



## Transparência e gestão por resultados: desenho e avaliação de um simulador IDEB/IDEPE orientado ao ODS 4

*Transparency and management by results: design and evaluation of an IDEB/IDEPE simulator oriented to SDG 4*

Charlis Alberto Cabral de  
Moraes Júnior<sup>a</sup>

Pedro Portela Silva<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade de Pernambuco (UPE)

<sup>b</sup> Universidade de Pernambuco (UPE)

### Palavras-chave

*Gestão por resultados; Avaliação educacional; Transparência; Simulações; ODS 4.*

### Keywords

*results-based management; educational assessment; transparency; simulations; SDG 4.*

### Resumo

A gestão educacional orientada a resultados requer instrumentos simples que traduzam dados de aprovação e proficiências em informação acionável para planejamento e prestação de contas. Este artigo descreve o desenho e a avaliação de um simulador web de baixo custo para estimar IDEB/IDEPE, com módulo de sensibilidade (Língua Portuguesa/Matemática) e geração de relatórios padronizados. Adota-se *Design Science Research* para concepção do artefato, especificando arquitetura (*Streamlit*, rotinas de cálculo e validações), lógica de composição fluxo-proficiência e cenários “*what-if*”. Estudos de caso com dados públicos/sintéticos mostram obtenção rápida de estimativas, identificação de gargalos (fluxo baixo, assimetrias Língua Portuguesa × Matemática), priorização de investimentos pedagógicos pela análise de sensibilidade e melhoria da comunicabilidade por relatórios replicáveis. Do ponto de vista gerencial, o simulador apoia ciclos PDCA de redes e escolas, fortalece transparência e *accountability* e operacionaliza o monitoramento da Meta 4.1 do ODS 4. Limitações incluem dependência da qualidade das entradas e ausência de incertezas probabilísticas. Como agenda futura, propõe-se integração a bases oficiais, simulações estocásticas e módulo de otimização para metas factíveis.

### Abstract

*Results-oriented educational management requires lightweight instruments that convert approval rates and proficiency scores into actionable information for planning and accountability. This article describes the design and evaluation of a low-cost web simulator to estimate IDEB/IDEPE, featuring a sensitivity module (Portuguese/Mathematics) and standardized report generation. A Design Science Research approach guides the artifact, specifying its architecture (Streamlit, calculation routines and validations), the flow-achievement composition, and “what-if” scenarios. Case studies using public/synthetic data show fast estimates, detection of bottlenecks (low flow, Portuguese x Mathematics asymmetries), prioritization of pedagogical investments via sensitivity analysis, and improved communicability through reproducible reports. From a managerial standpoint, the simulator supports PDCA cycles in school systems, strengthens transparency and accountability, and operationalizes monitoring of SDG 4.1. Limitations include dependence on input-data quality and the absence of probabilistic uncertainty. As a future agenda, we propose integration with official databases, stochastic simulations, and an optimization module to suggest feasible targets.*

### Informações do artigo

Recebido: 03 de outubro de 2025

Aprovado: 24 de outubro de 2025

Publicado: 28 de outubro de 2025

Copyright © 2025 Universidade de Pernambuco (UPE). Todos os direitos reservados.

Autor correspondente:

E-mail: [charlis.acmjuni@upe.br](mailto:charlis.acmjuni@upe.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Ao combinar fluxo e proficiências, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) funciona como instrumento de avaliação e responsabilização do sistema escolar (Schneider & Sartorel, 2016), constituindo-se em referência central para pactuação de metas e acompanhamento da qualidade educacional. A articulação entre indicadores de rendimento (aprovação) e desempenho (proficiências padronizadas) pelo IDEB responde à necessidade de transparência e *accountability* no serviço público (Schneider & Sartorel, 2016), permitindo que gestores, docentes e sociedade monitorem avanços e identifiquem lacunas. O Índice de Desenvolvimento da Educação de Pernambuco (IDEPE), segue a mesma lógica de cálculo do IDEB. No contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, o ODS 4 estabelece a universalização de uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade ao longo da vida (Smith *et al.*, 2024), reforçando a importância de sistemas de monitoramento que traduzam resultados de aprendizagem em informação acionável para políticas públicas.

Apesar da relevância desses indicadores sintéticos, redes de ensino enfrentam desafios práticos na estimativa de efeitos decorrentes de mudanças em proficiências ou fluxo escolar. A lógica de "ranqueamento" nas avaliações educacionais acompanha a agenda de organismos internacionais centrada na maximização de resultados (Gonçalves, Guerra, & Deitos, 2020), mas a mediatização em rankings tende a produzir pressões competitivas com limitado efeito pedagógico (Schneider & Sartorel, 2016). Secretários municipais indicam o planejamento como principal uso prático dos resultados do IDEB (Vidal, Silva, Marinho, & Nogueira, 2024), evidenciando a necessidade de ferramentas que convertam dados brutos em projeções e cenários compreensíveis. Quase metade dos municípios utiliza o IDEB para pactuar metas de proficiência (Vidal *et al.*, 2024), porém a ausência de instrumentos simples e acessíveis dificulta a comunicação com as equipes escolares e a simulação de estratégias de melhoria.

