Revista Perquirere, vol. 23, n. 2: 101-123, 2026
© Centro Universitário de Patos de Minas
https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere

Análise descritiva e comparativa de sinais de EEG e relatos emocionais associados à exposição aos ruídos branco e rosa

Descriptive and comparative analysis of EEG signals and emotional self-reports associated with exposure to white and pink noise

EMILLY EMANUELI DE ARAÚJO
Discente de Engenharia Elétrica (UNIPAM)
emillyaraujo@unipam.edu.br

VICTOR HENRIQUE DA CUNHA FARIA
Professor coorientador (UNIPAM)
victorhcf@unipam.edu.br

GASPAR EUGÊNIO OLIVEIRA RAMOS
Professor orientador (UNIPAM)
gasparramos@unipam.edu.br

Resumo: Este estudo analisa descritivamente registros de eletroencefalografia (EEG) e relatos emocionais de dez voluntários expostos aos ruídos branco e rosa, provenientes do banco de dados de Ramos (2018). Os sinais foram processados no MATLAB e organizados em bandas de frequências encefálicas baseadas na literatura e prática clínica, com comparação de mapas topográficos. A classificação dos relatos identificou quatro positivos em cada condição, quatro negativos para o ruído branco e seis para o ruído rosa. As imagens apresentaram contrastes regionais sem direção uniforme entre as bandas. Entretanto, divergências na descrição da normalização e a necessidade de confirmar a orientação das matrizes limitam a atribuição dos mapas aos grupos. Os resultados têm caráter exploratório e não permitem inferir estados emocionais específicos, relações causais ou superioridade de um estímulo. A interpretação requer validação do processamento e análise dos valores individuais.
Palavras-chave: eletroencefalografia; densidade espectral de potência; mapeamento topográfico.

Abstract: This study descriptively analyzes electroencephalography (EEG) recordings and emotional reports from ten volunteers exposed to white and pink noise, obtained from the database of Ramos (2018). The signals were processed in MATLAB and organized into brain frequency bands based on the literature and clinical practice, with comparison of topographic maps. The classification of the reports identified four positive responses in each condition, four negative responses to white noise, and six negative responses to pink noise. The images showed regional contrasts without a uniform direction across the bands. However, divergences in the description of normalization and the need to confirm the orientation of the matrices limit the attribution of the maps to the groups. The results are exploratory in nature and do not allow the inference of specific emotional states, causal relationships, or the superiority of one stimulus over another. Interpretation requires validation of the processing procedures and analysis of individual values.
Keywords: electroencephalography; power spectral density; topographic mapping.

1 INTRODUÇÃO

As emoções participam das relações interpessoais e da maneira como os indivíduos interpretam as experiências cotidianas. Entre os estímulos capazes de mobilizar respostas emocionais, a música tem sido investigada em estudos sobre atividade cerebral e percepção subjetiva. Em pacientes com distúrbios da consciência, estímulos auditivos emocionalmente relevantes, como músicas preferidas e vozes familiares, podem suscitar respostas neurofisiológicas, embora sua interpretação dependa da condição clínica e dos procedimentos de avaliação (O'Kelly *et al*., 2013; Rollnik; Altenmüller, 2014).

Estudos sobre estimulação musical contribuem para a compreensão das relações entre experiências auditivas e atividade cerebral. Blood e Zatorre (2001) observaram que respostas intensamente prazerosas à música se associavam a alterações do fluxo sanguíneo em regiões envolvidas na recompensa e na emoção. Hu *et al*. (2021) investigaram alterações da negatividade de incompatibilidade (mismatch negativity — MMN) após estimulação musical em pacientes com distúrbios da consciência. Castro *et al*. (2015), por sua vez, observaram maior ocorrência de respostas cerebrais ao próprio nome quando sua apresentação era precedida por música preferida. Esses achados se referem a protocolos específicos e não demonstram, isoladamente, recuperação da consciência.

Embora a literatura sobre música ofereça fundamentos para investigar respostas auditivas, o presente estudo examinou exclusivamente os ruídos branco e rosa. Esses estímulos não apresentam a organização melódica e harmônica característica da música, de modo que resultados obtidos com estímulos musicais não podem ser transferidos diretamente para as condições aqui analisadas.

Nesse contexto, a questão que orientou a investigação foi: quais diferenças descritivas podem ser observadas na distribuição espectral e espacial dos sinais de EEG associados aos relatos positivos e negativos durante a exposição aos ruídos branco e rosa?

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise descritiva e comparativa de registros de EEG e relatos emocionais de participantes expostos aos ruídos branco e rosa, examinando os padrões apresentados nos mapas topográficos e os limites de sua interpretação.

A pesquisa justificou-se pela possibilidade de explorar dados secundários sobre estimulação auditiva e percepção subjetiva, contribuindo para o planejamento de análises posteriores com validação do processamento, maior número de participantes e controle das limitações metodológicas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)

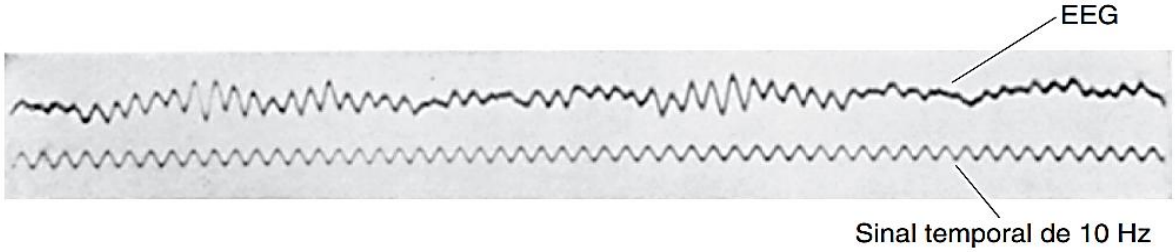
A investigação da atividade cerebral se desenvolveu com os avanços na descrição da organização celular do sistema nervoso e nas técnicas de registro de sinais elétricos. Nesse percurso, a eletroencefalografia tornou-se um recurso para estudar a

atividade elétrica cerebral e suas variações em diferentes condições fisiológicas (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Hans Berger realizou registros pioneiros do EEG humano na década de 1920 e publicou seus resultados em 1929. A técnica permite registrar diferenças de potencial elétrico por meio de eletrodos e contribui para a investigação de ritmos cerebrais e de alterações neurológicas, sempre em associação com o contexto clínico e experimental (Bear; Connors; Paradiso, 2017; Schomer; Lopes da Silva, 2011).

A Figura 1 apresenta um registro histórico de EEG humano, reproduzido na obra de Bear, Connors e Paradiso (2017).

Figura 1: Registro histórico de EEG humano



Fonte: Bear; Connors; Paradiso, 2017, p. 646.

Os ritmos do EEG variam conforme condições como sono, vigília e atenção, e sua interpretação considera a frequência, a amplitude e a distribuição espacial dos sinais. A frequência, isoladamente, não identifica uma emoção ou função cognitiva específica (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Os ritmos do EEG são classificados em bandas de frequência, cujos limites podem variar entre referências e protocolos de análise. Entre as denominações usuais estão delta, teta, alfa, beta e gama, com subdivisões das frequências mais altas. A banda alfa é frequentemente observada em regiões posteriores durante a vigília relaxada, enquanto as demais bandas também apresentam relações dependentes do estado fisiológico e da tarefa (Bear; Connors; Paradiso, 2017; Freeman; Quiroga, 2013). Os intervalos operacionais utilizados neste trabalho são apresentados na metodologia.

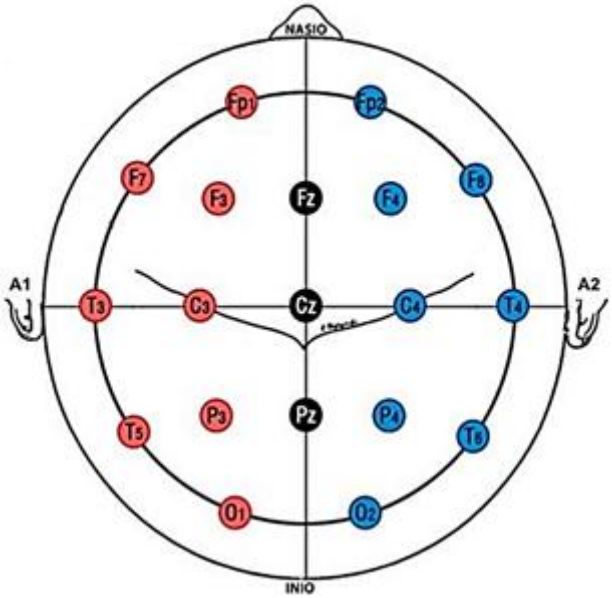
2.2 MAPEAMENTO EEG E SISTEMA 10-20

A padronização da localização dos eletrodos favorece a comparação e a interpretação dos registros de EEG. O sistema internacional 10-20 utiliza proporções das distâncias entre pontos anatômicos de referência para orientar essa distribuição. A recomendação apresentada por Marinho (2017), vinculada à Sociedade Brasileira de Neurofisiologia Clínica (SBNC), estabelece os seguintes princípios:

1. O posicionamento dos eletrodos deve ser definido por medições entre pontos anatômicos de referência, respeitando as proporções da cabeça;
2. A distribuição dos eletrodos deve proporcionar cobertura adequada do escalpo;
3. A nomenclatura deve permitir a identificação das regiões de registro e favorecer a comunicação entre profissionais e laboratórios.

