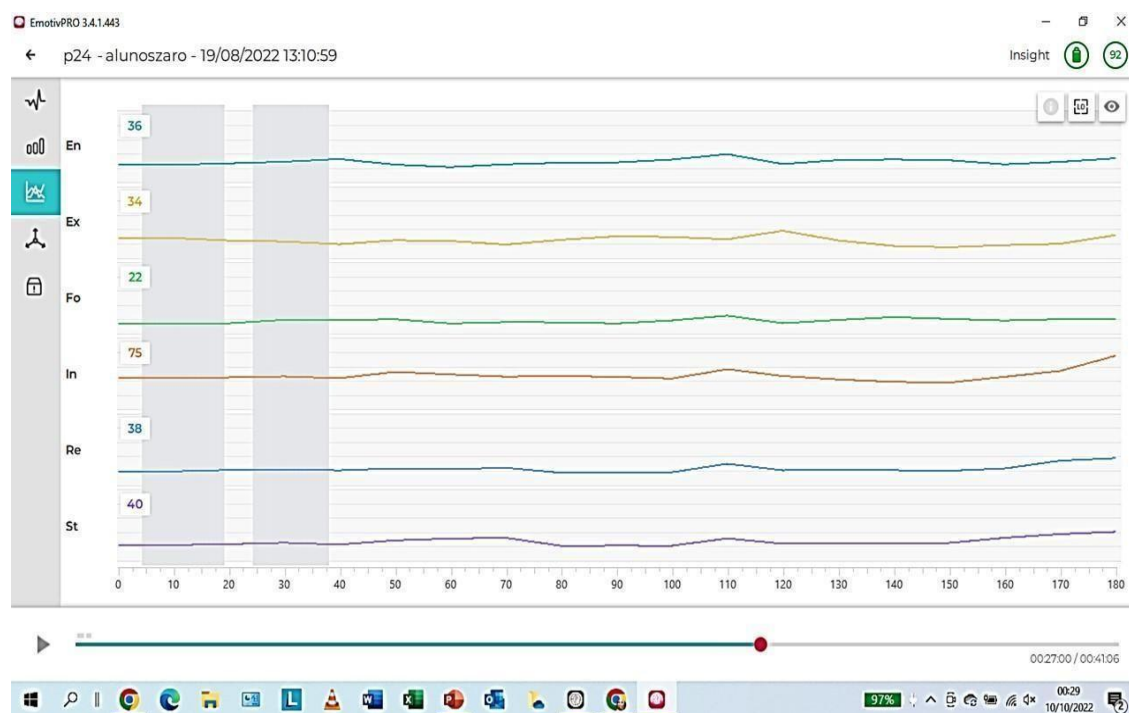


Figura 98. Métrica de desempenho de P24 durante o jogo dos EPIs. Fonte: EmotivPro.

P24 solicitou e recebeu orientações quando o avatar chegou na E4. Durante a coleta tivemos oscilação no sinal da Internet, com duas tentativas de acesso ao conteúdo das normas de classificação do lixo hospitalar e também ao jogo de classificação do lixo. A métrica de desempenho da atividade do conteúdo pode ser verificada na Figura 99:

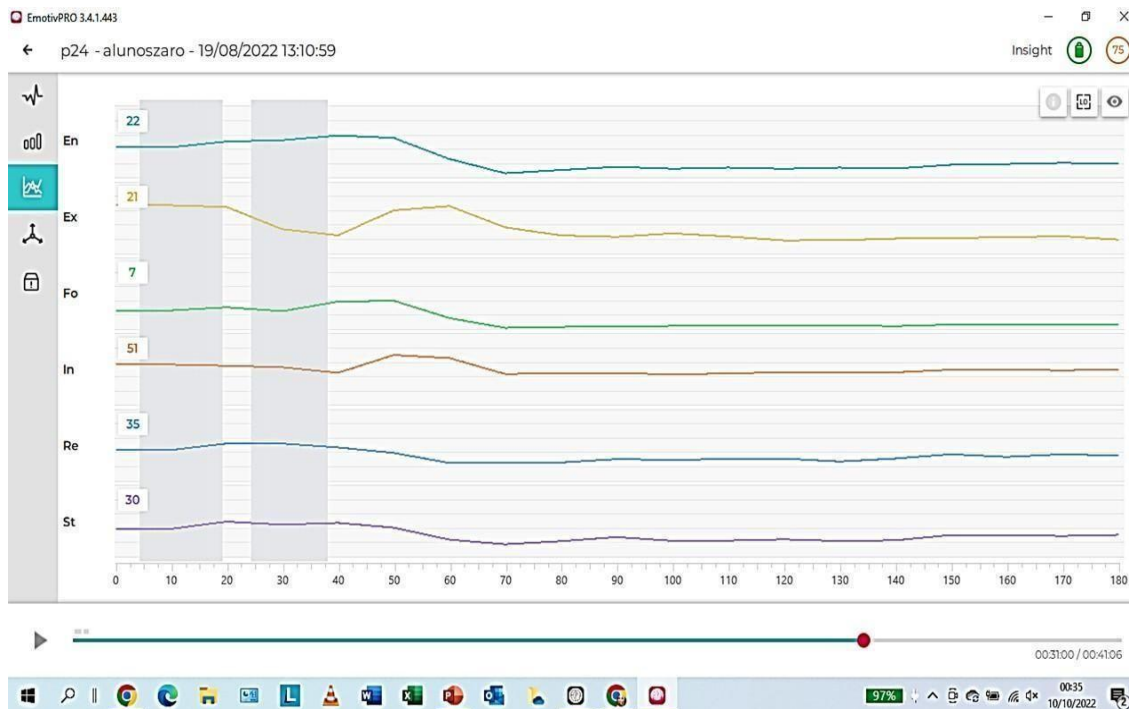


Figura 99. Métrica de desempenho de P24 ao acessar o conteúdo das normas de classificação do lixo hospitalar. Fonte: EmotivPro.

A seguir, P24 conseguiu acessar o jogo da classificação do lixo e jogou duas vezes. A Figura 100 mostra as métricas de desempenho durante a atividade:

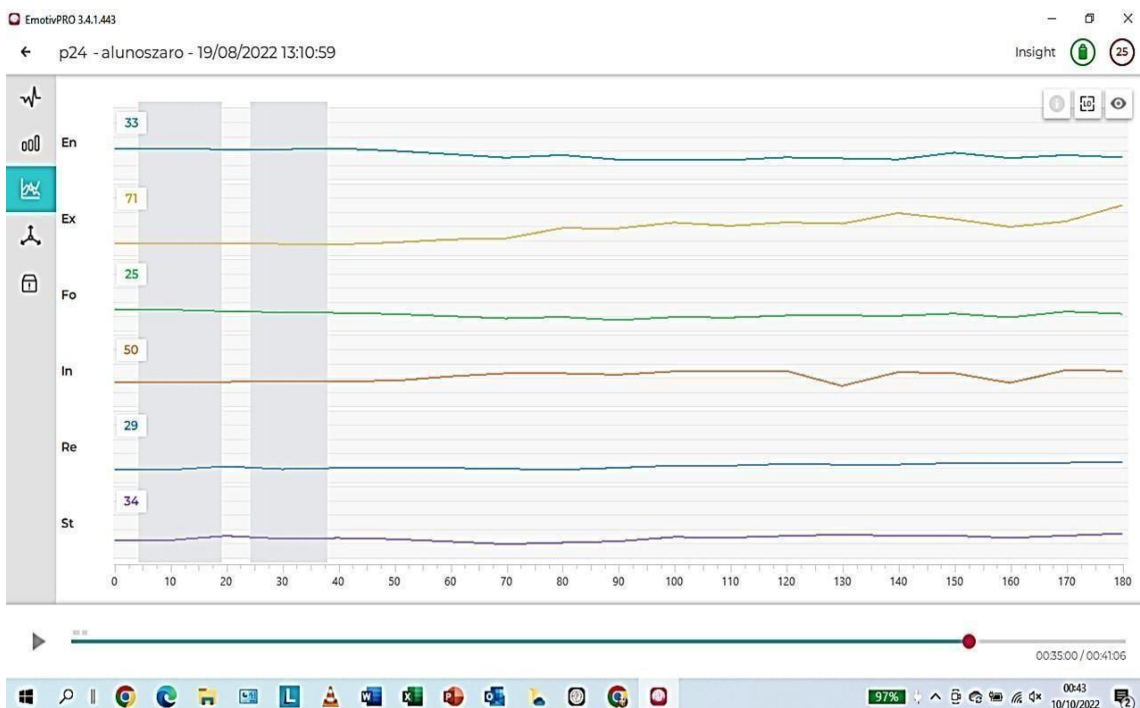


Figura 100. Métrica de desempenho de P24 acessando o jogo de classificação do lixo. Fonte: EmotivPro.

