IA GENERATIVA APLICADA AO DIAGNÓSTICO PRECOCE DA ESCLEROSE MÚLTIPLA POR INTERMÉDIO DE IMAGENS MÉDICAS.

Lucas Marassi Cipriano Pereira, Murilo Gonçalves de Lima, Nicolas Lorena Pimentel e Wagner dos Santos Clementino de Jesus.

FEAU - Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP Bacharelado, AV. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova – 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, lucasmarassi10@gmail.com, mglima.ntz@gmail.com, nicolaslorenap@gmail.com e wsantoscj@gmail.com

Resumo

A Esclerose Múltipla (EM) é uma doença neurológica crônica e progressiva que compromete o sistema nervoso central, afetando funções motoras e cognitivas e reduzindo a qualidade de vida dos pacientes. A detecção precoce constitui um desafio relevante, uma vez que as alterações iniciais são sutis e podem passar despercebidas mesmo em exames especializados de Ressonância Magnética (RM). Diante desse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema baseado em Inteligência Artificial (IA) generativa para auxiliar na análise de imagens de RM do encéfalo, visando apoiar profissionais de saúde na identificação precoce de indícios da doença. A metodologia consistiu na integração de uma aplicação desenvolvida em *Hypertext Preprocessor* (PHP), com banco de dados *Structured Query Language* (MySQL), ao modelo de IA generativa GPT-4.1-mini, disponibilizado pela *Application Programming Interface* (API) da OpenAI, ao qual foram enviadas imagens de RM obtidas da base radiopaedia.org para geração de interpretações textuais. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema foi capaz de identificar, a partir das imagens processadas, características compatíveis com processos desmielinizantes associados à EM, evidenciando a viabilidade técnica da proposta. A discussão reforça o potencial da abordagem como ferramenta de apoio à decisão clínica, ressaltando que as respostas geradas não substituem o diagnóstico médico definitivo, permanecendo a avaliação sob responsabilidade do profissional de saúde. Conclui-se que a solução apresenta potencial como recurso complementar ao diagnóstico precoce da EM, contribuindo para a melhoria do prognóstico e da qualidade de vida dos pacientes, recomendando-se, em trabalhos futuros, a ampliação da base de imagens e a realização de novos testes.

Palavras-chave: Esclerose Múltipla. Diagnóstico precoce. Inteligência Artificial Generativa. Imagens médicas. Ressonância Magnética.

Curso: Ciências da computação.

Introdução

A EM é uma doença neurológica crônica e progressiva que afeta o sistema nervoso central, fazendo com que o próprio sistema imunológico ataque a bainha de mielina — estrutura responsável por conduzir os impulsos nervosos pelo corpo. Esse processo causa lesões que levam a sintomas debilitantes, como fadiga, dificuldades motoras e distúrbios visuais, comprometendo a qualidade de vida. A doença pode progredir de diferentes formas, com períodos de surtos e remissões ou com piora gradual dos sintomas. (FREITAS, 2015)

O diagnóstico tardio pode comprometer significativamente a eficácia do tratamento, sendo crucial identificar a doença o quanto antes para reduzir sua progressão e evitar danos severos. No entanto, em suas fases iniciais, a EM pode ser sutil e passar despercebida mesmo em análises especializadas, o que representa um grande desafio diagnóstico. (Einstein, 2022)

Diante desse desafio, este trabalho propõe o desenvolvimento de um software baseado em Inteligência Artificial Generativa aplicado à análise de imagens de ressonância magnética. Enquanto abordagens discriminativas tradicionais dependem de grandes volumes de dados rotulados para classificação direta, a IA generativa permite a reconstrução e modelagem do padrão tecidual saudável. Com isso, torna-se possível a detecção não supervisada de anomalias por meio do mapeamento de erros de reconstrução, evidenciando nuances e lesões desmielinizantes sutis características do estágio

inicial da Esclerose Múltipla (EM). Essa escolha visa potencializar a sensibilidade diagnóstica, reduzindo o tempo de detecção e viabilizando intervenções terapêuticas precoces e eficazes.