A identificação dos eletrodos combina letras que indicam regiões do escalpo e números que indicam lateralização, com números ímpares à esquerda e pares à direita; a letra z identifica a linha média. As designações incluem Fp para frontopolar, F para frontal, C para central, P para parietal, T para temporal e O para occipital (Marinho, 2017), conforme a Figura 2.

Figura 2: Posição dos eletrodos no Sistema 10-20



Fonte: Marinho, 2017, p. 2.

2.3 ESTIMULAÇÃO MUSICAL ASSOCIADA AO EEG

Os ritmos do EEG variam conforme o estado fisiológico e as condições da tarefa, e sua análise requer a consideração conjunta das características temporais, espectrais e espaciais dos registros (Sörnmo; Laguna, 2005). O EEG não permite determinar diretamente o conteúdo dos pensamentos ou sentimentos de um indivíduo. O processamento computacional auxilia a quantificação de características que não são facilmente identificadas pela inspeção visual do sinal (Budzynski *et al*., 2009).

A avaliação das respostas à música deve considerar a experiência individual de quem a escuta. Na musicoterapia, a música e seus elementos são empregados em um processo terapêutico orientado por objetivos e pelas necessidades das pessoas atendidas (Bruscia, 2014). Essa prática difere da exposição experimental a ruídos adotada no presente estudo.

De acordo com Ramos (2018), pesquisas sobre estimulação musical frequentemente examinam sinais de EEG em diferentes bandas de frequência e investigam sua relação com relatos emocionais. Uma abordagem dimensional organiza as emoções segundo valência, de negativa a positiva, e ativação, de baixa a alta (Russell, 1980).

A assimetria alfa frontal é investigada por meio de diferenças de potência alfa entre regiões frontais homólogas, com resultados dependentes da medida e das condições de registro. Em sua interpretação usual, menor potência alfa é associada a

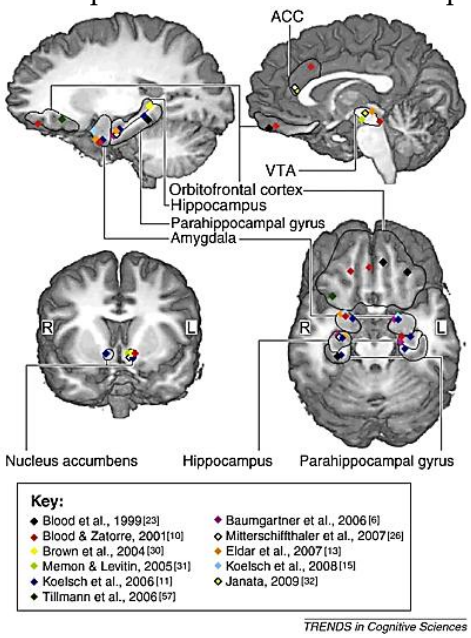
maior atividade cortical relativa; portanto, potência alfa e ativação cortical não devem ser tratadas como equivalentes. As relações com processos emocionais e motivacionais também não se reduzem à oposição entre emoções positivas e negativas (Davidson, 2004; Coan; Allen; McKnight, 2006; Harmon-Jones; Gable; Peterson, 2010).

2.4 MUSICOTERAPIA E BASES NEUROFISIOLÓGICAS DA MÚSICA

A musicoterapia utiliza experiências musicais para atender a objetivos terapêuticos definidos conforme as necessidades individuais. Essas experiências podem envolver improvisação, composição, audição e execução musical, em contextos de cuidado distintos (Bruscia, 2014).

O estudo das bases neurofisiológicas da música contribui para compreender suas relações com emoção e memória. Koelsch (2010) discute a participação de estruturas límbicas e paralímbicas nas emoções evocadas pela música, incluindo a amígdala e o hipocampo, ilustrados na Figura 3. A participação dessas estruturas não implica que qualquer estímulo sonoro produza a mesma resposta, nem estabelece, por si só, eficácia terapêutica.

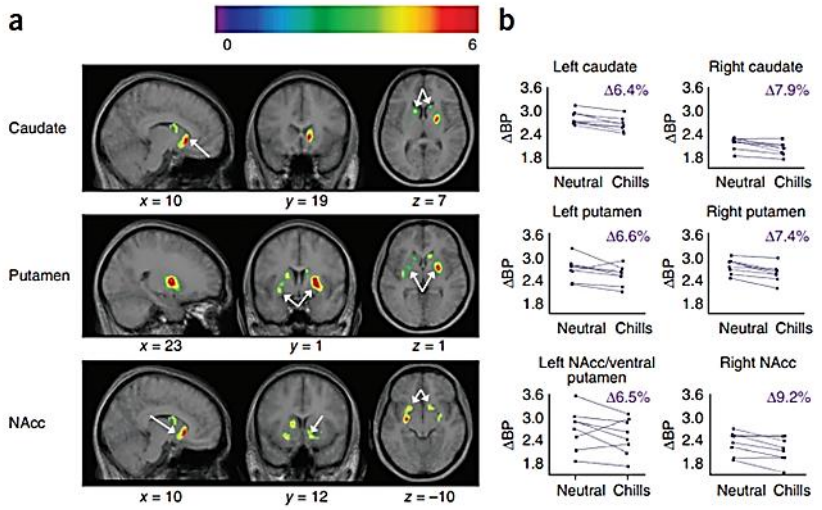
Figura 3: Estruturas límbicas e paralímbicas associadas ao processamento emocional



Fonte: Koelsch, 2010.

A percepção e o prazer musical envolvem interações entre sistemas auditivos e circuitos de recompensa (Zatorre; Salimpoor, 2013). Salimpoor *et al.* (2011) identificaram liberação de dopamina em momentos de antecipação e de experiência de emoções intensas durante a audição de música, conforme a Figura 4. Esse resultado contribui para a compreensão do prazer musical, mas não demonstra, isoladamente, eficácia da musicoterapia no tratamento de depressão ou ansiedade.

Figura 4: Evidências de liberação de dopamina durante audição de música prazerosa



Fonte: Salimpoor *et al*., 2011.

As respostas à música variam entre indivíduos e dependem de fatores como preferências, experiências e contexto. A literatura musical oferece, assim, um referencial para investigar a relação entre estímulos auditivos e atividade cerebral, desde que sejam respeitadas as diferenças entre os protocolos e a exposição aos ruídos branco e rosa analisada neste trabalho (Su et al., 2024).

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO E ORIGEM DOS DADOS

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória, descritiva e comparativa, com abordagem quantitativa, baseada na análise secundária de registros de eletroencefalografia (EEG) e relatos emocionais coletados por Ramos (2018). O banco original compreende 60 voluntários submetidos a seis condições de estimulação auditiva, dos quais foram selecionados aleatoriamente dez participantes para análise dos registros referentes exclusivamente ao ruído branco e ao ruído rosa. Durante todas as etapas de desenvolvimento deste artigo, os autores não tiveram acesso a informações pessoais que permitissem identificar os voluntários, restringindo a análise aos registros de EEG e aos relatos associados aos estímulos estudados.

Não foram realizados novos recrutamentos, intervenções ou aquisições de sinais, restringindo-se o presente estudo à seleção, à organização, ao processamento e à comparação dos dados disponibilizados. Conforme descrito por Ramos (2018), a coleta original ocorreu no âmbito da Universidade Federal de Uberlândia, com participação voluntária mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e observância dos procedimentos éticos informados na pesquisa de origem.