P24 encaminhou o avatar para a E5 e iniciou a avaliação da atividade no LIASE e finalizou o roteiro de aprendizagem. As métricas de desempenho de P24 podem ser verificadas na Figura 101.

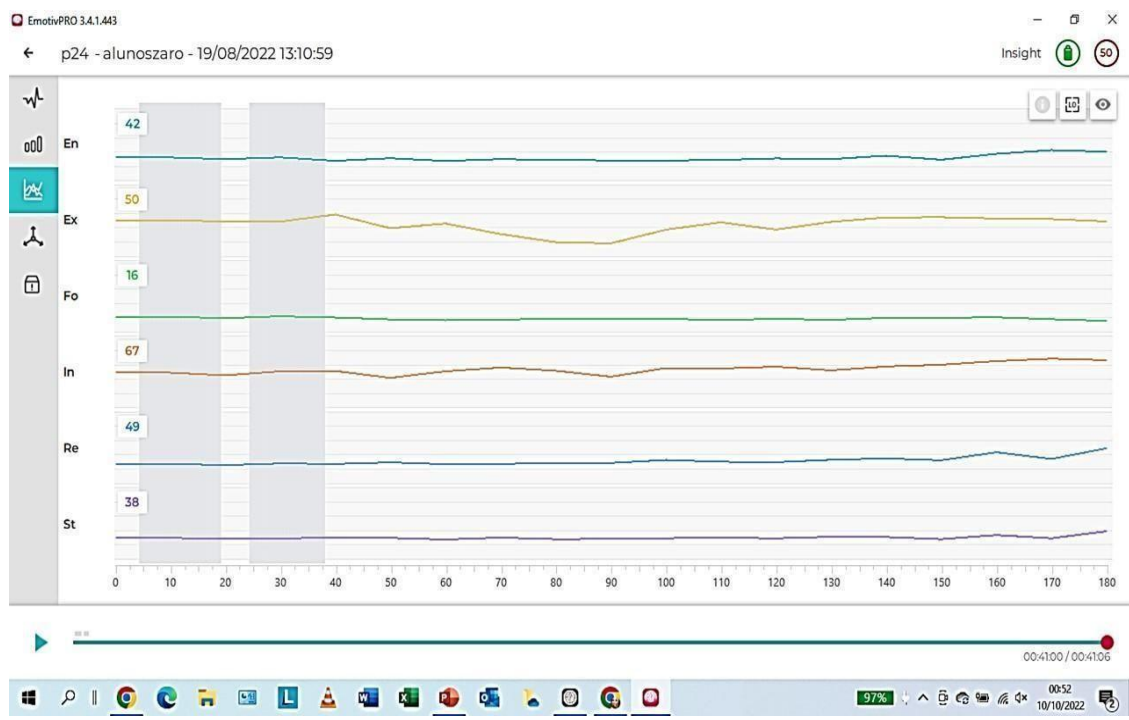


Figura 101. Métrica de desempenho de P24 ao finalizar o roteiro de aprendizagem do LIASE. Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P24:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P24 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada. Durante a coleta, P24 solicitou algumas vezes informações e com maior movimentação corporal, influenciando na captação do sinal.

A valência verificada nas métricas de relaxamento e estresse estiveram mais altas em algumas atividades que provavelmente foram mais desafiadoras para P24 e coincidem com os seus resultados no IMI.

Foram observados em P24 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 18:

Quadro 18. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P24 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienização das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	<i>Tags</i> interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivação o Intrínseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	23	66	63	53	56	45	27	36	16	33	32	56
Excitação	52	60	29	22	44	25	30	34	20	71	32	44
Foco	13	47	47	31	31	59	15	22	27	25	18	31
Interesse	50	71	57	46	44	77	44	75	46	50	56	44
Relaxamento	27	62	50	36	31	76	20	38	27	29	27	31
<i>Stress</i>	32	48	30	36	32	52	22	40	22	34	30	32

P25: Métricas de desempenho

P25

Sexo: Feminino

Idade: não informada

Curso: Enfermagem

Semestre: 4^o

P25 iniciou as atividades de aprendizagem no LIASE após orientações sobre a coleta e o ambiente, testar os comandos e a calibração do EEG. A métrica de desempenho inicial de P25 pode ser verificada na Figura 102.

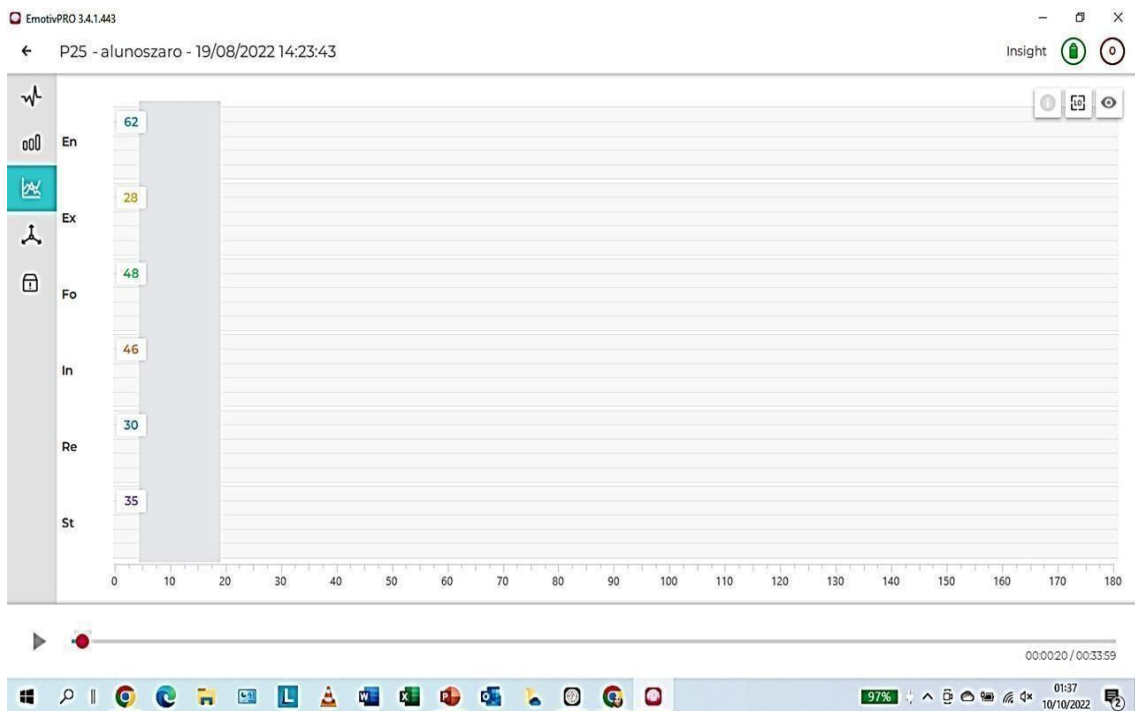


Figura 102. Métrica de desempenho inicial de P25 ao iniciar a atividade no LIASE. Fonte: EmotivPro.

A seguir, P25 clicou no vídeo da higiene das mãos com água e sabão e assistiu ao vídeo completo. Após o término do vídeo, clicou nos painéis de orientações sobre higiene das mãos com álcool gel e nos cinco momentos para a higienização das mãos e no avatar de orientação dos cinco momentos. A Figura 103 mostra o gráfico da métrica de desempenho de P25 ao assistir o vídeo da higiene das mãos:

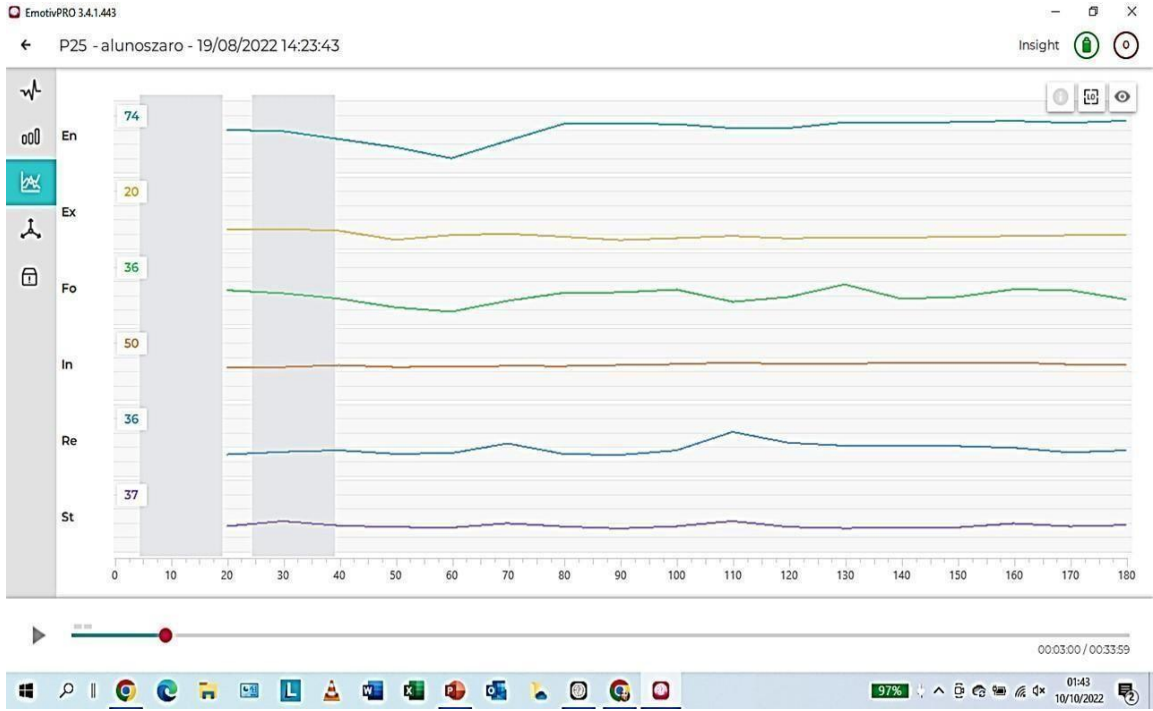


Figura 103. Métrica de desempenho de P25 ao assistir o vídeo de higiene das mãos. Fonte: EmotivPro.

P25 clicou para vestir o jaleco e, após, solicitou e recebeu orientações, encaminhando o avatar para E2. Solicitou e recebeu orientações e, a seguir, clicou no vídeo dos EPIs. A Figura 104 mostra o gráfico de desempenho de P25 ao assistir o vídeo:

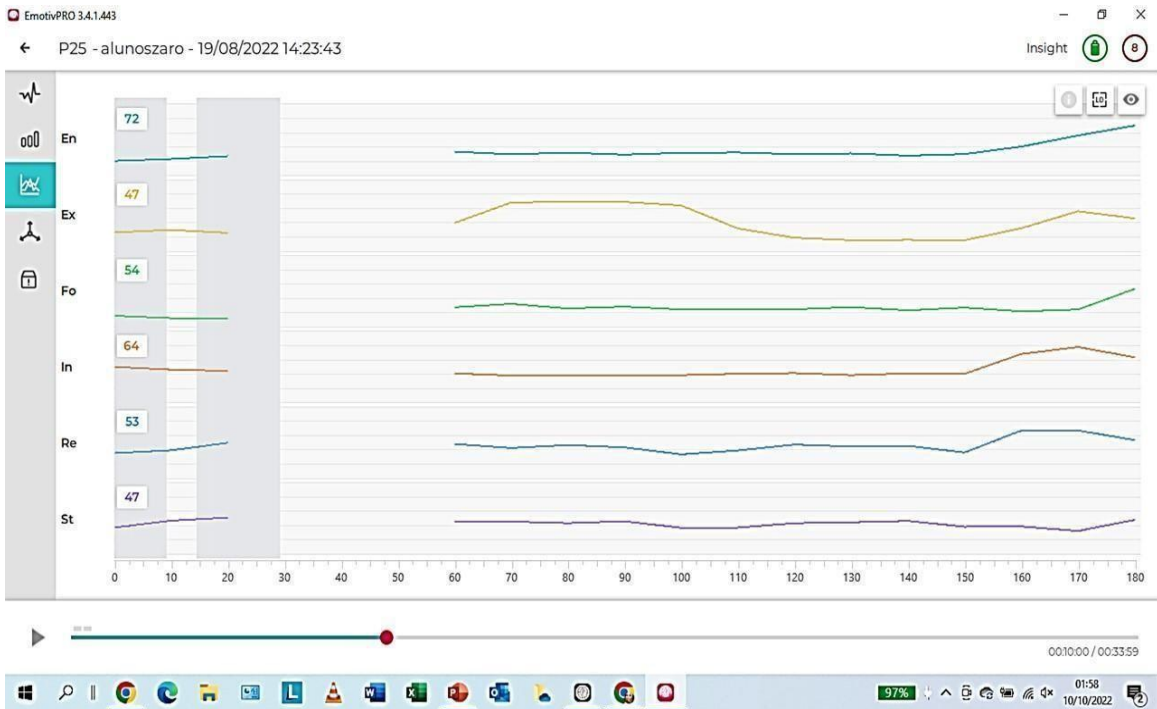


Figura 104. Métrica de desempenho de P25 ao assistir o vídeo dos EPIs. Fonte: EmotivPro.

Após assistir ao vídeo, P25 clicou nos painéis das precauções universais, gotículas, contato e respiratória e na ordem de paramentar e desparamentar. A seguir, P25 clicou na máscara e no *faceshield*. P25 seguiu com o seu avatar para E3 e clicou nas *tags* de contextualização das ações de biossegurança. A Figura 105 mostra o gráfico de desempenho de P25 ao acessar essa atividade:

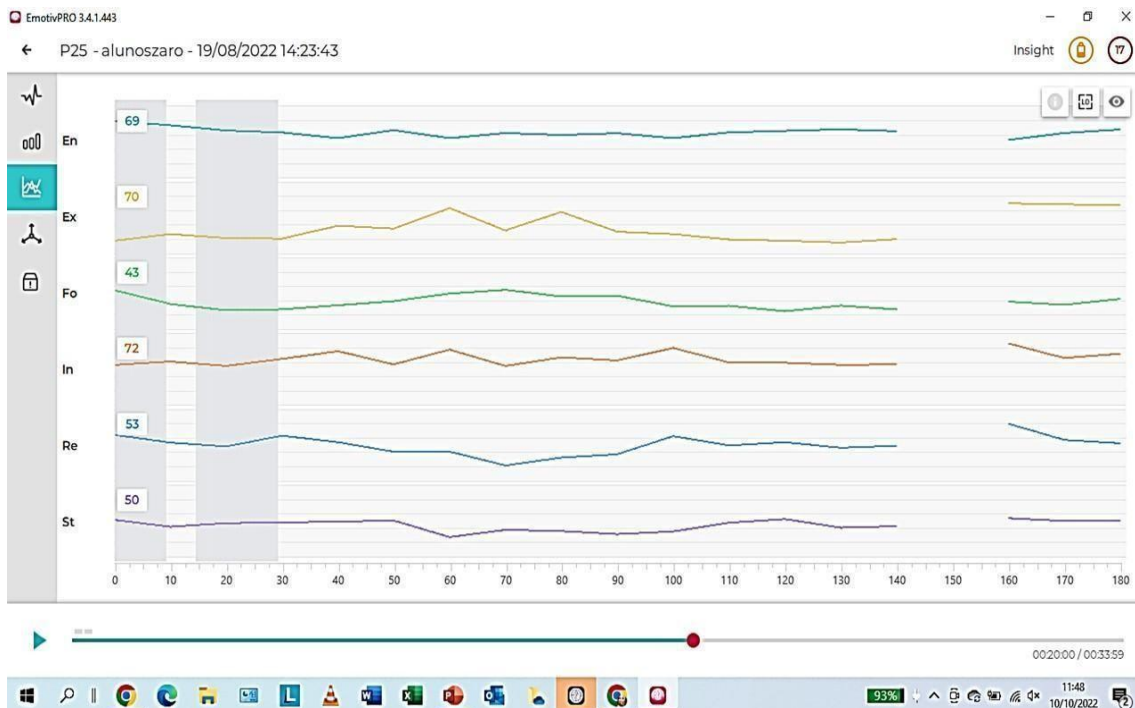


Figura 105. Métrica de desempenho de P25 ao acessar as *tags* interativas na E3. Fonte: EmotivPro.

P25 clicou no jogo de paramentar e desparamentar e a Figura 106 mostra o gráfico de desempenho desta atividade:



Figura 106. Métrica de desempenho de P25 ao acessar o jogo de paramentar e desparamentar. Fonte: Emotivpro.

