

Arquitetura Human-in-the-loop Baseada em RAG e LLMs para Geração e Correção de Avaliações Formativas

Vinicius Bertuol¹, Anderson da Silva Marcolino¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGComp)
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel – PR – Brazil

`vinicius.bertuol@unioeste.br, anderson.marcolino@ufpr.br`

A Educação 5.0, impulsionada pelos avanços em Grandes Modelos de Linguagem (LLMs), transcende a mera digitalização de conteúdos, exigindo a integração de tecnologias inteligentes na educação e a promoção de experiências de aprendizagem personalizadas, acessíveis e centradas no estudante [Quincozes et al. 2025].

Revisões sistemáticas recentes indicam que a Inteligência Artificial (IA) Generativa se consolidou como uma ferramenta para otimizar a produção de recursos didáticos e avaliativos, permitindo que docentes dediquem mais tempo à mediação pedagógica [Fabre and Bertagnolli 2025, Santos et al. 2025]. Soluções baseadas em IA demonstram a capacidade de escalar a produção de bancos de questões personalizadas [Carvalho et al. 2024] e agilizar a elaboração de materiais de ensino diversificados [Fabre and Bertagnolli 2025]. Universidades que ignoram a capacidade da IA de processar conhecimento explícito correm o risco de perder sua relevância social e formativa [Azambuja and Silva 2024]. A integração de IA não é opcional, mas um requisito para a transformação digital das instituições de ensino [Santos et al. 2025].

A prática avaliativa predominante ainda opera sob uma lógica somativa, na qual a atribuição de notas via exames formais frequentemente se sobrepõe ao interesse pela devolutiva pedagógica [Vaz and Nasser 2021]. A avaliação formativa sistemática, que permite o diagnóstico contínuo e a regulação do ensino, é uma solução robusta para melhorar a ação pedagógica [Vaz and Nasser 2021]. Contudo, essa metodologia inclui tarefas recorrentes, como a elaboração e correção de exercícios, e o retorno formativo [Azambuja and Silva 2024], que consomem um tempo precioso do docente e constituem um gargalo de escalabilidade [Silva and Aranha 2025]. A IA permite a personalização em massa: adaptar o nível de dificuldade, fornecer *feedback* instantâneo para alunos e professor, e gerar dados úteis para análise educacional, algo geralmente inviável de reproduzir manualmente e continuamente [Azambuja and Silva 2024]. A personalização do *feedback*, viabilizada pela IA, permite atender às necessidades individuais dos alunos em larga escala [Fabre and Bertagnolli 2025] e é substancial para o ciclo de aprendizagem adaptativa [Carvalho et al. 2024].

Ferramentas de IA generativa (IAGen), quando utilizadas sem restrições de contexto, tendem a produzir itens avaliativos pedagogicamente inconsistentes [Quincozes et al. 2025] e são suscetíveis a alucinações [Carvalho et al. 2024, Junior et al. 2025]. Para garantir a confiabilidade de conteúdo, é necessária uma arquitetura que restrinja a geração de conteúdo estritamente ao material curricular fornecido pelo docente [Simão et al. 2025, Junior et al. 2025]. A técnica *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) surge como solução para ancorar as respostas da IA em fontes confiáveis [Simão et al. 2025], permitindo implementar uma abordagem *Human-in-the-loop* em que

o professor atua não como autor braçal, mas como arquiteto do processo avaliativo [Meira and Reategui 2025].

Descrição da Proposta

Diante do exposto, propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma híbrida (Web/Mobile) que utiliza RAG e IAGen para gerar questões (discursivas e objetivas) fundamentadas exclusivamente em documentos fornecidos pelo usuário (docente). O fluxo de trabalho integra a etapa *Human-in-the-loop*, onde os itens gerados passam pela curadoria do professor antes de serem disponibilizados aos discentes. Além da geração, o sistema realizará a correção automática via análise semântica, comparando as respostas dos alunos com o material base. Após a devolutiva das respostas, um relatório é gerado para análise, expondo o desempenho individual e coletivo. Esta proposta visa investigar as potencialidades e limites de uma arquitetura computacional baseada em IAGen, RAG e validação humana (*Human-in-the-loop*) para escalar a produção de avaliações formativas personalizadas. Diferente de soluções genéricas baseadas em IAGen para geração de conteúdo, esta arquitetura prioriza a personalização via curadoria docente, utilizando RAG para garantir o ancoramento pedagógico estrito e fundamentação acadêmica incondicional. O potencial inovador na educação em computação reside no mapeamento de técnicas de RAG e *Prompt Engineering* para mitigar alucinações e na implementação de algoritmos de correção automática via similaridade semântica, garantindo que a geração de questões e gabaritos seja estritamente apoiada no material curricular fornecido pelo docente. No âmbito deste Laboratório de Ideias, o propósito é submeter essa arquitetura inicial ao *feedback* qualificado da comunidade e encontrar colaboradores para debater a viabilidade técnica e pedagógica de sistemas que automatizam a devolutiva formativa.

