

$$\int_0^{\infty} f(x) \cdot e^{nt - ng(x)} dx = \frac{e^{nt - ng(x)}}{dx^2} + \frac{d^2}{dt}$$

$$f(x) = \int_0^x (f'(x) dx)$$

$$\hat{v} = \begin{bmatrix} x - z \\ 2n + 1 \end{bmatrix} dx$$



INSTITUTO  
FEDERAL  
Catarinense

# Ensino Personalizado de Matemática: Oportunidades e Técnicas Computacionais

Projeto de Trabalho de Conclusão (PTC)

Thales Ferreira Batista  
Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Rafael Zanin

Coorientador: Prof. Dr. Manassés Ribeiro

Instituto Federal Catarinense - Campus Videira

$$P = \{x\} + (x_1 \cdot \pi^2, M = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ a & 5 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_2 & c_3 \\ b_1 & a_2 & b_3 \\ a_3 & b_4 & c_2 \end{bmatrix}$$



$$R_0 = m_{EP} \left( \frac{l_{cu}}{2} \right)$$

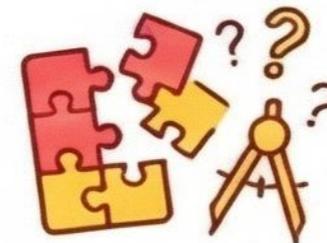
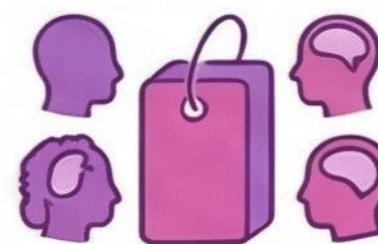


$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$n = \sqrt{2}x^2$$
$$\sin(x) = \frac{x\pi}{n} + 2\pi^3$$

# O Desafio Fundamental: Diagnóstico Personalizado em Larga Escala

Professores de matemática enfrentam uma dificuldade constante: como diagnosticar, em tempo hábil e com precisão, as competências individuais de cada aluno em turmas heterogêneas? Essa barreira limita a personalização e perpetua abordagens genéricas.



**Turmas Heterogêneas:**  
Dificuldade em diagnosticar competências individuais.

**Falta de Tempo:** Intervenções personalizadas são inviáveis manualmente.

**Ensino Genérico:** Prejudica tanto alunos com dificuldades quanto os avançados.

**Fragmentação Científica:** A literatura sobre IA na educação matemática está dispersa, sem um mapa claro.

# Objetivo Geral

## AÇÃO CENTRAL



Mapear e analisar sistematicamente as aplicações de técnicas computacionais na educação matemática.

## IMPACTO (PARA QUÊ)



Fundamentar o desenvolvimento de um Modelo Computacional (MVP) Explicável, voltado para o diagnóstico de competências e a personalização do ensino.

Mapear e analisar sistematicamente as aplicações de técnicas computacionais — especialmente *machine learning*, *learning analytics* e sistemas de tutoria inteligente — no contexto da educação matemática, identificando tendências, lacunas de pesquisa e oportunidades para o desenvolvimento de um modelo computacional (MVP) que auxilie professores na personalização do ensino e no diagnóstico de competência.



## ESCOPO (O QUÊ)



Revisão de Machine Learning, Learning Analytics e Sistemas Tutores Inteligentes (STI) para identificar tendências e lacunas de pesquisa.



# Quatro Perguntas Fundamentam a Nossa Busca por Clareza

## Pergunta 1 (O Quê?)

Quais **técnicas computacionais** (ML, IA, etc.) estão sendo aplicadas atualmente na educação matemática para identificar o estado da arte?



## Pergunta 2 (Como?)

Como essas técnicas têm sido **validadas** em contextos educacionais reais (métricas, designs experimentais)?



## Pergunta 3 (O Que Falta?)

Que **lacunas, limitações e desafios** existem que precisam ser preenchidos por novas pesquisas?



## Pergunta 4 (E Agora?)

Quais **direcionamentos** podemos estabelecer para desenvolver ferramentas educacionais mais eficazes e alinhadas à realidade?