P25 seguiu para a E5 e acessou o conteúdo das normas de classificação do lixo hospitalar, após, clicou no jogo de classificação do lixo, conforme mostra a Figura 107:

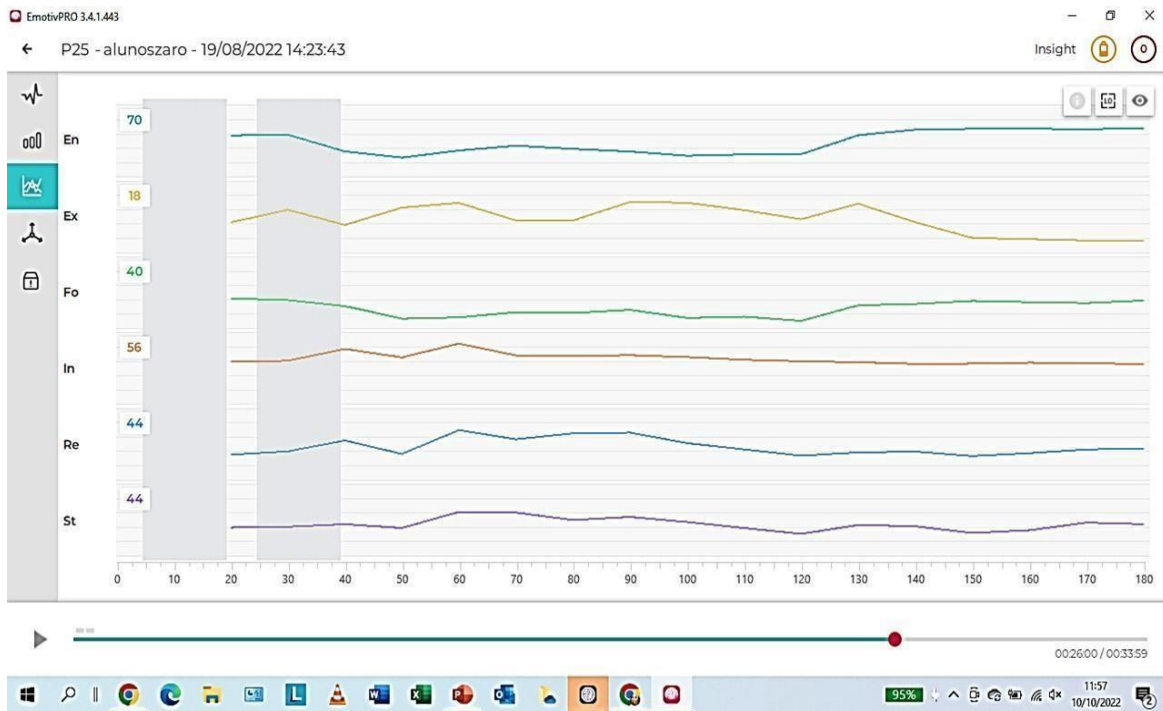


Figura 107. Métrica de desempenho de P25 ao acessar o jogo do lixo hospitalar. Fonte: EmotivPro.

Após finalizar o jogo, P25 seguiu para E5, onde acessou o instrumento de avaliação da atividade no LIASE. A Figura 108 mostra a métrica de desempenho durante o processo de avaliação:



Figura 108. Métrica de desempenho de P25 ao avaliar a atividade no LIASE.
Fonte: EmotivPro.

P25 clicou na máquina de lavar e o avatar concluiu a rota de aprendizagem do LIASE, conforme pode ser verificado na métrica de desempenho da Figura 109.



Figura 109. Métrica individual de P25 ao finalizar a atividade no LIASE.

Fonte: EmotivPro.

Análise da Métrica de desempenho individual e observação de P25:

A verificação da realização do roteiro de aprendizado de P25 mostrou níveis de engajamento, excitação e foco com oscilações conforme a atividade executada.

Observa-se que P25 manteve valências acima de 50 nas métricas de engajamento e interesse, principalmente, nas atividades de maior interação, onde há alguma tarefa a ser executada. Nos resultados do IMI, P25 relatou facilidade para distrair-se ao executar alguma atividade, mas percebeu-se focada e imersa ao executar a atividade proposta no LIASE[.]

Foram observados em P25 os picos de atividade cerebral em atividades específicas, conforme o Quadro 19:

Quadro 19. Análise comparativa da métrica de desempenho individual de P25 nas principais atividades propostas pelo LIASE. Fonte: EmotivPro.

Métrica de desempenho	Inicial Calibração	Painel "Vídeo higiene das mãos com água e sabão"	Vestir o Jaleco, "Avatar de orientação dos cinco momentos higienização das mãos"	Painéis "Precauções universais" "Precauções gotículas" "Precauções respiratórias"	Painel "Vídeo EPIs"	Colocar máscara e <i>faceshield</i>	<i>Tags</i> interativas	Jogo EPIs	Conteúdo resíduo hospitalar	Jogo resíduo hospitalar	Inventário de Motivação o Intrinseca (IMI)	Final da atividade
Engajamento	62	74	54	72	14	68	69	64	38	70	65	30
Excitação	28	20	37	47	28	36	36	60	71	18	69	69
Foco	48	36	29	54	11	40	40	63	16	40	67	9
Interesse	46	50	58	64	50	57	57	62	85	56	43	57
Relaxamento	30	36	44	53	36	41	41	31	70	44	20	54
<i>Stress</i>	35	37	29	47	46	50	50	27	61	44	32	34

5.4 DISCUSSÃO

O presente estudo buscou verificar como o MVI pode auxiliar no processo de aprendizagem de alunos de graduação em enfermagem, em um laboratório virtual, sobre as temáticas de biossegurança, sob o ponto de vista do monitoramento da atividade cerebral e o impacto no estado mental.

A observação dos participantes durante o acesso ao LIASE e o monitoramento da atividade cerebral em tempo real trouxeram à luz aspectos sobre o esforço dos indivíduos para aprender em uma ferramenta virtual.

Percebeu-se uma convergência entre as respostas dos participantes no IMI e o monitoramento das métricas de desempenho observado ao acessar o roteiro de aprendizagem proposto. E, neste sentido, as métricas de desempenho registradas representam o que cada participante expressou, ao relatar o esforço despendido no processo, a atenção mobilizada e o interesse que o LIASE motivou.

O estado mental de engajamento e interesse esteve associado ao relato da diversão e imersão do participante, durante o acesso ao LIASE. Estes elementos são fundamentais para a significação da aprendizagem e ativação das áreas responsáveis pela emoção e significação, e para a seleção dos eventos e respectivas memórias que consolidam o aprendizado.

O relato de menção da atividade “divertida” (referido pelos participantes) coaduna com as valências apresentadas quanto à métrica de desempenho “interesse”. Os resultados das métricas de desempenho indicam áreas do cérebro mobilizadas e vinculadas ao sistema límbico, principalmente a amígdala, que recebe e interpreta os estímulos externos, dando significado emocional, mobilizando a atenção e a memória a longo prazo.

Os participantes, em sua maioria, sentiram-se relaxados ao executar a atividade proposta, o que confirma os resultados percebidos pelas métricas de desempenho e respostas obtidas do IMI.

Na comparação dos dados, ficou claro que, tanto pelo relato obtido pelo IMI, quanto pelo registro das métricas de desempenho, os participantes tiveram a atenção mobilizada em qualidade e profundidade suficientes para desenvolver as atividades propostas e experimentarem a sensação de imersão, com a sensação de perda da percepção do tempo. Sendo assim, é possível afirmar que o processo de aprendizagem ocorreu durante o acesso ao laboratório virtual.

Por outro lado, alguns participantes tiveram a excitabilidade com valência expressiva, provavelmente com alterações fisiológicas importantes (alteração pupilar, taquicardia, sudorese), provocadas pelo sistema nervoso, não monitoradas, mas que indicam a necessidade de ampliação de novos estudos que incluam a coleta de dados fisiológicos e biométricos para compreender melhor as reações individuais.

Tais reações, que têm um fundo positivo, significam o entusiasmo dos participantes ao acessar algo novo e diferente, o que influencia positivamente na motivação e predispõe ao aprendizado.

O impacto que estudos como este podem trazer no futuro envolve a compreensão das áreas mobilizadas e ativadas durante o processo de aprendizagem, o desenvolvimento de ferramentas de aprendizagem cada vez mais focadas nas necessidades dos indivíduos e que sejam capazes de induzir os estados mentais necessários e propícios para a aprendizagem. O estudo também mostrou a relação entre o estado mental percebido pelo participante e a atividade cerebral, algo muito novo, sob o aspecto de estudos na área de educação.

As limitações percebidas sobre o estudo ocorreram principalmente em relação a interferências relacionadas à atividade elétrica próximo à sala de coleta, à oscilação da Internet, que diminui o sinal captado por *bluetooth* pelo equipamento, e ao tamanho da equipe e número de equipamentos, que impactam no tamanho da amostra e tempo de coleta. Há muito ainda que se aprender sobre o funcionamento do cérebro e sua plasticidade e novos estudos necessitam ser desenvolvidos neste sentido, tendo como foco a compreensão da atividade cerebral em ambientes imersivos e como potencializar o processo de aprendizagem por meio deles.

A Neuroeducação trouxe importantes contribuições para os dias de hoje, que incluem a compreensão de que cada cérebro é único e organizado de forma individual; que cérebros especializam-se, não sendo “bons” em tudo, genericamente; que possuem plasticidade e estão constantemente mudando, pelo contato com novas experiências diárias e a necessidade de adaptação; que o aprendizado ocorre pela necessidade do cérebro de análise de dados, reflexão e autocorreção, buscando sentidos e padrões com forma humana de compreensão; que o cérebro processa as informações em partes e simultaneamente; e, finalmente, o cérebro é afetado pelas emoções e seu nível de atenção é mais flutuante do que constante, envolvendo processos conscientes e inconscientes e a capacidade de crescer e aprender na interação social.

