

Arquitetura Pedagógica para a Aprendizagem de Fisiologia Humana no Ensino Médio: Uma Proposta com IA Generativa e Aprendizagem Ativa

Pâmela Perini^{1,2}, Rosane Aragón²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS),
Campus Farroupilha – Av. São Vicente, n. 785 – Cinquentenário – 95.174-274 –
Farroupilha – RS – Brazil

²Programa de Pós-Graduação em Educação – Universidade Federal do Rio Grande do
Sul (UFRGS) – Porto Alegre – RS – Brazil

pamela.perini@farroupilha.ifrs.edu.br, rosane.aragon@ufrgs.br

Abstract. *This paper presents a proposal for a Pedagogical Architecture (PA) focused on Human Physiology learning within High School. As a central innovation, the activity “Physiology Detectives” was integrated, in which students interact with Generative Artificial Intelligence (GenAI), developing physiological reasoning and critical digital literacy. The structural aspects of PA are described, and PA is discussed based on the Pedagogy of Uncertainty and on the constructivist conception of learning. Future implementations of this PA in classrooms may evidence the expected results, which include greater engagement, protagonism in learning, and an integrated understanding of the human body physiological systems.*

Keywords— *Biology, Generative AI, Pedagogical Architectures, High School*

Resumo. *Este artigo apresenta uma proposta de Arquitetura Pedagógica (AP) voltada à aprendizagem de Fisiologia Humana no Ensino Médio. Como inovação central, integra-se a atividade “Detetives da Fisiologia”, na qual estudantes interagem com Inteligência Artificial Generativa (IAGen), desenvolvendo raciocínio fisiológico e letramento digital crítico. A AP é descrita em seus aspectos estruturantes, e discutida à luz da Pedagogia da Incerteza e da concepção construtivista de aprendizagem. Realizações futuras desta AP em sala de aula poderão evidenciar os resultados esperados, que incluem maior engajamento, protagonismo na aprendizagem e compreensão integrada dos sistemas fisiológicos do corpo humano.*

Palavras-chave— *Biologia, IA Generativa, Arquiteturas Pedagógicas, Ensino Médio*

1. Introdução

A aprendizagem de Fisiologia Humana no Ensino Médio apresenta desafios recorrentes: o volume de conceitos, a abstração dos processos celulares e sistêmicos e a distância percebida pelos estudantes entre os conteúdos escolares e suas experiências corporais cotidianas. Ao mesmo tempo, as juventudes contemporâneas são atravessadas por tecnologias digitais que são ainda pouco articuladas pedagogicamente em sala de aula.

Esse cenário exige propostas que superem o modelo transmissivo de ensino e promovam a participação ativa, a investigação e a autoria.

As Arquiteturas Pedagógicas (APs), conceito desenvolvido por Carvalho e colaboradores (2007) oferecem uma resposta estruturada a esse desafio. Diferentemente de estratégias didáticas que subsidiam a ação do professor enquanto processo de ensino, as APs constituem microecossistemas de aprendizagem [Aragón 2016] que integram uma relação entre teoria e prática, tecnologia digital e concepção flexível de tempo e espaço, orientadas pelos princípios da Pedagogia da Incerteza e da epistemologia construtivista.

Este artigo apresenta uma AP para o conteúdo de Fisiologia Humana do componente curricular Biologia, em turmas de educação básica em nível de Ensino Médio. A dinâmica envolve (1) sondagem e mobilização inicial, (2) levantamento de informações gerais dos sistemas com revisão por pares e visualização em modelos 3D, (3) integração de sistemas em condições fisiológicas de interesse e produção de artefato educacional, (4) atividade “Detetives da Fisiologia” com utilização de inteligência artificial generativa (IAGen), e (5) compartilhamento, avaliação e síntese.

O artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 apresenta-se o referencial teórico; na Seção 3, objetivos e descrição da AP; na Seção 4, uma análise e reflexão sobre a AP; e na Seção 5, as considerações finais.

2. Referencial Teórico

2.1. Arquiteturas Pedagógicas: fundamentos epistemológicos e elementos estruturantes

As Arquiteturas Pedagógicas emergem na confluência da concepção construtivista de aprendizagem, de Jean Piaget, e da pedagogia da pergunta, de Paulo Freire [Carvalho et al. 2007].

A epistemologia genética, conforme Piaget (1978), oferece o fundamento psicológico central das Arquiteturas Pedagógicas. Para Piaget, o conhecimento não é transmitido de fora para dentro, mas construído pelo próprio sujeito em sua interação com o meio físico, social e simbólico. Esse processo se dá por meio de mecanismos de assimilação, acomodação e equilíbrio: quando o sujeito se depara com uma situação que não consegue apreender, ocorre um desequilíbrio cognitivo que impulsiona a busca por novas elaborações cognitivas [Piaget 2013]. A aprendizagem, nessa perspectiva, é sempre ativa: não há compreensão sem ação e reflexão do sujeito sobre o objeto de conhecimento [Piaget 1978]. Ainda, essa aprendizagem é potencializada em espaço de construção conjunta (cooperativa) [Piaget 1978].

Paulo Freire, na Pedagogia da Pergunta [Freire e Faundez 1998], opõe-se à educação bancária, aquela em que o professor deposita conteúdos em estudantes passivos, e propõe uma educação fundada no diálogo, na curiosidade epistemológica e na capacidade de perguntar. A pergunta, nesse sentido, é o motor do processo de conhecer: é ela que rompe a passividade e abre o sujeito para o mundo.

