

Generación y visualización de imágenes a partir de ondas cerebrales: una revisión de las tecnologías actuales y direcciones futuras

Khadija Al Chami ⁽¹⁾

Resumen: Este documento explora la conexión entre la neurociencia y la inteligencia artificial (IA) mediante la generación y visualización de imágenes a partir de datos de ondas cerebrales. Utilizando la tecnología de electroencefalografía (EEG), investigamos cómo diferentes tipos de ondas cerebrales pueden ser registradas y traducidas en representaciones visuales. El enfoque principal está en técnicas avanzadas de IA, como Redes Generativas Antagónicas (GANs) y Codificadores Automáticos Variacionales (VAEs), que ayudan a convertir señales cerebrales complejas en imágenes claras y coherentes. Discutimos las metodologías actuales y examinamos ejemplos prácticos en los que esta tecnología ha sido aplicada con éxito. Estas aplicaciones incluyen contextos terapéuticos, donde se contribuye al tratamiento de la salud mental. O expresión artística, donde las ondas cerebrales inspiran un arte visual único. E investigación cognitiva, donde los científicos estudian cómo funciona la mente a través de estas imágenes. Además, abordamos algunos de los desafíos en este campo, como las dificultades técnicas para traducir ondas cerebrales con precisión y las preocupaciones éticas que surgen de la manipulación de datos neuronales. A pesar de estos obstáculos, el potencial de crecimiento en esta área es inmenso. Finalmente, el documento enfatiza la necesidad de colaboración interdisciplinaria entre neurocientíficos, expertos en IA y en ética, para desbloquear completamente las capacidades de las interfaces cerebro-computadora y mejorar la visualización de los pensamientos y experiencias humanas.

Palabras clave: Neurociencia - Inteligencia Artificial (IA) - Ondas cerebrales - Electroencefalografía (EEG) - Redes generativas antagónicas (GANs) - Codificadores automáticos variacionales (VAEs) - Interfaces cerebro-computadora - Visualización de imágenes

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 103-104]

⁽¹⁾ Khadija Al Chami es Licenciada en Arquitectura por la Universidad Libanesa de Beirut, complementada con un Máster en Urbanismo por la Universidad Americana de Beirut, y otro Máster en Arquitectura Biodigital por la UIC Barcelona. Su búsqueda de conocimientos la llevó a realizar una Maestría en Neuroarquitectura de NAAD, Italia, mejorando su experiencia en el diseño de espacios para el bienestar. Actualmente, está cursando el Programa de Doctorado en la UIC Barcelona, desde el iBAG-UIC Barcelona (Institute for Biodigital Architecture & Genetics- Universitat Internacional de Catalunya), centrándose en mejorar la experiencia del usuario en realidad virtual a través del diseño arquitectónico.

Su viaje incluye tres años de valiosa experiencia en Khatib y Alami (Beirut). Antes de fundar su propio estudio de arquitectura, Hexa. Con una perspectiva internacional, ha completado con éxito proyectos en el Líbano, Turquía y Dubái, especializándose en soluciones de diseño innovadoras y sostenibles.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

La integración de la neurociencia y la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en un campo de rápido crecimiento, avanzando en la comprensión y modelado de las funciones cerebrales. La neurociencia, que busca entender los mecanismos subyacentes a la cognición y el comportamiento, ha utilizado cada vez más herramientas de IA para procesar e interpretar datos neuronales complejos. Simultáneamente, la IA se inspira en la neurociencia para desarrollar modelos que imitan los procesos cognitivos humanos, como el aprendizaje y el reconocimiento de patrones.

Las innovaciones en interfaces cerebro-computadora (BCI, por sus siglas en inglés) y tecnología de electroencefalografía (EEG) han permitido el registro y análisis en tiempo real de la actividad cerebral, abriendo nuevas posibilidades para traducir patrones de ondas cerebrales en representaciones visuales. Estas señales oscilatorias, que corresponden a diversos estados cognitivos, brindan novedosos conocimientos sobre los procesos mentales y encuentran aplicaciones en la atención médica, la expresión creativa y las herramientas educativas (Díaz, 2023; Balković y Brkljačić, 2024).