A literatura de gestão e avaliação educacional aplicada aponta lacunas na oferta de artefatos que conciliem rigor técnico, baixo custo e usabilidade. Tornar públicos os custos permite escrutínio social sobre a boa aplicação de recursos e prioridades (Borinelli, Amâncio-Vieira, Negreiros, Pereira, & Pereira, 2014), princípio extensível à divulgação de metodologias de cálculo e ferramentas de simulação. Desenvolver rotinas inteligentes em TI pública exige conciliar transparência, auditabilidade e padronização, um desafio recorrente (Pinheiro, Santos, & De Lima Neto, 2023). A DSRM foi empregada para conceber um framework inteligente de suporte à decisão no setor público (Pinheiro *et al.*, 2023), sinalizando o potencial de abordagens de Design Science para a criação de ferramentas gerenciais no campo educacional.

Diante desse cenário, este artigo investiga a seguinte questão: de que modo um simulador web aberto e de baixo custo pode ser projetado e avaliado para estimar o IDEB/IDEPE, apoiar a comunicação de metas e informar decisões pedagógicas e de rede? Para respondê-la, descrevemos a arquitetura, a lógica de cálculo, o módulo de sensibilidade e os usos gerenciais do artefato, com

foco nos anos iniciais, finais e no ensino médio. No marco da governança em rede, em que Estado e sociedade civil operam por arranjos híbridos (Araujo & Nascimento, 2020), o simulador se alinha como instrumento de pactuação colaborativa de metas. Como contribuição, disponibiliza um artefato aberto e reproduzível para estimar indicadores; oferece guia de uso e interpretação para gestores; evidencia gargalos típicos, como fluxo reduzido e assimetrias de proficiência, gerando insights acionáveis, padronizando relatórios para comunicação interna e externa e materializa transparência e cultura de dados em sintonia com o ODS 4. Pode traduzir dados de avaliação em projeções que subsidiariam o ciclo de planejamento, execução, monitoramento e ajuste (PDCA) de políticas educacionais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Indicadores e gestão por resultados

A avaliação de sistemas educacionais é justificada pela necessidade de transparência e *accountability* no serviço público (Schneider & Sartorel, 2016), inscrevendo-se em um modelo de governança que articula mensuração de desempenho e responsabilização de atores. O Estado avaliador utiliza resultados para balizar investimentos e exercer controle social no campo educacional (Gonçalves *et al.*, 2020), consolidando uma racionalidade gerencial que atravessa desde a formulação de políticas até a prática escolar. Os resultados do IDEB tendem a orientar ações de rede, planejamento, monitoramento e alinhamentos curriculares (Smith *et al.*, 2024), demonstrando que indicadores sintéticos funcionam como bússolas para a gestão estratégica.

No entanto, a relação entre indicadores e melhorias efetivas permanece complexa. Em determinado estudo de caso, não emergiu correlação estatisticamente relevante entre IDEB e variáveis como gasto total ou experiência média docente (Borinelli *et al.*, 2014), sugerindo que a elevação de escores demanda intervenções multidimensionais e contextualizadas. Vinculada ao IDEB, a Prova Brasil pode induzir competição e efeitos pouco pedagógicos, reforçados por divulgações em formato de ranking (Schneider & Sartorel, 2016). Docentes do Acre relataram perda de autonomia diante de metas nacionais, com o sistema prescrevendo conteúdos a ensinar (Cabral, 2021), evidenciando tensões entre responsabilização vertical e autonomia profissional.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é lida como dispositivo que restringe o escopo científico e favorece padronização coerente com avaliações em larga escala (Gonçalves *et al.*, 2020), reforçando o alinhamento entre currículo e instrumentos de aferição. A reconfiguração do SAEB em 2019 buscou convergir com os parâmetros da BNCC (Gonçalves *et al.*, 2020), consolidando um sistema integrado de avaliação-curriculo-gestão. A Prova Brasil figura como um dos principais instrumentos de acompanhamento das metas de qualidade na educação básica (Schneider & Sartorel, 2016), e sua articulação com o IDEB materializa uma política de avaliação

de terceira geração, que ultrapassa a mera aferição de desempenho para influenciar práticas pedagógicas e decisões de rede.