3.2 SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES E CLASSIFICAÇÃO DOS RELATOS

A investigação buscou comparar a distribuição espectral e espacial dos sinais de EEG associados aos relatos positivos e negativos dos participantes, sem desenvolver modelos preditivos ou realizar classificação automática de emoções.O conjunto analisado foi constituído por dez participantes selecionados aleatoriamente entre os 60 voluntários do banco original, considerando seus registros de EEG e relatos referentes aos dois estímulos auditivos estudados. Os mesmos participantes foram analisados nas condições de ruído branco e ruído rosa, com classificação independente dos relatos para cada estímulo.

A classificação foi realizada por um único avaliador, integrante da equipe de autores deste artigo, a partir do conteúdo das respostas fornecidas na pesquisa original. Foram considerados positivos os relatos que expressavam sensações agradáveis, tranquilidade, conforto ou outras percepções favoráveis; negativos, aqueles associados a incômodo, desconforto, irritação ou repulsa; e não identificados, aqueles cujo conteúdo não permitia determinar claramente uma percepção positiva ou negativa.

Como exemplo da aplicação desses critérios, um dos participantes descreveu sua percepção do ruído rosa como “cachoeira, tranquilidade, beleza”, relato compatível com a categoria positiva pela menção explícita à tranquilidade e pela associação a percepções favoráveis. Para o ruído branco, o mesmo participante relatou “Chuva, todo mundo correndo”, descrição que, isoladamente, não expressa de forma inequívoca uma percepção positiva ou negativa, enquadrando-se no critério de reação não identificada. Esse exemplo ilustra que a classificação considerou o conteúdo emocional expresso nas respostas, sem atribuir caráter positivo ou negativo apenas às situações evocadas pelos estímulos.

Os relatos subjetivos constituíram a referência para o agrupamento dos registros, sem utilização dos sinais de EEG como critério de classificação. As comparações entre categorias foram restritas aos registros classificados como positivos ou negativos, respeitando a quantidade e a composição dos participantes de cada grupo, apresentadas na classificação das reações. Como o procedimento foi realizado por um único avaliador, não houve avaliação de concordância entre examinadores.

3.3 ORGANIZAÇÃO E SEGMENTAÇÃO DOS REGISTROS ELETROENCEFALOGRÁFICOS

O processamento foi realizado no MATLAB, utilizando arquivos individuais identificados como V1.mat a V10.mat. Os sinais estavam armazenados na matriz xn, com 20 canais dispostos nas linhas e as amostras temporais nas colunas, adquiridas com frequência de amostragem de 400 Hz.

Para cada participante, foram extraídos dois segmentos de aproximadamente 60 segundos, correspondentes à exposição ao ruído branco e ao ruído rosa, totalizando 20 segmentos de EEG. A extração foi realizada pela conversão dos tempos iniciais em índices de amostras, considerando a frequência de amostragem e os intervalos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Tempos iniciais e duração dos segmentos analisados

Voluntário	Ruído branco – início	Ruído rosa – início	Duração analisada
V1	09:23	06:13	60 s
V2	09:26	06:11	60 s
V3	09:18	06:12	60 s
V4	09:37	06:09	60 s
V5	09:27	06:16	60 s
V6	09:29	06:19	60 s
V7	09:25	06:12	60 s
V8	09:24	06:13	60 s
V9	09:50	06:19	60 s
V10	09:29	06:16	60 s

Fonte: Ramos, 2018.

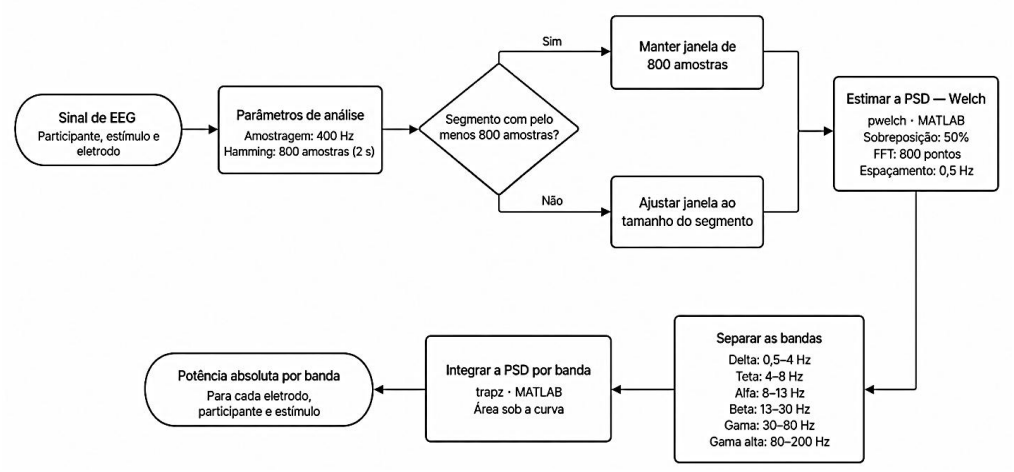
Os segmentos foram organizados por participante e estímulo para processamento individual de cada canal. Nessa análise, não foram aplicadas etapas adicionais de filtragem, remoção automática de artefatos ou Análise de Componentes Independentes (ICA), sendo utilizados os sinais conforme disponibilizados. Eventuais procedimentos anteriores de pré-processamento permanecem vinculados à documentação da pesquisa original.

3.4 ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL E CÁLCULO DA POTÊNCIA POR BANDA

A densidade espectral de potência (PSD) foi estimada individualmente para cada canal e segmento de EEG pelo método de Welch, utilizando a função pwelch do MATLAB. Foram adotadas frequência de amostragem de 400 Hz, janela de Hamming de 800 amostras (2s), sobreposição de 50% e transformada rápida de Fourier de 800 pontos, com espaçamento de 0,5 Hz entre os pontos de frequência. Para segmentos menores que 800 amostras, o código previa o ajuste do comprimento da janela.

A potência absoluta foi calculada pela integração da PSD com a função trapz, nas bandas delta (0,5-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-30 Hz), gama (30-80 Hz) e gama alta (80-200 Hz), sendo 200 Hz a frequência de Nyquist. O procedimento gerou valores por banda para cada eletrodo, participante e estímulo auditivo, conforme as etapas apresentadas na Figura 5.

Figura 5: Etapas de estimação da PSD e cálculo da potência absoluta por banda



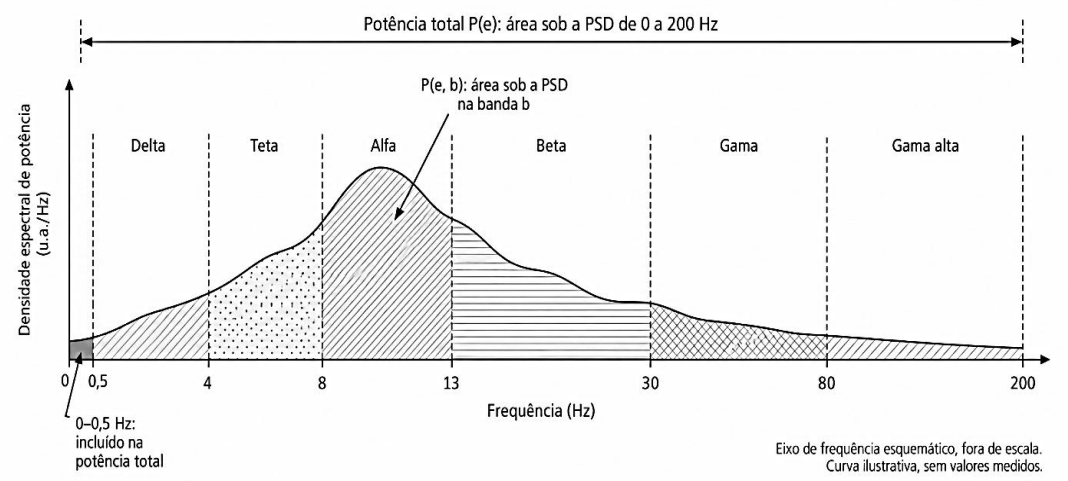
Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

3.5 NORMALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POTÊNCIA

A potência total do sinal registrado em cada eletrodo foi obtida pela integração da densidade espectral de potência (PSD) no intervalo de 0 a 200 Hz, considerando a frequência de amostragem de 400 Hz. Essa potência corresponde à área sob a curva da PSD, enquanto a potência de cada banda corresponde à parcela dessa área delimitada pelo respectivo intervalo de frequências.