Este campo emergente opera en la intersección de múltiples disciplinas. La neurociencia aporta conocimientos fundamentales sobre la actividad cerebral, la IA contribuye con modelos computacionales avanzados como las redes LSTM y las redes generativas antagonicas (GANs), mientras que la ética asegura el uso responsable de estas tecnologías, particularmente en áreas como la salud mental y la privacidad (Wu Tsai Neurosciences Institute, 2023; Balković y Brkljačić, 2024).

1.2. Objetivos

Este documento tiene como objetivo explorar métodos para generar y visualizar imágenes a partir de datos de ondas cerebrales utilizando tecnología EEG y modelos avanzados de IA. Los objetivos clave son:

1. Investigar cómo las técnicas de IA, como GANs y codificadores automáticos variacionales (VAEs), pueden aplicarse para traducir datos EEG en representaciones visuales significativas.

2. Resaltar la importancia de la colaboración interdisciplinaria entre neurocientíficos, investigadores de IA y de ética para avanzar en este campo.

Mediante la síntesis de hallazgos de estudios existentes, este escrito busca destacar las aplicaciones potenciales de esta tecnología mientras aborda sus desafíos.

1.3. Estructura del documento

1. Introducción: una visión general de la relevancia y los objetivos del estudio.
2. Tecnologías para generar y visualizar imágenes a partir de ondas cerebrales: revisión detallada de métodos de registro basados en EEG y marcos de IA para la generación de imágenes.
3. Aplicaciones: examen de casos prácticos en terapia, arte e investigación cognitiva.
4. Desafíos: discusión de preocupaciones técnicas y éticas relacionadas con la tecnología.
5. Direcciones Futuras: avances potenciales y oportunidades de colaboración en el campo.
6. Conclusión: resumen de hallazgos e implicaciones para investigaciones futuras.

2. Tecnologías para generar y visualizar imágenes a partir de ondas cerebrales

2.1. Técnicas de registro de ondas cerebrales

La electroencefalografía (EEG) es una tecnología no invasiva utilizada para registrar la actividad eléctrica del cerebro. Consiste en colocar electrodos en el cuero cabelludo para medir las fluctuaciones de voltaje resultantes de los flujos iónicos en las neuronas (Niedermeyer y da Silva, 2004). La EEG se utiliza comúnmente en entornos clínicos e investigativos por su capacidad para capturar la actividad cerebral en tiempo real con alta resolución temporal.

Las ondas cerebrales registradas mediante EEG pueden categorizarse en bandas de frecuencia distintas, cada una asociada con estados mentales específicos:

Ondas delta (0.5–4 Hz): prominentes durante el sueño profundo y estados inconscientes.

Ondas theta (4–8 Hz): relacionadas con estados de somnolencia, creatividad y sueño ligero.

Ondas alfa (8–13 Hz): observadas cuando los individuos están relajados pero alerta, como durante la meditación.

Ondas beta (13–30 Hz): representan pensamiento activo, resolución de problemas y concentración.

Ondas gamma (30–100 Hz): asociadas con funciones cognitivas superiores como la memoria, el aprendizaje y la atención (Knyazeva, 2018).

Avances recientes en la tecnología EEG han introducido sistemas de alta densidad, que ofrecen mayor resolución espacial colocando más electrodos en el cuero cabelludo (He *et al.*, 2019). Esto ha permitido un mapeo más preciso de la actividad cerebral en diferentes regiones, allanando el camino para una generación de imágenes basada en ondas cerebrales más precisa.

