

MEDIAÇÃO SOfOTÉCNICA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA: IMPACTOS NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Juliana Rodrigues dos Anjos¹
Fabiane Fischer Figueiredo²

RESUMO

Este estudo investigou a influência da Mediação Sofotécnica, mediada por Inteligência Artificial Generativa (IAGen), na construção do conhecimento em Física por estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, analisando transformações cognitivas, compreensão conceitual e implicações pedagógicas. Ancorado na Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) e na Teoria Ator-Rede (TAR), a pesquisa qualitativa, de cunho etnográfico, acompanhou 17 alunos de uma escola privada do Rio Grande do Sul durante um ano letivo. As atividades interdisciplinares integraram IAGen (e.g., ChatGPT, Claude) ao ensino de Física (eletricidade, magnetismo, eletromagnetismo e física quântica) e à disciplina de Algoritmos e Inteligência Artificial, com tarefas como simulações, análises de artigos, debates e criação de recursos multimídia. A análise triangulada de dados (tarefas, domínio de ferramentas e entrevistas semiestruturadas) revelou que a interação com IAGen reconfigurou processos cognitivos, desenvolvendo mecanismos de mediação para formulação de perguntas mais precisas e facilitando a compreensão conceitual por meio de visualizações dinâmicas. A IAGen complementou métodos tradicionais, tornando conceitos abstratos tangíveis. Contudo, emergiram desafios, como dependência da tecnologia e perda de autonomia discente, evidenciada pela dificuldade em realizar tarefas sem auxílio da IAGen. Conclui-se que a Mediação Sofotécnica exige estratégias pedagógicas críticas para equilibrar inovação e agência discente. A articulação entre TMC e TAR redefine a IAGen como actante em redes híbridas, ampliando perspectivas para o ensino mediado por tecnologia e superando visões instrumentais da IA. O estudo contribui para debates sobre cognição distribuída em ambientes educacionais híbridos, destacando políticas para o uso reflexivo da IAGen no Ensino Médio.

Palavras-chave: Mediação Sofotécnica, Inteligência Artificial Generativa, Ensino de Física, Teoria da Mediação Cognitiva, Teoria Ator-Rede.

INTRODUÇÃO

A rápida disseminação de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (IAGen), como o ChatGPT e o Claude, representa uma das mais significativas transformações no panorama educacional contemporâneo. Essas tecnologias oferecem potenciais inéditos para personalizar a aprendizagem e automatizar tarefas, mas também suscitam debates sobre integridade acadêmica, dependência tecnológica e a necessidade de novas competências. No campo do Ensino de Física, disciplina marcada pela abstração de seus conceitos, a IAGen surge como um possível catalisador para superar barreiras

¹ Licenciada em Física pela Universidade Luterana do Brasil – ULBRA/RS, juranjos@gmail.com;

² Doutora em Ensino de Ciências e Matemática pela ULBRA/RS. Orientadora, fabianefischerfigueiredo@gmail.com.



pedagógicas clássicas, especialmente no que tange à construção de imagens mentais de fenômenos invisíveis.

Este artigo apresenta resultados de uma investigação de doutorado que buscou compreender, na prática cotidiana de uma sala de aula, como a interação com a IAGen incide no desenvolvimento cognitivo de estudantes do Ensino Médio, especificamente no contexto do aprendizado de Física. A pesquisa se ancora em um referencial teórico híbrido que articula a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004), com seu conceito emergente de Mediação Sofotécnica (SOUZA et al., 2024), e a Teoria Ator-Rede (TAR) (LATOUR, 2005; CALLON, 1986), que permite analisar a tecnologia como um *actante* na reconfiguração das redes de aprendizagem. O objetivo geral foi investigar como a integração da IAGen em uma disciplina eletiva influenciou o desenvolvimento de competências de alfabetização em IA, habilidades cognitivas e a construção de imagens mentais em conceitos de física.

Adotou-se uma abordagem qualitativa de estudo de caso etnográfico (ERICKSON, 1986; GEERTZ, 1989), acompanhando 17 alunos do terceiro ano do Ensino Médio ao longo de um ano letivo. A análise dos dados, provenientes de entrevistas semiestruturadas, produções dos alunos e observação participante, revelou uma profunda reconfiguração dos processos cognitivos, o desenvolvimento da fluência em *prompting* como competência central, o papel crucial da IA na visualização de conceitos abstratos e a emergência de uma complexa rede socioemocional envolvendo os estudantes e a IA. Contudo, também emergiram desafios relacionados à autonomia discente. Este trabalho conclui apontando a necessidade de estratégias pedagógicas críticas para mediar a relação dos estudantes com a IAGen, compreendendo-a não apenas como ferramenta, mas como um ator que transforma o próprio ato de ensinar e aprender.