*Estas quatro perguntas guiarão a análise dos nossos achados.*

# Missão: Mapear o Terreno com Rigor e Transparência

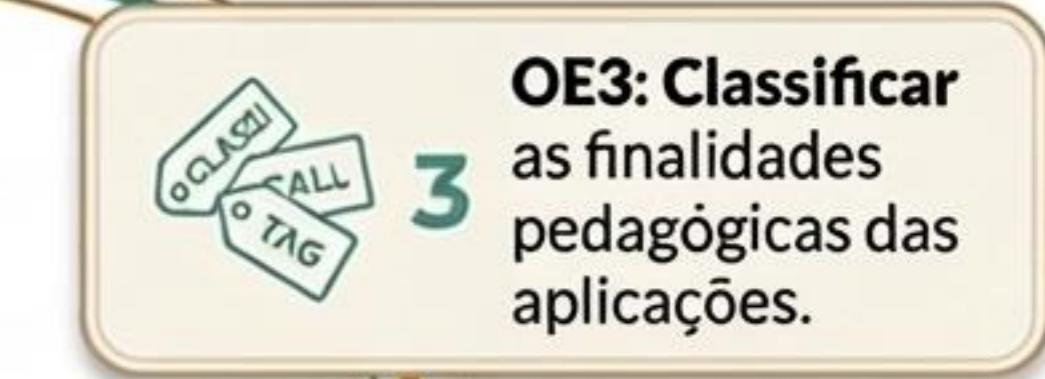
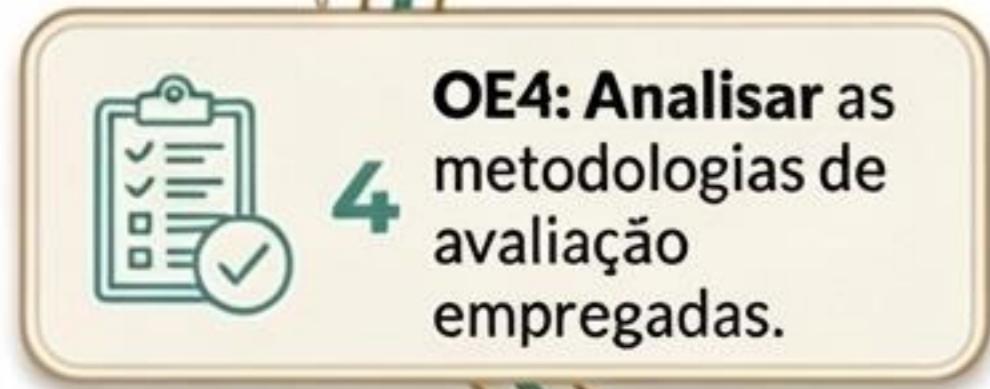
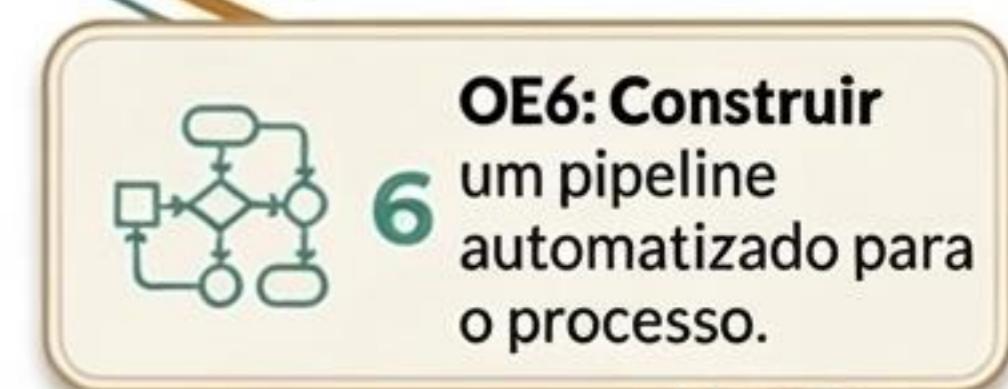
Mapear sistematicamente as aplicações de **Machine Learning, Learning Analytics e Sistemas Tutores Inteligentes** em educação matemática para identificar **tendências, lacunas e oportunidades**.

## A Ferramenta de Rigor



- ✓ Protocolo **PRISMA 2020**: O Padrão Ouro para revisões sistemáticas.
- ✓ Garante **rigor, transparência e reproduzibilidade**.
- ✓ Torna os resultados **auditáveis e replicáveis**.

# Estruturando a Execução em 6 Objetivos Específicos

- 
- **1 OE1:** Revisar a literatura (2015-2025) com o protocolo PRISMA.
  - **2 OE2:** Identificar as técnicas de IA/ML utilizadas.
  - **3 OE3:** Classificar as finalidades pedagógicas das aplicações.
  - **4 OE4:** Analisar as metodologias de avaliação empregadas.
  - **5 OE5:** Mapear as lacunas e desafios reportados.
  - **6 OE6:** Construir um pipeline automatizado para o processo.

Juntos, estes 6 objetivos respondem às nossas 4 perguntas-guia.