2.2. Técnicas de IA para la traducción de imágenes

Redes Generativas Antagónicas (GANs)

Las GANs son un tipo de modelo de aprendizaje profundo que consta de dos redes neuronales: el generador y el discriminador, que se entrenan en oposición mutua. El generador crea imágenes sintéticas, mientras que el discriminador evalúa su autenticidad. Este proceso adversarial continúa hasta que el generador produce imágenes de alta calidad y realismo. Las GANs se han adoptado ampliamente para generar imágenes a partir de conjuntos de datos complejos, incluidos las señales EEG, demostrando su potencial para generar imágenes de alta fidelidad a partir de datos neuronales (Goodfellow *et al.*, 2014; Balković y Brkljačić, 2024).

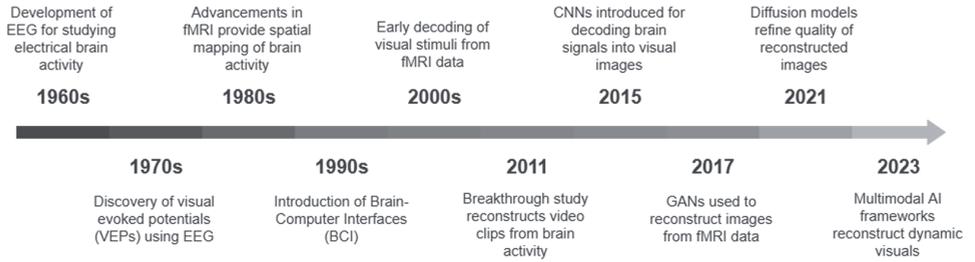
Codificadores Automáticos Variacionales (VAEs)

Los VAEs son otro tipo de modelo generativo que utiliza razonamiento probabilístico para codificar datos de entrada en un espacio latente, que luego puede decodificarse para producir datos nuevos y similares. A diferencia de las GANs, los VAEs modelan explícitamente la incertidumbre en los datos, lo que los hace más robustos para manejar señales EEG ruidosas o incompletas. Los VAEs han sido aplicados en la tarea de traducir EEG a imágenes, ofreciendo ventajas en la producción de salidas diversas y la exploración de las características latentes de la actividad cerebral (Kingma y Welling, 2013).

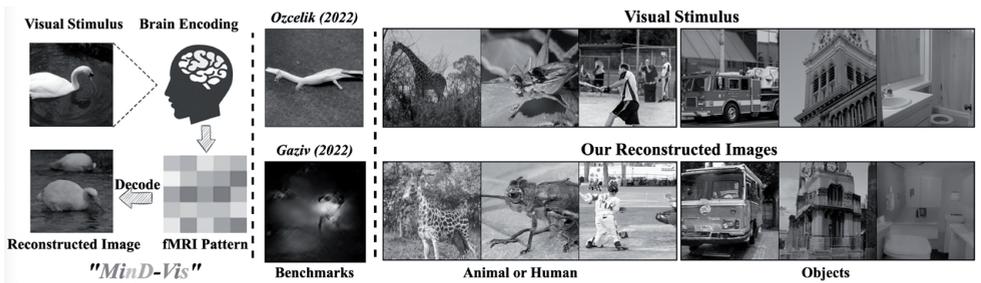
Comparación entre GANs y VAEs

Ambos han mostrado promesas en la traducción EEG-imagen, pero tienen fortalezas y debilidades distintas. Las GANs tienden a generar imágenes de mayor resolución y realismo, mientras que los VAEs son más estables y generan salidas más diversas, aunque con menor resolución. Modelos híbridos que combinan las fortalezas de ambos enfoques han sido propuestos para mejorar tanto la calidad como la diversidad de las imágenes generadas. Estas cuestiones se ven ilustradas en las siguientes *Figuras, 1, 2 y 3*.