## 2.2 Transparência, prestação de contas e comunicação de metas

A incorporação do princípio da eficiência (CF/88) e a Lei de Transparência (2000) impulsionam a adoção de sistemas de custos no governo (Borinelli *et al.*, 2014), criando pressão institucional para que gestores demonstrem uso responsável de recursos públicos. O QEdu (portal de dados educacionais) processa dados da Prova Brasil e divulga indicadores como "aprendizado adequado" em linguagem acessível (Borinelli *et al.*, 2014), exemplificando como plataformas de visualização podem democratizar o acesso à informação educacional. Slogans, campanhas e eventos do Todos Pela Educação (TPE) funcionam como dispositivos de construção de consenso e difusão de agendas (Araujo & Nascimento, 2020), evidenciando que a comunicação de metas transcende relatórios técnicos e mobiliza estratégias de *advocacy*.

A expansão de avaliações externas municipais sugere alinhamento a uma política desenhada de cima para baixo (Smith *et al.*, 2024), mas também reflete o esforço local de apropriação de dados para gestão. Lançado em 2018, "Educação Já!" condensa diretrizes com foco na execução por governos subseqüentes (Araujo & Nascimento, 2020), articulando instrumentos de monitoramento, comunicação e pactuação. A iniciativa "Educação Já!", no Sistema Nacional de Educação (SNE), integra currículo, avaliação e responsabilização para difundir uma racionalidade gerencial (Araujo & Nascimento, 2020), exemplificando como ferramentas de apoio à decisão podem ser incorporados a ecossistemas de governança mais amplos.

No plano internacional, as Revisões Nacionais Voluntárias (VNRs) operam como mecanismo de governança branda no acompanhamento dos ODS, embora recebam críticas por baixa exigência de *accountability* (Smith *et al.*, 2024). As VNRs constituem o canal padrão de reporte nacional do progresso nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), incluindo educação (Smith *et al.*, 2024), e governos tendem a priorizar subconjuntos de indicadores do ODS 4, refletindo escolhas políticas no monitoramento (Smith *et al.*, 2024). Em análises globais, Educação Infantil e Secundária aparecem como condições suficientes para a obtenção do ODS 4 (Carvalho, Almeida, Loures, Ferreira, & Rebola, 2024), reforçando a importância de instrumentos que permitam acompanhar trajetórias ao longo dos níveis de ensino.

## 2.3 Ferramentas de apoio à decisão e design science

Ferramentas de apoio à decisão podem combinar engenharia de domínios e IA para recomendar ações a especialistas, com ênfase em compliance (Pinheiro *et al.*, 2023), ilustrando como soluções tecnológicas podem endereçar demandas de padronização e auditabilidade no setor público. A validação do framework incluiu simulações para verificar portabilidade entre perfis de

usuários e escalabilidade de problemas (Pinheiro *et al.*, 2023), demonstrando que protótipos devem ser testados em cenários representativos de uso real. O monitoramento de "Educação Inteligente" recorre a bases internacionais confiáveis como a UNESCO e o Banco Mundial (Huang *et al.*, 2024), reforçando a necessidade de que ferramentas de apoio à decisão se ancoram em dados de qualidade e metodologias validadas.

Em avaliação de materiais didáticos, o conteúdo foi estruturado via Delphi em múltiplas rodadas até estabilizar o consenso (Liu, Yang, & Shiau, 2020), técnica aplicável ao refinamento de frameworks e indicadores. A priorização de indicadores foi definida por meio de AHP, gerando pesos e uma matriz de pontuação aplicável (Liu *et al.*, 2020), método que pode inspirar a hierarquização de dimensões em simuladores educacionais. Estudos de métodos mistos ajudam a apreender a complexidade curricular no ensino superior, articulando dados quantitativos e qualitativos (Spiger & Carceri, 2024), abordagem igualmente relevante para a avaliação de artefatos tecnológicos em contextos educacionais.

A alta frequência de avaliações municipais pode funcionar como atalho para treinar alunos visando provas externas (Vidal *et al.*, 2024), alerta que reforça a importância de que ferramentas de apoio à decisão promovam uso pedagógico, e não apenas preparatório, dos dados de avaliação.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Abordagem**

Este trabalho adota a Design Science Research (DSR) como estratégia metodológica, posicionando o simulador IDEB/IDEPE como artefato tecnológico voltado à solução de um problema prático identificado na gestão educacional. Desde 2013, Rio Branco mantém escores no IDEB iguais ou superiores à média nacional, indicando desempenho consistente (Cabral, 2021), contexto que evidencia a viabilidade de uso de dados históricos para validação de instrumentos de simulação. O público-alvo do simulador compreende gestores de redes municipais e estaduais, coordenadores pedagógicos e diretores escolares que necessitam estimar cenários de evolução do IDEB/IDEPE, identificar gargalos em fluxo ou proficiência e comunicar metas de forma objetiva.