# Estratégia de Busca: Uma Rede de Captura em 3 Camadas



# 4 Bases de Dados Complementares para uma Visão 360°



**Semantic Scholar:** Forte em Ciência da Computação e métricas de influência.



**OpenAlex:** Cobertura ampla e aberta.

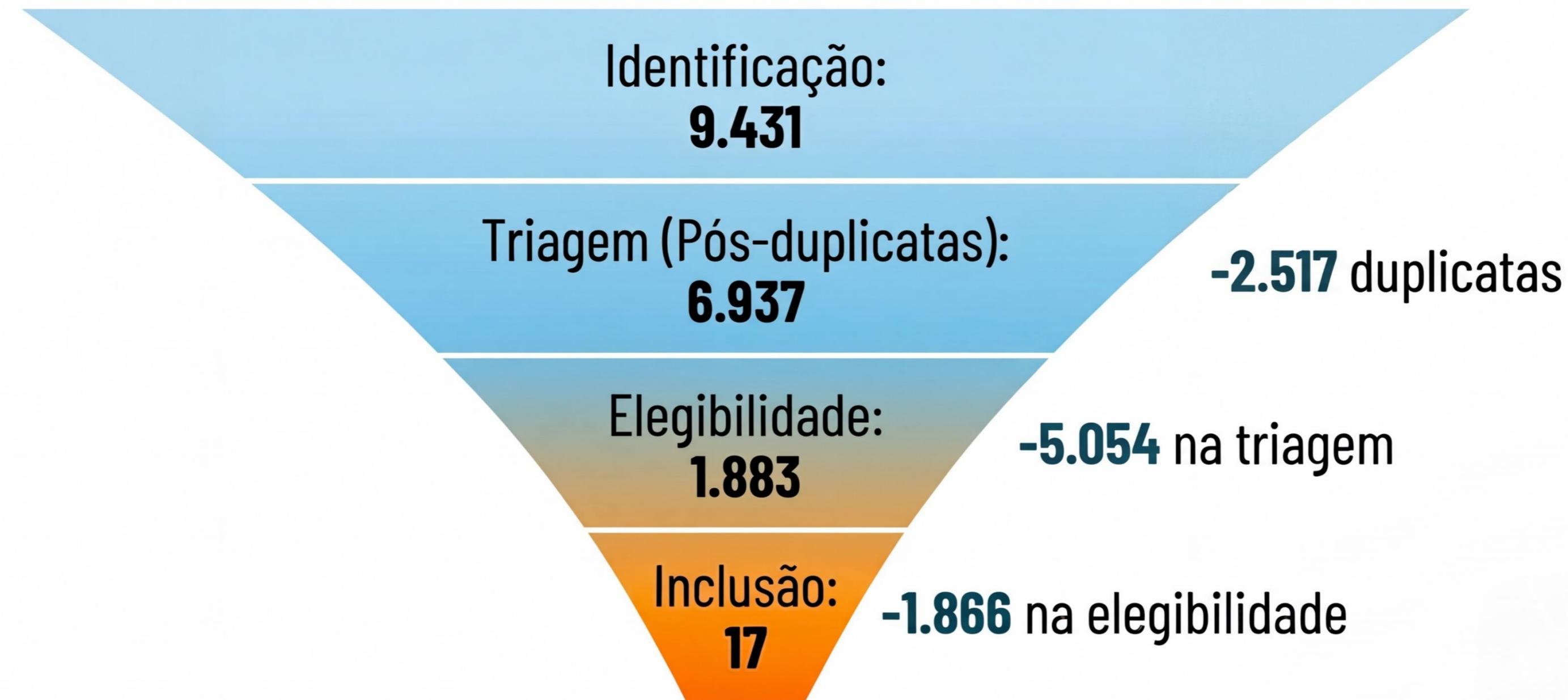


**Crossref:** Precisão de metadados e DOIs.



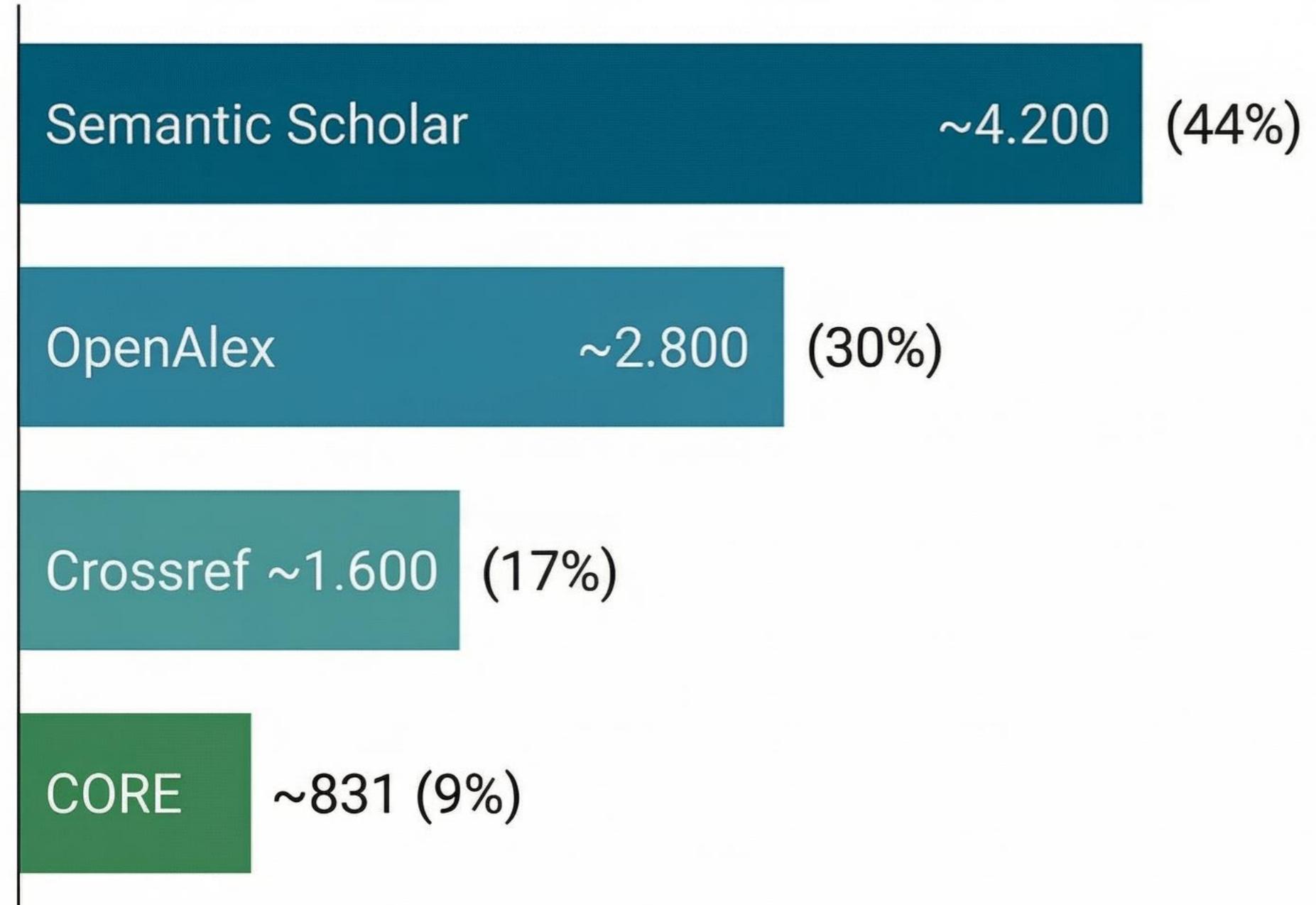
**CORE:** Foco em artigos de acesso aberto.