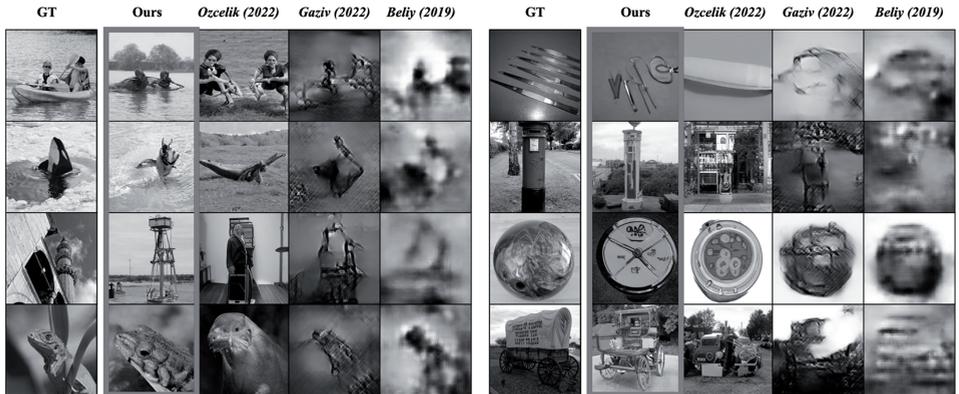
Evolution of Brain Signal Analysis and Decoding



1



2



3

Figura 1. Evolución del análisis y decodificación de señales cerebrales (Fuente: Por el autor). **Figura 2.** Decodificación cerebral y reconstrucción de imágenes. Por primera vez, MinD-Vis es capaz de decodificar actividades cerebrales basadas en fMRI y reconstruir imágenes no solo con detalles plausibles, sino también con semántica precisa y características de imagen (textura, forma, etc.), llevando este dominio un paso considerable hacia adelante. Izquierda: Descripción general de la tarea. Centro: Comparación con puntos de referencia. Derecha: Más ejemplos de reconstrucción. (Disponible en: <https://mind-vis.github.io/>). **Figura 3.** Cronología de la decodificación cerebral y la reconstrucción de imágenes (Disponible en: <https://mind-vis.github.io/>).

3. Aplicaciones

3.1. Contextos terapéuticos

La aplicación de la visualización de ondas cerebrales basadas en EEG en contextos terapéuticos ha mostrado resultados prometedores, particularmente en el tratamiento de la salud mental. Por ejemplo, el *neurofeedback*, una técnica que utiliza datos EEG en tiempo real para entrenar a los individuos a regular la actividad cerebral, se ha aplicado con éxito para tratar condiciones como la ansiedad, la depresión y el TDAH. Estudios han demostrado que, al visualizar los patrones de actividad cerebral, los pacientes pueden aprender a autorregular sus estados neuronales, mejorando su funcionamiento emocional y cognitivo (Hammond, 2011; Hengameh *et al.*, 2020).

Además, el uso de tecnologías de IA y EEG ha ampliado las posibilidades en la rehabilitación post-ictus. Investigaciones recientes sugieren que el EEG puede emplearse para monitorear la recuperación neuronal en pacientes tras un accidente cerebrovascular, proporcionando retroalimentación en tiempo real para mejorar la función motora y las habilidades cognitivas. El análisis impulsado por IA de los datos EEG puede detectar patrones asociados con la reparación neuronal, permitiendo estrategias de rehabilitación personalizadas (Lebedev *et al.*, 2019). La capacidad de generar visualizaciones a partir de ondas cerebrales mejora aún más la naturaleza interactiva e inmersiva de las intervenciones terapéuticas, fomentando una conexión más profunda entre los pacientes y su proceso de curación.

3.2. Expresión artística

El potencial creativo de imágenes inspiradas en ondas cerebrales ha ganado creciente atención en el mundo del arte. Los artistas han explorado datos EEG para crear obras de arte dinámicas e interactivas que están directamente influenciadas por los estados mentales de los espectadores o participantes. Estos proyectos a menudo utilizan interfaces cerebro-computadora (BCI) para mapear las ondas cerebrales y traducirlas en imágenes digitales, paisajes sonoros o incluso movimientos físicos en tiempo real. Por ejemplo, las instalaciones artísticas basadas en EEG permiten a los espectadores experimentar la influencia de su propia actividad neuronal en la obra de arte, creando una experiencia única y personalizada (Liu *et al.*, 2016).