5.4.1 Trabalhos relacionados e continuidade da pesquisa

O desenvolvimento deste trabalho envolveu a busca de pesquisas que estivessem sendo realizadas sobre o desenvolvimento de laboratórios virtuais de biossegurança na saúde e a avaliação do processo de aprendizagem pelo EEG em um público-alvo específico da enfermagem.

A pesquisa por materiais relacionados ocorreu em dois momentos, no período de 2019-2020, dando embasamento ao projeto e desenvolvimento do primeiro protótipo. Com as dificuldades das condições sanitárias impostas pelo período pandêmico, novas buscas de materiais sobre esta temática precisaram ser feitas, pois todo um cenário de biossegurança mudou e a necessidade de ensino mediado pela tecnologia gerou novos estudos na comunidade acadêmica, para atender às carências de milhões de estudantes.

É preciso destacar que estudos em Neuroeducação aplicados ao ensino em saúde são algo inédito e não foram encontrados estudos com a avaliação do processo de aprendizagem pelo EEG. Destacam-se, assim, o ineditismo e a proposta inovadora do presente estudo.

Os materiais foram pesquisados a partir da plataforma ScienceDirect, considerando o intervalo de tempo de 2013-2022. Para as buscas foram utilizados os seguintes termos: “Virtual worlds”, “Virtual Labs”, “Nurse”, “Nursing Education”, “Neuroeducation” e “Electroencephalogram”, que foram sendo refinados por envolverem um grande quantitativo de publicações. A grande maioria dos estudos envolvia especificamente simulações em realidade virtual, não inserido um MVI ou estudos relacionados à enfermagem ou monitoramento com o EEG..

Percebe-se que a partir de 2020 os estudos com este foco cresceram consideravelmente, como resposta às limitações do ensino presencial.

A utilização de mundos virtuais imersivos como recurso educacional pela enfermagem foi elencada em vários artigos sobre o SL como plataforma utilizada e a necessidade de base teórica educacional no desenvolvimento de propostas educacionais.

A tendência do MVI como ferramenta de aprendizagem e simulação aparece de forma mais ampla nos estudos de WANKEL (2013), SOTO (2013) e GRIOL (2014), relacionando o engajamento e retenção do conteúdo em alunos universitários que utilizaram o MVI no processo de aprendizagem e a importância do planejamento das atividades educacionais no MVI.

Foram encontrados estudos que indicam aspectos do processo de aprendizagem vinculados à neuroeducação e dando ênfase na atenção, engajamento e estado mental/emocional propício à aprendizagem e voltados para o ambiente universitário, como percebem BONINI (2008), CARDOZA (2011), CHOI (2011), CHARLAND (2015), FENGFENG (2016), FONSECA (2016), NG (2018) e RUEDA (2018). Os estudos referendados mostraram indícios sobre a relação entre a mobilização das áreas cerebrais da atenção, o estado emocional que a experiência educacional proporciona e a ativação da memória de longa duração no processo de aprendizagem.

Concomitantemente, na área da saúde e especificamente na enfermagem surgiram as publicações de GREEN (2014), CARDOZA (2011), LIAW (2019) e SANDERSON (2020), com a preocupação dos pesquisadores em apontar novas tendências na educação em enfermagem, incorporando os mundos virtuais imersivos como uma ferramenta válida para a aprendizagem e simulação.

Ao mostrar novas fronteiras, os pesquisadores também mencionam aspectos cerebrais que podem ser mobilizados pelas novas ferramentas educacionais imersivas, bem como a necessidade de embasá-las em teorias educacionais.

Até 2020, a temática de biossegurança não estava incluída no desenvolvimento de atividades virtuais, mas, com a pandemia da COVID-19 e a necessidade da formação de alunos de graduação e atualização de profissionais em campo, alguns estudos apontaram estratégias de gamificação, como propõe o estudo de MURAD (2020), e a realidade virtual indicada por ROURKE (2020) e SHAH (2021).

A utilização e avaliação da efetividade do processo de aprendizagem na enfermagem é também a preocupação dos estudos que utilizam ambientes como YANG (2018), TSAI (2021).

De acordo com as pesquisas realizadas e os mecanismos de busca consultados, se pôde verificar que não foram encontrados estudos com os objetivos semelhantes aos da pesquisa realizada nesta tese, ou metodologia que incluísse o monitoramento pelo EEG durante a utilização de um laboratório virtual de biossegurança.

Os estudos apresentados expõem até o momento diferentes aspectos do processo de aprendizagem, sob o prisma tecnológico, educacional e da neurociência, e os indícios da efetividade do processo e suas limitações ao avaliar com diferentes metodologias, porém não houve trabalhos que incluíssem o monitoramento do EEG, a observação e a avaliação psicométrica do participante.

Diante dos resultados obtidos, acredita-se que esta pesquisa poderá abrir espaço para aprofundar os estudos na área de neuroeducação e a compreensão do impacto dos mundos virtuais imersivos no cérebro. A continuidade dos estudos é fundamental para potencializar a contribuição dos laboratórios virtuais para outras áreas além da saúde.

6. CONCLUSÕES

Podemos concluir que o estudo alcançou os objetivos propostos:

Quanto ao item 1.2 do estudo, o objetivo geral, foram desenvolvidos dois protótipos do LIASE em diferentes plataformas (OpenSim e Second Life) abordando as principais temáticas de biossegurança: Higiene das mãos, Utilização dos EPIs, Tipos de Isolamento, Paramentação COVID, e classificação dos resíduos hospitalares.

O segundo protótipo, sediado em um espaço cedido na ilha da Universidade de Aveiro, teve o seu roteiro de aprendizagem acessado por 17 participantes. Também foram desenvolvidos dois jogos na segunda versão, conforme a sugestão da banca de qualificação, quanto à ludicidade da proposta.

Os objetivos específicos correspondem ao item 1.3 do estudo: “Elaborar e organizar todo o escopo do mundo virtual, suas estruturas e atividades e conteúdo didático e desenvolver e testar o protótipo do laboratório virtual educacional com alunos de graduação em enfermagem captando as métricas de desempenho cerebral durante a atividade de uso do laboratório por meio do Eletroencefalograma portátil (EEG)”. Eles foram alcançados, por meio da avaliação do processo de aprendizagem em tempo real, com o monitoramento das ondas cerebrais pelo EEG portátil, a observação da atividade do participante e a avaliação psicométrica através do inventário de motivação intrínseca (IMI).

O problema central do estudo corresponde ao item 1.4: “A mediação e as dificuldades da efetividade do processo de aprendizagem em biossegurança por laboratórios virtuais em cursos de graduação em enfermagem”. e foi respondido por meio dos resultados alcançados do EEG e do IMI, demonstrando que o LIASE tem potencial para auxiliar no processo de aprendizagem de biossegurança em cursos de enfermagem e incluir outras profissões da saúde que necessitem da mesma formação.

Com os resultados obtidos, conclui-se que a hipótese inovadora do estudo: “A mensuração da atenção durante o laboratório virtual pode ser monitorada pelo EEG, por meio do monitoramento das métricas de desempenho e Inventário de Motivação Intrínseca – IMI e mostrando a atividade cerebral durante a aprendizagem” foi alcançada, verificando-se que foi possível obter resultados significativos da atenção dos participantes durante o processo de aprendizagem por meio da metodologia proposta.

REFERÊNCIAS

- ADAMOS, D. A.; DIMITRIADIS, S.; LASKARIS, N. Towards the bio-personalization of music recommendation systems: A single-sensor EEG biomarker of subjective music preference. **Information Sciences**, Alberta, v. 343–344, p. 94–108, May, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.01.005>
- ANDERSEN, S. J.; HOGAN, L. Teaching advanced health assessment to nurse practitioner students using simulation. *In*: INTERNATIONAL NURSING RESEARCH CONGRESS, 30th.: Theory-to-Practice: Catalyzing Collaborations to Connect Globally. Alberta: Held, 2019.
- BUERKLE, A.; EATON, W.; LOHSE, N.; BAMBER, T.; FERREIRA, P. EEG based arm movement intention recognition towards enhanced safety in symbiotic Human-Robot Collaboration. **Robotics and Computer- Integrated Manufacturing**, v. 70, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102137>> Acesso em: 22 Nov. 2022.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: Desvendando o sistema nervoso**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BELL, M. W. Toward a Definition of “Virtual Worlds”. **Journal of Virtual Worlds Research**, Austin, v. 1, n. 1, 2008.
- BERGER, H. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. **Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten**, v. 87, n. 1, p. 527–570, dez. 1929.
- BOEIRA E. R.; SOUZA A. C. S.; PEREIRA M. S.; VILA V. S. C.; TIPPLE, A. F. V. Infection control and patient safety measures addressed in nursing pedagogical projects. **Rev. Esc. Enferm. USP**, São Paulo, v. 53, p. e03420, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2017042303420>
Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/pZsVNqkTPc3ZSK9L9MHZmJr/?format=pdf&lang=en> Acesso em: 10 Out. 2019.
- BONINI-ROCHA, A. C.; TIMMB, M. I.; CHIARAMONTEC, M. D.; ZARO, M.; RASIA- FILHO, A. A.; WOLFFG, D.; AYRESH E. P.; PETERSEN, R. D. S. Metodologia para observação e quantificação de sinais de EEG relativos a evidências cognitivas de aprendizagem motora. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 27-50, 2008.