# O Funil da Descoberta: De 9.431 Pistas a 17 Evidências



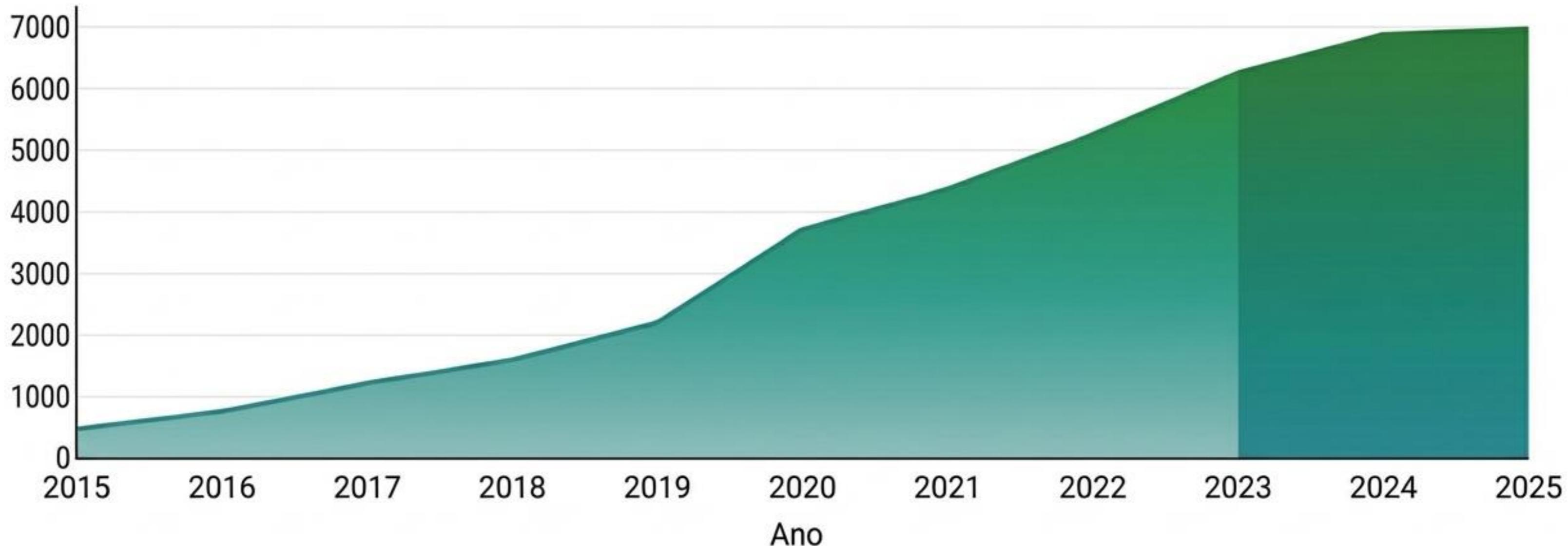
**Taxa de inclusão final: 0,18%.** Isso não é uma falha, é a marca do rigor metodológico. Encontramos o sinal em meio ao ruído.

# De Onde Vieram as Pistas Iniciais?



Semantic Scholar lidera em volume, validando sua escolha como fonte primária. A contribuição significativa das outras 3 bases confirma a necessidade da abordagem multi-base para reduzir o viés.

# Uma Área de Pesquisa em Plena Expansão



O interesse científico nesta área não é antigo, é **agora**. A pesquisa está acelerando, o que torna este trabalho oportuno e relevante.

# Nosso Filtro de Qualidade: Critérios de Inclusão por Pontuação



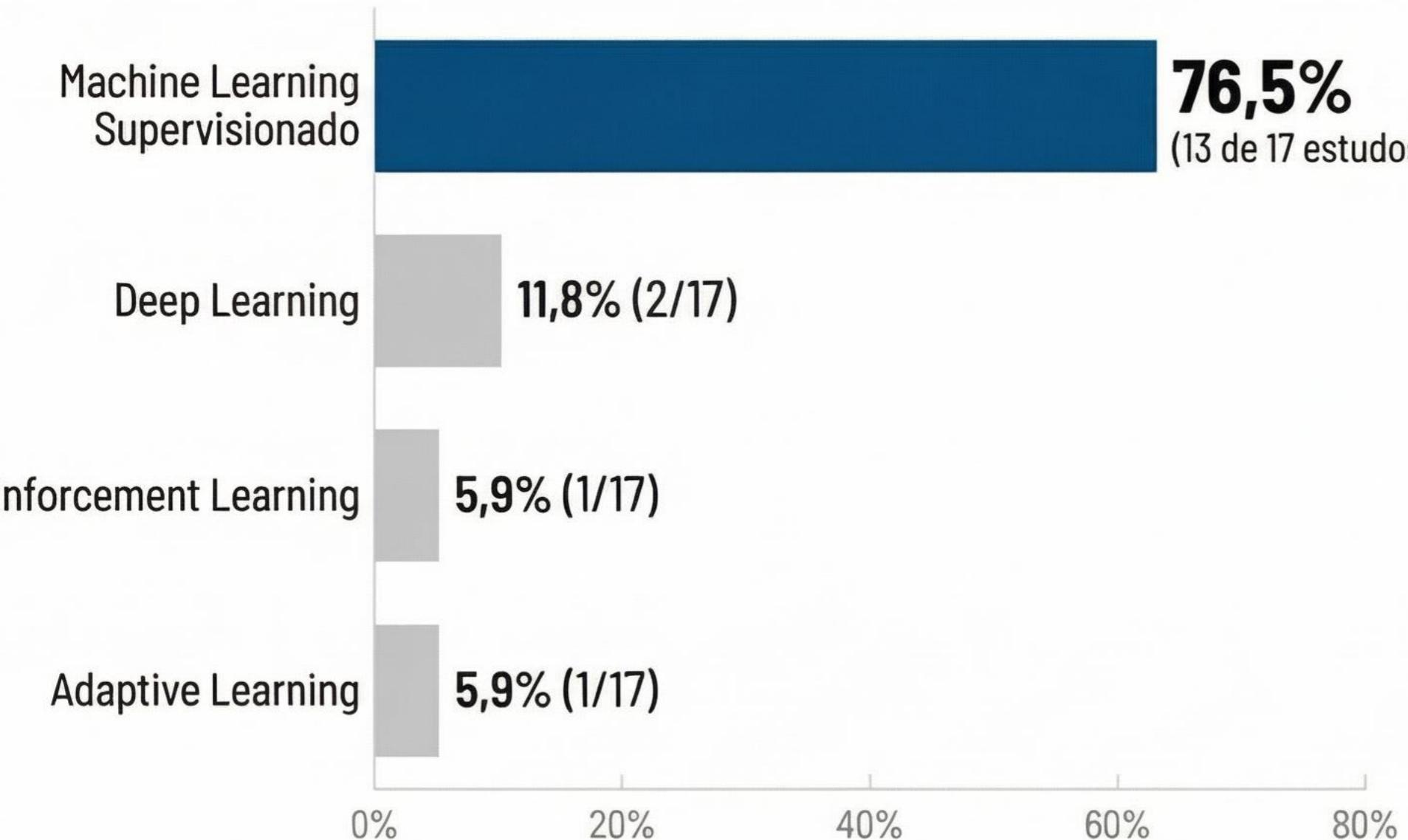
## Critérios de Pontuação (0 a 10)

- Técnicas Computacionais (0-3 pts): Relevância e clareza da aplicação de IA/ML.
- Contexto Matemático (0-3 pts): Foco genuíno na educação matemática.
- Qualidade dos Metadados (0-2 pts): Documentação e clareza do estudo.
- Impacto Científico (0-2 pts): Acesso, citações e relevância.