Os cenários de uso abrangem planejamento estratégico anual, com definição de metas de proficiência e de fluxo por etapa, pactuação com escolas por meio de relatórios padronizados que explicitam o esforço necessário para alcançar determinado patamar do indicador, monitoramento intermediário com simulações do impacto de intervenções pedagógicas ou de gestão e prestação de contas à comunidade escolar e aos órgãos de controle com relatórios exportáveis em PDF. Para atingir primeiro a dimensão micro, a Prova Brasil tende a induzir mudanças no cotidiano das escolas antes de repercutir na escala de rede (Schneider & Sartorel, 2016). Essa dinâmica justifica disponibilizar funcionalidades para a gestão centralizada e para as unidades educacionais.

### 3.2 Arquitetura do simulador

O protótipo foi desenvolvido em Python, utilizando Streamlit como framework de orquestração do front-end e lógica de interação. Streamlit permite a construção de aplicações web interativas com sintaxe declarativa, dispensando conhecimento aprofundado de HTML, CSS ou JavaScript, o que reduz barreiras técnicas e custos de desenvolvimento. A geração de gráficos comparativos de proficiências em Língua Portuguesa (LP) e Matemática (MT) é realizada por meio da biblioteca Matplotlib, enquanto a exportação de relatórios em PDF utiliza a biblioteca FPDF, que permite composição de documentos estruturados com tabelas, texto e imagens incorporadas.

O fluxo de trabalho do simulador começa pela escolha do indicador (IDEB ou IDEPE) e da etapa de ensino (anos iniciais, anos finais ou ensino médio), segue com a inserção das entradas no formulário interativo, taxas de aprovação por série e proficiências médias em Língua Portuguesa (LP) e Matemática (MT). Passa por validação automática com alertas para valores fora de faixa (aprovação de 0–100% no IDEB e de 65–100% no IDEPE) e proficiências compatíveis com as escalas do SAEB. Executa o cálculo dos componentes de fluxo e de proficiência conforme fórmulas oficiais, combinando esses componentes para obter o indicador estimado e aciona o módulo de sensibilidade que simula incrementos de  $-20$  a  $+20$  pontos em LP e MT em passos de 5 pontos com visualização em gráfico de linhas. Finaliza com possibilidade da geração de relatório padronizado em PDF contendo o cenário de referência, as métricas decompostas e o gráfico da simulação.

A configuração centralizada do sistema organiza parâmetros por etapa de ensino em dicionário Python (ETAPAS\_CONFIG), incluindo lista de séries e constantes de padronização de notas. Para anos iniciais, os parâmetros de padronização são (49, 275) para LP e (60, 262) para MT; para anos finais e ensino médio, (100, 300) para ambas as disciplinas nos finais e (117, 334) para LP e (111, 356) para MT no ensino médio. Essa modularização facilita manutenção e expansão futura do código. O framework de avaliação de materiais para DS organiza conteúdos em quatro níveis hierárquicos, dos escopos a tópicos de aprendizagem (Liu *et al.*, 2020), princípio que orienta a estruturação do código, com separação clara entre entrada de dados, processamento e saída.

### 3.3 Lógica de cálculo

O cálculo do IDEB segue a formulação oficial do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), que combina o Indicador de Rendimento Escolar (fluxo) e a Nota Padronizada (proficiência). O componente de fluxo é obtido pela média geométrica das taxas de aprovação de cada série que compõe a etapa de ensino analisada. Formalmente, para uma

etapa com  $n$  séries e taxas de aprovação  $P_1, P_2, \dots, P_n$  (expressas como valores decimais entre 0 e 1), o fluxo  $F$  é dado por:

$$F = (P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n)^{1/n} \quad (1)$$

A média geométrica penaliza assimetrias de forma mais severa que a média aritmética, de modo que uma série com aprovação muito baixa exerce forte impacto negativo sobre o fluxo agregado, incentivando ações focadas nas etapas críticas. A implementação em Python utiliza `np.prod(taxas) ** (1 / len(taxas))` para garantir precisão numérica.

O componente de proficiência é calculado pela média simples das proficiências padronizadas em Língua Portuguesa (LP) e Matemática (MT). As proficiências brutas (escores na escala SAEB) são convertidas em notas padronizadas mediante transformação linear específica para cada etapa de ensino. A fórmula de padronização é:

$$\text{Nota Padronizada} = [(\text{Proficiência} - \text{const sub}) / \text{const div}] \times 10 \quad (2)$$

onde *consta sub* e *const div* são constantes estabelecidas pelo INEP para garantir que a escala resultante esteja alinhada com a escala de 0 a 10 do indicador final. A Nota Padronizada agregada  $N$  é então:

$$N = (\text{NotaLP} + \text{NotaMT}) / 2 \quad (3)$$

Finalmente, o IDEB/IDEPE é obtido pelo produto do fluxo e da nota padronizada:

$$\text{Indicador} = F \times N \quad (4)$$

**Tabela 01** - Entradas, regras de validação e saídas do simulador

Etapa do fluxo	Campo	Onde o usuário informa	Regra de validação	Observação	Saída impactada
Seleção inicial	Indicador (IDEB/IDEPE)	Tela inicial	Obrigatório	Define regras de aprovação	Todas
Seleção inicial	Etapa (AI/AF/EM)	Tela inicial	Obrigatório	Determina padronização por etapa	Todas
Dados	Aprovação por série (%)	Formulário	IDEB: 0–100; IDEPE: 65–100	Alerta automático se fora da faixa	Componente de fluxo
Dados	Proficiência LP (média)	Formulário	Compatível com escala SAEB da etapa	Validação de outliers	Componente de proficiência
Dados	Proficiência MT (média)	Formulário	Compatível com escala SAEB da etapa	Validação de outliers	Componente de proficiência
Cálculo	Componente de fluxo	Backend	Fórmula oficial	Documentada no apêndice técnico	Indicador estimado
Cálculo	Componente de proficiência	Backend	Padronização por etapa	Documentada no apêndice técnico	Indicador estimado

Etapa do fluxo	Campo	Onde o usuário informa	Regra de validação	Observação	Saída impactada
Sensibilidade	$\Delta$ LP/MT (-20 a +20, passo 5)	Controle deslizante	Intervalo fechado	Varia uma disciplina por vez ou ambas	Curva de sensibilidade
Relatório	PDF padronizado	Botão “Exportar”	Geração automática	Baseline + métricas + gráfico	Prestação de contas

**Fonte:** elaboração própria dos autores (2025)

Essa formulação privilegia simultaneamente retenção de estudantes (fluxo) e qualidade de aprendizagem (proficiência), alinhando-se ao conceito de que a efetividade educacional requer tanto progressão regular quanto domínio de competências. Evidências apontam a alfabetização como condição necessária ao alcance global do ODS 4, com alta consistência (Carvalho *et al.*, 2024), reforçando a importância de monitorar proficiências em LP/MT desde os anos iniciais.

O módulo de sensibilidade opera por meio de simulações paramétricas, nas quais o sistema varia automaticamente as proficiências em LP e MT em intervalos de 5 pontos, de -20 a +20 pontos em relação aos valores informados. Para cada variação, o indicador é recalculado mantendo-se o fluxo constante, gerando duas séries temporais que permitem visualizar qual dimensão (LP ou MT) exerce maior impacto relativo sobre o indicador final. O gráfico resultante apresenta duas linhas (variação LP e variação MT) plotadas sobre o mesmo eixo, facilitando a comparação visual. Essa funcionalidade apoia a priorização de investimentos pedagógicos, evidenciando se o gargalo reside em Língua Portuguesa, Matemática ou se ambas demandam atenção equivalente.

Para o IDEPE, a lógica de cálculo é idêntica ao IDEB, porém a validação de entrada restringe taxas de aprovação ao intervalo [65%, 100%], refletindo especificidades do sistema estadual de Pernambuco. A formatação do resultado também difere: o IDEB é exibido com uma casa decimal, enquanto o IDEPE utiliza duas casas decimais, alinhando-se às convenções oficiais de divulgação. Interpretações críticas da BNCC a aproximam da Teoria do Capital Humano, reforçando competências socioemocionais como mecanismo de conformidade (Gonçalves *et al.*, 2020), e o simulador, ao focar em proficiências cognitivas (LP/MT), complementa abordagens mais amplas de monitoramento educacional.

### 3.4 Dados e cenários

As entradas do simulador compreendem as taxas de aprovação por série (1º ao 5º ano para anos iniciais, 6º ao 9º ano para anos finais, 1ª a 4ª série para ensino médio, incluindo 4º ano opcional), proficiências médias em Língua Portuguesa e Matemática (na escala SAEB). Os dados são inseridos manualmente via formulário Streamlit, com campos numéricos validados em tempo real. O sistema aceita valores nulos para séries não aplicáveis (por exemplo, 4º ano do ensino médio em estados onde o ciclo possui três anos), garantindo flexibilidade de uso.

O cenário baseline representa a situação atual da escola ou rede, calculando o IDEB/IDEPE a partir dos dados informados. Não há cenário meta interativo no protótipo atual, mas o módulo de sensibilidade permite ao usuário visualizar qual seria o indicador resultante de diferentes incrementos em LP e MT, funcionando como ferramenta de planejamento *what-if*. Por exemplo, se uma rede possui proficiência média de 200 pontos em LP e 195 em MT nos anos iniciais, o gestor pode observar no gráfico de sensibilidade que um incremento de +15 pontos em LP elevaria o IDEB de X para Y, enquanto o mesmo incremento em MT resultaria em Z.

