

O que é engenharia da aprendizagem (e o que não é)

Engenharia da aprendizagem (learning engineering) é o processo de aplicar as ciências da aprendizagem, com design centrado em quem aprende e decisões informadas por dados, para projetar, testar e melhorar continuamente as experiências de aprendizagem (ICICLE, consórcio de engenharia da aprendizagem do IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019). Cinco traços definem o campo, e cada um já tem um lugar no que o **IA para escolas** faz.

1

Aplica as ciências da aprendizagem

Não inventa teoria: usa o que se sabe sobre como as pessoas aprendem (Bjork, Sweller, Kapur) e o converte em decisão de projeto.

2

Centrada em quem aprende

Parte do problema real de alunos e professores em contexto, com métodos de design centrado no ser humano, e não da tecnologia disponível.

3

É engenharia

Requisitos, protótipos, testes, versões e iteração: o método de quem constrói sistemas, aplicado a experiências de aprendizagem.

4

Decide com dados

Instrumenta a coleta desde o projeto e usa os dados para decidir o que manter, mudar ou descartar. Sem isso é design, não engenharia.

5

É um esporte de equipe

Ciências da aprendizagem, pedagogia, dados, software, UX (experiência do usuário) e conhecimento do conteúdo: ninguém reúne tudo; a equipe reúne.

Mais um verbo do que um substantivo

Um modo de trabalhar, não uma teoria nem uma tecnologia.

A DEFINIÇÃO

"Um **processo e uma prática** que aplica as ciências da aprendizagem, com design de engenharia centrado no ser humano e decisão informada por dados, para apoiar os aprendizes e seu desenvolvimento." Definição do IEEE ICICLE (2019), repetida no Toolkit (Goodell e Kolodner, 2022).

A ORIGEM

Herbert Simon propôs em 1967 uma equipe de profissionais do projeto de ambientes de aprendizagem: "**learning engineers, se quiserem**". A Carnegie Mellon construiu por quatro décadas o que ele pediu e o batizou de Simon Initiative em 2013. É o mesmo Simon citado no Caderno 1.

O QUE NÃO É

Não é tecnologia nem produto: é o processo que os orienta. Não é design instrucional com outro nome: sem decisão informada por dados, "você faz **learning design**, não learning engineering" (Goodell, 2019). E não é IA que ensina sozinha: mede-se o que o aluno aprende, não o que a máquina produz.

No IA para escolas. O **IA para escolas** se define como processo, não como plataforma: uma reunião semanal para entregar a funcionalidade pedida na semana anterior e discutir a próxima, com sete etapas de teste até o uso por toda a escola (Apresentações, Intro 1). Isso é engenharia da aprendizagem antes de ter o nome. Esta série dá o vocabulário e a régua.

1 Aplica as ciências da aprendizagem

0 campo consome ciência; não a produz.

O QUE É

A engenharia da aprendizagem **aplica** as ciências da aprendizagem: pega o que está estabelecido sobre memória, atenção, esforço e motivação e o transforma em regra de projeto (Toolkit, cap. 2). Lee (2023) alerta para o risco de reduzir essas ciências, plurais, a uma única "ciência" industrial de otimização.

EXEMPLO

O **doer effect**: em um curso on-line com 27 mil alunos, cada atividade interativa esteve associada a um ganho cerca de seis vezes maior do que cada vídeo assistido ou página lida. "Aprender não é esporte de espectador" (Koedinger e col., 2015): fazer ensina mais do que ver.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

Os quatro efeitos de Bjork, a carga cognitiva de Sweller e o fracasso produtivo de Kapur são exatamente as ciências que a engenharia aplica. *A Fricção cognitiva ótima* (Seções dois a cinco) é o lado da ciência; esta série é o lado da **engenharia**.

No IA para escolas. A regra "tente primeiro, IA depois" e a retenção do produto cognitivo por padrão (*Diretrizes de design de ferramentas com IA*) são ciências da aprendizagem convertidas em regra de produto: o primeiro traço já está cumprido, e nomeado.