**A Régua de Qualidade:** Apenas estudos com pontuação de relevância  $\geq 4,0 / 10$  foram incluídos.

Resultado: A pontuação média dos 17 estudos incluídos foi de 4,2.

# O Cenário Atual é Dominado por Machine Learning Supervisionado



## Por que o ML Supervisionado lidera?



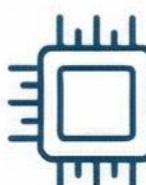
- **Maturidade e Estabilidade:** Décadas de desenvolvimento e validação.



- **Disponibilidade de Dados:** Ecossistemas educacionais já possuem dados históricos rotulados.

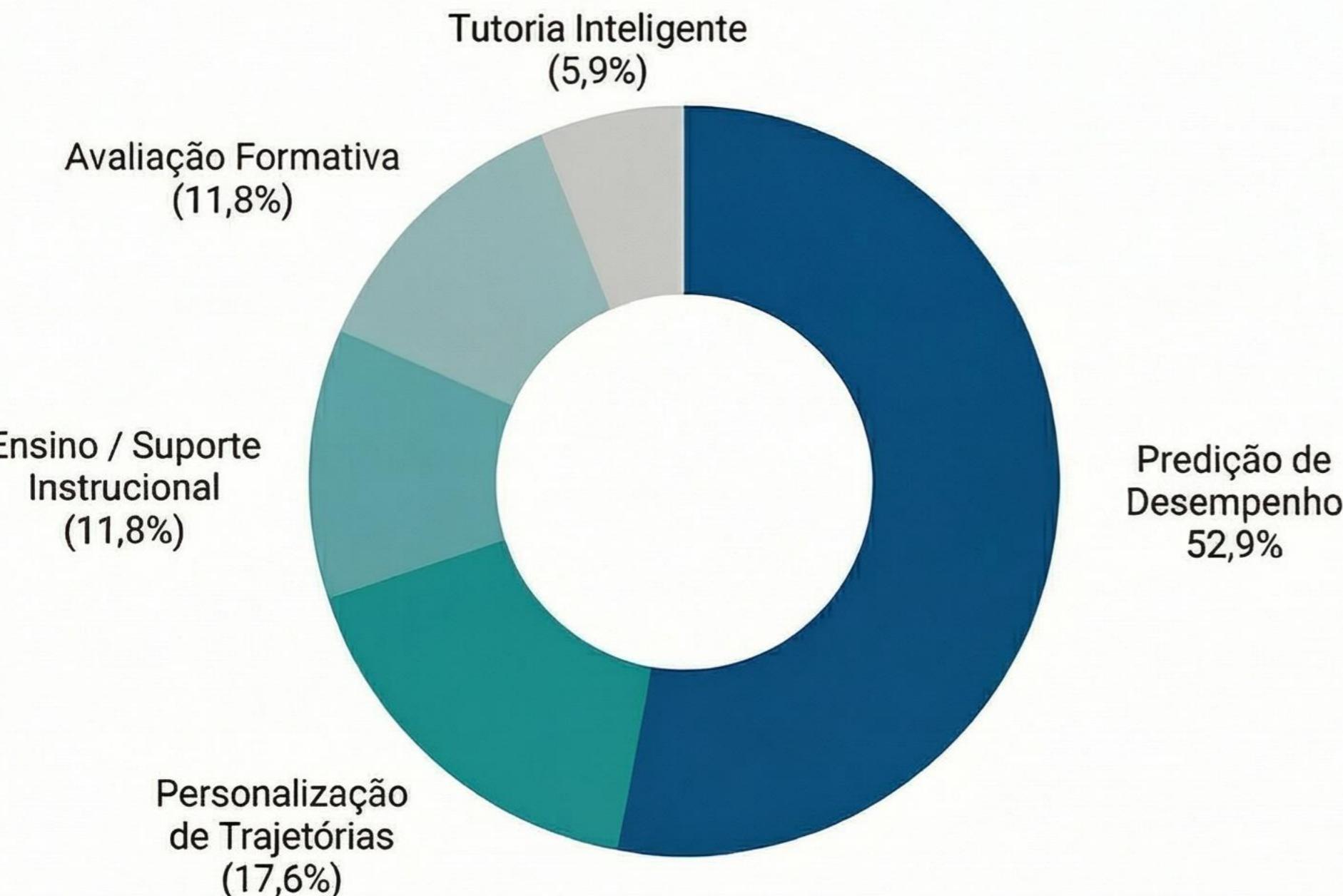


- **Interpretabilidade Relativa:** Modelos como Árvores de Decisão são mais fáceis de explicar que redes neurais profundas.



- **Eficiência Computacional:** Roda em hardware padrão, sem necessidade de GPUs de ponta.

# O Foco da Academia é Identificar Problemas, Não Necessariamente Resolvê-los



## A Lacuna Crítica

**52,9%**

dos estudos se concentram em

**IDENTIFICAR**

mas apenas **17,6%**

oferecem soluções ativas de

**PERSONALIZAÇÃO**

Existe uma grande oportunidade para criar sistemas mais proativos e integrados.

# Sim, os Sistemas Funcionam—Mas a Realidade é Mais Complexa

## Acurácia Reportada

**~85%**

Acurácia Média

Excelente (>90%): 29,4%  
(5 estudos)

Muito Bom (85-90%): 23,5%  
(4 estudos)

Bom (75-85%): 35,3%  
(6 estudos)

Faixa de desempenho observada: 75% a 96,89%.

## Ganhos de Aprendizagem



**Ganhos médios de 10-20%** são reportados em 38% dos estudos.

## ⚠ Alerta de Viés

**94,1%**

dos estudos reportam resultados positivos.

**0%** reportam resultados negativos.

Isso aponta para um forte viés de publicação. A eficácia real em cenários práticos é provavelmente mais próxima de **70-85%**.