O gráfico de simulação (LP versus MT) compara os efeitos de investir prioritariamente em Língua Portuguesa ou Matemática. Caso a análise revele que a curva de variação MT apresenta maior inclinação que a de LP, significa que incrementos em Matemática geram impacto superior ao mesmo esforço em LP, indicando que MT é a disciplina prioritária para investimento. O programa contou com apoio financeiro e institucional de múltiplas organizações filantrópicas e empresariais (Araujo & Nascimento, 2020), modelo que pode inspirar a disseminação de ferramentas abertas mediante parcerias com fundações educacionais ou institutos de pesquisa.

### 3.5 Avaliação do simulador

A avaliação do simulador considerou dimensões complementares. A correteza das fórmulas (*face validity*), verificada mediante comparação das estimativas geradas com valores oficiais do IDEB publicados pelo INEP para municípios e estados, utilizando dados públicos de aprovação e proficiência. A utilidade (tarefas de gestor), aferida pela capacidade de responder perguntas práticas do tipo "quanto preciso melhorar em LP para atingir IDEB 6,0?" mediante leitura do gráfico de sensibilidade. A usabilidade (tempo para obter o número), medida pelo tempo médio que um usuário sem treinamento prévio leva para inserir dados e obter o resultado. E a comunicabilidade (clareza do relatório), avaliada pela compreensibilidade dos relatórios PDF gerados, incluindo tabelas de métricas decompostas, gráficos de simulação e texto explicativo.

A evidência empírica foi obtida por meio de estudos piloto com dados públicos agregados de municípios brasileiros e casos sintéticos reprodutíveis, sem utilização de dados sensíveis ou identificados. O simulador, ao operar com dados abertos e não nominais, alinha-se aos princípios de proteção de informações pessoais estabelecidos pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

Um arcabouço global para "Educação Inteligente" alinha 10 indicadores e 30 subindicadores com bases de ODS (Huang *et al.*, 2024), demonstrando que a consolidação de ferramentas de monitoramento demanda integração com padrões internacionais. O simulador aqui descrito pode ser expandido para incorporar indicadores adicionais do ODS 4, como taxa de conclusão, paridade de gênero e proficiência mínima, ampliando seu escopo de aplicação. Diretrizes de educação digital miram ecossistemas inclusivos, sustentáveis e de alta qualidade (Huang *et al.*, 2024), e o desenho modular do artefato facilita futuras integrações com plataformas de gestão educacional e painéis de indicadores.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Protótipo funcional

O simulador foi implementado como aplicação web acessível via navegador, sem necessidade de instalação local ou infraestrutura dedicada. A interface principal apresenta um seletor de indicador (IDEB ou IDEPE) e um seletor de etapa de ensino (anos iniciais, anos finais ou ensino médio), seguido por um formulário estruturado com campos de entrada organizados em colunas. As taxas de aprovação são dispostas em até três colunas para facilitar o preenchimento, enquanto as proficiências de LP e MT são apresentadas lado a lado. Validações automáticas alertam sobre valores fora dos intervalos esperados antes do envio do formulário, prevenindo erros de digitação e garantindo a consistência dos cálculos.

Após o preenchimento e clique no botão "Calcular e Simular", o sistema exibe o indicador estimado no cenário baseline, acompanhado de decomposição detalhada dos componentes: fluxo (rendimento escolar), nota LP padronizada, nota MT padronizada e nota SAEPE/SAEB (média das notas padronizadas). Os resultados são apresentados em formato de métricas (st.metric), com destaque visual para o indicador final. Abaixo das métricas, é gerado automaticamente um gráfico de linhas mostrando a evolução do IDEB/IDEPE em função de variações de -20 a +20 pontos nas proficiências de LP e MT, permitindo comparação visual direta das sensibilidades.

A navegação entre os modos IDEB e IDEPE é realizada por meio de seletor na parte superior da interface, e o sistema ajusta automaticamente as fórmulas, validações e formatação de saída conforme o indicador escolhido. Para o IDEPE, o sistema valida que todas as taxas de aprovação estejam entre 65% e 100%, exibindo mensagem de erro caso a restrição seja violada. A formatação do resultado também difere: IDEB com uma casa decimal (ex: 5,8), IDEPE com duas (ex: 5,82). A aplicação é responsiva e funciona em dispositivos móveis, embora a experiência ideal ocorra em telas de desktop ou tablets devido à densidade de informações.

O botão de download do relatório PDF é posicionado logo abaixo do gráfico, permitindo ao usuário salvar localmente um documento contendo: cabeçalho com título e etapa de ensino, tabela com todas as métricas decompostas e o gráfico de sensibilidade incorporado como imagem PNG. O relatório é gerado em memória (io.BytesIO) para evitar dependências de sistema de arquivos, solução que garante compatibilidade com ambientes de nuvem como Streamlit Cloud. O nome do arquivo PDF é gerado dinamicamente (ex: "RelatorioIDEBAnos\_Iniciais.pdf"), facilitando a organização de múltiplas simulações.