Centrada em quem aprende

Começa pelo desafio em contexto, não pela tecnologia disponível.

O QUE É

Métodos de design centrado no ser humano (Toolkit, cap. 3): antes de qualquer ferramenta, descrever o **desafio**, quem são os aprendizes e os demais interessados, que restrições existem e o que já foi tentado. A tecnologia entra depois, a serviço desse desafio.

EXEMPLO

O "**problema dos 5%**": só cerca de 5% dos usuários da Khan Academy atingem os 30 minutos semanais previstos (Holt, 2024). No ensaio com o Khanmigo, 1,7 sessão por semana e efeito de 0,06 a 0,08 desvio-padrão ao ano: "o engajamento, não o acesso, é a restrição" (Oreopoulos e Low, 2026).

NA FRICÇÃO ÓTIMA

Centrado em quem aprende não é dar o que o aluno pede: é **calibrar a dose** de dificuldade à prontidão de cada um (*Fricção cognitiva ótima*, Seção nove). E o aluno que prefere o bot pode ser justamente o que mais precisa do humano (*IA que conecta*).

No IA para escolas. Os cinco modelos de cocriação (*Apresentações*, Intro 2) e as sete etapas de teste, do diretor às turmas, são design centrado no ser humano em forma de processo semanal: o desafio é da escola, e quem o descreve é quem vai usar a solução.

3 É engenharia

Requisitos, protótipo, teste, versão: o método de quem constrói.

O QUE É

Especificar, construir, testar e versionar (Toolkit, cap. 4), com padrões abertos para que as partes se encaixem. A razão é aritmética: Koedinger, Booth e Klahr (2013) estimam mais de **205 trilhões** de combinações possíveis de decisões instrucionais; só a experimentação sistemática dá conta delas.

EXEMPLO

A Carnegie Learning e a ASSISTments embutem **testes A/B** nas próprias plataformas (UpGrade, E-TRIALS) e chegaram ao nível mais alto de evidência da lei americana (ESSA, Every Student Succeeds Act, Tier 1); a Khan Academy publica seus vinte testes A/B com regra de decisão de 95%. Cada versão é uma hipótese testada.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

A *ontologia operacional educativa* é engenharia no sentido estrito: objetos do domínio, regras de verdade operacional e ações governadas, em formato **executável, auditável e versionado**. "A regra não pode viver só no prompt" é a frase de um engenheiro.

No IA para escolas. Cada funcionalidade nasce de um pedido, vira protótipo, passa pelas sete etapas de teste e ganha versão. O que falta é registrar as decisões e a evidência que as motivou: é o que os materiais 2 e 3 desta série propõem.

4 Decide com dados

0 traço que separa engenharia de design.

O QUE É

Instrumentar antes de medir

(Toolkit, caps. 5 e 6): decidir, ainda no projeto, o que será registrado, com que granularidade e com que consentimento, e depois usar esses dados para manter, mudar ou descartar. Sem isso, o ciclo não fecha.

EXEMPLO

Totino e Kessler (2025) rastrearam **283 decisões** de projeto em 18 iniciativas de engenharia da aprendizagem no MIT: requisitos e experiência dominam; a pesquisa é citada em apenas 10% a 40% das decisões. Até quem se chama engenheiro precisa de disciplina para decidir com dados.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

Desempenho não é aprendizagem: com a IA, +48% na prática; sem ela, -17% na prova (Bastani e col.). Dado de uso não é dado de aprendizagem. O que se mede é o produto cognitivo com a IA retirada, e a correção gêmea existe para isso.

No IA para escolas. O painel por critério, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) em déficit e a contestação registrada pelo aluno já são sensores instalados. Falta fechar o ciclo: da leitura do painel à decisão registrada e à versão seguinte da ontologia, medindo também o que o aluno aprendeu, e não só o tempo devolvido ao professor.