Inspirados em Piaget e Freire, Carvalho e colegas (2007) propõem a Pedagogia da Incerteza como fundamento epistemológico das APs. A Pedagogia da Incerteza pressupõe que o conhecimento não está assentado em certezas fixas, mas nasce do

movimento, da dúvida e da necessidade de busca. Educar para a incerteza implica “cinco princípios pedagógicos: (1) educar visando à busca de soluções para problemas reais (cotidianos); (2) educar para que os sujeitos transformem informações em conhecimentos; (3) educar para incentivar a autoria, a interlocução e o uso de diferentes linguagens; (4) educar para a construção da autonomia e da cooperação; (5) educar para promover sujeitos investigadores e reflexivos” [Menezes et al. 2021, s.p.].

A integração desses pressupostos em uma práxis pedagógica considera uma relação dinâmica entre a teoria e a prática e seus vários elementos. Menezes e colaboradores (2021) esclarecem essa integração e associam-na ao viés metodológico das arquiteturas pedagógicas: “As arquiteturas não poderão seguir as formas de trabalho tradicionais baseadas no aporte de novas informações e exercícios repetitivos, fechados e factuais. Elas pressupõem uma postura ativa, envolvendo pesquisa, atividades interativas, autorais, com apoio em suportes informáticos e abordagens problematizadoras por parte do professor. Esses componentes atuam de forma a provocar, por um lado, desequilíbrios cognitivos e, por outro, suportes para as reconstruções” [Menezes et al. 2021, s.p.].

Aparecem associadas às APs expressões como “estrutura de aprendizagem” [Carvalho et al. 2007], “arcabouço estruturante” [Aragón 2016] ou “microecossistema cognitivo” [Aragón 2016], nessa ordem também como um viés de consolidação do conceito de arquitetura pedagógica. Para dar conta desse conceito e do viés metodológico, lança-se mão de “abordagem pedagógica ativa”, coerente com os fundamentos de Piaget e Freire, “tecnologia digital (software, internet, inteligência artificial e outros)” como ferramenta de trabalho e criação contemporâneos, e “concepção flexível de tempo e de espaço” transcendendo o livro didático e a sala de aula e respeitando o ritmo do sujeito aprendente [Carvalho et al. 2007; Menezes et al. 2021]. É possível destacar o entendimento de que os aspectos pedagógicos e tecnológicos devem ser concebidos de forma integrada, não como adendos um ao outro. Menezes e Aragón (2018) também apontam “mediações pedagógicas distribuídas” e “avaliação processual” como outros componentes que caracterizam as APs.

Nesse contexto e considerando que as APs pressupõem a integração entre abordagem pedagógica e tecnologia digital, cabe examinar algumas implicações do uso da inteligência artificial generativa como ferramenta de aprendizagem no ambiente escolar contemporâneo.

2.2. IA Generativa na Educação

A inteligência artificial generativa (IAGen) ganhou grande visibilidade pública recentemente pela diversidade de plataformas acessíveis gratuitamente a usuários comuns e pela velocidade em que são desenvolvidas suas novas capacidades de planejamento e execução de tarefas. Eis uma definição de IAGen: “A Inteligência Artificial Generativa (IAGen) é uma tecnologia de inteligência artificial (IA) que utiliza aprendizagem de máquina para gerar conteúdo novo (texto, imagem, código, áudio, vídeo etc.) em resposta a comandos (“prompts”) fornecidos pelo usuário (que chamamos de “linguagem natural”). Ela gera seu conteúdo analisando estatisticamente grandes volumes de dados através das distribuições de palavras, pixels ou outros elementos nos dados que foram consumidos, e identificando e reorganizando padrões comuns (por exemplo, quais palavras geralmente aparecem seguidas de outras palavras)” [Brasil 2026, p. 9].

A IAGen abre novas possibilidades para a educação quando mobilizada de forma pedagógica intencional. O documento “Inteligência artificial na educação básica: documento orientador sobre caminhos curriculares e práticas éticas de uso de IA nas escolas”, lançado pelo Ministério da Educação (MEC) em abril de 2026 [Brasil 2026], é um marco para a educação brasileira, estabelecendo diretrizes para a integração da IAGen. Por exemplo, o documento diferencia e articula duas abordagens para o planejamento pedagógico e curricular: aprender “com” IAGen e aprender “sobre” IAGen. Também traz orientações por etapa de ensino, indicando o início da apresentação e avaliação de conteúdos de IAGen nos anos finais do ensino fundamental e prevendo para o ensino médio um aprofundamento do letramento digital, com discussões e análises críticas e exploração prática de ferramentas. As aprendizagens com e sobre IAGen se relacionam com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [Brasil 2018] e com a Educação Digital e Midiática [Brasil 2025].

O documento orientador nacional [Brasil 2026] bem como o Guia da Unesco para IAGen na Educação e na Pesquisa [Unesco 2023] enfatizam o uso ético das ferramentas, o cuidado com a segurança dos dados e a centralidade no ser humano nas ações de criação e julgamento. Trazem também outros elementos pertinentes que podem ser discutidos ou considerados nas práticas, como as desigualdades digitais e no acesso à tecnologia, e o risco de reforço de padrões, estigmas e preconceitos [Brasil 2026].

