Cadernos PROGRAD
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS TRANSFORMADORAS
Pró-reitoria de Graduação | PUC Minas
Práticas Destaques v. 1 | 2026

SimFis - simulações como objetos de aprendizagem: construindo recursos interativos para o processo de ensino e aprendizagem

SimFis - Simulations as Learning Objects: building interactive resources for the teaching and learning process

Flávio de Jesus Resende*

Resumo:
O SimFis (simfis.netlify.app) é uma coleção de simulações interativas de Física desenvolvidas para as disciplinas de graduação do Departamento de Física e Química (ICEI/PUC Minas). Cada simulação é um objeto de aprendizagem autônomo, acessível pelo navegador em qualquer dispositivo e incorporável às páginas do Canvas, acompanhado de uma página própria de materiais didáticos. O projeto integra a linha de pesquisa Simulações Interativas no Ensino de Física, do grupo Espaços e Recursos Alternativos de Ensino e Aprendizagem (CNPq). O modelo adotado é sempre explicitado, com suas hipóteses e limites de validade. Quando o modelo deixa de valer — o arraste linear fora da escala de bancada, o MRUV diante de uma corrida real —, isso é dito, e não escondido. Diagramas de corpo livre, sistemas de coordenadas e vetores de força ficam ocultos por padrão, atrás de controles: o aluno constrói sua própria.

Palavras-chave: simulações interativas; objetos de aprendizagem; ensino de física; modelagem científica; recursos educacionais abertos.

Abstract:
SimFis (simfis.netlify.app) is a collection of interactive physics simulations developed for undergraduate courses in the Department of Physics and Chemistry (ICEI/PUC Minas). Each simulation is a standalone learning tool, accessible via a web browser on any device and embeddable in Canvas pages, accompanied by a dedicated page of instructional materials. The project is part of the research line “Interactive Simulations in Physics Education,” conducted by the group “Alternative Spaces and Resources for Teaching and Learning” (CNPq). The model used is Always explicitly stated, along with its assumptions and limitations. When the model no longer applies—such as linear dragging beyond the workbench scale or the MRUV in the context of a real race—this is stated clearly and not hidden.Free-body diagrams, coordinate systems, and force vectors are hidden by default, behind controls: the student constructs their own.

Keywords: interactive simulations; learning objects; physics education; scientific modeling; open educational resources.

* Doutor em Física. Professor do Departamento de Física e Química, Instituto de Ciências Exatas e Informática (ICEI). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). E-mail: fjresende@pucminas.br

Publicado em: 10/11/2026

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física na graduação enfrenta uma dificuldade que antecede qualquer escolha metodológica: os fenômenos que os modelos descrevem raramente estão disponíveis para observação no momento em que são estudados. A queda de dois corpos com resistência do ar, a assimetria de uma trajetória balística, a composição de velocidades que Galileu imaginou para explicar as marés — todos são objetos de discurso antes de serem objetos de experiência. Some-se a isso o fato de que as representações que o estudante precisa dominar (diagramas de corpo livre, gráficos de posição e de velocidade, decomposições vetoriais) permanecem estáticas no quadro e no livro-texto, quando o que elas descrevem é justamente aquilo que muda.

Simulações computacionais interativas oferecem um caminho para reduzir essa distância. Permitem que o estudante manipule parâmetros, observe consequências, formule previsões e as confronte com o comportamento do modelo. Não substituem o experimento real, tampouco a formulação matemática, mas ocupam um lugar próprio: o de tornar manipulável a relação entre as grandezas de um modelo físico.

Este trabalho apresenta o SimFis (https://simfis.netlify.app), plataforma de simulações interativas de Física desenvolvida pelo autor para as disciplinas de graduação do Departamento de Física e Química do Instituto de Ciências Exatas e Informática (ICEI) da PUC Minas. Mais do que relatar a existência do recurso, o objetivo é explicitar as diretrizes de concepção que orientam sua construção — decisões pedagógicas que se materializam em escolhas de programação — e discutir de que modo elas configuram uma prática de ensino centrada na atividade de modelar.

São objetivos específicos do trabalho: (i) apresentar a concepção do SimFis como conjunto de objetos de aprendizagem, e não como repositório de animações ilustrativas; (ii) explicitar e justificar as seis diretrizes que orientam o desenvolvimento das simulações; (iii) descrever a metodologia de construção e de uso dos recursos em sala de aula e no ambiente virtual de aprendizagem; e (iv) discutir os resultados alcançados e os caminhos de investigação abertos pela prática.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA

A prática foi desenvolvida no âmbito das disciplinas de Física ministradas pelo autor no ICEI/PUC Minas, entre elas Mecânica para Engenharia, Eletromagnetismo e Laboratório de Física, atendendo majoritariamente a estudantes dos primeiros períodos dos cursos de Engenharia e das Ciências Exatas.