Un ejemplo notable es el uso de EEG para generar arte abstracto. Al interpretar frecuencias específicas de ondas cerebrales, los artistas pueden producir imágenes que reflejan los estados cognitivos y emocionales del sujeto. Estos proyectos no solo involucran al público en una nueva forma de arte interactivo, sino que también brindan información sobre la relación entre el cerebro y la expresión creativa (Sharbafi *et al.*, 2021). Estas aplicaciones ofrecen una comprensión más profunda de cómo los procesos neuronales pueden informar la creación artística, ampliando los límites de las formas de arte tradicionales.

3.3. Investigación cognitiva

Las visualizaciones de ondas cerebrales también juegan un papel crítico en la investigación cognitiva, ofreciendo valiosos conocimientos sobre procesos mentales como la atención, la memoria y la percepción. El uso de EEG para rastrear y visualizar la actividad cerebral durante tareas cognitivas proporciona a los investigadores una poderosa herramienta para comprender cómo el cerebro procesa la información. Por ejemplo, los investigadores han utilizado EEG para estudiar cómo los diferentes patrones de ondas cerebrales están asociados con diversos estados cognitivos, como la resolución de problemas o la toma de decisiones (Klimesch, 2012; Barry *et al.*, 2013).

La integración de la IA en este ámbito mejora la precisión y la interpretabilidad de los datos EEG. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden entrenarse para identificar patrones sutiles en las ondas cerebrales que corresponden a actividades cognitivas específicas, ofreciendo una comprensión más clara de las funciones cerebrales. Esto puede ayudar a identificar biomarcadores para trastornos neurológicos como el Alzheimer o la esquizofrenia, facilitando la detección temprana y la intervención (Sriram *et al.*, 2021). Además, la visualización de los datos EEG permite a los investigadores crear representaciones en tiempo real de los procesos cognitivos, ofreciendo una forma más intuitiva y accesible de estudiar actividades mentales complejas.

4. Desafíos

4.1. Desafíos técnicos

Uno de los principales desafíos técnicos para traducir ondas cerebrales en imágenes coherentes es el ruido inherente y la complejidad de las señales EEG. Las ondas cerebrales suelen ser ruidosas, con diversas fuentes de interferencia, como la actividad muscular, los movimientos oculares y factores ambientales, lo que complica la extracción precisa de información significativa de los datos (Lalor y Coyle, 2010). Las técnicas de preprocesamiento de señales, como el filtrado y la eliminación de artefactos, son fundamentales para mejorar la calidad de las señales, pero incluso los métodos avanzados se enfrentan a dificultades por la naturaleza no estacionaria de las señales EEG, que varían con el tiempo y entre individuos (He *et al.*, 2019).

Además, la resolución de las señales EEG está limitada por las restricciones espaciales de la configuración de los electrodos, lo que dificulta la captura de información detallada sobre la actividad cerebral en regiones específicas (Niedermeyer & da Silva, 2004). Los sistemas EEG de alta densidad se han desarrollado para abordar esta limitación, pero incluso estos sistemas requieren algoritmos complejos para interpretar los datos con precisión y generar salidas visuales confiables (He *et al.*, 2019). La combinación de la baja resolución espacial del EEG y la naturaleza dinámica y compleja de la actividad cerebral representa

un desafío significativo para los modelos de IA que intentan generar imágenes precisas y coherentes a partir de estas señales.