# O Ponto Cego Técnico: O Que os Modelos Atuais Não Conseguem Fazer



## Falta de Explicabilidade

**85%** dos modelos são "caixas-pretas" (14 de 17). Os professores não sabem o porquê da recomendação.



## Validação de Laboratório

**65%** dos estudos são validados em ambientes controlados, não em escolas reais. A eficácia prática é incerta.



## Falta de Estudos Longitudinais

**Mais de 80%** dos estudos duram menos de um semestre. O impacto a longo prazo é desconhecido.



## Problema do “Cold Start”

**60%** dos sistemas precisam de um longo histórico do aluno para funcionar, sendo ineficazes para alunos novos.

# As 4 Lacunas Críticas que a Literatura Não Resolveu

**Pedagógicas:** 0% dos estudos mencionam a **BNCC**.

**Metodológicas:** 80% usam **dados fechados**, impedindo a reproduzibilidade.

**Éticas:** 90% não discutem **equidade** ou **viés algorítmico**.

## 1

### EXPLICABILIDADE

**85%** dos modelos são caixas-pretas inaceitáveis para educadores.

## 2

### CONTEXTO BRASILEIRO

0% de alinhamento com a **BNCC**, tornando as soluções irrelevantes para nossas escolas.

## 3

### VALIDAÇÃO REAL

**65%** das “provas de eficácia” vêm de laboratórios, não de salas de aula reais.

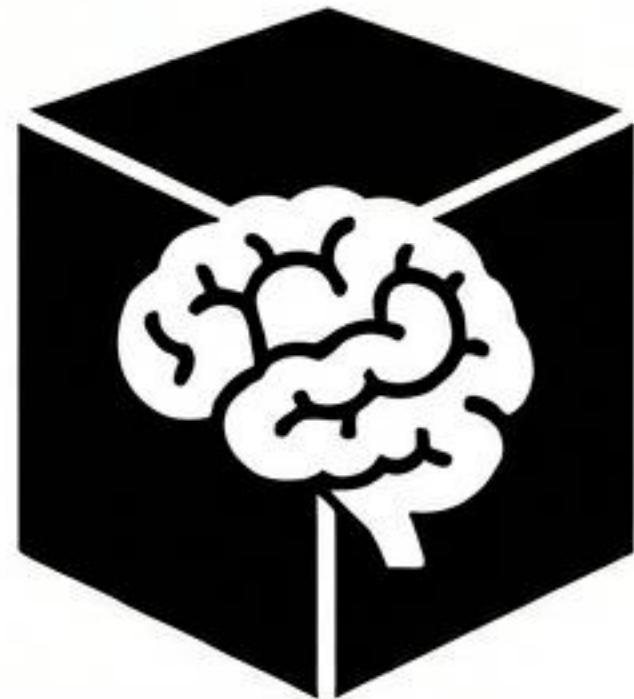
## 4

### METACOGNIÇÃO

Incorporação de estratégias de autorregulação e feedback metacognitivo para apoiar o aprendizado do aluno.

# Da Caixa-Preta à Confiança com XAI

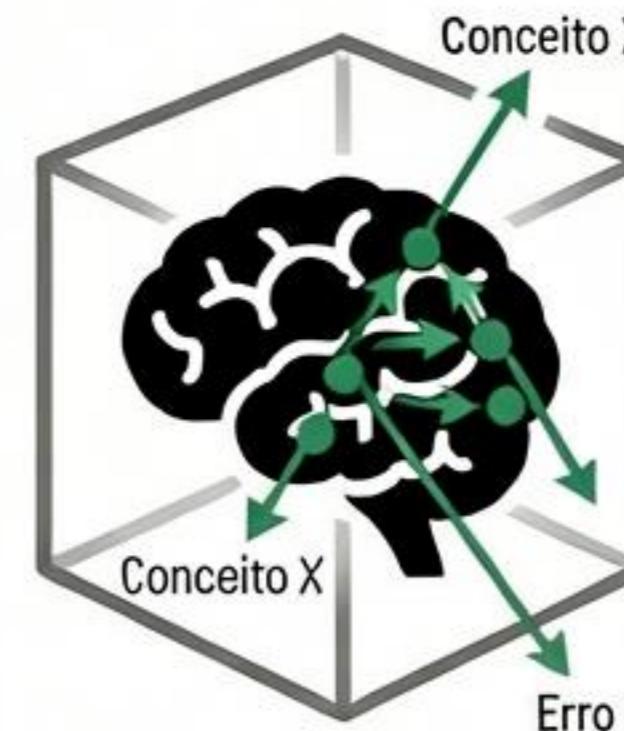
## A Lacuna: O “Black Box”



85% dos sistemas atuais dão um diagnóstico sem explicar o porquê. Isso gera desconfiança e impede o uso eficaz pelo professor, que precisa de percepções, não de veredictos.



## A Solução: XAI Integrada

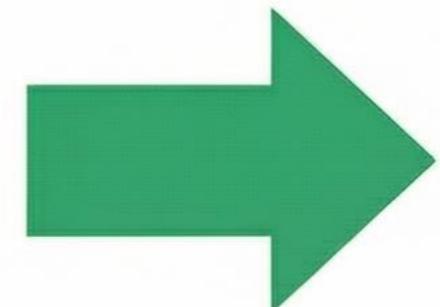


Inspirado por Hasib et al. (2022), que alcançou 96,89% de acurácia com LIME.