METODOLOGIA

A presente investigação adotou uma abordagem qualitativa interpretativa (ERICKSON, 1986), configurando-se como um estudo de caso do tipo etnográfico escolar. O objetivo foi compreender em profundidade a integração da IAGen no cotidiano de uma sala de aula, buscando uma "descrição densa" (GEERTZ, 1989, p. 15) das interações e da construção de significados pelos participantes. O estudo foi conduzido ao longo do ano letivo de 2024 em uma escola particular de São Leopoldo, Rio Grande do Sul. O campo de estudo foi uma turma de 17 alunos do terceiro ano do Ensino Médio,



durante a disciplina eletiva "Algoritmos e Inteligência Artificial". A pesquisadora principal atuou como professora-pesquisadora, permitindo uma observação participante contínua e uma interação direta com os sujeitos. Todos os participantes e seus responsáveis legais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, garantindo a confidencialidade e o anonimato.

Para capturar a complexidade do fenômeno, foi utilizada uma triangulação de fontes de dados (CRESWELL, 2014): a) Observação Participante e Diário de Aula: Registros contínuos das interações em sala, discussões, dificuldades e dinâmicas observadas pela professora-pesquisadora. b) Análise Documental (Produções dos Alunos): Coleta de um portfólio diversificado de artefatos produzidos pelos alunos (planejamentos, conteúdos multimídia, resoluções de exercícios, programações) como evidências concretas do processo de aprendizagem. c) Entrevistas Semiestruturadas: Realizadas e gravadas em vídeo ao final do período letivo com 16 dos 17 alunos, buscando aprofundar a compreensão de suas experiências, percepções e estratégias cognitivas.

A análise dos dados coletados foi conduzida de forma sistemática e interativa, combinando técnicas de análise de conteúdo na modalidade de análise temática (BARDIN, 2016; BRAUN; CLARKE, 2006) com uma interpretação orientada pelo referencial teórico da pesquisa. O processo analítico, em conformidade com as fases propostas por Creswell (2014), foi estruturado nas seguintes etapas:

1. Organização e Preparação dos Dados: Transcrição literal das entrevistas e organização do material documental e do diário de campo. Leituras flutuantes para imersão e familiarização profunda com os dados (CRESWELL, 2014).
2. Codificação e Análise Temática Indutiva: Codificação sistemática das transcrições, identificando unidades de significado e agrupando-as por similaridade para a emergência de temas orgânicos (BRAUN; CLARKE, 2006).
3. Análise Dedutiva e Articulação Teórica: Confronto e interpretação dos temas empíricos à luz da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), da Mediação Sofotécnica e da Teoria Ator-Rede (TAR), buscando "amarrar" os dados à teoria (BARDIN, 2016).
4. Síntese e Construção dos Perfis de Mediação Sofotécnica: Agrupamento dos padrões identificados para construir tipologias representativas das diferentes formas de apropriação e interação com a IAGen, uma contribuição analítica original da pesquisa (BARDIN, 2016).



5. Validação por Triangulação: Cruzamento dos achados das entrevistas com as produções dos alunos e o diário de campo para corroborar as interpretações e garantir o rigor e a validade dos resultados (CRESWELL, 2014).

REFERENCIAL TEÓRICO

Esta pesquisa se fundamenta na articulação de duas perspectivas teóricas complementares: a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) e a Teoria Ator-Rede (TAR).

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (SOUZA, 2004) propõe que a cognição humana é um processo distribuído, que se estende para além do cérebro, incorporando ferramentas, símbolos e elementos culturais como "mecanismos externos" que medeiam a interação do sujeito com o objeto de conhecimento. A TMC postula uma evolução dos níveis de mediação (Psicofísica, Social, Cultural, Hiper-cultural) que acompanham o desenvolvimento tecnológico e sociocultural. Recentemente, Souza et al. (2024) propuseram a Mediação Sofotécnica, um novo nível emergente com a introdução das IAGens. Esta mediação descreve uma interação mais profunda entre a cognição humana e as capacidades computacionais avançadas, onde a IA atua não apenas como assistente, mas como participante ativo no processo cognitivo, exigindo o desenvolvimento de novos "mecanismos internos" (*drivers*) por parte do usuário, como a fluência em *prompting*.