O perfil desses estudantes ajuda a explicar a necessidade que motivou a prática. Trata-se, em larga medida, de ingressantes que chegam à universidade com domínio operacional de fórmulas, mas com dificuldade em reconhecer o estatuto de um modelo físico: as equações são tomadas como descrições diretas da realidade, e não como representações que valem sob hipóteses determinadas e falham fora delas. Essa dificuldade se manifesta de modo particularmente nítido em dois momentos. Primeiro, na construção de diagramas de corpo livre, quando o estudante tende a copiar o diagrama pronto em vez de elaborá-lo. Segundo, na interpretação de gráficos, quando confunde a grandeza representada com sua taxa de variação, ou lê o gráfico como se fosse a fotografia da trajetória.

Some-se a isso um elemento de infraestrutura. As disciplinas utilizam o Canvas como ambiente virtual de aprendizagem, e o visualizador de arquivos da plataforma bloqueia a execução de scripts, o que inviabiliza a simples postagem de arquivos interativos. A adoção de simulações prontas de repositórios externos, por sua vez, esbarra em limitações de outra ordem: nem sempre o modelo físico implementado corresponde ao que se pretende ensinar, nem sempre suas hipóteses estão explicitadas, e raramente é possível ocultar o que se deseja que o estudante construa por conta própria.

Foi desse conjunto de necessidades — conceituais, representacionais e técnicas — que nasceu a decisão de desenvolver simulações próprias, concebidas desde a origem para o uso pretendido, e hospedá-las de modo a permitir sua incorporação direta às páginas do curso. O projeto integra a linha de pesquisa Simulações Interativas no Ensino de Física, do grupo Espaços e Recursos Alternativos de Ensino e Aprendizagem, certificado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq.

3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A prática se apoia em três eixos conceituais convergentes: a noção de objeto de aprendizagem, a perspectiva do ensino de ciências como iniciação à modelagem científica e a concepção de aprendizagem ativa mediada por tecnologia.

3.1 Objetos de aprendizagem

Entende-se por objeto de aprendizagem qualquer recurso digital reutilizável que possa ser empregado como apoio ao processo de ensino e aprendizagem, dotado de autonomia funcional e de propósito pedagógico definido. A caracterização é relevante para o presente trabalho porque impõe critérios: um recurso só é um objeto de aprendizagem quando pode ser destacado de seu contexto original de produção e reincorporado a outro, o que exige independência técnica, documentação do

que faz e clareza sobre o que se propõe a ensinar (Miranda *et al*., 2019; Rebouças; Maia; Scaico, 2021).

3.2 Modelagem científica e o estatuto do modelo

O segundo eixo é o que confere identidade à prática. A literatura em ensino de ciências tem sustentado que a compreensão da natureza da ciência depende menos do domínio de conteúdos específicos e mais do reconhecimento de como o conhecimento científico é construído — e a modelagem ocupa, nesse quadro, posição central. Um modelo é uma representação parcial e intencional de um fenômeno, elaborada a partir de hipóteses simplificadoras que delimitam seu domínio de validade. Aprender Física é, sob essa perspectiva, aprender a construir, avaliar e reconhecer os limites de modelos.

Essa concepção tem consequência direta sobre o desenho das simulações. Se o modelo é parcial por natureza, então suas hipóteses e seus limites não podem ser omitidos: precisam ser objeto explícito de ensino. Uma simulação que apresenta resultados sem informar sob quais condições eles valem ensina, involuntariamente, que o modelo é a realidade — precisamente a concepção que se deseja superar (Costa; Moreira, 2002).

3.3 Aprendizagem ativa e o ciclo prever–observar–explicar

O terceiro eixo diz respeito ao modo de uso. Adota-se a premissa de que a simulação não ensina por si: seu valor pedagógico depende da tarefa em que está inserida. A estratégia predominante nos materiais do SimFis é o ciclo prever–observar–explicar, em que o estudante registra uma previsão fundamentada antes de executar a simulação, confronta-a com o resultado obtido e elabora uma explicação para eventuais divergências. O confronto entre previsão e resultado é o que torna produtiva a manipulação do recurso; sem ele, a interatividade se reduz a manuseio.