A Figura 6 ilustra essa relação, apresentando a divisão da área sob a curva nas bandas delta, teta, alfa, beta, gama e gama alta. A região entre 0 e 0,5 Hz integra o cálculo da potência total, embora não pertença às seis bandas analisadas. A representação é esquemática e tem finalidade explicativa, sem apresentar valores medidos do estudo.

Figura 6: Representação esquemática da potência total e das potências por banda de um canal de EEG



Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

A partir das potências totais e por banda, foram calculados três indicadores percentuais. O primeiro corresponde à potência relativa, conforme (1), de cada banda em relação à potência total do próprio eletrodo:

$$R_{\{e,b\}} = 100 * \frac{P_{\{e,b\}}}{P_e} \quad (1)$$

em que P(e, b) representa a potência do eletrodo e na banda b, e P(e) representa a potência total desse eletrodo, conforme ilustrado na Figura 6, esse cálculo relaciona a área sob a PSD em determinada banda à área total sob a curva, expressando a contribuição percentual da banda para a potência do canal.

O segundo indicador corresponde à participação da potência total, conforme (2), de cada eletrodo na soma das potências dos 20 canais do registro:

$$S_e = 100 * \frac{P_e}{\sum_{j=1}^{n} P_{j,total}} \quad (2)$$

Nesse cálculo, o denominador reúne as potências totais dos 20 canais do mesmo registro, permitindo determinar a contribuição percentual de cada eletrodo para o conjunto. O índice \(j\) identifica cada um dos canais considerados na soma.

O terceiro indicador representa a participação de cada eletrodo, conforme (3), na potência de determinada banda, considerando a soma dessa mesma banda nos 20 canais:

$$S_{e,b} = 100 * \frac{P_{e,b}}{\sum_{j=1}^{n} P_{j,b}} \quad (3)$$

Esse indicador descreve a distribuição espacial da potência de uma banda, relacionando a parcela registrada em um eletrodo à soma das parcelas correspondentes nos demais canais e no próprio eletrodo.

Os três indicadores foram calculados individualmente para cada registro, somente quando o respectivo denominador apresentou valor positivo. O primeiro caracteriza a composição espectral de cada canal, enquanto o segundo e o terceiro descrevem, respectivamente, a distribuição da potência total e da potência de uma banda entre os eletrodos.

3.6 AGRUPAMENTO DOS RESULTADOS E ELABORAÇÃO DOS MAPAS TOPOGRÁFICOS

Os registros foram organizados em quatro grupos de comparação: ruído branco com relatos positivos, ruído branco com relatos negativos, ruído rosa com relatos positivos e ruído rosa com relatos negativos. A composição e a quantidade de participantes de cada grupo seguiram a classificação das reações, não correspondendo necessariamente ao total de dez voluntários analisados em cada estímulo.

O procedimento descrito para o agrupamento consiste no cálculo da média aritmética, por eletrodo e banda, dos valores normalizados dos participantes de cada grupo. A aplicação desse procedimento às figuras apresentadas depende da confirmação do indicador empregado e da orientação das matrizes usadas na seleção dos registros.

Os mapas topográficos foram gerados no MATLAB pela função Mapeamento_Bandas, pertencente ao programa de geração de mapas de calor do escalpo com disposição dos eletrodos segundo o sistema internacional 10-20. A função recebeu como entrada as médias previamente calculadas por eletrodo, como no comando:

Mapeamento_Bandas(Media_Positiva_Eletrodo{1,1}, 0, 70, 1)

empregado para representar os relatos positivos na banda delta.

Foram elaborados mapas para as bandas delta, teta, alfa, beta, gama e gama alta, permitindo visualizar e comparar a distribuição espacial dos percentuais médios entre os grupos de relatos positivos e negativos e entre os estímulos auditivos. A interpretação foi descritiva e comparativa, com discussão à luz da literatura sobre atividade eletroencefalográfica, processamento auditivo e respostas emocionais, sem atribuição de significância estatística às diferenças observadas ou de capacidade preditiva aos resultados.

4 RESULTADOS

Foram utilizados dados secundários de dez voluntários selecionados aleatoriamente do banco de Ramos (2018), composto por 60 participantes, correspondendo a 16,7% do conjunto original. Cada voluntário contribuiu com um registro de exposição ao ruído branco e outro ao ruído rosa, totalizando 20 registros. A análise contemplou 20 eletrodos e seis bandas frequenciais: delta, teta, alfa, beta, gama e gama alta.

A classificação dos relatos, realizada por um único avaliador entre os autores, resultou em quatro relatos positivos e quatro negativos para o ruído branco, com dois registros fora dessas categorias, enquanto o ruído rosa apresentou quatro positivos e seis negativos. A Tabela 2 apresenta os quantitativos e a composição dos grupos definidos pelos relatos.

Tabela 2: Distribuição dos relatos e composição dos grupos

Condição	Positivos		Negativos		Fora dos dois grupos	
Branco	4 V1, V2, V6 e V7	(40,0%)	4 V4, V5, V9 e V10	(40,0%)	2 V3 e V8	(20,0%)
Rosa	4 V1, V2, V7 e V8	(40,0%)	6 V3, V4, V5, V6, V9 e V10	(60,0%)	0 (0,0%)	

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

A seleção compreendeu 18 dos 20 registros disponíveis (90,0%). Esses registros pertencem aos mesmos dez voluntários e não equivalem a 18 observações independentes entre pessoas. A frequência de relatos positivos foi idêntica nas duas condições; a de negativos foi 20 pontos percentuais maior no ruído rosa. Essa diferença descreve a amostra e não constitui evidência estatística de maior desconforto causado por esse ruído.

A comparação individual dos rótulos acrescenta informação às frequências: V1, V2 e V7 apresentaram relatos positivos em ambas as condições, enquanto V4, V5, V9 e V10 apresentaram negativos nas duas. V6 passou de positivo no branco para negativo no rosa. Entre os registros fora dos dois grupos no branco, V3 foi negativo no rosa e V8 foi positivo. Portanto, grupos com o mesmo tamanho não têm necessariamente a mesma composição, o que limita comparações diretas entre suas médias.

O primeiro indicador descrito na metodologia corresponde à potência de cada banda dividida pela potência total do próprio canal, expressa em porcentagem. Trata-se de potência relativa intracanal, distinta da participação de um eletrodo na soma das potências dos canais. Como a descrição original diverge quanto ao indicador aplicado às imagens, sua identificação deverá ser confirmada nos arquivos de processamento antes de uma interpretação quantitativa.

O manuscrito registra uma incompatibilidade potencial entre a orientação das matrizes produzidas e a esperada para selecionar os voluntários. A orientação efetivamente utilizada nas figuras não está confirmada. Por esse motivo, as descrições seguintes referem-se às imagens e aos rótulos apresentados, sem estabelecer diferenças validadas de EEG entre os grupos de relatos.

4.1 SÍNTESE COMPARATIVA DAS IMAGENS

As Figuras 7 a 18 apresentam 12 pares de mapas topográficos, correspondentes às seis bandas de frequência analisadas nas condições de ruído branco e ruído rosa. Em cada par, o mapa à esquerda representa o grupo com relatos positivos e o mapa à direita, o grupo com relatos negativos. Essas categorias correspondem à classificação das respostas dos participantes para cada estímulo, não constituindo, por si mesmas, medidas de intensidade emocional ou de ativação cerebral.

A análise descritiva considerou a localização, a extensão e os valores indicados pelas cores das regiões representadas. A região anterior encontra-se na parte superior dos mapas, identificada pelo contorno do nariz, enquanto a região posterior corresponde à parte inferior. As referências à esquerda e à direita descrevem as posições nas figuras.

A Tabela 3 sintetiza os principais contrastes observados e apresenta separadamente os limites das escalas de cada grupo, uma vez que nem todos os pares utilizam a mesma faixa de valores.

Tabela 3: Contrastes visuais e limites das escalas nas figuras existentes

Banda	Escalas no ruído branco positivo / negativo	Principais contrastes no ruído branco	Escalas no ruído rosa positivo / negativo	Principais contrastes no ruído rosa
Delta	0–60 / 0–70	Destaque anterior nos dois grupos; distribuição central mais homogênea e elevação posterior localizada no positivo.	0–60 / 0–70	Destaque anterior nos dois grupos; valores intermediários mais amplamente distribuídos na metade anterior do negativo.