3. Arquitetura Pedagógica para a Aprendizagem de Fisiologia Humana

3.1. Contexto e objetivos

A Arquitetura Pedagógica aqui proposta para a Aprendizagem de Fisiologia Humana dedica-se ao componente curricular Biologia, para turmas de educação básica em nível de Ensino Médio. O público é composto por jovens que têm crescido com muitos vínculos a telas e ambientes digitais, e que são também curiosos sobre o funcionamento do próprio corpo, mas nem sempre com acesso a fontes seguras de informação sobre saúde e fisiologia. A proposta foi concebida a partir de experiências prévias parciais realizadas em turmas de cursos técnicos integrados ao ensino médio do IFRS Campus Farroupilha, ao longo do tempo de experiência docente da primeira autora. Essas experiências prévias foram revisadas pelo referencial teórico das APs e complementadas com uma dinâmica de simulação utilizando ferramentas de IAGen, coerente com o cenário emergente da educação.

Quanto ao tempo de envolvimento, sugere-se, para fins de planejamento e dimensionamento prévios, uma dedicação de 10 horas-aula (presenciais ou híbridas), de 50 minutos cada, para o desenvolvimento completo da AP. Os recursos digitais que se farão presentes também expressam o princípio de ampliação e flexibilização de tempos e espaços, ao permitir a continuidade dos aprendizados para além do território e do horário da sala de aula.

Os objetivos da Arquitetura Pedagógica para a Aprendizagem de Fisiologia Humana são: i) Examinar a vida humana como manifestação de sistemas organizados; ii) Reconhecer e explicar a estrutura e o funcionamento geral dos sistemas fisiológicos do ser humano; iii) Analisar a integração dos sistemas na manutenção da homeostase em condições fisiológicas cotidianas ou seu desequilíbrio em condições patológicas; iv) Reconhecer a importância da construção contínua de uma vida saudável a partir do estudo da fisiologia humana; e v) Refletir sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e

Sociedade, posicionando-se argumentativamente diante de fatos cotidianos. Ainda é possível mencionar que a AP está estruturada de forma com que o estudante seja capaz de interagir criticamente com plataformas digitais, bem como estimulando sua curiosidade, proatividade, colaboração e respeito no trabalho em equipe.

3.2. Conteúdos a serem trabalhados

O estudo de fisiologia humana está organizado em dois eixos complementares de conteúdos.

O primeiro eixo são os sistemas fisiológicos constituintes da estrutura humana: esquelético, muscular, digestório, respiratório, cardiovascular, imunológico (ou linfático), excretor, tegumentar, endócrino, nervoso (geral) e nervoso sensorial. Este eixo tem em primeira análise uma abordagem “enciclopédica”, mas ocupa na AP uma posição de sondagem inicial, reconhecimento do próprio corpo e no exercício da cooperação e mediação distribuída.

O segundo eixo são os temas fisiológicos integradores, que exigem a articulação entre múltiplos sistemas, por exemplo: ciclo circadiano; envelhecimento; desordens metabólicas como obesidade e diabetes; transtornos de saúde mental como ansiedade, depressão, por uso de substâncias químicas, e vícios comportamentais (como compras compulsivas, jogos, apostas); condições patológicas multissistêmicas como esclerose lateral amiotrófica (ELA) e fibromialgia; intervenções estéticas sobre a pele como aplicações de piercing, tatuagem e transplante capilar; fenômenos de regulação da homeostasia corporal como regulação de temperatura corporal, regulação de pressão arterial e regulação em diferentes altitudes ou profundidades; exames diagnósticos por imagem (raio-X, tomografia, ressonância magnética, ultrassonografia, densitometria óssea), etc. Outros tantos temas podem ser sugeridos pelo professor ou pelos estudantes envolvidos, relacionados a dúvidas da etapa anterior de trabalho ou não.

Por essa organização dual se revela a contradição de que cada sistema é estudado em sua especificidade, mas a compreensão aprofundada só é possível nas relações com outros sistemas e com situações concretas da vida. As incertezas serão maiores nesse segundo eixo, ao mesmo tempo que permitem uma formação mais significativa aproximando os sujeitos de experiências reais.

3.3. Recursos tecnológicos acionados

As tecnologias acionadas na AP foram selecionadas de forma integrada à concepção pedagógica, e para todas o professor poderá fazer suas adaptações. As tecnologias convencionais incluem quadro, canetões e materiais pessoais dos estudantes. Algumas tecnologias digitais serão básicas para o trabalho, como computadores com acesso à internet (em laboratório de informática ou computadores/celulares pessoais dos alunos). Ainda, sugerem-se os recursos:

- Vídeo didático “Corpo Humano 101 | *National Geographic*”¹ (ou equivalente): disparador para a discussão dos conhecimentos prévios e sequência do estudo;
- Google Docs²: para registros digitais compartilháveis e de retornos;

¹Vídeo do canal YouTube National Geographic, aproximadamente 10 minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ae4MadKPJC0&list=PL4sKdZ-5EILGdDvG2UcnqVW70lzHUtnIm&index=3>. Último acesso em 07/05/2026.

- Google Planilhas: repositório coletivo e colaborativo do conhecimento produzido pelos grupos sobre os sistemas fisiológicos;
- Google Formulários: matriz de avaliação formativa e de *feedback* processual conforme critérios estabelecidos;
- Google Documentos: ambiente de redação para organização e formalização do raciocínio pelos grupos na atividade “Detetives da Fisiologia”;
- Aplicativo “BioDigital - *Interactive 3D Anatomy*”³ (ou equivalente): exploração de modelos tridimensionais e de movimentos dos sistemas fisiológicos;
- Canva⁴ (ou equivalente): plataforma de editoração para a criação de artefatos pedagógicos de síntese teórica e comunicação visual;
- Inteligência artificial generativa (IAGen) (ChatGPT, Gemini, Claude, DeepSeek ou equivalentes): simulação de casos clínicos fictícios na atividade “Detetives da Fisiologia”, com uso crítico orientado pelo professor.

