

O ciclo de cinco fases: desafio, criação, implementação, investigação, iteração

O Learning Engineering Process, formalizado por Aaron Kessler e colaboradores no ICICLE, consórcio de engenharia da aprendizagem do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), em 2019, põe o desafio no centro e organiza o trabalho em ciclos aninhados. As cinco fases, e como o **IA para escolas** já as percorre.

1

Desafio

Nomear o problema de aprendizagem em contexto: quem aprende, quem mais está envolvido, que restrições existem e que equipe o problema exige.

2

Criação

Projetar com as ciências da aprendizagem e design centrado no humano, e instrumentar a coleta de dados já no projeto.

3

Implementação

Colocar a solução em contexto autêntico, sala de aula ou sistema em produção, coletando os dados previstos.

4

Investigação

Analisar os dados para decidir se a solução resolve o desafio, se deve ser iterada, ampliada ou se o próprio desafio muda.

5

Iteração

Ciclos aninhados e contínuos; a documentação das decisões, com a evidência que as motivou, faz parte do método.

O desafio no centro, os ciclos em volta

Não é uma linha: é uma espiral com o problema no meio.

QUEM FORMALIZOU

Aaron Kessler (MIT Open Learning) e o grupo de design do ICICLE publicaram o processo nos Proceedings de 2019 e no capítulo 1 do Toolkit (Kessler e col., 2022). O pôster **Learning Engineering at a Glance** o resume em criação, implementação e investigação.

CICLOS ANINHADOS

Um projeto grande contém dezenas de ciclos pequenos, concorrentes e não lineares. Totino e Kessler (2025) descrevem **processos aninhados**, em que decisões anteriores são revisitadas quando a investigação devolve um dado novo.

O PARENTE PRÓXIMO

A pesquisa baseada em design (Design-Based Research Collective, 2003): projetar, implementar, avaliar e reprojetar. A diferença está na **escala e na instrumentação**. O marco da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) pede ao professor o mesmo ciclo: desenhar, implementar, refletir.

No IA para escolas. A reunião semanal (entregar a funcionalidade da semana anterior; discutir a próxima) é um ciclo curto de criação, implementação e investigação; as sete etapas de teste, do diretor às turmas, são a implementação escalonada (Apresentações, Intro 1). Falta nomear o desafio de origem e investigar com dados de aprendizagem.

1 Desafio

Um problema bem descrito vale metade da solução.

O QUE É

Identificar o problema de aprendizagem examinando contexto, interessados e a equipe necessária (ICICLE). Pode ser **bem definido** ("alunos do 9º ano erram concordância em orações subordinadas") ou **mal definido** ("os professores não confiam na leitura feita pela IA").

COMO SE FAZ

Um documento de desafio de uma página: quem aprende, o que precisa aprender, o que já foi tentado, o que conta como sucesso e até quando. O Toolkit dedica um capítulo às **ferramentas para entender o desafio** (cap. 8).

NA FRICÇÃO ÓTIMA

O desafio inclui a dose: o problema é fricção de menos (dependência) ou de mais (sobrecarga)? A pergunta de *Fricção cognitiva ótima na prática* (tela 23), "qual produto cognitivo o aluno precisa produzir?", é a **formulação do desafio**.

No IA para escolas. Hoje o pedido do diretor abre o ciclo ("uma funcionalidade"). Reescrevê-lo como desafio de aprendizagem (turma, competência, meta, prazo) é a mudança mais barata da série: transforma pedido de recurso em problema de aprendizagem.

2 Criação

Projetar e instrumentar são o mesmo gesto.

O QUE É

Design com as ciências da aprendizagem e métodos centrados no humano, em ciclos curtos de projetar e construir; e a **instrumentação**: decidir o que será registrado, com que granularidade e com qual consentimento (ICICLE; Toolkit, caps. 5 e 12).

COMO SE FAZ

Do desafio à hipótese ("se devolvermos critérios em vez do texto reescrito, a refeição melhora a competência 3"), da hipótese ao protótipo, do protótipo ao **evento a registrar**: envio, devolutiva lida, refeição.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

As cinco *Diretrizes de design* (socrático, desvanecimento, tentativa, estrutura, contornos) são o repertório da criação; a *ontologia operacional* é o formato em que a criação vira **regra executável e versionada**.

No IA para escolas. A criação já é forte: ontologia, rubricas por competência, oito tipos de correção, Escala de Avaliação. A instrumentação é o elo fraco: registrar, desde o projeto, os eventos que responderão ao desafio (material 3).

3 Implementação

A fase em que a maioria dos projetos falha.

O QUE É

Executar a solução em contexto autêntico, com os dados sendo coletados; abrange formação, integração à rotina e sustentação (ICICLE; Toolkit, cap. 16, **ferramentas de implementação**).