Teta	0–20 / 0–20	Destaque central mais amplo e com valores visualmente superiores no negativo.	0–20 / 0–20	Destaque centro anterior nos dois grupos, com maior extensão em direção à região posterior no negativo.
Alfa	0–60 / 0–60	Destaque posterior bilateral nos dois grupos; valores intermediários mais extensos nas regiões central e posterior do negativo.	0–70 / 0–60	Destaque posterior mais amplo no positivo, com extensão às regiões poster laterais.
Beta	0–15 / 0–15	Valores visualmente superiores nas regiões laterais do positivo.	0–15 / 0–15	Destaques laterais bilaterais mais acentuados no positivo; faixa posterior evidente no negativo.
Gama	0–8 / 0–6	Destaques anterolaterais bilaterais mais definidos no positivo; distribuição menos acentuada no negativo.	0–10 / 0–8	Destaques laterais no positivo e deslocamento anterior dessas áreas no negativo.
Gama alta	0–8 / 0–6	Destaques anterolaterais bilaterais no positivo, especialmente à direita; destaque lateral esquerdo no negativo.	0–8 / 0–7	Destaques laterais bilaterais, com diferenças na localização e na intensidade dos máximos regionais.

Fonte: elaborado pelos autores a partir das Figuras 7 a 18.

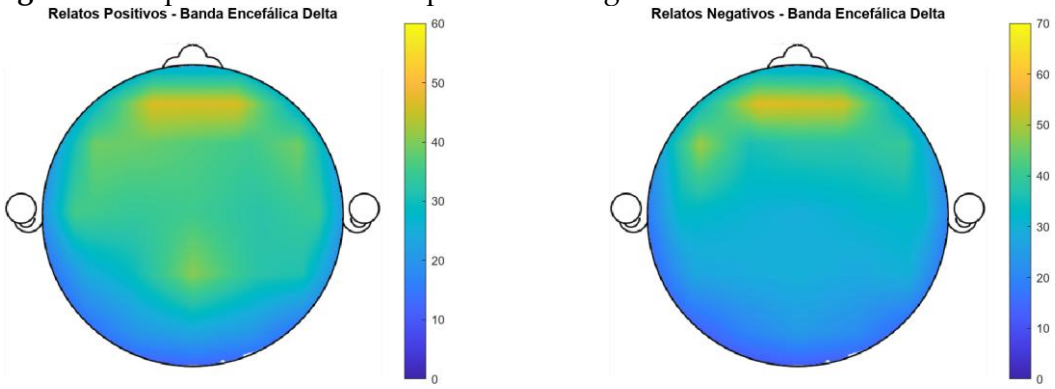
As escalas coincidem entre os grupos em teta e beta, para ambos os estímulos, e em alfa, para o ruído branco. Nos demais pares, os limites superiores são diferentes, de modo que cores semelhantes podem corresponder a valores distintos. Consequentemente, a comparação deve considerar as barras numéricas de cada mapa, tanto entre grupos quanto entre condições de estimulação.

Os quantitativos apresentados na Tabela 2 descrevem a classificação dos relatos, enquanto os intervalos da Tabela 3 indicam os limites das escalas gráficas. Esses intervalos não correspondem à magnitude das diferenças entre os grupos, e o limite superior de uma barra não deve ser interpretado automaticamente como o maior valor observado nos registros.

A interpolação utilizada na construção dos mapas permite representar a distribuição entre as posições dos eletrodos, mas uma área colorida mais extensa não indica diretamente maior número de participantes ou de canais com determinado valor. A análise apresentada é visual e descritiva, sem estimativas de dispersão, intervalos de confiança ou testes de significância estatística.

4.1.1 Ruído branco nas bandas delta e teta

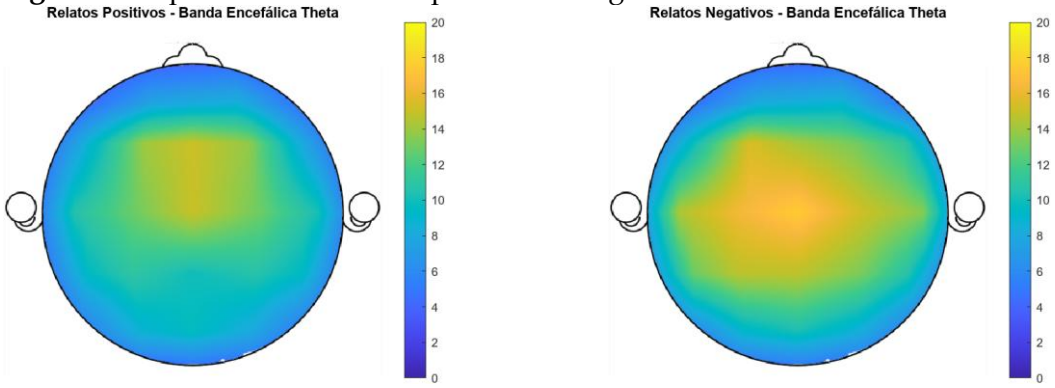
Figura 7: Mapas rotulados como positivos e negativos – delta – ruído branco



Fonte: resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 7, os dois grupos apresentam maior destaque na região anterior, próximo à linha média, com redução dos valores em direção à periferia posterior. No grupo positivo, os valores intermediários distribuem-se de maneira mais homogênea pela região central, acompanhados de uma elevação posterior localizada próxima à linha média. No grupo negativo, o destaque anterior é mais delimitado, com uma área adicional na porção anterolateral esquerda. A principal diferença envolve, portanto, a distribuição espacial dos valores, considerando as escalas de 0 a 60 e de 0 a 70 dos mapas positivo e negativo, respectivamente.

Figura 8: Mapas rotulados como positivos e negativos – teta – ruído branco



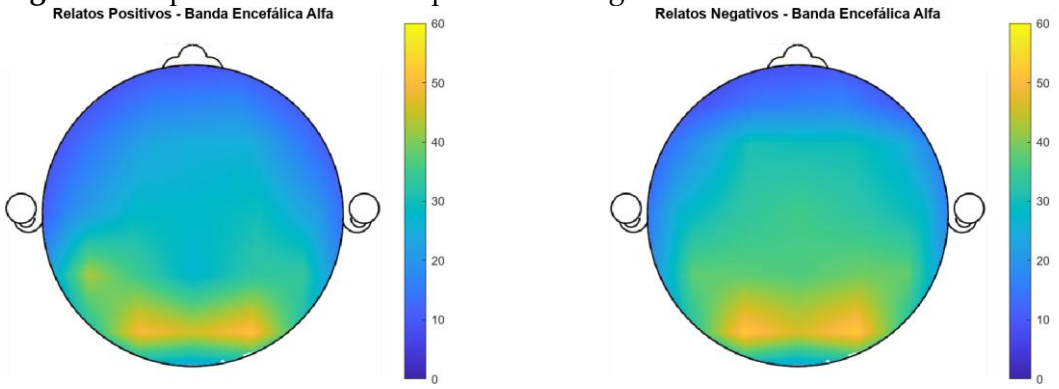
Fonte: resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 8, ambos os mapas apresentam destaque central, porém essa área é mais extensa no grupo negativo, prolongando-se lateralmente e em direção à região posterior central. No grupo positivo, os maiores valores permanecem mais concentrados

nas regiões central e centro anterior. A escala comum de 0 a 20 permite observar valores visualmente superiores em parte da região central do grupo negativo, caracterizando um contraste regional, sem indicar aumento uniforme em todos os canais.

4.1.2 Ruído branco nas bandas alfa e beta

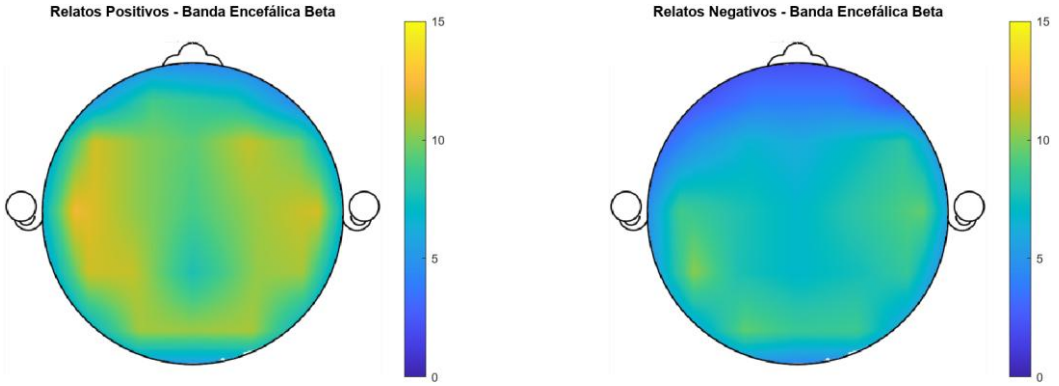
Figura 9: Mapas rotulados como positivos e negativos – alfa – ruído branco



Fonte: resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 9, os maiores valores concentram-se na região posterior dos dois grupos, com destaques bilaterais próximos à borda inferior dos mapas. No grupo positivo, observa-se uma extensão poster lateral esquerda, enquanto o grupo negativo apresenta valores intermediários mais amplamente distribuídos pelas regiões central e posterior. Com escalas comuns de 0 a 60, os mapas evidenciam a manutenção do padrão posterior em ambos os grupos, diferenciando-se principalmente pela extensão das áreas adjacentes.