Foram escolhidas ferramentas digitais gratuitas (ou *freemium*) amplamente acessíveis, respeitando a realidade material dos estudantes e das instituições, e reduzindo barreiras de acesso. Ao mesmo tempo, o uso dessas tecnologias é sempre mediado pedagogicamente; não se trata de usar a tecnologia pela tecnologia, mas de colocá-la a serviço da investigação, da cooperação e da autoria.

3.4. Dinâmica da AP

A Tabela 1 descreve a sequência de etapas da proposta de Arquitetura Pedagógica para a aprendizagem de Fisiologia Humana no Ensino Médio, com as atividades planejadas e os recursos digitais acionados em cada momento. Sugere-se um tempo aproximado de 1 hora-aula (50 minutos) para cada etapa.

Tabela 1. Dinâmica da Arquitetura Pedagógica para a aprendizagem de Fisiologia Humana e recursos digitais acionados.

Etapas	Atividades da AP de Fisiologia Humana	Recursos digitais
1	Breve levantamento do conhecimento prévio dos estudantes sobre fisiologia humana e seus sistemas, com registro coletivo em quadro. Assistir ao vídeo introdutório e debater coletivamente.	Computador e projetor multimídia; Vídeo sugerido “ <i>Corpo Humano 101</i> ” (NatGeo).
2	Estudantes organizam-se em pequenos grupos (2 ou 3 estudantes) e distribuem entre si os diferentes sistemas fisiológicos. Cada grupo pesquisa e preenche a seção (aba ou coluna) correspondente em uma planilha digital compartilhada. Tópicos sugeridos para a pesquisa sobre cada sistema: estrutura, funcionamento, imagem, efeito sob uso de álcool ou outras drogas, 3 doenças, 5 ou mais curiosidades (questões instigadas pelo professor e/ou partindo dos estudantes), e referências (sítios na internet ou IAGen).	Laboratório de informática (ou computador pessoal) com acesso à internet; Google Planilhas.
3	Professor retoma produções com <i>feedbacks</i> coletivos. Cada grupo comenta a seção de pelo menos 2 grupos de colegas	Laboratório de informática (ou

²Pacote Google Docs, acesso às ferramentas Documentos, Formulários e Planilhas do Google. Disponível em: <https://docs.google.com/>. Último acesso em 07/05/2026.

³BioDigital, Inc. Há uma quantidade limite mensal de imagens gratuitas. Disponível em: <https://www.biodigital.com/>. Último acesso em 07/05/2026.

⁴Disponível em: <https://www.canva.com/>. Último acesso em 07/05/2026.

	diferentes, podendo inserir perguntas. Grupos revisam e ampliam a planilha. Grupos respondem duas questões adicionais avaliativas.	computador pessoal) com acesso à internet; Google Planilhas.
4	Exploração de sítios online ou de aplicativos para dispositivos móveis (gratuitos) para visualização de modelos anatômicos tridimensionais e de movimento dos sistemas fisiológicos de interesse.	Aplicativo sugerido: “ <i>BioDigital – Interactive 3D Anatomy</i> ”.
5	Distribuição de temas fisiológicos integradores entre os grupos. Tópicos sugeridos para a pesquisa sobre cada tema: explicação fisiológica, conexão entre sistemas, impactos na relação do organismo com ambiente, exemplos, curiosidades etc., e referências.	Laboratório de informática (ou computador pessoal) com acesso à internet.
6	Elaboração de um artefato pedagógico (sugestão: infográfico) para síntese teórica e compartilhamento (comunicação visual). O compartilhamento é, em primeiro momento, entre colegas; pode ser avaliado (ao final da AP) interesse e possibilidade de publicação online dos materiais para divulgação científica à comunidade.	Laboratório de informática (ou computador pessoal) com acesso à internet; Canva (sugestão).
7	Atividade com IAGen: “Detetives da Fisiologia”. Antes de iniciar, professor pode conduzir breve explicação sobre a interação com uma IAGen e a redação de <i>prompts</i> . Grupos de estudantes interagem com <i>chatbot</i> de IAGen configurado como paciente com determinada condição ou desequilíbrio fisiológico não revelado aos alunos. Os estudantes formulam perguntas e realizam o diagnóstico com justificativa fisiológica coerente.	Laboratório de informática (ou computador pessoal ou celular) com acesso à internet; IAGen.
8	Atividade com IAGen: “Detetives da Fisiologia”. Grupos elaboram ficha de investigação ou laudo.	Laboratório de informática (ou computador pessoal) com acesso à internet; Google Documentos.
9	Apresentações orais para a turma (aprox. 5 minutos por grupo): infográfico sobre tema fisiológico integrador e resumo da atividade “Detetives da Fisiologia”. Professor e estudantes podem fazer perguntas ou comentários.	Computador e projetor multimídia.
10	Cada grupo avalia as apresentações dos colegas e realiza a autoavaliação, por meio de formulário online. (Pode ser concomitante com etapa anterior.) Síntese integradora conduzida pelo professor com colaboração dos estudantes.	Laboratório de informática (ou computador pessoal) com acesso à internet; Google Formulários.

A dinâmica da AP assim constituída expressa a concepção de aprendizagem como processo artesanal [Carvalho et al. 2007]: cada encontro articula ação, interação e reflexão, de modo que o conhecimento sobre o corpo humano se constrói progressivamente, em rede e com autoria.