Para a implementação da solução, será utilizado o sistema gerenciador de banco de dados relacional MySQL, responsável pelo armazenamento das informações e dos resultados obtidos durante o processamento. A aplicação responsável pela interface e pelo gerenciamento das funcionalidades do sistema será desenvolvida na linguagem de programaçaõ PHP, realizando a comunicação com o serviço de Inteligência Artificial Generativa responsável pela análise das imagens de ressonância magnética.

Essa arquitetura permitirá a integração entre a camada de aplicação, o armazenamento dos dados e o módulo de inteligência artificial, proporcionando uma estrutura organizada para o funcionamento da solução proposta. (NIEDERAUER, 2017)

Metodologia

Objetiva-se o desenvolvimento de um sistema de diagnóstico precoce da EM utilizando IA generativa. Foi identificado que há diversos problemas relacionados ao diagnóstico da EM, como o diagnóstico tardio, que pode resultar em complicações severas nos pacientes; a dificuldade em interpretar grandes volumes de imagens médicas; a identificação da presença da doença em estado inicial; e a ausência de ferramentas automatizadas que auxiliem os profissionais de saúde no processo diagnóstico.

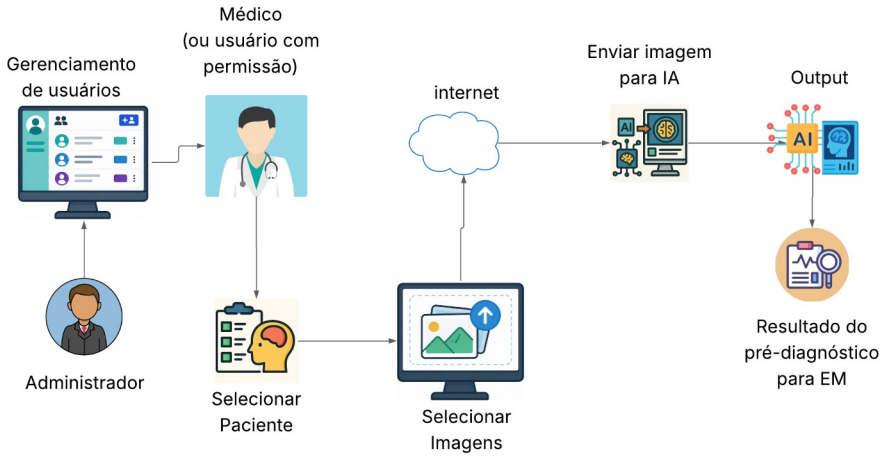
A metodologia adotada envolveu a pesquisa de artigos a respeito da EM, a utilização de imagens médicas de exames de RM, amplamente utilizadas no diagnóstico da doença obtidas de bases de dados (radiopaedia.org), contendo os respectivos rótulos que identificam casos positivos e negativos para EM. (SILVA, 2019)

As imagens utilizadas foram organizadas em grupos de acordo com a presença ou ausência de características relacionadas à doença, sendo posteriormente submetidas à análise da IA generativa. Para essa etapa, foi utilizado o modelo GPT-4.1-mini, disponibilizado por meio da API da OpenAI. O modelo utilizado é baseado em uma arquitetura de *Large Language Model* (LLM), capaz de processar informações e gerar respostas a partir de padrões aprendidos durante seu treinamento. Por possuir recursos multimodais, o modelo também é capaz de receber imagens como entrada e produzir uma interpretação textual a partir das informações visuais identificadas. (LAREO, 2023)

No processo de análise, a imagem de RM é enviada à API juntamente com instruções que orientam o modelo quanto aos aspectos que devem ser observados. A imagem é processada pelo modelo, que identifica padrões e características visuais relevantes e, a partir dessas informações e das instruções fornecidas, gera uma resposta textual. Essa resposta é então recebida pela aplicação e apresentada ao usuário, permitindo a análise das informações produzidas pela IA. Os resultados gerados foram posteriormente analisados e validados de acordo com as informações disponíveis nos exames utilizados.