Figura 10: Mapas rotulados como positivos e negativos – beta – ruído branco

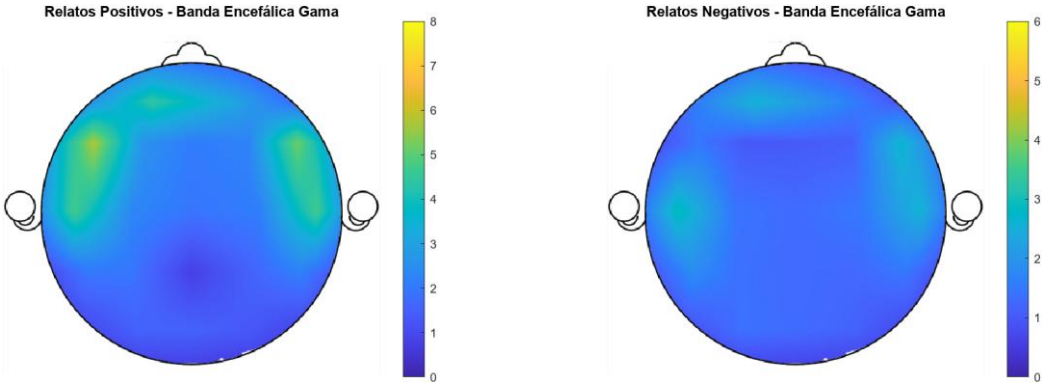


Fonte: resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 10, o grupo positivo apresenta destaques laterais bilaterais e uma faixa posterior de valores intermediários, enquanto o grupo negativo exibe uma distribuição menos acentuada, com elevação localizada na região poster lateral esquerda. Considerando a escala comum de 0 a 15, os valores representados nas regiões laterais são visualmente superiores no grupo positivo. A região central, por sua vez, apresenta menor destaque em relação às áreas laterais desse mesmo mapa.

4.1.3 Ruído branco nas bandas gama e gama alta

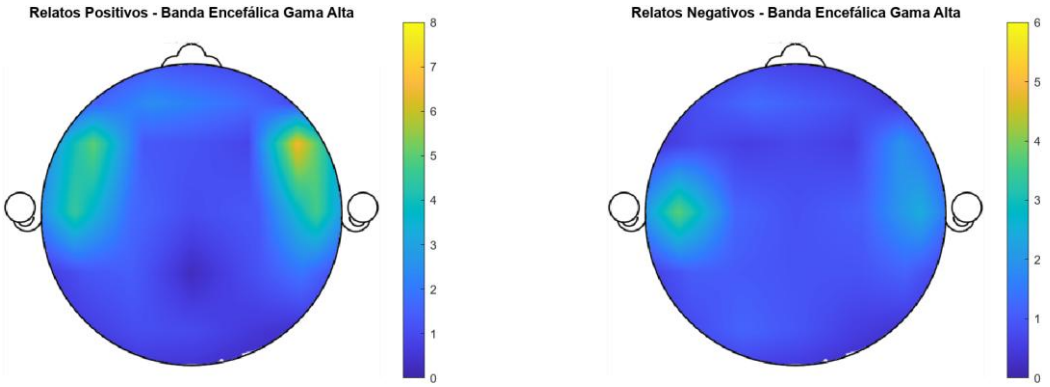
Figura 11: Mapas rotulados como positivos e negativos – gama – ruído branco



Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 11, o grupo positivo apresenta destaques anterolaterais bilaterais, além de uma pequena elevação anterior próxima à linha média. No grupo negativo, predominam valores situados na porção inferior da escala, com elevações laterais discretas. O contraste concentra-se nas regiões anterolaterais, mais definidas no mapa positivo. As escalas variam de 0 a 8 no grupo positivo e de 0 a 6 no negativo, devendo ser consideradas na comparação das intensidades representadas.

Figura 12: Mapas rotulados como positivos e negativos – gama alta – ruído branco

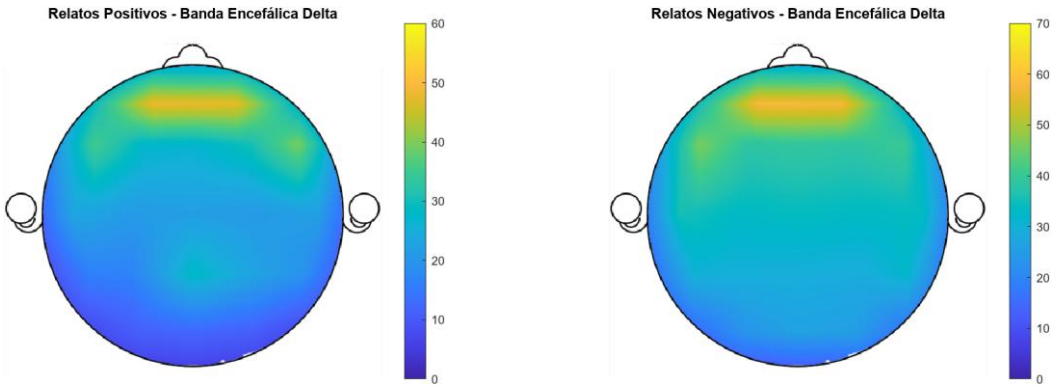


Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 12, o grupo positivo apresenta destaques anterolaterais bilaterais, com maior intensidade visual à direita da figura. No grupo negativo, a principal elevação localiza-se na região lateral esquerda, aproximadamente à altura da porção central do mapa. As regiões central e posterior apresentam valores menores em ambos os grupos. Além das diferenças de intensidade, observa-se uma mudança na localização das áreas de maior destaque, considerando as escalas de 0 a 8 no positivo e de 0 a 6 no negativo.

4.1.4 Ruído rosa nas bandas delta e teta

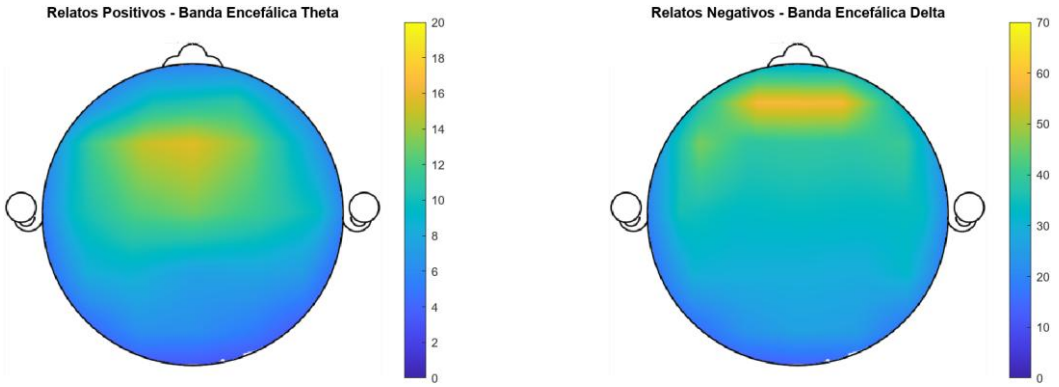
Figura 13: Mapas rotulados como positivos e negativos – delta – ruído rosa



Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 13, os dois grupos apresentam destaque anterior próximo à linha média e valores menores em direção à região posterior. No grupo positivo, identifica-se uma pequena elevação anterolateral direita, enquanto o grupo negativo apresenta maior extensão de valores intermediários na metade anterior. A localização do principal destaque se aproxima daquela observada em delta para o ruído branco. As escalas de 0 a 60 no grupo positivo e de 0 a 70 no negativo exigem que a comparação considere os valores das barras, além das cores.