Concepção da atividade “Detetives da Fisiologia” e *prompt* para IAGen. A atividade “Detetives da Fisiologia” é inspirada na arquitetura pedagógica de estudo de caso e resolução de problema [Carvalho et al. 2007], adaptada para o uso de inteligência artificial generativa como ferramenta de simulação clínica. Nela, grupos de estudantes interagem com um *chatbot* de IAGen (por exemplo, ChatGPT, Gemini, Claude, DeepSeek...) configurado como um paciente fictício que apresenta sintomas de uma condição fisiológica não revelada. Os estudantes assumem o papel de “médicos investigadores” e devem, por meio de perguntas fundamentadas em conceitos fisiológicos, identificar o sistema comprometido, o processo biológico afetado e o diagnóstico provável.

Para o início da dinâmica, o professor apresenta aos grupos de alunos o seguinte *prompt* como ponto de partida para utilizarem na atividade (adaptável ao sistema fisiológico ou ao tema fisiológico integrador atribuído ao grupo):

“Aja como um paciente fictício que chega a um posto de saúde. Escolha secretamente uma condição ou desequilíbrio fisiológico que afete prioritariamente o(a) [INSERIR SISTEMA/TEMA FISIOLÓGICO], adequada para o nível de conhecimento do Ensino Médio. Regras da interação: 1. Não revele o nome da condição em hipótese alguma, a menos que eu apresente o diagnóstico correto com a justificativa fisiológica. 2. No início, descreva apenas como você se sente de forma genérica. 3. Responda às minhas perguntas sobre seus sintomas, hábitos e histórico de forma realista, sem usar termos médicos avançados. 4. Se eu fizer perguntas sobre exames, forneça dados que sejam coerentes com a sua condição secreta. 5. Se eu estiver muito perdido (sem perguntas pertinentes para o entendimento ou diagnóstico há 3 rodadas), você pode dar uma pequena pista sobre qual processo biológico eu devo pesquisar. A dica deve ser uma pergunta de paciente ou o reforço de algum detalhe dos sintomas que não foi considerado. Estou pronto. Comece descrevendo como você está se sentindo ao entrar no consultório.”

Reforça-se que essa (acima) é uma sugestão de *prompt* para a atividade. A redação pode ser ajustada após discussão das regras com os estudantes antes ou, eventualmente, durante a realização da atividade “Detetives da Fisiologia”. É interessante também aproveitar a oportunidade para realizar uma conversa com os estudantes sobre o uso de IAGen e redação de *prompts*.

A dinâmica segue com os estudantes desenvolvendo a investigação por meio de perguntas dentro da conversa com a IAGen, que está no papel de paciente. De forma a organizar o pensamento e o formalizar o raciocínio fisiológico, os grupos devem redigir uma “ficha de investigação” ou “laudo médico”, contendo principais sintomas (relato do paciente), interrogatório clínico (as perguntas mais relevantes feitas pelo grupo para descobrir pistas para a resolução do caso), dados de exames (informações complementares oferecidas pela IAGen enquanto paciente), processo fisiológico afetado e a respectiva justificativa, diagnóstico final (nome da condição médica) e sugestão de tratamento (mudanças de comportamento, intervenções cirúrgicas, uso de medicamentos...). Considera-se, pertinente, ainda, uma etapa de verificação crítica, em que o grupo realiza a confirmação de alguma informação ou conceito vindo da IAGen por meio de checagem em livro didático, artigo científico ou outra fonte segura. Essa verificação também pode ser registrada na ficha de investigação.

A atividade culmina em uma apresentação oral em que cada grupo expõe o caso à turma. A turma pode tentar adivinhar o diagnóstico antes da revelação. Professor e demais estudantes podem atuar como “Diretor do Hospital”, ou outros personagens conforme a criatividade, formulando perguntas provocadoras sobre o caso.

3.5. Avaliação da aprendizagem na AP

Coerente com os princípios das APs, a avaliação dos estudantes participantes da Arquitetura Pedagógica para a aprendizagem de Fisiologia Humana no Ensino Médio pretende ser formativa, processual e pelos pares.

O trabalho sobre os sistemas fisiológicos do primeiro eixo de conteúdos, explorado por meio de uma planilha eletrônica compartilhada, é avaliado dentro da

própria planilha. Cada grupo, ao revisar a seção de pelo menos 2 grupos de colegas diferentes, pode inserir seus comentários como “Destaque do Revisor – Grupo [identificação do grupo]” apontando, por exemplo, o que aprendeu na aba do colega que não teria descoberto sozinho, ou o que mais gostou naquela seção, ou algum questionamento, dúvida, relação que fez com alguma situação experienciada. Após, quando cada grupo retorna para revisar sua própria seção (sistema) na planilha, poderia responder a duas questões adicionais, para reflexão sobre as ações da aprendizagem ocorridas até o momento. Traz-se aqui uma sugestão para essas questões: 1) Qual foi a descoberta que mais surpreendeu o grupo quanto à manutenção ou desequilíbrio da homeostase do sistema que vocês estudaram? 2) Escolha um dos sistemas que o grupo comentou (de outros colegas) e indique pelo menos 1 exemplo de como o funcionamento do seu sistema depende ou interfere diretamente do/no funcionamento do sistema deles.