4.2. Preocupaciones éticas

El uso de datos EEG para generar imágenes a partir de ondas cerebrales plantea importantes preocupaciones éticas, particularmente en lo que respecta a la privacidad y la manipulación de datos neuronales. Las señales EEG, aunque no invasivas, pueden proporcionar información detallada sobre los estados cognitivos y emocionales de un individuo. Esto plantea preguntas sobre el posible uso indebido de dichos datos, especialmente en contextos donde las personas pueden no ser plenamente conscientes de la profundidad de la información que puede extraerse (Rao y Honavar, 2016). Por ejemplo, la interpretación de la actividad cerebral podría usarse para inferir pensamientos o intenciones personales, generando preocupaciones sobre el acceso no autorizado y el uso de datos neuronales para vigilancia o propósitos de marketing (O’Keefe, 2019).

Además, los problemas relacionados con el consentimiento y la propiedad de los datos son centrales en el debate ético. Dado que los datos EEG pueden revelar información sensible sobre el estado mental de una persona, garantizar que las personas den su consentimiento informado es fundamental. Esto resulta especialmente desafiante en escenarios que involucran análisis impulsados por IA, donde los procesos detrás de la generación de imágenes pueden no ser transparentes o fácilmente comprensibles para los no expertos (Elger y Widdows, 2018). La complejidad de los modelos de IA y el potencial de malinterpretación de las señales neuronales complican la cuestión de la propiedad, ya que las personas pueden no tener control total sobre cómo se utilizan o comparten sus datos cerebrales. Abordar estas preocupaciones requiere pautas claras sobre privacidad de datos, consentimiento y el uso ético de las tecnologías de interfaz cerebro-computadora.

5. Direcciones futuras

El campo de las interfaces cerebro-computadora (BCI) tiene un potencial de crecimiento significativo, con avances continuos tanto en neurociencia como en inteligencia artificial (IA) que están ampliando los límites de lo posible. A medida que las tecnologías BCI evolucionan, existe un fuerte potencial para que pasen de las fases de investigación y desarrollo a aplicaciones prácticas y cotidianas. Una de las direcciones más prometedoras es la mejora de las técnicas de decodificación de ondas cerebrales en tiempo real y no invasivas. Los sistemas EEG de alta densidad y los nuevos algoritmos de procesamiento de señales tienen el potencial de permitir un mapeo más preciso y detallado de la actividad cerebral, lo que es crucial para mejorar la eficacia de las BCI tanto en contextos clínicos como de consumo (Lebedev y Nicolelis, 2006; He *et al.*, 2019).

Además, la combinación del EEG con otras técnicas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional (fMRI), podría proporcionar perspectivas aún más precisas sobre la

función cerebral, facilitando el desarrollo de BCI avanzadas capaces de traducir patrones neuronales complejos en salidas significativas (Shenoy *et al.*, 2013).

La colaboración interdisciplinaria será un motor clave en el éxito continuo de las tecnologías BCI. Los neurocientíficos, los investigadores de IA y los especialistas en ética deben trabajar juntos para abordar tanto los desafíos técnicos como éticos asociados con el uso de datos de ondas cerebrales. En particular, los modelos de IA deben perfeccionarse para manejar la naturaleza ruidosa y dinámica de las señales cerebrales, y las consideraciones éticas relacionadas con la privacidad y la propiedad de los datos deben abordarse cuidadosamente para garantizar que estas tecnologías se utilicen de manera responsable.

El desarrollo de sistemas de IA transparentes y explicables que puedan interpretar señales neuronales de manera comprensible para usuarios e investigadores será crucial para construir la confianza pública y garantizar el despliegue ético de las BCI (Elger y Widdows, 2018; He *et al.*, 2019). A medida que estas colaboraciones crezcan, se espera que las BCI no solo mejoren los tratamientos de salud mental y el aumento cognitivo, sino que también revolucionen campos como la educación, el entretenimiento y la interacción humano-computadora (Lebedev y Nicolelis, 2006).