Figura 14: Mapas rotulados como positivos e negativos – teta – ruído rosa

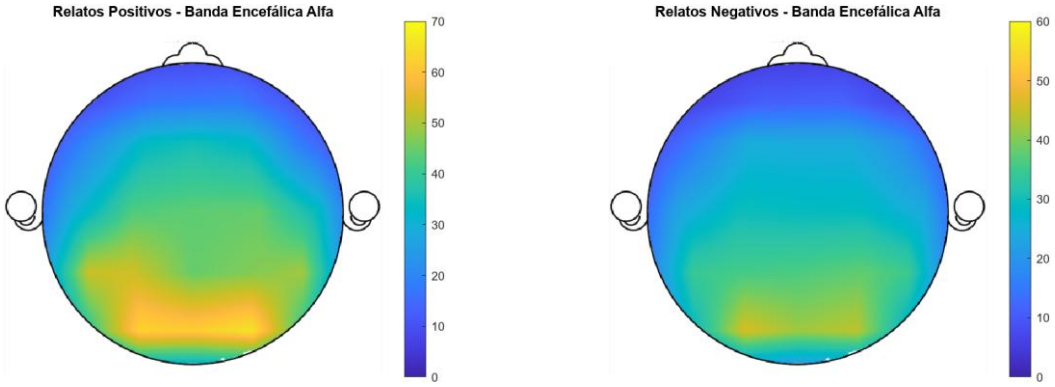


Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 14, os maiores valores concentram-se nas regiões central e centro anterior dos dois grupos. No mapa positivo, a área de destaque é mais delimitada, com discreta extensão à esquerda, enquanto no negativo se prolonga pela região central em direção à porção posterior. A escala comum de 0 a 20 permite observar maior extensão e valores visualmente superiores no destaque central do grupo negativo, reproduzindo a direção do contraste identificado em teta para o ruído branco.

4.1.5 Ruído rosa nas bandas alfa e beta

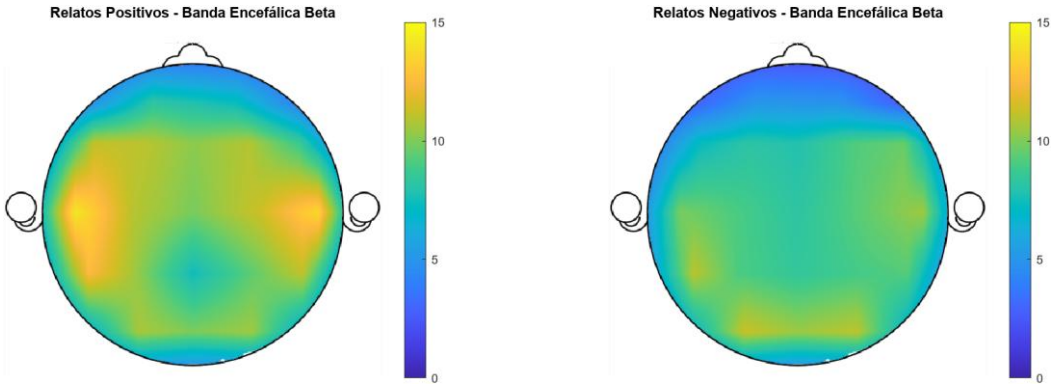
Figura 15: Mapas rotulados como positivos e negativos – alfa – ruído rosa



Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 15, os dois grupos apresentam predomínio posterior, porém o grupo positivo exibe uma área de destaque mais ampla, abrangendo a região posterior bilateral e parte das regiões poster laterais. No negativo, essa área permanece mais restrita à proximidade da borda posterior. Considerando as escalas de 0 a 70 no positivo e de 0 a 60 no negativo, a representação também sugere valores posteriores superiores no grupo positivo. O principal contraste está na extensão e na intensidade regional desse padrão, mantendo-se a localização posterior em ambos os grupos.

Figura 16: Mapas rotulados como positivos e negativos – beta – ruído rosa

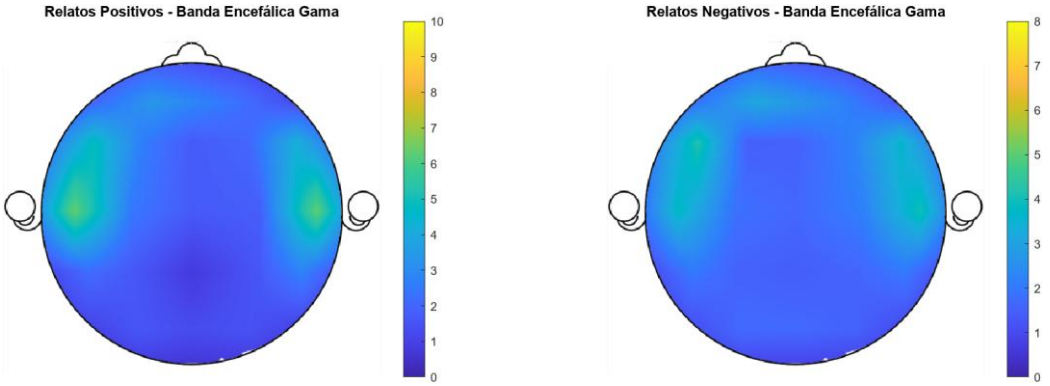


Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 16, o grupo positivo apresenta destaques laterais bilaterais mais acentuados, enquanto o negativo exibe elevações na região poster lateral esquerda, na lateral direita e em uma faixa posterior próxima à linha média. Com escala comum de 0 a 15, a comparação indica valores visualmente superiores nas regiões laterais do grupo positivo. Essa distribuição se aproxima daquela observada em beta para o ruído branco, evidenciando a recorrência do contraste lateral entre os grupos nas duas condições.

4.1.6 Ruído rosa nas bandas gama e gama alta

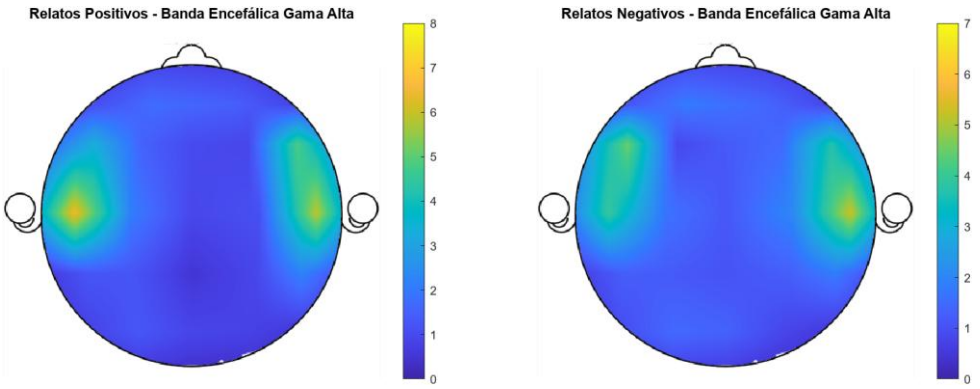
Figura 17: Mapas rotulados como positivos e negativos – gama – ruído rosa



Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 17, as regiões central e posterior apresentam valores menores em ambos os grupos, enquanto os principais destaques se localizam nas laterais. No grupo positivo, essas elevações aparecem bilateralmente, aproximadamente à altura da região central do mapa. No negativo, os destaques situam-se mais anteriormente, sobretudo à esquerda. A comparação evidencia diferenças na posição e na configuração das áreas laterais, considerando as escalas de 0 a 10 no grupo positivo e de 0 a 8 no negativo.

Figura 18: Mapas rotulados como positivos e negativos – gama alta – ruído rosa



Fonte: Resultados a partir do processamento do banco de dados de Ramos (2018).

Na Figura 18, os grupos apresentam destaques laterais bilaterais, com valores menores nas regiões central e posterior. No positivo, o destaque mais acentuado encontra-se à esquerda, aproximadamente à altura da região central. No negativo, observa-se uma elevação mais evidente à direita nessa mesma altura, acompanhada de uma área anterolateral esquerda. O contraste envolve principalmente a localização dos máximos regionais, com escalas de 0 a 8 e de 0 a 7 nos mapas positivo e negativo, respectivamente.

4.2 DISCUSSÃO FUNDAMENTADA NA LITERATURA

4.2.1 Potência espectral e interpretação emocional

Os mapas apresentam padrões espaciais recorrentes, com destaque anterior em delta, central em teta, posterior em alfa e predominantemente lateral nas bandas mais rápidas. Entretanto, esses padrões não identificam estados emocionais específicos. Conforme discutem Zhang, Fort e Giménez Mateu (2024), a interpretação emocional do EEG depende das condições experimentais e apresenta limitações de generalização. Neste estudo, as categorias positiva e negativa sintetizam os relatos, sem distinguir intensidade emocional ou nível de ativação.