A avaliação da produção do artefato pedagógico (infográfico) e da resolução da atividade “Detetives da Fisiologia” pode se dar de forma simultânea após apresentações coletivas. A ferramenta Google Formulários pode auxiliar. No início do formulário, realizar a seleção do grupo a ser avaliado (por exemplo: as opções “Grupo 1”, “Grupo 2”, “Grupo 3”... podem estar previamente cadastradas) e a seguir solicitar a identificação do grupo respondente. A seção de avaliação pode ser configurada usando a “grade de múltipla escolha”, com os critérios avaliativos nas linhas e a escala de avaliação nas colunas, o que poderá facilitar o *feedback* aos grupos. Como escala de avaliação sugere-se: não atende; atende parcialmente; atende satisfatoriamente; não se aplica. Todos os grupos avaliam a si próprios e a todos os demais usando os mesmos critérios. Quando um critério for exclusivo de resposta por autoavaliação (critérios de nº 5 e nº 10 identificados no parágrafo a seguir), o item “não se aplica” deve ser assinalado se o grupo respondente for diferente daquele que está sendo avaliado.

Como critérios avaliativos, sugerem-se 10 questões organizadas em dois blocos. Bloco 1 – referente ao artefato pedagógico sobre temas fisiológicos integradores: 1) Síntese e clareza visual: As imagens e textos facilitam a compreensão do fenômeno fisiológico? 2) Aprofundamento teórico: O trabalho demonstra como o tema afeta múltiplos sistemas e explica os processos biológicos envolvidos? 3) Confiabilidade e curadoria: Há evidências de pesquisa em fontes seguras? 4) Impacto e compartilhamento: O material cumpre sua função social, sendo capaz de informar uma pessoa leiga sobre o tema de forma ética? 5) Autoria e colaboração (Autoavaliação): O grupo trabalhou de forma cooperativa na busca de imagens e informações para compor o material e realizou sua seleção de forma crítica? Bloco 2 – referente à ficha de investigação ou laudo da atividade “Detetives da Fisiologia” utilizando IAGen: 6) Qualidade das perguntas: O grupo formulou perguntas com base em conceitos fisiológicos? 7) Raciocínio fisiológico: O laudo explica o “porquê” biológico dos sintomas, não apenas nomeia a doença? 8) Verificação crítica: Os estudantes confrontaram a resposta da IAGen com fonte confiável? 9) Proposta de intervenção: A solução sugerida é coerente com o sistema/tema fisiológico afetado? 10) Colaboração e registro (Autoavaliação): A ficha está organizada e o grupo trabalhou de forma cooperativa?

Lembra-se que os critérios avaliativos e a escala podem ser estabelecidos coletivamente; portanto, a sugestão aqui apresentada pode incorporar mudanças para melhor atender às demandas de cada turma. Ainda, um campo de texto aberto pode ser

adicionado ao formulário para apontamentos complementares ou justificativas de respostas, enriquecendo o *feedback*, inclusive para análise da própria AP.

4. Discussão

A Arquitetura Pedagógica para a aprendizagem de Fisiologia Humana aqui proposta se baseou no fundamento epistemológico da Pedagogia da Incerteza, conforme descrito na literatura [Carvalho et al. 2007]. Esse fundamento pode ser exemplificado na opção por estudar temas fisiológicos integradores (ex: envelhecimento, obesidade, regulação em altitude, ansiedade...) e simulações de uma investigação clínica, que não têm respostas prontas e que exigem do estudante a integração de saberes, a tolerância ao não-saber e a disposição para reformular hipóteses. A incerteza, nessa perspectiva, não é obstáculo, mas elemento constituinte do processo de aprender. Outrossim, a escolha de situações-problema genuínas, como a investigação de um caso médico com IAGen, provoca desequilíbrio e exige reorganização, promovendo a construção do conhecimento, conforme descrito por Piaget (2013). Por sua vez, o exercício da pergunta que os estudantes formulam ao “paciente”, a cooperação e revisões por pares em múltiplos momentos traduzem um pouco da pedagogia freireana [Freire e Faundez 1998].

Tais pressupostos organizam-se nos princípios pedagógicos das APs [Carvalho et al. 2007; Menezes et al. 2021], e suas expressões concretas na proposta para aprendizagem sobre Fisiologia Humana podem ser identificadas por meio da Tabela 2.

Tabela 2. Princípios pedagógicos de uma Arquitetura Pedagógica (AP) e sua descrição na proposta de AP para aprendizagem de Fisiologia Humana

Princípios pedagógicos da AP	Descrição na AP de Fisiologia Humana
Educar para a busca de soluções para problemas reais	Os temas fisiológicos integradores são ancorados em situações cotidianas e condições médicas concretas que os jovens reconhecem.
Educar para que os sujeitos transformem informações em conhecimentos	Esse processo pode ser validado por sondagem de conhecimentos prévios e avaliações ao longo da arquitetura, que sejam coerentes com os objetivos propostos.
Educar para a autoria	Cada grupo produz: a) uma seção da planilha coletiva; b) comentários ou perguntas na seção de grupo colega; c) um produto comunicativo (infográfico) sobre seu tema, sendo autor legítimo de conhecimento; d) perguntas para o <i>chat</i> na atividade com IAGen; e) uma ficha de investigação (laudo) síntese
Educar para a interlocução	Interação de estudantes entre si, entre estudantes e professor, entre estudantes e tecnologias, e entre os sistemas fisiológicos.
Educar para a cooperação	Dois a três estudantes formam pequenos grupos em que constroem conhecimento de forma colaborativa. É possível consultar material construído por colegas de outro grupo para esclarecer contextos ou aprofundamentos de um tema integrador.
Educar para promover sujeitos investigadores e reflexivos: ação e reflexão	Em cada aula, grupos registram aprendizagens e dúvidas; a IAGen é usada criticamente, com obrigatoriedade de verificação em fontes confiáveis; a avaliação processual permite refletir sobre a ação.