A Teoria Ator-Rede (TAR) (LATOUR, 2005; CALLON, 1986) oferece uma lente sociológica para analisar essa nova configuração. A TAR propõe uma "sociologia das associações", superando a dicotomia entre humano e não-humano, social e tecnológico. Ela introduz o conceito de *actante* para designar qualquer entidade (humana ou não-humana, como um sistema de IA Gen) capaz de agir e modificar uma rede de relações. A TAR foca nos processos de tradução, pelos quais os *actantes* negociam interesses, formam alianças e estabilizam redes. Ao aplicar a TAR, podemos analisar a IA Gen não como uma ferramenta neutra, mas como um ator que entra na sala de aula e ativamente reconfigura as práticas de ensino, aprendizagem e interação social.

A integração da TMC e da TAR permite, portanto, uma análise multifacetada: a TMC ilumina as transformações nos processos cognitivos individuais mediados pela IA Gen (Mediação Sofotécnica), enquanto a TAR revela como essa mediação reestrutura a rede social e material da sala de aula, considerando a agência do próprio sistema de IA.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados revelou quatro temas centrais que descrevem o impacto da IAGen na experiência de aprendizagem dos estudantes.

Tema 1: A Transformação do Processo Cognitivo e o Desenvolvimento de Estratégias

O primeiro e mais evidente achado da investigação é que a integração da IAGen reconfigurou fundamentalmente os processos cognitivos e as estratégias de abordagem de tarefas dos estudantes, promovendo um modelo dinâmico de cognição distribuída. A estudante E2 descreve essa mudança de paradigma: *"Mudou bastante. Porque antes eu não tinha pensado: 'Ah, vou ali pedir uma ideia para fazer essa coisa' [...] e aí agora eu já penso nisso antes."*

Essa internalização da IA como um passo inicial no processo criativo evidencia a Mediação Sofotécnica (SOUZA et al., 2024). Essa reconfiguração manifesta-se em diferentes perfis estratégicos:

- Estratégia de Estruturação (Top-Down): Estudantes como E8, E3 e E10 usam a IA para gerar a estrutura inicial de trabalhos, como E8 verbaliza: *"eu peço para o chat primeiro: 'Ah, me dê uma estrutura.' Aí ele dá a estrutura, aí eu pesquiso e aí eu monto para ele."*
- Estratégia de Complemento (Bottom-Up): E1 (Laura) primeiro organiza o que já sabe para depois recorrer à IA de forma cirúrgica: *"eu pesquiso só aquilo que eu realmente não sei."*
- Estratégia de Eficiência Cotidiana: E13 substitui a pesquisa dispersa pela consulta direta à IA para tarefas práticas, valorizando a informação sintetizada e organizada.

A emergência dessas estratégias aprofunda o conceito de cognição distribuída da TMC, com a IAGen funcionando como um *locus* extracerebral para planejamento. Do ponto de vista da TAR, este fenômeno é um processo de tradução (CALLON, 1986), onde estudante e IA negociam e alinham um plano de ação, com a IA atuando como mediadora que transforma a ação.

Tema 2: A Fluência em *Prompting* como Competência Cognitiva Central



A pesquisa identificou a emergência da fluência em *prompting* como uma nova e essencial competência cognitiva. Os estudantes aprenderam a "dialogar" eficazmente com a IAGen, desenvolvendo uma consciência metacognitiva sobre a formulação da pergunta. E1 narra sua curva de aprendizado: *"no início do ano [...] eu só soltava assim a pergunta [...] E daí eu percebi que, depois de mudar um pouco esse jeito [...] a resposta que eu obtinha [...] era um pouco mais completa".* .

Essa fala ilustra o desenvolvimento de "mecanismos internos" ou "drivers" (SOUZA, 2004). Estudantes como E10 e E7 confirmam que agora conseguem ser "mais direcionados" . A estratégia de adicionar contexto, mencionada por E8 (*"eu sempre boto: 'Oi, eu sou do terceiro ano do ensino médio.' Dá um contexto."*), demonstra sofisticação. A aquisição de um repertório de comandos ("resuma", "explique como se fosse uma criança", "crie uma tabela") é manifestação tangível da Mediação Sofotécnica.

A fluência em *prompting* evidencia a adaptação cognitiva descrita pela TMC, internalizando uma nova lógica operacional – um *driver* mental – para interagir com o mecanismo externo (IAGen). Na perspectiva da TAR, essa competência é o aprendizado de como "inscrever" interesses na IA para alinhá-la aos objetivos. O *prompt* bem-sucedido recruta a IA para a rede do estudante. A evolução de "soltar a pergunta" para "dar um contexto" representa uma passagem de comando para negociação com um *actante* não-humano.