Su *et al*. (2024) discutem métodos de reconhecimento de emoções evocadas por música, oferecendo referências para o processamento do EEG. Sua aplicação aos ruídos branco e rosa, contudo, é indireta, dadas as diferenças entre os estímulos. A presente análise é descritiva e não envolve treinamento ou validação de modelos de predição emocional.

4.2.2 Delta e teta

Em delta, o destaque anterior ocorre nos dois grupos e estímulos, com diferenças regionais na distribuição dos valores. Harmony (2013) discute a participação dessa banda em processos cognitivos, indicando que sua presença não caracteriza exclusivamente relaxamento ou sono.

Em teta, o grupo negativo apresenta destaque central mais amplo nas duas condições, constituindo um contraste visual recorrente. Sua associação com atenção, memória ou processamento emocional, porém, exigiria medidas independentes dessas funções e análise quantitativa dos registros.

4.2.3 Alfa

O predomínio posterior de alfa aparece nas duas condições, com maior extensão de valores intermediários no grupo negativo para o ruído branco e destaque posterior mais amplo no positivo para o ruído rosa. Jensen e Mazaheri (2010) relacionam as oscilações alfa à inibição funcional e à seleção de informações, mas esse referencial não permite atribuir os padrões observados à rejeição ou à supressão dos estímulos. Da mesma forma, a distribuição visual não demonstra assimetria hemisférica, cuja avaliação exigiria comparação entre eletrodos homólogos.

4.2.4 Beta gama e gama alta

Em beta, os destaques laterais são mais acentuados no grupo positivo em ambas as condições, sem demonstrar maior vigilância ou atenção. Em gama e gama alta, os contrastes envolvem principalmente regiões laterais e anterolaterais, devendo ser interpretados conforme as diferentes escalas dos mapas. Muthukumaraswamy (2013) destaca a sobreposição entre atividade muscular e essas faixas de frequência, tornando

necessária a consideração de artefatos como explicação alternativa para os destaques periféricos, sem atribuí-los exclusivamente à atividade cortical.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou registros secundários de EEG e relatos de dez voluntários do banco de Ramos (2018), referentes à exposição aos ruídos branco e rosa. Foram identificados quatro relatos positivos em cada condição, quatro negativos para o ruído branco e seis para o ruído rosa, além de dois relatos não identificados no ruído branco. Embora a quantidade de relatos positivos tenha sido igual, a composição dos grupos variou entre os estímulos, ressaltando a importância das respostas individuais.

Os mapas apresentaram padrões espaciais recorrentes e contrastes regionais entre os grupos, com destaque central mais amplo em teta no grupo negativo e destaques laterais mais acentuados em beta no positivo, nas duas condições. Essas observações não identificam, isoladamente, emoções ou estados cognitivos, nem demonstram maior relaxamento, vigilância ou desconforto.

O alcance dos resultados é limitado pela amostra de dez participantes, pela classificação realizada por um único avaliador e pela ausência de medidas de dispersão e testes estatísticos. Os canais de uma mesma pessoa e seus registros nas duas condições não constituem observações independentes, enquanto as diferenças de tamanho e composição dos grupos podem influenciar os mapas. Também devem ser consideradas as variações das escalas gráficas e a possível influência de artefatos nas bandas mais rápidas.

A contribuição do trabalho consiste na caracterização dos relatos e na descrição exploratória dos padrões topográficos, sem estabelecer relações causais, capacidade preditiva do EEG ou superioridade de um estímulo quanto ao conforto. Estudos posteriores poderão avaliar a consistência desses contrastes por meio de amostras maiores, análise dos valores individuais, controle de artefatos e procedimentos estatísticos que considerem a dependência entre as condições.

REFERÊNCIAS

BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

BLOOD, Anne J.; ZATORRE, Robert J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v. 98, n. 20, p. 11818-11823, set. 2001. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.191355898.

BRUSCIA, Kenneth E. **Defining music therapy**. 3. ed. University Park: Barcelona Publishers, 2014.

BUDZYNSKI, T. H. *et al*. (ed.). **Introduction to quantitative EEG and neurofeedback**: advanced theory and applications. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 2009.

CASTRO, Maïté *et al*. Boosting cognition with music in patients with disorders of consciousness. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, Thousand Oaks, v. 29, n. 8, p. 734-742, set. 2015. DOI: https://doi.org/10.1177/1545968314565464.

COAN, James A.; ALLEN, John J. B.; MCKNIGHT, Patrick E. A capability model of individual differences in frontal EEG asymmetry. **Biological Psychology**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 198-207, maio 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.10.003.

DAVIDSON, Richard J. What does the prefrontal cortex "do" in affect: perspectives on frontal EEG asymmetry research? **Biological Psychology**, Amsterdam, v. 67, n. 1-2, p. 219-234, out. 2004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.03.008.

FREEMAN, Walter J.; QUIROGA, Rodrigo Quian. **Imaging brain function with EEG**: advanced temporal and spatial analysis of electroencephalographic signals. New York: Springer, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4984-3.

HARMON-JONES, Eddie; GABLE, Philip A.; PETERSON, Carly K. The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: a review and update. **Biological Psychology**, Amsterdam, v. 84, n. 3, p. 451-462, jul. 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.08.010.

HARMONY, Thalía. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. **Frontiers in Integrative Neuroscience**, Lausanne, v. 7, art. 83, dez. 2013. DOI: https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00083.

HU, Yajuan *et al*. Can music influence patients with disorders of consciousness? An event-related potential study. **Frontiers in Neuroscience**, Lausanne, v. 15, art. 596636, abr. 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fnins.2021.596636.

JENSEN, Ole; MAZAHERI, Ali. Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. **Frontiers in Human Neuroscience**, Lausanne, v. 4, art. 186, nov. 2010. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00186.

KOELSCH, Stefan. Towards a neural basis of music-evoked emotions. **Trends in Cognitive Sciences**, Kidlington, v. 14, n. 3, p. 131-137, mar. 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.002.

MARINHO, Taíssa Ferrari. **Recomendação da SBNC para localização de eletrodos e montagens de EEG**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Neurofisiologia Clínica, 2017.

MUTHUKUMARASWAMY, Suresh D. High-frequency brain activity and muscle artifacts in MEG/EEG: a review and recommendations. **Frontiers in Human Neuroscience**, Lausanne, v. 7, art. 138, abr. 2013. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00138.

O'KELLY, Julian *et al*. Neurophysiological and behavioral responses to music therapy in vegetative and minimally conscious states. **Frontiers in Human Neuroscience**, Lausanne, v. 7, art. 884, dez. 2013. DOI: https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00884.

RAMOS, Gaspar Eugênio Oliveira. **Estudo sobre estimulação musical com o EEG e atenuação do ruído na UTI**. 2018. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: https://doi.org/10.14393/ufu.di.2018.858.

ROLLNIK, Jens D.; ALTENMÜLLER, Eckart. Music in disorders of consciousness. **Frontiers in Neuroscience**, Lausanne, v. 8, art. 190, jul. 2014. DOI: https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00190.

RUSSELL, James A. A circumplex model of affect. **Journal of Personality and Social Psychology**, Washington, DC, v. 39, n. 6, p. 1161-1178, dez. 1980.

SALIMPOOR, Valorie N.; BENOVOY, Mitchel; LARCHER, Kevin; DAGHER, Alain; ZATORRE, Robert J. Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. **Nature Neuroscience**, New York, v. 14, n. 2, p. 257-262, fev. 2011. DOI: https://doi.org/10.1038/nn.2726.

SCHOMER, Donald L.; LOPES DA SILVA, Fernando H. (ed.). **Niedermeyer's electroencephalography**: basic principles, clinical applications, and related fields. 6. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.

SÖRNMO, Leif; LAGUNA, Pablo. **Bioelectrical signal processing in cardiac and neurological applications**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005.

SU, Yan *et al*. A review of artificial intelligence methods enabled music-evoked EEG emotion recognition and their applications. **Frontiers in Neuroscience**, Lausanne, v. 18, art. 1400444, set. 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1400444.

ZATORRE, Robert J.; SALIMPOOR, Valorie N. From perception to pleasure: music and its neural substrates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v. 110, supl. 2, p. 10430-10437, jun. 2013. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.1301228110.

ZHANG, Zhihui; FORT, Josep Maria; GIMÉNEZ MATEU, Lluís. Mini review: challenges in EEG emotion recognition. **Frontiers in Psychology**, Lausanne, v. 14, art. 1289816, jan. 2024. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1289816.