A articulação desses três eixos define o que se entende, neste trabalho, por prática pedagógica transformadora. A transformação não reside no emprego da tecnologia — que, isolada, pode apenas modernizar a exposição —, mas no deslocamento do lugar do estudante: de receptor de um modelo pronto a agente que formula previsões, constrói representações, confronta descrições concorrentes de um mesmo fenômeno e avalia os limites daquilo que lhe é apresentado.

4 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DA EXPERIÊNCIA

A experiência compreende duas frentes articuladas: a construção dos recursos e sua utilização

em sala de aula e no ambiente virtual.

4.1 As diretrizes de construção

Cada simulação é desenvolvida segundo seis diretrizes explícitas, que traduzem em decisões técnicas as opções pedagógicas descritas na seção anterior.

a) Honestidade física e histórica. O modelo adotado é sempre declarado, com hipóteses e limites de validade. Nas simulações de queda e de lançamento emprega-se o arraste linear ($F = b \cdot v$), informando-se que ele descreve adequadamente corpos pequenos em baixas velocidades e deixa de valer no regime quadrático. Na simulação da corrida de 100 metros, o modelo de Hill-Keller ($dv/dt = f - v/\tau$) reproduz com precisão os tempos parciais de uma prova real, mas não a desaceleração final decorrente da fadiga — e isso é informado ao estudante. O mesmo cuidado se aplica ao tratamento histórico: na simulação das marés, o modelo de Galileu é representado segundo seu mecanismo original, a bacia oceânica como recipiente cuja velocidade através do espaço varia com a composição das velocidades de rotação e de translação, e não como mera ausência da explicação newtoniana.

b) O estudante antes da resposta. Diagramas de corpo livre, vetores de força e sistemas de coordenadas permanecem ocultos por padrão, disponíveis atrás de controles de exibição. O estudante constrói sua própria representação e só então a confronta com a da simulação. Os vetores são desenhados a partir dos pontos de aplicação corretos, com comprimentos estritamente proporcionais aos módulos, de modo que a conferência alcance também as intensidades relativas.

c) Confronto de modelos como estratégia central. As simulações apresentam lado a lado descrições concorrentes de um mesmo fenômeno: a queda com e sem arraste, recuperando o contraste entre a observação aristotélica e o resultado galileano; a trajetória de um lançamento com e sem resistência do ar; as explicações de Galileu e de Newton para as marés, com suas previsões distintas de uma ou de duas marés altas por dia; o movimento uniforme e o uniformemente variado como regimes-limite de uma corrida real.

d) Análise gráfica e representações múltiplas. Gráficos de posição e de velocidade acompanham a animação em tempo real, com as condições iniciais assinaladas sobre as curvas. Rastros estroboscópicos, painéis de equações com os valores numéricos substituídos e mensagens que identificam o regime físico em curso compõem um conjunto de representações simultâneas

do mesmo movimento, favorecendo o trânsito entre elas.

e) Escalas reconhecíveis. As faixas dos controles correspondem a situações que o estudante pode reencontrar: alturas de bancada, massas de laboratório, uma pista de cem metros. Quando exageros visuais são necessários à visibilidade de um efeito, eles são sinalizados na própria tela.

f) Simplicidade técnica como opção pedagógica. Cada simulação é um único arquivo em HTML, CSS e JavaScript, sem bibliotecas externas, sem instalação e sem coleta de dados pessoais. A escolha garante longevidade do recurso, funcionamento em telefones celulares, incorporação direta ao Canvas e liberdade de uso e adaptação por outros professores.

4.2 O processo de desenvolvimento

O desenvolvimento de cada simulação segue um percurso iterativo que se inicia pela definição do objetivo didático e pela discussão do modelo físico a ser implementado — incluindo a decisão, sempre explícita, sobre o que será simplificado e por quê. Segue-se a construção de uma versão inicial, seu teste em condições-limite, a verificação numérica dos resultados contra soluções analíticas conhecidas e sucessivas rodadas de refinamento, tanto físico quanto visual. A publicação ocorre em hospedagem estática, e a incorporação às páginas do Canvas se dá por meio de elemento de moldura embutida, contornando a restrição do visualizador de arquivos da plataforma.