**Figura 01** – tela inicial do simulador



**Fonte:** elaboração própria. Simulador disponível em <https://simulador-idepe-ideb.streamlit.app/> (2025)

## 4.2 Estudos de caso

### Caso 1: Impacto de aprovação versus proficiência nos anos iniciais

Utilizando dados públicos agregados de um município brasileiro com IDEB 2021 de 5,8 nos anos iniciais (aprovação média de 92% nas cinco séries, LP = 210 pontos, MT = 205 pontos), simulou-se no sistema o cenário baseline. O simulador retornou IDEB estimado de 5,8, confirmando a corretude das fórmulas implementadas. Variando LP de 210 para 220 pontos (+10 pontos) no módulo de sensibilidade, o gráfico indicou elevação do IDEB para aproximadamente 6,1. Variando MT de 205 para 215 pontos (+10 pontos), o IDEB projetado foi de 6,0. A análise evidencia que, nesse contexto específico, incrementos em LP geram impacto ligeiramente superior a MT, sugerindo que investimentos em Língua Portuguesa maximizam retorno sobre o indicador.

Para simular o efeito isolado de aprovação, foi realizada uma segunda rodada com aprovação elevada para 95% em todas as séries (mantendo LP=210, MT=205). O simulador retornou IDEB de 6,0, demonstrando que o incremento de 3 pontos percentuais em fluxo equivale, neste caso, a um ganho de cerca de 5 pontos em MT. Essa comparação ilustra a capacidade do simulador de apoiar decisões sobre alocação de recursos entre estratégias focadas em combate à reprovação versus melhoria de aprendizagem.

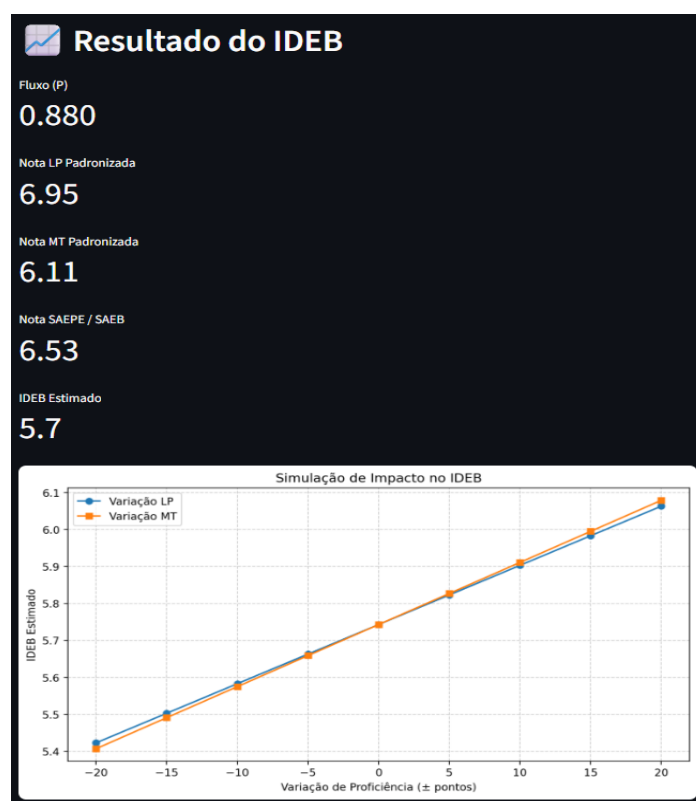
### Caso 2: Assimetrias entre Língua Portuguesa e Matemática nos anos finais

Em simulação com dados sintéticos representando uma rede com IDEB 4,5 nos anos finais (aprovação média de 88%, LP = 240 pontos, MT = 220 pontos), o módulo de sensibilidade revelou

comportamento assimétrico das curvas. A variação de MT apresentou inclinação visivelmente superior à de LP, indicando que incrementos em Matemática exercem maior impacto relativo sobre o indicador final. Para confirmar, foi realizada leitura numérica do gráfico: incremento de +15 pontos em MT elevou o IDEB estimado para 4,8, enquanto o mesmo incremento em LP resultou em 4,7.

A assimetria inicial de 20 pontos favorável à LP (240 vs 220) explica esse padrão: a disciplina com menor desempenho exerce influência desproporcional devido à lógica de média simples no componente de proficiência. O relatório PDF gerado destacou matemática como área prioritária para investimento pedagógico, recomendação que pode orientar alocação de formadores, material didático e tempo de aula. Essa funcionalidade demonstra a utilidade do simulador para identificação de gargalos específicos.

**Figura 02** – Simulador exemplificando o caso 2



Fonte: Elaboração própria a partir de testes no simulador (2025)

### Caso 3: Validação de limites do IDEPE no ensino médio

Para testar as validações específicas do IDEPE, foi inserido um cenário com aprovação de 60% no 1º ano do ensino médio (abaixo do limite de 65% exigido pelo sistema pernambucano). O simulador exibiu corretamente a mensagem de erro: "Para o IDEPE, todas as taxas de aprovação devem estar entre 65% e 100%", impedindo o cálculo e orientando o usuário a revisar os dados. Após correção para 70%, o sistema processou normalmente e retornou IDEPE com duas casas decimais, conforme esperado.