Para o armazenamento das informações e a integração entre os componentes da aplicação, foi utilizado o sistema gerenciador de banco de dados relacional MySQL. A comunicação entre a aplicação, o banco de dados e a API externa de Inteligência Artificial Generativa foi realizada por meio de uma API desenvolvida em PHP, responsável pelo gerenciamento das requisições, pelo acesso aos dados armazenados e pelo consumo do serviço de IA. Dessa forma, a API desenvolvida em PHP atua como uma camada de integração entre os diferentes componentes do sistema, permitindo o envio das imagens para a API de Inteligência Artificial Generativa, o recebimento dos resultados da análise e seu posterior armazenamento no banco de dados. (NIEDERAUER, 2017)

Figura 1 - Diagrama de funcionamento geral do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Resultados

Para avaliar o funcionamento do sistema proposto, foram realizados testes utilizando imagens de RM e o modelo de inteligência artificial generativa GPT-4.1-mini, disponibilizado por meio da API da OpenAI. Diferentemente de uma abordagem baseada no treinamento de um modelo próprio, o sistema desenvolvido realiza o consumo de um serviço de inteligência artificial já disponibilizado por uma API, permitindo que a aplicação envie as imagens para processamento e receba como resposta uma análise gerada pelo modelo.

A inteligência artificial generativa corresponde a uma classe de modelos computacionais capazes de produzir novos conteúdos a partir de padrões aprendidos durante seu treinamento, podendo trabalhar com diferentes tipos de informações, como textos e imagens. No contexto deste projeto, sua utilização está relacionada à capacidade de interpretar imagens e gerar uma resposta textual a partir das características identificadas no exame de ressonância magnética. (LAREO, 2023)

O modelo GPT-4o-mini foi selecionado por apresentar recursos suficientes para atender às necessidades do projeto, além de possuir uma relação adequada entre capacidade de processamento e custo de utilização. Como o objetivo do sistema é desenvolver um protótipo capaz de auxiliar na análise de imagens de RM, não foi necessário utilizar um modelo de maior porte, uma vez que o GPT-4.1-mini apresentou recursos compatíveis com a proposta e possibilitou a implementação do sistema com menor custo de consumo da API. Dessa forma, a escolha do modelo esteve relacionada principalmente à sua capacidade de processamento de imagens, à possibilidade de integração por API e à viabilidade econômica para o desenvolvimento do projeto. (NIEDERAUER, 2017)

A integração entre o sistema e a inteligência artificial é realizada por meio da API da OpenAI. Nesse processo, o médico realiza o envio da imagem de RM por meio da interface desenvolvida. A aplicação recebe a imagem e encaminha os dados para a API, juntamente com as instruções utilizadas para orientar a análise. Após o processamento, o modelo retorna uma resposta textual, que é apresentada ao usuário por meio da própria interface do sistema. (LAREO,2023)

Esse fluxo permite que a aplicação utilize os recursos de inteligência artificial sem a necessidade de executar ou armazenar localmente um modelo de grande porte. A utilização de uma API também simplifica a integração da inteligência artificial ao sistema, uma vez que o processamento é realizado pela infraestrutura do serviço utilizado, enquanto a aplicação desenvolvida é responsável pelo gerenciamento do envio das imagens, recebimento das respostas e apresentação das informações ao usuário. (NIEDERAUER, 2017)

A interface desenvolvida permite ao usuário realizar o envio de múltiplas imagens de RM e acompanhar o processamento da solicitação, apresentando posteriormente, de forma organizada, a resposta gerada pelo modelo. Dessa maneira, a interface funciona como um meio de interação entre o profissional de saúde e o serviço de inteligência artificial, facilitando o acesso às informações produzidas durante a análise.

Na Figura 2, observa-se uma imagem de RM axial, sem contraste, apresentando área nodular hipointensa à esquerda, localizada na substância branca periventricular.