Percurso Metodológico e Avaliação

A investigação fundamenta-se na *Design Science Research* (DSR) [Wieringa 2014], estruturando o desenvolvimento do artefato em ciclos iterativos de: (i) Implementação e aprimoramento do artefato; (ii) Aplicação prática no ensino superior; (iii) Avaliação qualitativa do conteúdo gerado e aceitação dos usuários; (ii) Análise dos resultados e definição de pontos de melhoria. A implementação técnica integrará um sistema de ingestão para conversão de documentos em base vetorial restrita, um motor gerador de questões com distratores significativos e uma interface híbrida para acesso de professores e discentes. A validação ocorrerá via estudo de caso no ensino superior, empregando o Modelo de Aceitação Tecnológica (TAM) [Davis 1989] e a Teoria Unificada de Aceitação e Uso de Tecnologia (UTAUT) [Venkatesh et al. 2003] para coletar dados e percepção de uso. Por meio da triangulação de evidências, pretende-se confrontar a eficácia técnica da IAGen com a percepção pedagógica docente, fomentando discussões essenciais no EduComp sobre a integração de ferramentas inteligentes nos fluxos reais de avaliação e os desafios da curadoria humana nesse processo.

Link para o vídeo: https://youtu.be/N6j9DX_ko2s

Referências

- Azambuja, C. C. d. and Silva, G. F. d. (2024). Novos desafios para a educação na era da inteligência artificial. *Filosofia Unisinos*, 25(1):1–16.
- Carvalho, S., Filho, R. R., Claudino, C. C., Braz, L., and Maciel, B. I. (2024). Quia: uma ferramenta de suporte ao conhecimento baseada em inteligência artificial. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1617–1628, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Q.*, 13(3):319–340.
- Fabre, M. C. J. M. and Bertagnolli, S. d. C. (2025). Contribuições da inteligência artificial generativa para o design de experiências de aprendizagem: uma revisão sistemática de literatura. *RENTE*, 23(1):298–309.
- Junior, J. A., Marinho, L., Campos, L., Lima, K., Pereira, D., Cavalcanti, H., Ramos, A., and Araújo, E. (2025). Smarter questions, smaller models: RAG-enhanced multiple-choice question generation for POSCOMP. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1233–1247, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Meira, R. and Reategui, E. (2025). Athos: Ferramenta computacional para avaliação automatizada da escrita de projetos de pesquisa. In *Anais Estendidos do XIV Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 61–74, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Quincozes, C., Molinos, D., Araújo, R., Quincozes, S., and Guedes, G. (2025). Engenharia de prompt para a geração automatizada de questões assistida por LLMs: Uma análise comparativa. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1347–1360, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Santos, J., Pereira, E., and Pereira, R. (2025). O uso de inteligência artificial na formação de professores como ferramenta de transformação digital na educação 4.0. In *Anais do XXXI Workshop de Informática na Escola*, pages 644–654, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Silva, F. and Aranha, E. (2025). Feedback formativo automatizado com LLMs: Desenvolvimento e análise de um sistema para aprendizagem progressiva em programação. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1158–1172, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Simão, J., Machado, L., Silva, J., and Behar, P. (2025). Inteligência artificial agêntica na educação: Um agente conversacional para construção de competências na educação básica. In *Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 329–339, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Vaz, R. F. N. and Nasser, L. (2021). Um estudo sobre o feedback formativo na avaliação em matemática e sua conexão com a atribuição de notas. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(69):3–21.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., and Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3):425–478.
- Wieringa, R. (2014). *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Computer science. Springer Berlin Heidelberg.