CAETANO, K. C.; FALKEMBACH, G. A. M. Quadrinhos digitais: uma proposta lúdica no ensino em enfermagem. **Renote**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 2005. DOI: 10.22456/1679-1916.13944. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/13944>. Acesso em: 17 dez. 2022.

CAETANO, K. C. **Desenvolvimento e avaliação de um ambiente de aprendizagem virtual em administração em enfermagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Administração em Serviços de Enfermagem). Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. DOI:10.11606/D.7.2006.tde-17102006-112027. Acesso em: 17 dez. 2022.

CARDOZA, M. P. Neuroscience and simulation: An evolving theory of brain-based education. **Clinical Simulation in Nursing**, v. 7, n.6, p. e205- e208, 2011.

CARDOSO, K.; ZARO, M. A.; MAGALHÃES, A. M. M.; TAROUCO, L. M. R. Immersive learning laboratory in health and nursing: learning biosafety in a virtual world. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, DF, v. 74, suppl. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0385>. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/reben/a/gJTQwdFdhbvR35bnWdWmQVN/?lang=en> Acesso em: 4 set. 2022.

CHARLAND, P.; LÉGER, P. M.; SÉNÉCAL, S.; COURTEMANCHE, F.; MERCIER, J.; SKELLING, Y.; LABONTÉ-LEMOYNE, E. Assessing the Multiple Dimensions of Engagement to Characterize Learning: A Neurophysiological Perspective. **J Vis Exp.**, n. 101, p. e52627J, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3791/52627>

CHOI, B.; BAEK, Y. Explorando fatores de fluxo de influência de características de mídia na aprendizagem através de mundos virtuais. **Informática e Educação**, v. 57, p. 2382-2394, 2011.

COGO, A. L. P. Cooperação versus colaboração: conceitos para o ensino de enfermagem em ambiente virtual. **Rev. Bras. Enferm.**, Brasília, DF, n. 5, p. 680-3, set-out, 2006.

CORREDOR CAMARGO, J. A.; PEÑA CORTÉS, C. A.; PARDO GARCÍA, A. Evaluación de las emociones de usuarios en tareas con realimentación háptica utilizado el dispositivo Emotiv Insight. **INGE CUC**, v. 15, n. 1, p. 9–16, 2019. Disponível em: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/issue/view/149> Acesso em: 10 nov. 2022.

CENTER FOR SELF-DETERMINATION THEORY. Intrinsic Motivation Inventory (IMI). Disponível em: <https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/> Acesso em: 13 dez. 2022.

DADEBAYEV, D.; WEI, Wei Goh; EE, Xion Tan. EEG-based emotion recognition: Review of commercial EEG devices and machine learning techniques. **Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences**, v. 34, n.7, p. 4385-4401, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.03.009>

EYIKARA, E.; BAYKARA, G., Z. The importance of simulation in nursing education. **World Journal on Educational Technology: Current Issues**, Istanbul, v. 9, n.1, p. 02- 07, 2017. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1141174.pdf> Acesso em: 19 nov. 2022.

EHRlich S. K., AGRES K. R., GUAN C., CHENG G. Uma interface cérebro-computador baseada em música de circuito fechado para mediação de emoções. **PLoS ONE**, v. 14, n. 3, p. e0213516, 2019.

FEILER, J. B.; STABIO, M. E. Three pillars of educational neuroscience from three decades of literature. **Trends in neuroscience and education**, v. 13, p. 17-25, 2018.

FENGFENG K. E., SUNGWOONG L., XINHAO X., Teaching training in a mixed-reality integrated learning environment, **Computers in Human Behavior**, v. 62, p. 212-220, 2016.

FONSECA, V. Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Rev. psicopedag**, São Paulo, v. 33, n. 102, p. 365-384, 2016. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v33n102/14.pdf> Acesso em: 2 dez. 2022.

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.

GARNER J. S. Guideline for isolation precautions in hospitals. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. **Infect Control Hosp Epidemiol.**, v.17, n.1, p. 53-80, 1996.

GIRVAN, C.; SAVAGE, T. Virtual worlds: a new environment for constructionist learning. **Computers in Human Behavior**, v. 99, p. 396-414, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.017>

GRINBERG, A. M.; CAREAGA, J. S.; MEHL, M. R.; O'CONNOR, M. Social engagement and user immersion in a socially based virtual world. **Computers in Human Behavior**, v. 36, p. 479-486, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.04.008>

GREEN, J.; WYLLIE, A.; JACKSON, D. Virtual worlds: a new frontier for nurse education? **Collegian**, v. 21, n.2, p. 135-141, 2014.

GRIOL, D.; MOLINA, J. M., CALLEJAS, Z. An approach to develop intelligent learning environments by means of immersive virtual worlds. **J. Ambient Intell. Smart Environ**, v. 6, n. 2, p. 237–255, 2014.

HARRISON, T. **The Emotiv mind**: Investigating the accuracy of the Emotiv EPOC in identifying emotions and its use in an intelligent tutoring system. Canterbury: University of Canterbury, 2013.

HUANG, Y. C.; LING, N. L.; LEE, H.Y.; BROWNING, M. H. E. M.; YU, C. P. Surfing in virtual reality: An application of extended technology acceptance model with flow theory. **Computers in Human Behavior Reports**, v. 9, p. 100252, 2023.

JAKL, A.; LIENHART, A.; BAUMANN, C.; JALAEFFAR, A.; SCHLAGER, A.; SCHÖFFER, L.; BRUCKNER, F. Enlightening Patients with Augmented Reality. *In*: IEEE CONFERENCE ON VIRTUAL REALITY AND 3D USER INTERFACES (VR), 2020. Atlanta: IEEE, 2020. p. 195-203. DOI: 10.1109/VR46266.2020.00038.

KANDEL, R. E. **Princípios da neurociência**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KIRKMAN T.; HALL C.; WINSTON R.; PIERCE V. Strategies for implementing a multiple patient simulation scenario. **Nurse Education Today**, v. 64, p. 11-15, 2018.

KOLB, A. Y., KOLB D. A. **The Experiential Educator**: Principles and Practices of Experiential Learning. Kaunakakai: EBLS Press, 2017.

KOLB, D. A. **Experimental learning**: experience as the source of learning and development. 2. ed. New Jersey: Pearson Education, 2015.

LANGROUDI, G.; JORDANOUS, A.; LI, L. Music Emotion Capture: emotion-based generation of music using EEG. *In: EMOTION MODELLING AND DETECTION IN SOCIAL MEDIA AND ONLINE INTERACTION SYMPOSIUM AT THE AISB CONVENTION, 2018. Liverpool, 2018. v. 5.*

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência.** Rio de Janeiro: Atheneu, 2004.

LIAW, S. Y.; CARPIO, G. A. C.; LAU, Y.; TAN, S. C.; LIM, W. S.; GOH, P. S. Mundos virtuais multiusuário na educação em saúde: uma revisão sistemática. **Nurs. Educ. Today**, v. 65, p. 136–149, 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

MARTOS-CABRERA, M. B.; MOTA-ROMERO, E.; MARTOS-GARCÍA, R.; GÓMEZ-URQUIZA, J. L.; SULEIMAN-MARTOS, N.; ALBENDÍN-GARCÍA, L.; CAÑADAS-DE LA FUENTE, G.A. Hand Hygiene Teaching Strategies among Nursing Staff: A Systematic Review. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v.16, n. 17, pp. 3039, Aug. 2019. DOI: 10.3390/ijerph16173039

MCAULEY, E.; DUNCAN, T.; TAMMEN, V. V. Psychometric Properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a Competitive Sport Setting: A Confirmatory Factor Analysis. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 60, n. 1, pp. 48–58, 1989.

MCCALLUM, J.; NESS, V.; PRICE, T. Exploring nursing students' decision-making skills whilst in a Second Life clinical simulation laboratory. **Nurse Educ Today**, v. 31, n.7, pp. 699-704, 2011.

MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. *In: MINAYO, M. C. S. et al. (org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade.* Petrópolis, RJ: Vozes, 1994. P. 9-29.

MURAD, S. S Brain involvement in the use of games in nursing education. **Journal of Nursing Education and Practice**, v. 7, n. 6, 2017.

DOI: <https://doi.org/10.5430/jnep.v7n6p90> Disponível em:

<http://www.sciedupress.com/journal/index.php/jnep/article/view/7977/6684> Acesso em: 20 jun. 2020.

NG, B.; ONG, A. K. K. Neurociência e ambiente de aprendizagem digital nas universidades: O que a pesquisa atual nos diz? **Revista da Bolsa de Ensino e Aprendizagem**, v. 18, n. 3, p. 116-131, 2018. DOI:10.14434/josotl.v18i3.22651 <https://www.proquest.com/openview/553ed6a9d1ad214666a93072c534f80c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=4661811> Acesso em: 22 jun. 2020.

NUNES, W.; ZARO, M. A. **Neuroempreendedorismo**: como o cérebro identifica oportunidades de negócios inovadores. São Luís: EDUFARMA, 2019. 212 p.

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976.

PORTO, J. S.; MARZIALE, M. H. P. Reasons and consequences of low adherence to standard precautions by the nursing team. **Rev. Gauch. Enferm.**, Porto Alegre, v. 37, n. 2, p. e57395.

PREUSS, E. **NIDABA**: Plataforma digital para produção de recursos educacionais inclusivos baseados em mesa tangível. 2021. 236 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) -Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

ROURKE, S. How does virtual reality simulation compare to simulated practice in the acquisition of clinical psychomotor skills for pre-registration student nurses? A systematic review. **Int. J. Nurs. Stud.**, v. 102, pp. 103466, Feb. 2020. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2019.103466

RUEDA, M. R. Attention in the heart of intelligence. **Trends in Neuroscience and Education**, v. 13, p. 26-33, 2018.

SANDERSON, C. D.; COX, K.; DISCH, J. Virtual Nursing. **Virtual Learning, Nurse Leader**, v. 18, n. 2, p. 142-146, 2020.

SILVA, A. M. B.; ANDRADE, D.; WYSOCKI, A. D.; NICOLUSSI, A. C.; HAAS, V. J.; MIRANZI, M. A. S. Knowledge about prevention and control of infection related to health care: hospital context. **Rev. Rene.**, v. 18, n. 3, pp. 353-360. DOI: <https://doi.org/10.15253/2175-6783.2017000300010>

SCHMIDT, J. A. Flow in Education. *In*: Peterson, Penelope; Baker, Eva; McGaw, Barry. **International Encyclopedia of Education**. 3.ed. [s. l.]: Elsevier, 2010, p. 605- 611.

SHAH, M.; SIEBERT-EVENSTONE, A.; EAGAN, B.; HOLTHAUS, R. Modeling Educator Use of Virtual Reality Simulations in Nursing Education Using Epistemic Network Analysis. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IMMERSIVE LEARNING RESEARCH NETWORK, ILRN, 7th., 2021.

SLOAN, D.; NORRGRAN, C. A Neuroscience Perspective on Learning. **Chem. Eng.**, v. 50, n. 1, pp. 29, 2016. Disponível em:
<https://journals.flvc.org/cee/article/view/87714/84511> . Acesso em: 10 maio 2020.

SOTO, V. J. Which instructional design models are educators using to design virtual world instruction? **Journal of Online Learning and Teaching**, v. 9, n. 3, pp. 364, 2013.

SPORTSMAN, S. Student engagement and the brain. **Collaborative Momentum Consulting**. Disponível em:
<https://collaborativemomentum.com/2018/05/22/student- engagement- and-thebrain/#more-230> 1/. Acesso em: 13 out. 2021.

STRMISKA M.; KOUDELKOVÁ Z.; ŽABČÍKOVÁ M. Measuring brain signals using Emotiv devices, **WSEAS Trans. Syst. Control**, v. 13, pp. 537–542, 2018

TAROUCO, L. M. R.; DA SILVA P. F.; HERPICH F. **Cognição e aprendizagem em mundo virtual imersivo** 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020. 355 p.

TIFFANY, J.; HOGLUND, B. A. Teaching/learning in second life: perspectives of future nurse-educators. **Clinical Simulation in Nursing**, v. 10, n.1, p. e19-e24, 2014.

TITGEMEYER, Y. et al. Os dispositivos de EEG portáteis disponíveis no mercado podem ser usados para fins de diagnóstico? Um estudo piloto exploratório. **Epilepsia e comportamento**, v. 103, 2020.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. N. **The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science).** Dissertation (Doctor of Philosophy) - Capella University, Minneapolis, 2008.

TSAI, Y. C.; LIN, G. L.; CHENG, C. C. Work-in-Progress-Development of Immersive Nursing Skills Learning System and Evaluation of Learning Effectiveness. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IMMERSIVE LEARNING RESEARCH NETWORK (ILRN)*, 7th., 2021. pp. 1-3, May 2021. DOI: 10.23919/iLRN52045.2021.9459417

WANG, Q.; SOURINA, O. Real-time mental arithmetic task recognition from EEG signals. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 21, n. 2, p. 225–232, 2013.

WANKEL, C.; BLESSINGER, P. (ed.) **Increasing Student Engagement and Retention Using Immersive Interfaces Virtual Worlds, Gaming and Simulation.** Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2012. p. i. Cutting-Edge Technologies in Higher Education, V.6, Part C. DOI: [https://doi.org/10.1108/S2044-9968\(2012\)000006C017](https://doi.org/10.1108/S2044-9968(2012)000006C017)

WEEKS, K.; COBEN, D.; LUM, G.; PONTIN, D. Developing nursing competence: Future proofing nurses for the changing practice requirements of 21st century healthcare. **Nurse Education in Practice**, v. 27, Nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2017.08.020>

WEGEMER, C. Brain-computer interfaces and education: The state of technology and imperatives for the future. **International Journal of Learning Technology**, v. 14, n. 2, pp.141-161, 2019.

WHO. **World Alliance for patient safety: forward programme 2006-2007.** WHO (2006). Disponível em: https://www.who.int/patientsafety/en/brochure_final.pdf. Acesso em: 20 abr 2020.

XU, J.; ZHONG, B. Review on portable EEG technology in educational research. **Computers in Human Behavior**, v. 81, pp. 340-349, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.037>

YANG, X.; LI, Y.; WANG, L.; LI, D. Development and Application of Nursing Operation Virtual Simulation Training System. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING SIMULATION AND INTELLIGENT CONTROL (ESAIC), 2018, Hunan, China. pp. 185-187. DOI: 10.1109/ESAIC.2018.00050.

ZARO, M. A.; AROSAT, R. M.; MEIRELES, L. R. O.; MARILDA, S.; AZEVEDO, A. M. P. E; ROCHA, F. A. C. E.; TIMMG, M. I. Emergência da neuroeducação: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. **Ciências & Cognição**, Rio da Janeiro, v. 15, n. 1, p. 199-210, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Instituição: PGIE – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Título do estudo: Monitoramento da atenção pelo eletroencefalograma no LIASE (laboratório imersivo de aprendizagem em saúde e enfermagem)

Pesquisadores responsáveis e equipe: Prof. Dr. Milton Antônio Zaro, Profa. Dra. Ana Maria Müller de Magalhães, Doutoranda Karen Cardoso

Local do Estudo: Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED) - Avenida Paulo Gama, 110 - Anexo III – 3º andar

Dois salas serão reservadas para o estudo: uma para entrevista e leitura do TCLE e outra para a coleta de dados, que serão disponibilizadas e informadas no agendamento da coleta.

Tempo previsto para a participação do estudo:

Leitura e assinatura do TCLE e informações ao participante: 30-45 min

Entrevista: 15 min

Coleta de dados no protótipo educacional e EEG: 60 - 80 min

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar de uma pesquisa educacional que visa fornecer elementos para melhoria da prática docente a partir da captação e análise das ondas cerebrais por meio do Eletroencefalograma (EEG), enquanto você acessa um laboratório virtual com a temática de Biossegurança. O estudo é o foco da tese de doutorado da pesquisadora Karen Cardoso, orientada pelos professores doutores Milton Antônio Zaro e Ana Maria Müller de Magalhães.

Antes de avançar nos detalhes do estudo, é importante esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, isto quer dizer que você pode optar por não participar do experimento, sem quaisquer prejuízos, ou retirar-se do estudo em qualquer fase, mesmo após assinar este termo.

A sua identidade e os seus dados pessoais serão protegidos, pois as entrevistas e os registros da coleta serão identificados por código numérico. Os procedimentos de pesquisa envolvem registros da entrevista, observações, questionário do conteúdo e a sessão pelo EEG. Todos os cuidados serão tomados para garantir o sigilo e a confidencialidade das informações, preservando a identidade dos participantes.