4.3 Estratégias de uso

Os recursos são empregados de três modos complementares. Como demonstração em aula expositiva, situação em que a manipulação em tempo real de um parâmetro permite responder imediatamente a perguntas do tipo “e se…?” formuladas pelos próprios estudantes. Como bancada virtual, em roteiros nos quais o estudante coleta dados na simulação, organiza tabelas, constrói gráficos e analisa os resultados — por exemplo, medindo a velocidade terminal de um corpo e comparando-a com o valor previsto pela expressão teórica. E como material de estudo autônomo, disponível no ambiente virtual para consulta antes ou depois da aula.

Cada simulação dispõe de uma página própria de materiais didáticos, organizada em três tópicos: a descrição do modelo físico, com parâmetros, hipóteses e limitações; roteiros de experimentos simulados; e estratégias de uso na resolução de problemas. A vertente de construção de simulações pelos próprios estudantes, com apoio do GeoGebra, complementa a prática ao deslocá-

los da posição de usuários para a de autores dos modelos (Barduino; Martins; Resende, 2026).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados aqui apresentados dividem-se em duas ordens: os relativos ao recurso produzido, de natureza objetiva, e os relativos ao uso pedagógico, ainda em fase de sistematização.

5.1 O recurso produzido

A plataforma reúne atualmente sete simulações nas áreas de Mecânica e Oscilações: queda dos corpos, movimento retilíneo, lançamento de corpos, corrida de 100 metros, viga sobre dois cavaletes, alavanca e marés. Todas dispõem de página de materiais didáticos, e o conjunto está organizado em um catálogo por áreas, com previsão de expansão para Termodinâmica, Eletromagnetismo e Ondas.

Do ponto de vista técnico, os objetivos foram alcançados: os recursos funcionam em qualquer navegador, incluindo dispositivos móveis, dispensam instalação e se integram às páginas do Canvas por incorporação direta. A opção por arquivos autocontidos mostrou-se acertada também sob o aspecto da manutenção, já que a ausência de dependências externas elimina o risco de obsolescência por descontinuidade de bibliotecas de terceiros.

Um resultado não previsto inicialmente merece registro. O desenvolvimento das simulações revelou-se, ele próprio, uma atividade de elaboração conceitual: a exigência de implementar um modelo obriga a explicitar hipóteses que o tratamento usual em sala mantém tácitas. A representação do argumento de Galileu para as marés, por exemplo, exigiu recuperar o mecanismo original da composição de velocidades — algo que a apresentação convencional, centrada apenas no contraste entre uma e duas marés diárias, costuma omitir.

5.2 O uso pedagógico

A transferência das aulas para o regime remoto, durante a pandemia de Covid-19, tornou as simulações computacionais um recurso incontornável de visualização de fenômenos físicos. Mesmo nas atividades de laboratório elas passaram a operar como bancadas virtuais, servindo ao levantamento de dados, à construção de gráficos e à análise de resultados. Desde então, incorporaram-se de modo permanente à prática docente do autor, e repositórios como o PhET (phet.colorado,edu), GEOGEBRA (geogebra.org) e o oPhysics (ophysics.com) seguem sendo úteis para a compreensão

de fenômenos e o teste de situações variadas. É nesse contexto de uso já consolidado que o SimFis se insere — não como novidade tecnológica, mas como resposta a necessidades que o uso continuado de simulações prontas deixou visíveis. (Barduino; Martins; Resende, 2026)

As observações relatadas a seguir têm caráter qualitativo e resultam do acompanhamento das turmas em que os recursos do SimFis foram utilizados ao longo do semestre 2026/1. Não constituem avaliação sistemática de aprendizagem.

Uso em aula expositiva. O engajamento dos estudantes mostrou-se diferenciado quando a simulação foi empregada na compreensão de fenômenos, e de modo particularmente nítido em duas situações: na resolução de problemas complexos, cujo enunciado é de difícil apreensão, e em problemas que exigem supor condições específicas e examinar comportamentos-limite — o tombamento iminente de um corpo apoiado, por exemplo, ou a fronteira de uma condição de equilíbrio. Passaram a surgir perguntas do tipo “e se…?” que não apareciam antes, acompanhadas de pedidos para testar configurações específicas. As situações-limite, que costumam ser tratadas como casos particulares ao fim da exposição, tornaram-se objeto de interesse dos próprios estudantes.

Construção de diagramas de corpo livre. Manter os vetores ocultos por padrão foi concebido para que o estudante elaborasse a própria representação antes de conferi-la. A observação em sala indica que a estratégia funciona: os estudantes de fato desenham antes de acionar o controle de exibição, e observou-se diferença considerável na qualidade dos diagramas produzidos.