6. Conclusión

Este documento ha examinado el estado actual de la investigación sobre la generación y visualización de imágenes a partir de datos de ondas cerebrales, explorando la intersección de la neurociencia, la inteligencia artificial y las preocupaciones éticas. Las tecnologías discutidas, incluido el EEG para el registro de ondas cerebrales y los modelos de IA, como GANs y VAEs, muestran un gran potencial para avanzar en nuestra capacidad de visualizar e interpretar la actividad cerebral compleja. Estas innovaciones tienen aplicaciones de amplio alcance, desde contextos terapéuticos para el tratamiento de la salud mental y la rehabilitación post-ictus, hasta expresiones artísticas creativas e investigaciones cognitivas. Sin embargo, los desafíos descritos, como las limitaciones técnicas en la claridad de las señales EEG y las preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad y el consentimiento, deben abordarse para aprovechar plenamente el potencial de estas tecnologías.

El futuro de las BCI es emocionante, con oportunidades sustanciales para la colaboración interdisciplinaria y avances tecnológicos adicionales. El desarrollo continuo en procesamiento de señales y aprendizaje automático, junto con pautas éticas y regulaciones, garantizará que la próxima generación de BCI pueda integrarse de manera segura y efectiva tanto en contextos clínicos como en el uso cotidiano. La combinación de investigaciones de vanguardia en neurociencia, IA y ética promete desbloquear nuevas fronteras en nuestra comprensión del cerebro humano y nuestra capacidad de interactuar con él.

Referencias bibliográficas

- Balković, M., & Brkljačić, M. (2024). Bridging Artificial Intelligence and Neurological Signals (BRAINS): A novel framework for electroencephalogram-based image generation. *Information*, 15(7), 405. <https://doi.org/10.3390/info15070405>
- Barry, R.J., Clarke, A.R., Johnstone, S.J., & Magee, C.A. (2013). EEG coherence in children with ADHD and its relationship with cognitive performance. *Psychiatry Research*, 209(3), 325-332. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.11.002>
- Elger, B.S., & Widdows, H. (2018). Ethics and neurotechnology: The challenge of brain-computer interfaces. *Neuroethics*, 11(1), 99-107. <https://doi.org/10.1007/s11098-017-0915-0>
- He, H., Wu, D., & Wu, J. (2019). High-density EEG systems for non-invasive brain-computer interface applications: A review. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 243. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00243>
- Hammond, D.C. (2011). Neurofeedback treatment of depression and anxiety. *Journal of Adult Development*, 18(4), 158-169. <https://doi.org/10.1007/s10804-011-9093-5>
- Klimesch, W. (2012). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2), 169-195. [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(99\)00056-9](https://doi.org/10.1016/0165-0173(99)00056-9)
- Lebedev, M.A., Larrue, F., & Miller, L.E. (2019). Brain-computer interfaces for stroke rehabilitation. *Journal of Neural Engineering*, 16(4), 041001. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/ab1a1a>
- Liu, Y., Sourina, O., & Chang, Y. (2016). Real-time EEG-based human emotion recognition and visualization. *Proceedings of the International Conference on Computer Science and Engineering*, 128-133. <https://doi.org/10.1109/ICSEng.2008.73>
- Niedermeyer, E., & da Silva, F.L. (2004). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- O'Keefe, D. (2019). Ethical challenges in brain-computer interfaces: An overview. *Journal of Ethics in Technology*, 12(2), 56-61. <https://doi.org/10.1007/s10701-019-00289-9>
- Rao, R.P., & Honavar, V. (2016). Machine learning in neuroimaging: Ethical considerations and challenges. *Journal of Neuroinformatics*, 14(1), 43-58. <https://doi.org/10.1007/s12021-016-9279-3>
- Sharbafi, M.A., Kachouie, R., & Gharabaghi, A. (2021). EEG neurofeedback for artistic creativity: A review of EEG art projects and methodologies. *Art and Neuroscience Journal*, 6(2), 45-59.
- Shenoy, P., & Hwang, J. (2013). A review of brain-computer interface technologies and their applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 43(5), 1097-1108. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2013.2255372>
- Sriram, N., Nelson, D.L., & Wang, Q. (2021). AI-based prediction of cognitive performance using brain activity in elderly populations: Implications for early diagnosis of neurodegenerative diseases. *Journal of Alzheimer's Disease*, 80(3), 943-953. <https://doi.org/10.3233/JAD-200821>
- Wu Tsai Neurosciences Institute (2023). Research projects link neuroscience and AI to advance human health. *Stanford Neurosciences Institute*. Retrieved from <https://neuroscience.stanford.edu/news>