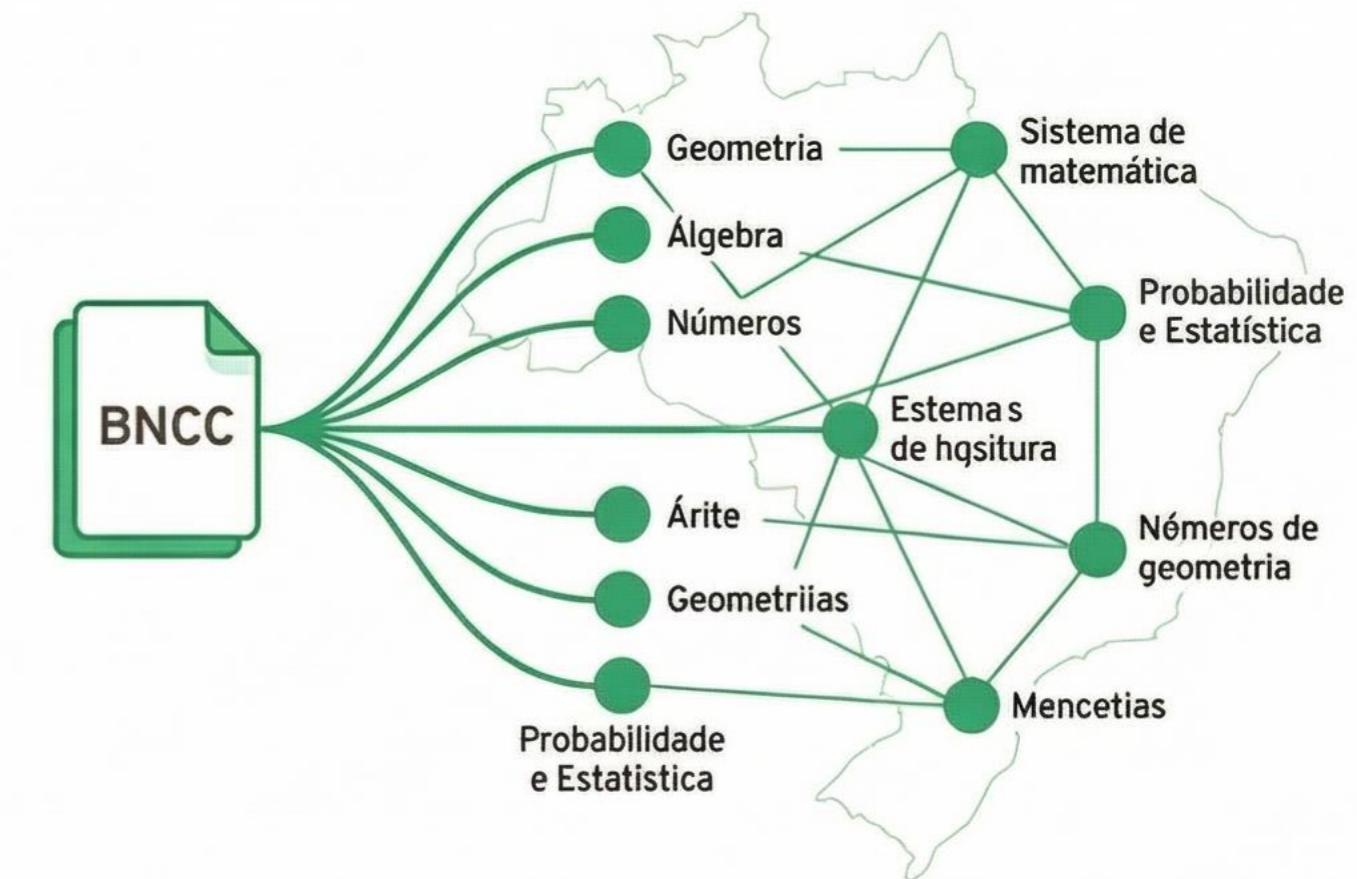
Nosso protótipo integrará técnicas de **XAI (LIME/SHAP)** desde o design. Para cada diagnóstico, o sistema fornecerá uma explicação visual:  
“Prevemos dificuldade neste tópico **porque** o aluno demonstrou erros consistentes nos conceitos X, Y e Z.”

# Da Teoria Genérica à Prática Brasileira com a BNCC

A Lacuna: Soluções 'Importadas'



A Solução: Alinhamento Curricular Total



**NENHUM** dos 17 estudos de ponta menciona a **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. As ferramentas são desenvolvidas para currículos estrangeiros, o que limita drasticamente sua adoção e relevância no Brasil.

A Fase 2 irá construir uma matriz de conhecimento que mapeia explicitamente cada tópico e avaliação às **competências matemáticas da BNCC** para o Ensino Fundamental e Médio. O sistema não apenas diagnosticará um conceito, mas a competência curricular associada.

# Do Laboratório à Sala de Aula com Validação Real

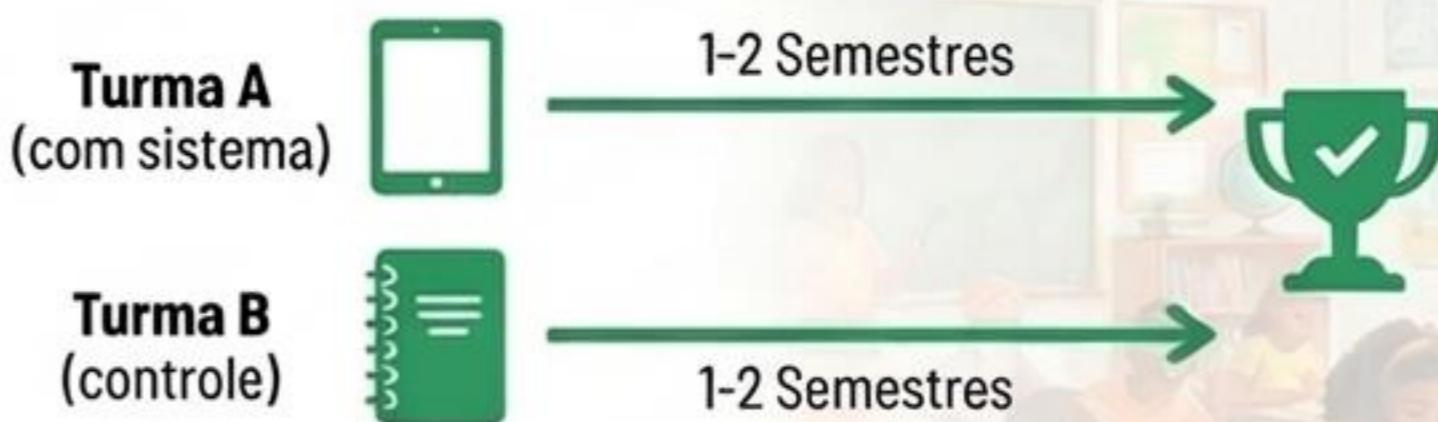
## A Lacuna: Evidência Frágil



65% dos estudos validam suas ferramentas em condições ideais de laboratório, com amostras pequenas e controladas. Isso não garante que a solução funcionará sob a pressão e a complexidade de uma sala de aula real.