EXEMPLO

O "problema dos 5%" (Holt, 2024) e o ensaio do Khanmigo (Oreopoulos e Low, 2026) mostram que o gargalo é a **dose de uso**; a revisão da EEF (Education Endowment Foundation, 2019) conclui que o resultado depende do contexto de implementação, não da tecnologia.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

Implementar é calibrar: a mesma fricção não serve a todos (*Fricção cognitiva ótima na prática*, tela 14); e o professor precisa estar formado por nível, não por palestra única (*Caderno 6*).

No IA para escolas. Implantação em uma semana e as sete etapas de teste são o método; a formação continuada é a metade que a maioria das edtechs não faz. As métricas de implementação (cobertura, revisão docente, uso real) são o que o material 3 propõe registrar.

4 Investigação

Perguntar aos dados se o desafio foi resolvido.

O QUE É

Analisar os dados para decidir se a solução resolve o desafio, se deve ser iterada, ampliada, ou se o desafio precisa ser redefinido (ICICLE). Métodos: learning analytics, testes A/B, pesquisa baseada em design (Toolkit, cap. 18).

EXEMPLO

Na Khan Academy, cada mudança do tutor passa por teste A/B com regra de decisão de 95% e é medida pelo **acerto no item seguinte**, não pela satisfação; a Carnegie Learning e a ASSISTments embutem experimentos nas plataformas (UpGrade, E-TRIALS).

NA FRICÇÃO ÓTIMA

Investigar é medir com a IA retirada: a correção gêmea (fase sem IA) e a cruzada (dois instrumentos) são desenhos de investigação; "**desempenho não é aprendizagem**" é a regra de leitura.

No IA para escolas. O painel por critério, a BNCC (Base Nacional Comum Curricular) em déficit e o histórico de refeições já permitem investigar; a contestação é um sensor de qualidade. O material 5 mostra como transformar a correção cruzada em experimento.

5 Iteração

Registrar por que se mudou é parte do método.

O QUE É

Ciclos concorrentes e aninhados, com documentação das decisões e da evidência que as motivou. O MIT criou para isso o **LEED tracker** (Learning Engineering Evidence and Decision tracker; Totino e Kessler, 2024).

EXEMPLO

Em 283 decisões de 18 projetos, requisitos e experiência dominam e a pesquisa aparece em 10% a 40% delas (Totino e Kessler, 2025). Sem registro, ninguém sabe o que foi decidido nem por quê, e a iteração vira **memória de quem estava na sala**.

NA FRICÇÃO ÓTIMA

"Uma ontologia que se versiona" (hábito 6: o que era ótimo ontem pode não ser hoje). A iteração é a **versão seguinte da ontologia**, com o motivo escrito.

No IA para escolas. Um changelog pedagógico por escola: data, decisão, evidência, versão da ontologia afetada. É o que alimenta o Relatório de Evidências semestral (material 7).

Seis perguntas, uma por fase (e uma pela equipe)

- ? Desafio: quem aprende, o que precisa aprender, o que conta como sucesso e até quando?
- ? Implementação: quem usa, com que formação, com que dose semanal, e como saberemos se usou?
- ? Iteração: onde fica registrado o que mudou, por quê e em que versão?
- ? Criação: qual princípio das ciências da aprendizagem sustenta a solução, e que eventos serão registrados?
- ? Investigação: com a IA retirada, que medida mostrará se o desafio foi resolvido?
- ? Equipe: quem responde por cada fase, e o professor está entre eles como quem governa?

Créditos e referências

Segundo material da série *Engenharia da aprendizagem*. Lê o ciclo do IEEE ICICLE com o que a coleção já pratica: a reunião semanal e as sete etapas de teste (*Apresentações*, Intro 1 e 2) como ciclo curto; as *Diretrizes de design* e a *Ontologia operacional educativa* como criação; os *Tipos de correção com IA* (gêmea e cruzada) como investigação; a formação por níveis do Caderno 6 como implementação; e o ciclo desenhar–implementar–refletir do marco da UNESCO (*Competências docentes em IA*, bloco 4.1) como parente direto. A tradução dos nomes das fases é do **IA para escolas**.

KESSLER, A. et al. Learning engineering is a process. In: GOODELL, J.; KOLODNER, J. L. (Ed.). Learning engineering toolkit. New York: Routledge, 2022. p. 29–46.

IEEE ICICLE. The learning engineering process. Piscataway: IEEE Standards Association, 2020. Disponível em: sagroups.ieee.org/icicle/learning-engineering-process.

GOODELL, J.; KESSLER, A.; SCHATZ, S. Learning engineering at a glance. Journal of Military Learning, conference edition, 2023.

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

DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, v. 32, n. 1, p. 5–8, 2003.

MIAO, F.; CUKUROVA, M. AI competency framework for teachers. Paris: UNESCO, 2024.

EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION. Using digital technology to improve learning: evidence review. London: EEF, 2019.