5 É um esporte de equipe

Raramente é um cargo; quase sempre é uma equipe.

O QUE É

Ninguém reúne ciências da aprendizagem, design instrucional, software, dados, UX, psicomетria e domínio do conteúdo: as competências ficam **distribuídas na equipe** (Goodell e col., 2019). O corpo de conhecimento do campo (LEBOK, 2026) tem doze áreas; ninguém cobre todas.

EXEMPLO

O Learning Engineering Virtual Institute reúne sete equipes (Khan Academy, Carnegie Mellon, Eedi, Carnegie Learning e outras) com centros de apoio em avaliação (J-PAL), engenharia, escala e engajamento, para **dobrar o progresso** em matemática de alunos de baixa renda; 1,1 milhão de alunos em três anos.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

O **analista no circuito**, e não um homologador: o coordenador ou professor que define a verdade operacional é membro da equipe de engenharia, não usuário final. "Quem revisa é quem governa" (*Tipos de correção com IA*) descreve um papel na equipe.

No IA para escolas. A equipe é a escola mais o **IA para escolas**: direção, coordenação, professores e alunos testam e decidem (modelos de cocriação 1 a 5). É engenharia da aprendizagem sem cargo de engenheiro, desde que o processo esteja documentado e a equipe cubra as competências.

Você está fazendo engenharia ou só design?

- ✓ Cada recurso nasce de um desafio de aprendizagem nomeado, com aprendizes e contexto descritos, e não de uma tecnologia disponível.
- ✓ A coleta de dados foi instrumentada antes do uso: sabe-se o que será registrado, por quê e com qual consentimento.
- ✓ Há ciclos registrados: o que mudou entre a versão anterior e a atual, e com base em que evidência.
- ✓ As decisões de projeto citam um princípio das ciências da aprendizagem: qual efeito, qual carga, qual dose de fricção.
- ✓ Existe uma medida de aprendizagem, com a IA retirada, e não só de uso ou de tempo economizado.
- ✓ A equipe cobre ciência, pedagogia, dados e software, e o professor está nela como quem governa, não como usuário final.

Créditos e referências

Primeiro material da série *Engenharia da aprendizagem*, que dá nome, régua e vocabulário ao processo que a coleção do **IA para escolas** já pratica: a *Fricção cognitiva ótima* é a ciência que a engenharia aplica; a *Ontologia operacional educativa*, a *Escala de Avaliação com IA* e os *Tipos de correção com IA* são seus artefatos; a reunião semanal e as sete etapas de teste (*Apresentações*, Intro 1 e 2) são seu ciclo. Os materiais seguintes tratam do ciclo (2), dos dados (3), da evidência (4), da experimentação (5), do professor no circuito (6), dos guias para gestores (7) e professores (8) e dos limites da engenharia (9). A definição em português é tradução livre do **IA para escolas**.

IEEE ICICLE. Proceedings of the 2019 Conference on Learning Engineering. Piscataway: IEEE Standards Association, 2020.

GOODELL, J.; KOLODNER, J. L. (Ed.). Learning engineering toolkit: evidence-based practices from the learning sciences, instructional design, and beyond. New York: Routledge, 2022.

SIMON, H. A. The job of a college president. Educational Record, v. 48, p. 68–78, 1967.

KOEDINGER, K. R. et al. Learning is not a spectator sport: doing is better than watching for learning from a MOOC. In: Learning @ Scale (L@S '15). New York: ACM, 2015.

KOEDINGER, K. R.; BOOTH, J. L.; KLAHR, D. Instructional complexity and the science to constrain it. Science, v. 342, n. 6161, p. 935–937, 2013.

TOTINO, L.; KESSLER, A. Exploring learning engineering design decision tracking. TechTrends, 2025.

LEE, V. R. Learning sciences and learning engineering: a natural or artificial distinction? Journal of the Learning Sciences, v. 32, n. 2, p. 288–304, 2023.

Oldimar Cardoso • iaparaescolas.com.br • 2026