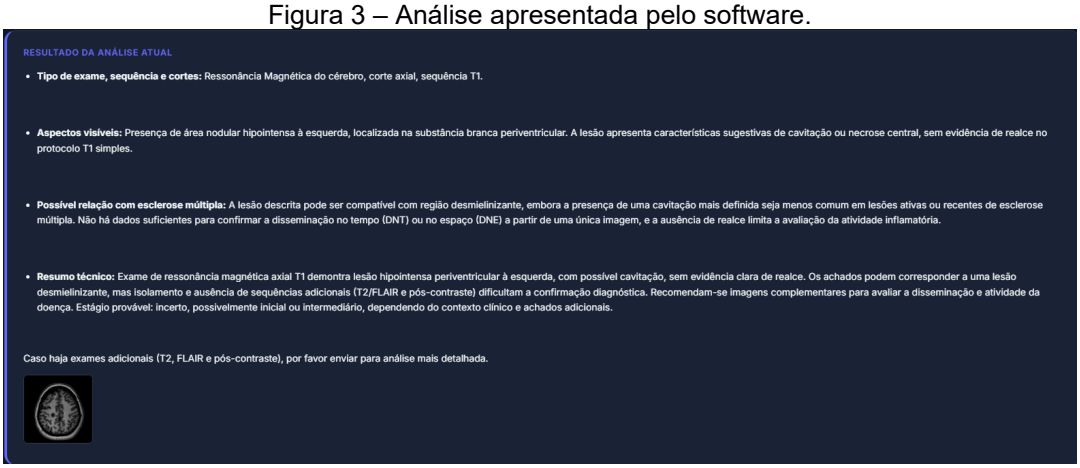
Figura 2 – Imagem de ressonância magnética em corte axial.



Fonte: Radiopaedia.org

Na Figura 3, é apresentada a resposta gerada pelo software após o processamento da imagem, identificando características compatíveis com um processo desmielinizante relacionado à EM e demonstrando a capacidade do modelo de gerar uma interpretação textual a partir da imagem analisada.

Figura 3 – Análise apresentada pelo software.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após testes realizados com cinquenta imagens, foram obtidas as métricas apresentadas na tabela 1, os critérios incluem: Positivo Verdadeiro (PV) – casos corretamente identificados, Falso Positivo (FP) – casos encontrados pela IA mas que não estão presentes nos laudos, Falso Negativo (FN) – Casos não encontrados mas que estão presentes no laudo, precisão (calculado pela proporção de acertos entre os resultados encontrados pela IA), *Recall* (Taxa de detecção correta dos casos positivos totais) e F1 (Média harmônica entre precisão e *Recall*).

Tabela 1 – Resultados de desempenho IA

Critérios	PV	FP	FN	Precisão	Recall	F1
Tipo/Corte	47	2	3	0.96	0.94	0.95
Aspectos Visíveis	28	18	22	0.61	0.56	0.58
Relação com EM	32	15	18	0.68	0.64	0.66