Wu Tsai Neurosciences Institute (2023). At the intersection of neuroscience and AI: Advancing brain health. *Stanford Neurosciences Institute*. Retrieved from <https://neuroscience.stanford.edu>

Abstract: This paper explores the connection between neuroscience and artificial intelligence (AI) by generating and visualising images from brainwave data. Using electroencephalography (EEG) technology, we investigate how different types of brainwaves can be recorded and translated into visual representations. The main focus is on advanced AI techniques, such as Generative Antagonistic Networks (GANs) and Variational Automatic Encoders (VAEs), which help convert complex brain signals into clear and coherent images. We discuss current methodologies and examine practical examples where this technology has been successfully applied. These applications include therapeutic contexts, where it contributes to mental health treatment. Or artistic expression, where brainwaves inspire unique visual art. And cognitive research, where scientists study how the mind works through these images. In addition, we address some of the challenges in this field, such as the technical difficulties of accurately translating brainwaves and the ethical concerns that arise from manipulating neural data. Despite these obstacles, the potential for growth in this area is immense. Finally, the paper emphasises the need for interdisciplinary collaboration between neuroscientists, AI experts and ethicists to fully unlock the capabilities of brain-computer interfaces and improve the visualisation of human thoughts and experiences.

Keywords: Neuroscience - Artificial Intelligence (AI) - Brainwaves - Electroencephalography (EEG) - Generative Antagonistic Networks (GANs) - Variational Automatic Encoders (VAEs) - Brain-computer interfaces - Image visualisation

Resumo: Este artigo explora a conexão entre a neurociência e a inteligência artificial (IA) por meio da geração e visualização de imagens a partir de dados de ondas cerebrais. Usando a tecnologia de eletroencefalografia (EEG), investigamos como diferentes tipos de ondas cerebrais podem ser registrados e traduzidos em representações visuais. O foco principal está nas técnicas avançadas de IA, como as redes antagonicas generativas (GANs) e os codificadores automáticos variacionais (VAEs), que ajudam a converter sinais cerebrais complexos em imagens claras e coerentes. Discutimos as metodologias atuais e examinamos exemplos práticos em que essa tecnologia foi aplicada com sucesso. Essas aplicações incluem contextos terapêuticos, nos quais ela contribui para o tratamento da saúde mental. Ou expressão artística, em que as ondas cerebrais inspiram uma arte visual única. E pesquisa cognitiva, em que os cientistas estudam como a mente funciona por meio dessas imagens. Além disso, abordamos alguns dos desafios desse campo, como as dificuldades técnicas de traduzir com precisão as ondas cerebrais e as preocupações éticas que surgem da manipulação de dados neurais. Apesar desses obstáculos, o potencial de crescimento dessa área é imenso. Por fim, o artigo enfatiza a necessidade de colaboração interdisci-

plinar entre neurocientistas, especialistas em IA e especialistas em ética para liberar totalmente os recursos das interfaces cérebro-computador e aprimorar a visualização de pensamentos e experiências humanas.

Palavras-chave: Neurociência - Inteligência artificial (IA) - Ondas cerebrais - eletroencefalografia (EEG) - Redes antagônicas generativas (GANs) - Codificadores automáticos variacionais (VAEs) - Interfaces cérebro-computador - Visualização de imagens