A partir dos princípios mencionados acima, a Tabela 3 apresenta os componentes de uma AP [Carvalho et al. 2007; Menezes et al. 2021] e, novamente, cada decisão metodológica da proposta pedagógica aqui apresentada pode ser rastreada até um argumento teórico estabelecido.

Tabela 3. Componentes de uma Arquitetura Pedagógica (AP) e sua descrição na proposta de AP para aprendizagem de Fisiologia Humana

Componentes da AP	Descrição na AP de Fisiologia Humana
-------------------	--------------------------------------

Ampliação de tempos e espaços	Atividades presenciais podem se alternar com outras a distância, ou se estenderem pelo uso de recursos digitais e internet: o laboratório de informática, o dispositivo pessoal do estudante e os ambientes digitais são espaços legítimos de aprendizagem.
Aprendizagem ativa e em rede	Os estudantes não apenas recebem informações, mas pesquisam, constroem planilhas colaborativas, elaboram infográficos, simulam casos clínicos fictícios com IAGen e apresentam para os pares.
Avaliação formativa	<i>Feedback</i> contínuo do professor, avaliação por pares na planilha compartilhada e nas apresentações de produções pedagógicas e da atividade com IA Gen, e autoavaliação.
Uso de diferentes linguagens	Vídeo didático, texto escrito em planilha, modelos 3D interativos, produção de infográfico, redação de laudo, apresentação oral.
Mediação distribuída	Professor é mediador ao longo do desenvolvimento da AP. Estudantes também atuam como mediadores ao comentar a planilha do grupo colega, ao contribuir na definição das regras da atividade com IAGen e ao elaborar perguntas nas apresentações.
Tecnologias digitais	Vídeo didático, Google Docs (Planilhas, Documentos, Formulários), aplicativo de modelos 3D de anatomia e fisiologia humana (BioDigital ou similar), <i>software</i> para infográfico (Canva ou outro), IAGen (ChatGPT, Gemini, Claude, DeepSeek ou outras).

Como se pode inferir pela síntese apresentada nas Tabelas 2 e 3, a dinâmica da AP propicia sujeitos ativos e reflexivos para a construção do seu conhecimento. “As arquiteturas pressupõem aprendizes protagonistas. Com orientação do professor, requerem-se do estudante ação e reflexão sobre experiências que contemplam na sua organização pesquisas, registros e sistematização do pensamento” [Carvalho et al. 2007, p. 355].

A AP como um todo inverte a lógica habitual do ensino: em vez de estudarem sobre os sistemas fisiológicos de forma fragmentada para responderem a questões fechadas, os estudantes precisam compreender o conteúdo de forma integrada para analisar situações fisiológicas comuns do corpo e justificar decisões em um diagnóstico ou tratamento ao resolver um mistério. Isso favorece a motivação individual e de grupo e coloca os estudantes em posição de protagonistas da própria aprendizagem.

No que tange o uso de recursos digitais em uma AP, é necessário pensar novas propostas educacionais que integrem as intencionalidades pedagógicas e as possibilidades tecnológicas. Acredita-se que a mobilização de tais recursos na AP para aprendizagem de Fisiologia Humana, em grande diversidade e todos com propósitos explícitos, permite essa integração de forma eficiente. “A tecnologia é um componente dos microecossistemas cognitivos que altera significativamente os contextos e as formas de interação, porém seus sentidos e suas formas de utilização são também afetados pelos demais componentes. Se as tecnologias não forem concebidas como um elemento articulado aos demais, a tecnologia poderá ser superestimada (imaginando-se que será suficiente oferecê-la para que as aprendizagens ocorram), ou então ser subestimada (considerando que tudo o que se faz com ela poderia ser feito sem ela)” [Aragón 2016, p. 263].

Lançar mão da IAGen no contexto da aprendizagem em Fisiologia Humana é estar atento ao advento de ferramentas que permeiam a vida da sociedade contemporânea. Explorou-se aqui seu emprego para a simulação de casos clínicos; outras ideias poderiam ser a geração de cenários de investigação ou a criação de quizzes dinâmicos, etc. A condição fundamental é que os estudantes não sejam meros consumidores das respostas, muitas vezes superficiais e genéricas, da IAGen. Na

atividade “Detetives da Fisiologia” por exemplo, perguntas superficiais não retornarão pistas úteis; apenas perguntas ancoradas em conceitos fisiológicos permitirão avançar na investigação. Ao refletir e estruturar suas perguntas (*prompts*) à IAGen com elementos embasados em conhecimento contextualizado e integrado, os estudantes tornam-se agentes, desenvolvendo simultaneamente raciocínio fisiológico e letramento digital [Brasil 2025]. Da mesma forma, ao confrontar o *output* gerado com fontes científicas confiáveis [Unesco 2023], esse movimento de verificação crítica já é, em si mesmo, uma aprendizagem de alto valor para o desenvolvimento do pensamento científico.

Do ponto de vista da avaliação, a proposta supera o modelo tradicional centrado em provas somativas. A planilha compartilhada funciona como portfólio coletivo em construção; os comentários entre grupos são avaliação por pares; a elaboração do artefato pedagógico (infográfico) incentiva que o aluno não apenas “copie e cole” informações, mas construa uma narrativa onde o corpo humano funciona como um todo integrado; a ficha de investigação/laudo é registro de processo e auxilia na formalização do raciocínio; e os critérios avaliativos pelo formulário eletrônico para o infográfico e a atividade com IAGen avaliam síntese, comunicação e raciocínio, não memorização. Essa abordagem formativa e cooperativa é coerente com a concepção de avaliação processual das APs [Aragón 2016].