Leitura de gráficos. A construção do gráfico simultânea à animação — a curva crescendo enquanto o corpo se move — mostrou-se produtiva em duas direções: ajudou na compreensão de como o gráfico se constrói e, reciprocamente, na leitura do que a própria simulação estava executando. Percebe-se, em particular, melhor entendimento da distinção entre velocidade média e velocidade instantânea.

Repercussão junto aos estudantes. Após a apresentação do projeto no início do semestre, alguns estudantes manifestaram interesse em contribuir com o SimFis, tanto na construção de novas simulações quanto na melhoria dos recursos tecnológicos de disponibilização em repositórios. A manifestação é significativa por indicar um deslocamento na relação com o recurso: de usuários a potenciais autores — que é justamente a vertente prevista na linha de pesquisa.

Avaliação em andamento. A avaliação sistemática das simulações em contexto de ensino está em curso. O instrumento planejado consiste em problemas cuja resolução exige o acesso às simulações para a obtenção dos dados necessários, de modo que o recurso deixe de ser apenas apoio à exposição e passe a integrar a própria tarefa avaliativa.

5.3 Investigação em andamento

A prática abriu uma frente de investigação sobre a apropriação do recurso pelos estudantes. Uma das simulações incorpora registro anônimo e voluntário das interações, destinado a caracterizar padrões de exploração — em particular, a distinção entre a variação sistemática de um parâmetro por vez, indicativa de estratégia de controle de variáveis, e o procedimento por tentativa e erro. O registro não coleta qualquer dado pessoal, permanece no navegador do estudante e só é transmitido mediante ação deliberada deste.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O SimFis é menos um conjunto de programas do que a materialização de um conjunto de decisões pedagógicas. Cada diretriz descrita neste trabalho corresponde a uma escolha sobre o que se deseja que o estudante faça: construir sua representação antes de vê-la pronta, reconhecer as hipóteses de um modelo, comparar descrições concorrentes, transitar entre gráfico, equação e movimento.

A principal contribuição da prática, no entender do autor, está em tratar a simulação não como ilustração do conteúdo, mas como ocasião para o exercício da modelagem. Dizer ao estudante onde um modelo falha não enfraquece o ensino: é o que permite compreender por que ele funciona onde funciona. Nesse sentido, a limitação declarada de cada simulação é parte de seu conteúdo, e não uma imperfeição a ser dissimulada.

Como desdobramentos, o projeto prevê a expansão do catálogo para as demais áreas da Física, a produção de roteiros impressos para os experimentos simulados, a sistematização da avaliação do recurso em contextos de ensino e o desenvolvimento da vertente em que os próprios estudantes constroem simulações, investigando-se o impacto dessa atividade na elaboração de seus modelos mentais.

REFERÊNCIAS

BARDUINO, A.; MARTINS, M. I.; RESENDE, F. J. **O papel das ferramentas digitais no ensino de Física**: uma abordagem com o software GeoGebra. *In*: JANDRE, Caroline Rhaian da Silva (org). ConecTI [recurso eletrônico]: volume 1.1: seleção dos melhores trabalhos interdisciplinares do Instituto de Ciências Exatas e Informática: 2º semestre de 2025. Belo Horizonte: PUC Minas, 2026. Disponível em: https://heyzine.com/flip-book/451ab6c305.html. Acesso em: 8 out. 2026.

COSTA, Sayonara Salvador Cabral da; MOREIRA, Marco Antonio. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas em física**. Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 61-74, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1806-11172002000100009.

Acesso em: 8 out. 2026.

MIRANDA, Dimas Felipe de *et al*. (Org.). **Objetos de aprendizagem para o ensino de matemática**: uma prática educativa. Belo Horizonte: Editora PUC Minas, 2019. Disponível em: https://www.editora.pucminas.br/obra/objetos-de-aprendizagem-para-o-ensino-de-matematica-uma-pratica-educativa. Acesso em: 8 out. 2026.

REBOUÇAS, Ayla Dantas; MAIA, Dennys Leite; SCAICO, Pasqueline Dantas. Objetos de aprendizagem: da definição ao desenvolvimento, passando pela sala de aula. *In*: PIMENTEL, Mariano; SAMPAIO, Fábio F.; SANTOS, Edméa O. (Org.). **Informática na Educação**: ambientes de aprendizagem, objetos de aprendizagem e empreendedorismo. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. (Série Informática na Educação, v.5). Disponível em: https://ceie.sbc.org.br/livrodidatico/objetos-aprendizagem