Os dados da pesquisa serão armazenados por no mínimo 5 anos.

O custo do transporte coletivo público até o local da coleta será ressarcido pela pesquisadora, limitado ao Município de Porto Alegre.

O EEG é um procedimento não invasivo e indolor e o equipamento portátil não permite diagnósticos clínicos ou de qualquer patologia neurológica, mas monitorar a atividade cerebral em atividades educacionais.

Possíveis riscos previstos no estudo:

- Riscos biológicos de contaminação pela COVID-19 na coleta presencial

Para minimizar ao máximo os riscos biológicos, todos os protocolos de

distanciamento serão observados durante a coleta de dados pelo participante.

São obrigatórias a comprovação do esquema vacinal completo e a utilização de máscara facial, álcool gel e desinfecção dos equipamentos e superfícies utilizados, seguindo as determinações da Comissão COVID da UFRGS.

- Risco psicológico, relacionado a ansiedade e medo da coleta presencial pelo contato com o ambiente e outras pessoas.

Todos da equipe envolvida na coleta têm o esquema vacinal completo e observarão o protocolo determinado pela Universidade para manter o ambiente seguro durante a coleta presencial.

- Risco psicológico, relacionado ao medo e ansiedade do Eletroencefalograma (EEG) e possíveis diagnósticos durante o processo.

O EEG é um procedimento não invasivo e totalmente indolor, onde apenas 12 sensores serão colocados na cabeça, em contato com a pele, utilizando apenas solução salina. O equipamento portátil não possibilita nenhum tipo de diagnóstico clínico, mas a identificação das áreas cerebrais ativadas durante o processo de aprendizagem.

A equipe de pesquisadores está preparada para ouvir e acolher quaisquer dúvidas e receios sobre o processo de coleta e a decisão de não participar do estudo pode ser comunicada em qualquer momento do processo.

Sua participação no estudo contribuirá para o avanço científico desta área e a compreensão dos processos de aprendizagem.

A seguir, você terá a descrição do estudo. Se tiver dúvidas, pode solicitar mais esclarecimentos ao pesquisador responsável.

OS OBJETIVOS DO ESTUDO

O estudo é realizado a partir de um protótipo do laboratório virtual educacional desenvolvido para ser testado durante o processo de aprendizagem de alunos(as) de graduação em enfermagem. Tratando-se de uma proposta de aprendizado mediado pelo computador, desenvolvida em um mundo virtual imersivo, iremos verificar como o cérebro reage durante o contato com o laboratório virtual e as atividades educacionais propostas e que áreas cerebrais são ativadas durante o processo.

Aprendizagem em Saúde e Enfermagem: Módulo Biossegurança e às atividades educacionais propostas;

- Realização voluntária do registro encefalográfico durante a atividade;
- Retirada do equipamento (EEG);
- Finalização da coleta.

A entrevista com o pesquisador

Para participar do estudo você será entrevistado pelo pesquisador e deverá preencher alguns critérios:

Não ter nenhum distúrbio neurológico ou psiquiátrico, como depressão, ansiedade ou outro distúrbio mental diagnosticado; não fazer uso de medicamentos psicoativos (estimulantes, antidepressivos, ansiolíticos); ausência de histórico de uso de álcool ou drogas e distúrbios auditivos.

Todas as informações fornecidas serão confidenciais e protegidas.

O exame de Eletroencefalograma (EEG)

O exame de EEG é um procedimento não invasivo e indolor e não tem objetivo de diagnóstico, mas será utilizado para mapear as áreas ativadas do seu cérebro durante o acesso ao laboratório virtual. O EEG tem sensores que serão instalados na área do couro cabeludo da cabeça, antes do início da coleta, e irão registrar as atividades elétricas do cérebro. Serão dadas orientações sobre como proceder durante o exame e as atividades. Não há risco quanto à sua integridade física ao submeter-se ao EEG.

A autorização para utilizar as informações que forem coletadas ocorre por meio da assinatura deste termo e serão utilizadas apenas para fins deste estudo científico e educacional.

Os procedimentos nesta pesquisa obedecem aos critérios de ética na pesquisa com seres humanos, conforme a Resolução nº 466/2012 e Resolução nº 510/ 2016.

Se você resolver não mais continuar participando, terá toda a liberdade de desistir a qualquer momento, sem que isso lhe acarrete qualquer prejuízo e sem necessidade de maiores explicações ou justificativas.

Este projeto foi aprovado pelo CEP/UFRGS. Caso tenha qualquer dúvida ou consideração sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, na Av. Paulo Gama, 110 – Sala 317 do Anexo 1 da Reitoria Porto Alegre/RS, Brasil – CEP: 90040-060 Fone: (51)3308-3738 – *e-mail*: etica@propesq.ufrgs.br.

Obs.: Durante o período pandêmico, o atendimento ocorrerá apenas pelo *e-mail* acima.

Em qualquer etapa da pesquisa, você poderá ter contato com os pesquisadores através dos *e-mails* zaro@ufrgs.br e karen.caetano@gmail.com e telefone de contato (51) 994448009.

CONSENTIMENTO PARA PARTICIPAR DESTE ESTUDO

Confirmando que fui adequadamente informado(a) sobre o estudo, seus objetivos e procedimentos metodológicos, bem como sobre meus direitos como participante deste estudo. As etapas de coleta de informações foram compreendidas. Concordo voluntariamente em participar deste estudo. A assinatura deste termo não exclui a possibilidade de buscar indenização diante de eventuais danos decorrentes de participação na pesquisa, como preconiza a Resolução 466/12.

Recebi uma das vias deste TCLE, assinada.

COMPLETE OS ITENS COM SEU NOME COMPLETO, ASSINATURA E DATA	
<p>Eu,</p> <p>confirmando que estou ciente dos procedimentos e objetivos desta pesquisa, bem como da forma de participação. As alternativas para minha participação foram discutidas. Li e compreendi este termo de consentimento, portanto:</p> <p style="text-align: center;">ACEITO PARTICIPAR</p> <p style="text-align: center;">_ / _ / _</p> <p>Assinatura do Participante (DD-MM-AAAA)</p>	
<p>Assinatura do pesquisador responsável _____</p> <p>(DD-MM-AAAA)</p>	

APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO PRÉ-EEG

Código numérico de identificação do participante: Semestre:

Idade:

Sexo:

Entrevistador:

1. Faz tratamento para algum problema de saúde? Se sim, qual?
2. Usa algum tipo de medicamento todos os dias? Se sim, qual?
3. Tem dificuldades de concentração com frequência?
4. Tem dificuldade de memorização?
5. Faz uso de bebida alcoólica? Com que frequência?
6. Faz uso de algum tipo de droga? Com que frequência?

APÊNDICE C – IMI – INTRINSIC MOTIVATION INVENTORY

Para cada uma das seguintes afirmações, indique o quanto isso é verdadeiro para você, usando a seguinte escala:

1 - Discordo totalmente ... 5 - Concordo totalmente

Avaliação da Atividade do Laboratório Virtual de Biossegurança

1. Nome:

2. Qual o seu sexo?

Marcar apenas uma oval.

Feminino

Masculino

Outro

Não desejo informar

1. Durante a atividade, pensava que estava apreciando muito

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

2. Eu não me senti nervoso(a) durante a atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

3. A atividade não conseguiu manter minha atenção

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

4. Acho que me saí muito bem durante a atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

5. Achei a atividade muito interessante

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

6. Eu me senti muito tenso(a) durante a atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

7. A atividade foi muito divertida

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

8. Estou satisfeito(a) com o meu desempenho na atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

9. Durante a atividade, senti o tempo todo que estava no controle do que estava fazendo*

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

10. Estou satisfeito(a) com o meu desempenho na atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

11. Estou satisfeito(a) com o meu desempenho na atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

12. Durante a atividade, senti o tempo todo que estava no controle do que estava fazendo

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

13. Frequentemente me distraí com outras coisas não relacionadas à atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

14. A atividade me envolveu completamente

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

15. A atividade foi intrinsecamente interessante

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

16. A atividade despertou a minha curiosidade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

17. Eu me senti tão imerso(a) na atividade que perdi a noção do tempo

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

18. Saio com uma opinião muito positiva sobre a atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

19. A atividade estimulou minha imaginação *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

20. Eu me senti ansioso(a) durante a atividade *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

21. Eu acho que essa atividade pode ser muito útil para o a minha formação

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

22. Dediquei muito esforço para fazer essa atividade

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente

Concordo totalmente

23. Fazer a atividade pode ser útil para:
24. O que foi mais difícil para mim no desenvolvimento da atividade foi[:]
25. O que foi mais fácil para mim no desenvolvimento da atividade foi:
26. O que senti falta no desenvolvimento da atividade foi:
27. Comentários (opcional)