Tema 3: A IA como Mediadora na Construção de Imagens Mentais em Física

A IAGen emergiu como um poderoso mediador na construção de imagens mentais, auxiliando na visualização de fenômenos abstratos e invisíveis da Física. E2 é categórica: *"nas coisas conceituais [...] IA de vídeo, de imagem, tu consegue visualizar uma coisa que às vezes a gente não consegue imaginar só falando sobre."*

Sobre magnetismo, ela relata: *"eu pedi na IA de imagem, daí eu consegui visualizar"*. A importância da visualização é contrastada com as limitações dos experimentos físicos por E12: *"Ficou mais visível, mas a gente ainda não sabe... como que funciona tipo por dentro [...] o que que tá puxando? Eu não tô vendo nada."* .

É para "ver" o invisível que a mediação via IAGen se torna fundamental. Curiosamente, E3 prefere a IA a um simulador tradicional, pois, mesmo imperfeita, *"é o que me faz imaginar mais"*, sugerindo um estímulo cognitivo mais ativo.



Este achado posiciona a IAGen como um Mecanismo Externo que avança da Mediação Hiper cultural (observação) para a Mediação Sofotécnica (co-criação de representações). Na TMC, a IA permite ao estudante participar ativamente da geração da representação externa, fortalecendo a internalização. Sob a lente da TAR, a rede (estudante, conceito abstrato, IAGen) é estabilizada pela IA, que atua como mediador indispensável, traduzindo a abstração em um artefato visual concreto e permitindo uma relação mais sólida com o conceito de Física.

Tema 4: A Emergência da Rede Sócio-Emocional e a Negociação com o *Actante* IA

A análise sob a ótica da TAR revela que a relação com a IAGen transcende o utilitário, tornando-a um *actante* que evoca respostas sociais e emocionais. A tendência à humanização é evidente. E1 relata iniciar a interação com polidez social. E9 expressa empatia: *"Eu fico com dó às vezes. [...] Eu fico com dó quando eu esqueço de agradecer"*. Este sentimento evidencia a agência atribuída à IA.

Os estudantes também negociam ativamente o papel deste novo ator:

- IA como Mediadora Social: E7 relata usar o chat para ter uma "segunda visão", substituindo a interação com uma amiga .
- Tensão entre Auxílio e Dependência: E12 reflete sobre o risco: *"a gente não consegue distinguir o ponto que a gente tem que parar [...] ao invés de ficar usando o tempo inteiro a IA"*.
- Reconfiguração do Futuro Profissional: Debatem se a IA irá desvalorizar profissões (E6, E12) ou selecionar quem sabe usá-la (E3) .

Os dados oferecem campo fértil para a TAR. A atribuição de sentimentos ou o uso de polidez exemplificam a atribuição de agência a um não-humano, tratando a IA como um mediador que age e reage. A fala de E7, que substitui a amiga Marina pela IA, é um caso exemplar de como um novo *actante* reconfigura ativamente as dinâmicas de uma rede social, alterando o fluxo de comunicação e gerenciando o capital social. Isso demonstra um princípio central da TAR: a introdução de novos atores transforma a natureza da rede.

Perfis de Mediação Sofotécnica: Estratégias e Apropriações Comparativas



A análise conjunta dos dados permite traçar perfis distintos de apropriação da tecnologia, ilustrando a diversidade com que a Mediação Sofotécnica se manifesta. Longe de ser um fenômeno monolítico, a integração da IAGen varia em profundidade, estratégia e intenção.

- Perfil 1: A Arquiteta Estratégica: Caracterizado por um uso planejado e metacognitivo da IAGen para estruturar e otimizar fluxos de trabalho. A IA é convocada no início do processo, atuando como parceira na concepção. E8 exemplifica: *"Eu peço para o chat primeiro: 'Ah, me dê uma estrutura.' Ai ele dá a estrutura, aí eu pesquiso e aí eu monto para ele."* . E3 e E10 demonstram estratégia similar. E7 aplica isso profissionalmente, otimizando a criação de roteiros . A "Arquiteta" vê a IAGen como colaboradora que potencializa a organização.

