SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFG

APLICAÇÃO DE MODELOS DE LINGUAGEM PARA APOIO INTELIGENTE AO ESTUDO DE MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENEM: GERAÇÃO, ANÁLISE E EXPLICAÇÃO DE QUESTÕES

SILVESTRINI, Kaio Leandro Garcia 1

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Inhumas Autor 1, Kaio Leandro Garcia Silvestrini.

LULA, Kariton Pereira 2

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Inhumas Autor(a) 2, Kariton Pereira Lula.

SILVA, Rogério Sousa 3

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Inhumas Autor(a) 3, Rogério Sousa e Silva.

O estudo intitulado Aplicação de Modelos de Linguagem para Apoio Inteligente ao Estudo de Matemática e Suas Tecnologias para o ENEM: Geração, Análise e Explicação de Questões, investiga soluções tecnológicas inovadoras para o ensino da Matemática no Brasil. A pesquisa justifica-se pelo histórico aproveitamento insuficiente no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), cuja média nacional recente na prova de Matemática manteve-se em 529 pontos, o que representa aproximadamente 31,05% do intervalo total de proficiência possível. Por utilizar a Teoria de Resposta ao Item (TRI), o exame exige do candidato competências cognitivas avançadas, como interpretação de enunciados contextualizados, raciocínio lógico-dedutivo e modelagem, enquanto estimativas apontam que mais da metade das questões possuem nível elevado de dificuldade. Diante dessas disparidades e das barreiras socioeconômicas no acesso a tutorias preparatórias privadas, o projeto buscou explorar a Inteligência Artificial (IA) para promover a democratização do ensino e a equidade educacional. O objetivo geral consistiu em desenvolver e treinar um sistema de apoio

inteligente baseado em modelos de linguagem de larga escala (LLMs), capaz de gerar, resolver e explicar questões de Matemática em conformidade com a Matriz de Referência do ENEM e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), provendo uma mediação pedagógica adaptativa. A metodologia adotou uma abordagem aplicada e computacional, desenvolvida em linguagem Python sobre um banco histórico de questões do ENEM compreendido entre 1998 e 2024. A arquitetura do software utilizou a biblioteca LangChain para a orquestração de fluxos conversacionais e o ChromaDB para vetorização e indexação semântica de dados, aplicando a técnica de Geração Aumentada por Recuperação (RAG). Inicialmente explorou-se o modelo LLaMA e, após sua descontinuação, optou-se pelo modelo gpt-oss-120b executado pela plataforma Groq e integrado via FastAPI, em consonância com os padrões de usabilidade e acessibilidade ISO/IEC 25010 e WCAG 2.1. Adicionalmente, implementou-se uma camada autônoma de auditoria com um segundo LLM para verificar a consistência matemática e eliminar ambiguidades nos distritores. Como resultados, o protótipo funcional demonstrou alta capacidade na geração automatizada de itens inéditos em áreas como geometria, porcentagem, logaritmos, estatística e lógica, estruturados em formato JSON para interoperabilidade. A camada de auditoria mostrou-se imprescindível ao barrar automaticamente questões com alternativas duplicadas resultantes de alucinações do modelo. Sob o aporte sociocultural de Vygotsky, o sistema atuou como um andaime digital na Zona de Desenvolvimento Proximal, fornecendo resoluções detalhadas passo a passo, diagnósticos de erros e recomendações de estudo personalizadas, integrando-se à iniciativa ENEMAT em articulação com os Editais nº 21/2025-PROPPG e PIBITI nº 22/2025. O projeto propiciou também a formação técnica do discente em engenharia de software e aprendizado de máquina. Conclui-se que a aplicação de LLMs no ensino de Matemática democratiza a preparação para exames de larga escala e fortalece a autonomia do estudante.

Palavras-chave

ENEM; Educação Matemática; Inteligência Artificial; Modelos de Linguagem Natural; Tutoria Inteligente.