## A Solução: Validação Ecológica Robusta



A Fase 3 do nosso projeto será um **experimento em escolas reais**, com duração de 1 a 2 semestres. Usaremos um **design com grupo de controle** (Turma A usa o sistema, Turma B não) para medir o impacto real no desempenho, engajamento e satisfação.



# Inovando Além do Essencial: Metacognição e Ciência Aberta

## Ensinando a “Aprender a Aprender”



- 95% dos sistemas focam em “saber a resposta”, ignorando o processo de aprendizagem (metacognição).

O protótipo incluirá um **módulo de feedback metacognitivo**, oferecendo dicas como: “Você acertou, mas há um método mais eficiente. Tente a estratégia X.” para desenvolver a autonomia do aluno.

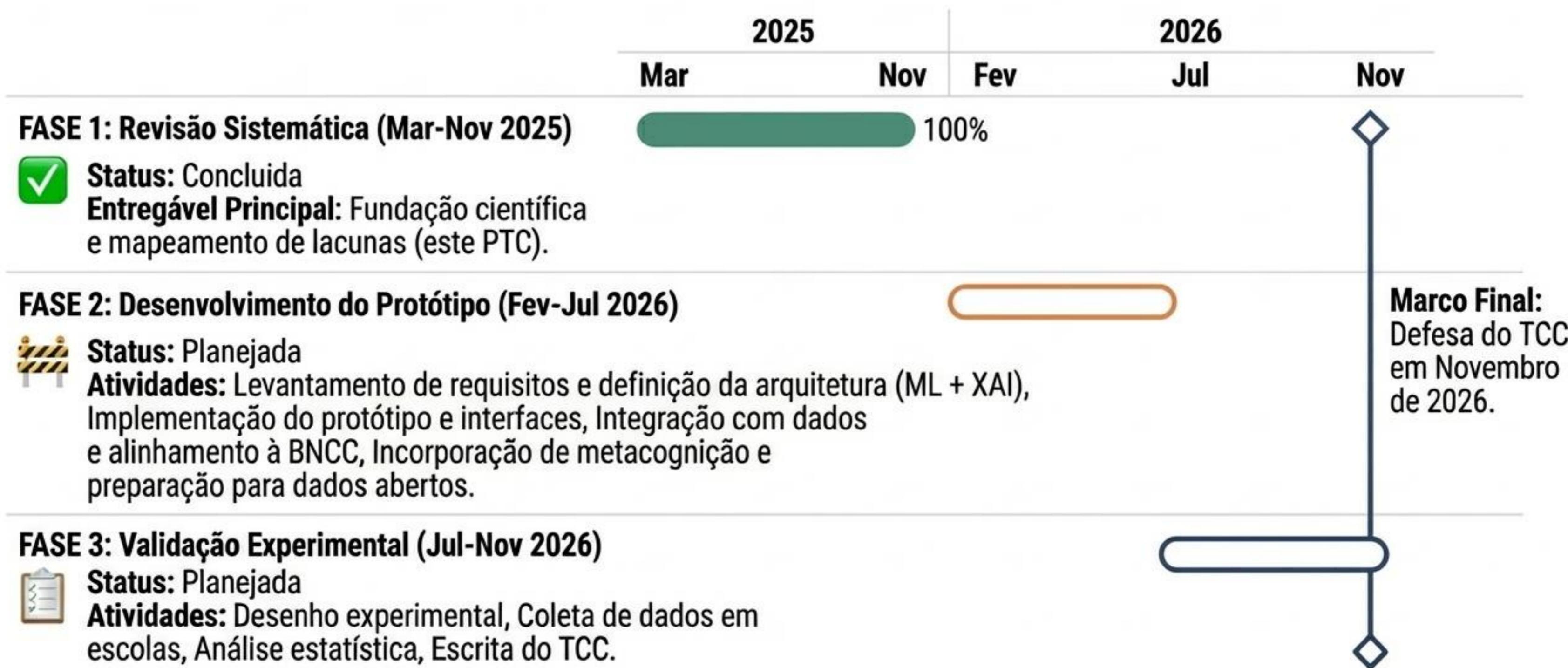
## Contribuindo para a Ciência



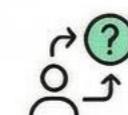
- 80% da pesquisa na área é uma “caixa-preta”, com código e dados indisponíveis.

Nosso compromisso é com a **ciência aberta**. Todo o código, modelos e datasets anonimizados da Fase 2 serão publicados em um **repositório público no GitHub** para garantir reproduzibilidade e fomentar novas pesquisas.

# O Caminho à Frente: Um Cronograma Integrado em 3 Fases



# Conclusão: De uma Revisão a um Mapeamento Estratégico



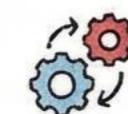
## Partimos de um Problema Real

A dificuldade de personalizar o ensino de matemática em turmas heterogêneas.



## Executamos uma Investigação Rigorosa (PRISMA 2020)

Mapeamos o campo, filtrando **9.431** artigos para encontrar os **17** mais relevantes.



## Identificamos Evidências e Lacunas Críticas

Confirmamos que as técnicas funcionam (-85% de acurácia), mas carecem de **explicabilidade, contexto (BNCC) e validação real**.



## Definimos uma Solução Baseada em Evidências

A Fase 2 irá construir um protótipo que preenche precisamente essas três lacunas.

> “Este PTC não é apenas uma revisão da literatura. É um **mapeamento estratégico** que fundamenta a construção de uma solução educacional **real, explicável e alinhada** com as necessidades das escolas brasileiras.”

# **Além dos algoritmos: a crença no potencial transformador da matemática.**

**“A escolha dos conjuntos de elementos que envolvem o projeto consiste em amar matemática e acreditar que ela tem potencial de transformação humano e com isso, impactar positivamente na vida das pessoas.”**

# Obrigado.

Dúvidas e discussão.