- Perfil 2: A Aprendiz Pragmática e Visual: Utiliza a IAGen de forma focada para superar barreiras de aprendizagem, especialmente na visualização de conceitos abstratos. O valor da IA reside em sua capacidade de traduzir o complexo em concreto. E12 aponta a lacuna do experimento real: *"Ficou mais visível, mas a gente ainda não sabe... como que funciona tipo por dentro [...] Eu não tô vendo nada."* . E2 corrobora, afirmando que com IA *"tu consegue visualizar uma coisa que às vezes a gente não consegue imaginar só falando sobre"*.

- Perfil 3: A Exploradora Funcional: Grupo mais numeroso (E4, E5, E6, E9, E10, E11, E13), utiliza a IA de forma instrumental para tarefas pontuais (resumir textos, buscar receitas, criar convites) . A IA é vista como um "plus", um recurso útil, mas com integração menos profunda. E10 define: *"Não, ela vem com um plus. Ela vem pra ajudar. É, pra ser um algo a mais."* . Há maior consciência sobre riscos, como a desvalorização profissional expressa por E6 (Nutrição) . A interação é eficiente, mas não reconfigura fundamentalmente o processo cognitivo inicial.

A existência desses perfis demonstra que a Mediação Sofotécnica é um espectro de interações, variável conforme características individuais e objetivos, pintando um quadro complexo da sua emergência no ambiente educacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou os impactos da interação com a Inteligência Artificial Generativa (IAGen) no desenvolvimento cognitivo de estudantes do Ensino



Médio, no contexto do ensino de Física, sob a ótica da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) e da Teoria Ator-Rede (TAR). Os resultados revelam que a IAGen, operando através da Mediação Sofotécnica, reconfigura profundamente os processos de aprendizagem e as estratégias cognitivas dos alunos. Evidenciou-se o desenvolvimento da fluência em prompting como uma nova competência essencial, a capacidade da IAGen em auxiliar na visualização de conceitos abstratos da Física, tornando-os mais tangíveis, e a emergência de uma rede socioemocional complexa envolvendo os estudantes e a IA, compreendida como um actante (LATOUR, 2005).

Contudo, a pesquisa também identificou desafios cruciais, notadamente a tensão entre o auxílio cognitivo e o risco de dependência tecnológica, com estudantes expressando preocupação sobre a perda de autonomia. Tais achados corroboram a conclusão de que a Mediação Sofotécnica não é intrinsecamente benéfica ou maléfica, mas seu impacto depende fundamentalmente das estratégias pedagógicas adotadas. A mera introdução da tecnologia não garante avanços; é necessária uma mediação docente intencional e crítica, que promova o uso reflexivo e estratégico da IAGen, equilibrando inovação e agência discente.

A articulação entre TMC e TAR mostrou-se profícua, permitindo analisar tanto as transformações cognitivas individuais quanto as reconfigurações da rede sociotécnica da sala de aula. O estudo contribui para os debates sobre cognição distribuída em ambientes educacionais híbridos e para a formulação de políticas e práticas pedagógicas que abordem o uso da IAGen de forma consciente e crítica no Ensino Médio. Pesquisas futuras podem aprofundar a análise, incorporando dados gestuais para investigar a formação de imagens mentais e expandindo o estudo para outros contextos socioeducacionais.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BRAUN, Virginia; CLARKE, Victoria. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006.
- CALLON, Michel. Some elements of a sociology of translation: Domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *In*: LAW, John (ed.). **Power, action and belief: a new sociology of knowledge?** London: Routledge, 1986. p. 196-223.



CRESWELL, John W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa:** escolhendo entre cinco abordagens. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

ERICKSON, Frederick. Qualitative methods in research on teaching. *In*: WITTROCK, Merlin C. (ed.). **Handbook of research on teaching**. 3rd ed. New York: Macmillan, 1986. p. 119-161.

GEERTZ, Clifford. **A interpretação das culturas**. Rio de Janeiro: LTC, 1989.

LATOUR, Bruno. **Reassembling the social:** An introduction to actor-network-theory. Oxford: Oxford University Press, 2005. (Edição brasileira: LATOUR, Bruno. **Reagregando o social:** uma introdução à Teoria do Ator-Rede. Salvador: EDUFBA; Bauru: EDUSC, 2012.)

SOUZA, B. C. **A Teoria da Mediação Cognitiva:** os impactos cognitivos da Hipercultura e da Mediação digital. 2004. Tese (Doutorado em Psicologia Cognitiva) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SOUZA, B. C. D.; SERRANO, A.; ROAZZI, A. The generative AI revolution, cognitive mediation networks theory and the emergence of a new mode of mental functioning: Introducing the Sophotechnic Mediation scale. **Computers in Human Behavior: Artificial Humans**, 2024.