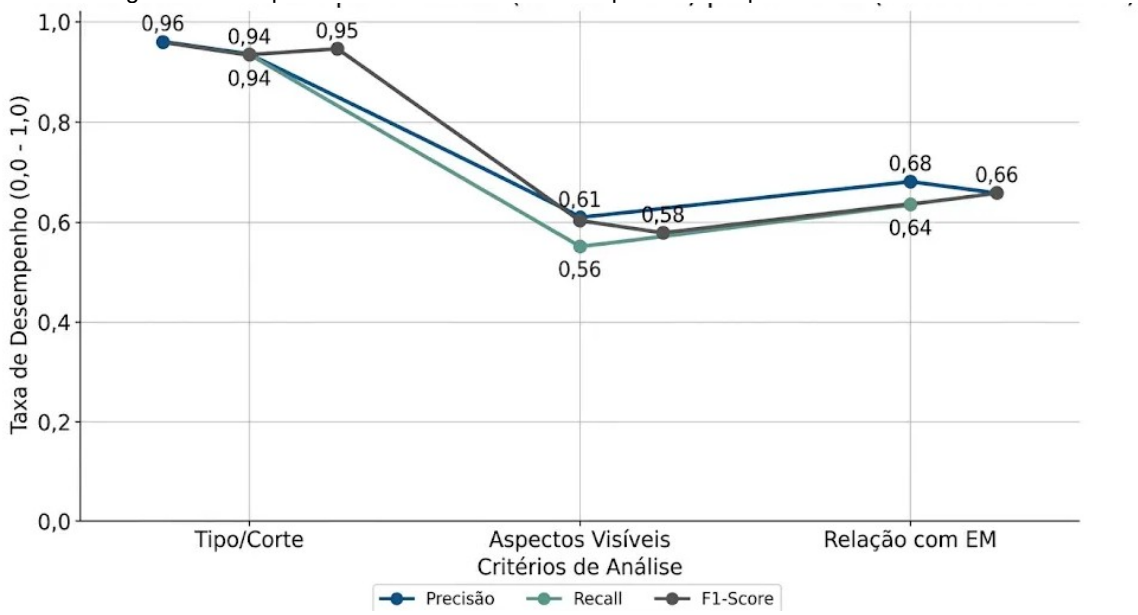
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise dos resultados demonstra que o modelo apresenta um desempenho excelente no reconhecimento do tipo e corte do exame, com um *F1-Score* de 0,95, indicando alta capacidade de classificar padrões visuais amplos. No entanto, o desempenho cai significativamente na identificação de aspectos visíveis sutis *(F1-Score* de 0,58), onde o modelo apresentou 18 Falsos Positivos e 22 Falsos Negativos. Esse comportamento reflete a limitação esperada de um modelo generalista não especializado em radiologia, que tende a confundir artefatos de imagem com lesões ou omitir placas desmielinizantes menores. Apesar disso, ao correlacionar os achados com a probabilidade de

Esclerose Múltipla, o desempenho sobe para um F1-Score de 0,66. Esses dados indicam que, embora o sistema seja viável como ferramenta de triagem preliminar e análise contextual, IAs generalistas ainda apresentam limitações na acurácia visual fina, necessitando da supervisão do profissional médico para um diagnóstico conclusivo.

A Figura 4 ilustra o contraste de desempenho do modelo por meio das métricas de Precisão, Recall e F1-Score, evidenciando visualmente a alta capacidade na classificação básica em oposição à queda de acurácia na identificação de aspectos visíveis complexos.

Figura 4 – Comparativo das métricas de desempenho da IA por critério analisado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O gráfico apresentado ilustra o contraste no desempenho da inteligência artificial através das métricas de Precisão, Recall e F1-Score ao longo de três critérios distintos de análise. Observa-se uma alta capacidade do modelo para a classificação básica, atingindo um F1-Score de 0,95 no reconhecimento de padrões visuais amplos, como o tipo e o corte do exame. Em contrapartida, nota-se uma queda significativa na acurácia durante a identificação de aspectos visíveis mais sutis e complexos, onde o F1-Score diminui para 0,58. Ao estabelecer a correlação dos achados com a probabilidade de Esclerose Múltipla, o desempenho apresenta uma leve recuperação, registrando um F1-Score de 0,66. Visualmente, esses dados evidenciam que a ferramenta possui viabilidade para atuar como uma triagem preliminar, porém ainda demonstra limitações na precisão visual fina, o que reforça a necessidade de supervisão médica para um diagnóstico conclusivo.

Discussão

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da integração de um modelo de inteligência artificial generativa por meio de uma API em um sistema voltado ao auxílio da análise de imagens de ressonância magnética. A utilização do GPT-4.1-mini possibilitou a implementação de uma solução compatível com os recursos disponíveis para o projeto, apresentando baixo custo de utilização e os recursos necessários para o funcionamento do protótipo.