Para mencionar limitações, questões de infraestrutura, como a não disponibilidade (ou disponibilidade com baixa qualidade) de computadores ou de acesso à internet, comprometem o desenvolvimento a AP, pois sua proposta está intimamente integrada a essas tecnologias. Além disso, a atividade com IAGen requer mediação docente qualificada para conduzir o uso crítico e ético das ferramentas, trazendo à pauta a necessidade de formação continuada dos professores. Estudos futuros poderão investigar empiricamente os efeitos desta AP sobre o engajamento, a aprendizagem (construção de conhecimentos em Fisiologia Humana) e o letramento digital dos estudantes.

5. Considerações finais

Este artigo apresentou uma proposta de Arquitetura Pedagógica para o ensino e a aprendizagem de Fisiologia Humana no Ensino Médio, fundamentada no referencial de Aragón e colaboradores [Carvalho et al. 2007; Aragón 2016; Menezes et al. 2021]. A dinâmica integrada, de forma coerente, os diferentes elementos constitutivos das APs: ação e reflexão, ampliação de tempos e espaços, aprendizagem ativa, autoria, avaliação formativa, cooperação, uso de diferentes linguagens, epistemologia relacional, mediação distribuída, foco em problemas reais e tecnologias digitais. E o contexto central são o reconhecimento do próprio corpo nas situações cotidianas e da vida humana como manifestação de funções fisiológicas em sistemas organizados e interdependentes.

É oportuno que se faça uma observação sobre os conteúdos a serem estudados pela presente AP. Não foi indicado contemplar o sistema reprodutor por entender que este apresenta uma demanda de interação diferente, com foco exclusivo entre todos os estudantes, e cujo cuidado com o conteúdo de internet deve ser ainda maior. Para trabalhos com essa temática, recomenda-se embasamento no documento sobre educação integral em saúde (EIS) da Unesco (2019).

A atividade “Detetives da Fisiologia” merece destaque por sua originalidade. Transformar a inteligência artificial generativa em um “paciente simulado” cria um

ambiente de aprendizagem interativo e motivador, ao mesmo tempo em que exige do estudante conhecimento fisiológico para avançar. Retomando Freire [Freire e Faundez 1998] e Piaget (1978), ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua construção. A atividade descrita operacionaliza os princípios da investigação, do protagonismo e do letramento digital no ensino e na aprendizagem de Biologia.

A AP aqui proposta é uma contribuição para o campo de estudo e pesquisa em Tecnologias Digitais na Educação e para a prática docente no Ensino Médio, em um momento em que a integração crítica dessas ferramentas, como as IAGen, à educação básica se constitui em um desafio urgente e necessário. Espera-se que esta proposta inspire outras arquiteturas pedagógicas para as disciplinas de Ciências da Natureza, contribuindo para uma educação que seja, simultaneamente, com profundidade de conteúdo, significativa e emancipatória.

6. Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- Aragón, R. (2016) “Interação e mediação no contexto das arquiteturas pedagógicas para a aprendizagem em rede”, In: Revista de Educação Pública, Cuiabá, v. 25, n. 59, pages 261–275, maio/ago. <https://doi.org/10.29286/rep.v25i59/1.3674>
- Brasil. Ministério da Educação (2018). Base Nacional Comum Curricular - Ensino Médio, MEC, Brasília. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Brasil. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica (2025). Resolução CNE/CEB nº 2, de 21 de março de 2025, CNE, Brasília. https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/2025/marco/rceb002_25.pdf
- Brasil. Ministério da Educação (2026), Inteligência Artificial na Educação Básica: documento orientador sobre caminhos curriculares e práticas éticas de uso de IA nas escolas, MEC, Brasília. <https://www.gov.br/mec/pt-br/escolas-conectadas/arquivos/ia-basica.pdf>
- Carvalho, M.J.S., Nevado, R.A. e Menezes, C.S. (2007) “Arquiteturas Pedagógicas para Educação a Distância”, In: Aragón, R., Carvalho, M.J.S., Menezes, C.S. (Orgs.). Aprendizagem em rede na educação a distância: estudos e recursos para formação de professores. Ricardo Lenz Editor, Porto Alegre.
- Freire, P. e Faundez, A. (1998), Por uma pedagogia da pergunta, Paz e Terra, Rio de Janeiro, 4ª edição.
- Menezes, C.S. e Aragón, R. (2018) “Arquiteturas Pedagógicas para Aprendizagem Ativa”, In: 10º Simpósio Internacional sobre Abordagens de Projetos na Educação em Engenharia e 15º Workshop sobre Aprendizagem Ativa em Educação em Engenharia, PAEE+ALE’2018 Proceedings, Brasília, pages 848-855. https://pae.dps.uminho.pt/proceedingsSCOPUS/PAEE_ALE_2018_PROCEEDING_S.pdf

- Menezes, C.S., Castro Júnior, A.N. e Aragón, R. (2021) “Arquiteturas Pedagógicas para Aprendizagem em Rede”, In: Série Informática na Educação CEIE-SBC, v. 7. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre.
<https://ceie.sbc.org.br/livrodidatico/index.php/arquiteturas-pedagogicas/>
- Piaget, J. (1978), “A Epistemologia Genética”, In: Piaget. Coleção Os Pensadores. Abril Cultural S.A., São Paulo.
- Piaget, J. (2013), A psicologia da inteligência, Vozes, Petrópolis.
- Unesco. (2019) Orientações técnicas internacionais de educação em sexualidade: uma abordagem baseada em evidências, UNESCO, Paris.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000369308>
- Unesco. (2023) Guidance for Generative AI in Education and Research, UNESCO, Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693.locale=en>