A utilização de um modelo disponibilizado por meio de uma API também elimina a necessidade de treinamento e manutenção de um modelo próprio, contribuindo para a redução dos custos e do tempo necessários para o desenvolvimento e a manutenção do sistema. Além disso, a integração com a API permite que a solução seja aprimorada e expandida conforme as necessidades do projeto.

Ressalta-se, entretanto, que as respostas produzidas pela inteligência artificial não devem ser consideradas como um diagnóstico médico definitivo. O sistema desenvolvido possui caráter experimental e de apoio, tendo como finalidade demonstrar a possibilidade de utilização da IA generativa como ferramenta auxiliar na análise de imagens médicas. A avaliação e a decisão diagnóstica permanecem sob responsabilidade do profissional de saúde.

Como pontos de melhoria, destacam-se a ampliação da variedade de imagens utilizadas nos testes, a adaptação do sistema a diferentes contextos clínicos e a possibilidade de expansão da análise para outras doenças. Também pode ser considerada, em trabalhos futuros, a integração com outras técnicas de inteligência artificial e *machine learning*, de forma complementar à API utilizada.

Conclusão

O desenvolvimento e a aplicação da IA generativa demonstraram potencial como ferramenta de apoio ao diagnóstico precoce da Esclerose Múltipla (EM), contribuindo para o alcance do objetivo proposto neste projeto. A integração da tecnologia ao sistema desenvolvido possibilitou a análise de imagens de ressonância magnética e a geração de informações que podem auxiliar o profissional de saúde na identificação de características compatíveis com a doença, especialmente em situações nas quais uma avaliação complementar pode ser necessária.

Além disso, a utilização de uma solução baseada em IA generativa apresenta-se como uma alternativa tecnológica de implementação flexível, podendo contribuir para a otimização de processos relacionados à análise de imagens e ao gerenciamento das informações clínicas. Nesse contexto, o sistema desenvolvido também demonstrou potencial para facilitar a organização e a comunicação das informações entre os profissionais de saúde e os pacientes.

Embora os resultados obtidos sejam promissores, a ferramenta não deve ser considerada como substituta dos métodos diagnósticos tradicionais ou da avaliação médica especializada. Dessa forma, os resultados deste projeto reforçam o potencial da IA generativa como recurso complementar à prática clínica, destacando a possibilidade de seu aprimoramento em trabalhos futuros, com a ampliação da base de imagens, realização de novos testes e avaliação mais abrangente de sua precisão e desempenho.

Referências

ASSOCIAÇÃO MÉDICA BRASILEIRA. **Esclerose múltipla: diagnóstico por imagem**. São Paulo: AMB, 2012.

CRUVILLIER, Jean. **Acidente Vascular Cerebral Isquêmico: relato de um caso com imagem radiológica atípica**. *Revista Neurociências*, v. 6, n. 3, p. 13-18, set./dez. 1998.

EINSTEIN HOSPITAL ISRAELITA. *Esclerose múltipla: descubra mais sobre essa doença neurológica*. Vida Saudável – Einstein Hospital Israelita, 25 nov. 2022. Atualizado em 11 nov. 2022.

FREITAS, P. R. **Como identificar esclerose múltipla por imagem**. 2015. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

LAREO, Xabier. Large language models (LLM). **European Data Protection Supervisor**, 2023.

MACIEL, L. C.; AIDAR, O. **Exames de imagem e potenciais evocados na esclerose múltipla**. *Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente*, v. 2, n. 1, p. 67-78, 2014.

NIEDERAUER, Juliano. **PHP para quem conhece PHP**. Novatec Editora, 2017.

SILVA, R. P.; OLIVEIRA, M. A. **Esclerose múltipla: diagnóstico e abordagens terapêuticas**. *ID Online: Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, v. 13, n. 44, p. 182-195, 2019.

Agradecimentos

O presente trabalho foi desenvolvido com a orientação de Wagner dos Santos Clementino de Jesus no qual se dedicou imensamente ao meu interesse em publicar um artigo.