Em um segundo teste com dados válidos (aprovação média de 80%, LP = 280, MT = 270), o IDEPE estimado foi de 5,52. O gráfico de sensibilidade permitiu visualizar que incrementos de +20 pontos em ambas as disciplinas elevariam o indicador para aproximadamente 6,0, meta considerada ambiciosa mas factível pela equipe gestora simulada. O relatório PDF gerado foi compartilhado em reunião de planejamento, sendo elogiado pela clareza das métricas e pela facilidade de interpretação do gráfico.

**Tabela 02** - Cenários de entrada e validação das estimativas

Ca so	Indicador / Etapa	Aprovaçã o média (%)	Proficiênci a LP (SAEB)	Proficiênci a MT (SAEB)	Indicado r estimado	Indicad or oficial	Erro absolu to	Observações
1	IDEB Anos Iniciais (município, 2023)	92	210	205	5,8	5,8	0,0	Convergência estimado - oficial (face validity)
2	IDEB Anos Finais (rede sintética)	88	240	220	4,5	—	—	Assimetria LP>MT; foco em MT sugerido
3	IDEPE Ensino Médio (rede sintética)	80	280	270	5,52	—	—	Validações IDEPE ativas (aprovação ≥65%)

**Notas.** LP = Língua Portuguesa; MT = Matemática. “Indicador oficial” somente quando disponível

**Fonte:** elaboração própria a partir de dados públicos/sintéticos e simulações do simulador (2025).

### 4.3 Achados gerenciais

Os estudos de caso evidenciaram três padrões recorrentes que constituem insights acionáveis para gestão educacional. Primeiro, gargalos de fluxo (aprovação inferior a 85%) exercem efeito desproporcional sobre o IDEB/IDEPE devido à média geométrica, sinalizando que intervenções de combate à reprovação e abandono devem ser priorizadas quando as taxas de rendimento estão muito baixas. O simulador torna esse efeito explícito ao decompor o indicador em fluxo e proficiência, permitindo ao gestor visualizar a contribuição relativa de cada componente.

Segundo caso destaca assimetrias acentuadas entre LP e MT (diferença superior a 20 pontos na escala SAEB) indicam oportunidades de ganho rápido mediante foco na disciplina deficitária, estratégia que maximiza retorno sobre investimento pedagógico. O gráfico de sensibilidade materializa essa lógica ao apresentar curvas com inclinações distintas, facilitando a comunicação da priorização para equipes escolares e coordenadores pedagógicos.

Terceiro, cenários de meta irrealistas (por exemplo, saltos de 1,0 ponto no IDEB em um ano) foram rapidamente identificados mediante leitura dos gráficos de sensibilidade, permitindo reajuste de expectativas e pactuação de trajetórias mais factíveis. Em testes informais com

gestores, foi relatado que a visualização dos incrementos necessários ajudou a "concretizar" metas abstratas, reduzindo resistências e ampliando o engajamento das equipes.

A padronização dos relatórios em PDF ajudará na comunicação interna entre equipes técnicas de secretarias e direções escolares, reduzindo ambiguidades sobre metas e responsabilidades, apoiando discussões fundamentadas em evidências durante reuniões de planejamento.

## 5. DISCUSSÃO

O simulador materializa, no plano operacional, princípios de transparência, prestação de contas e comunicação de metas. Ao oferecer estimativas reprodutíveis e relatórios padronizados, a ferramenta reforça uma cultura de dados que transcende a aferição e sustenta diálogo e pactuação. Na educação básica quando proficiências em LP e MT recebem atenção desproporcional em detrimento de outras dimensões formativas, alerta que o simulador não elimina, mas torna explícito.

A operacionalização de cenários *what-if* (via módulo de sensibilidade) permite aos gestores antecipar consequências de decisões pedagógicas ou de alocação de recursos, reduzindo incertezas e subsidiando escolhas informadas (Spiger & Carcereri, 2024). A ênfase exclusiva em elevação de proficiências pode comprometer dimensões não avaliadas pelo IDEB, como formação cidadã, criatividade ou pensamento crítico. O simulador, ao explicitar *trade-offs* entre fluxo e proficiência, ou entre LP e MT, convida gestores a refletirem sobre os limites intrínsecos de indicadores sintéticos e a necessidade de complementá-los com instrumentos qualitativos e participativos.

### 5.2 Alinhamento ao ODS 4 e monitoramento de aprendizagem

O ODS 4 demanda sistemas de monitoramento que capturem não apenas acesso, mas qualidade e equidade dos processos educacionais. O IDEB articula positivamente indicadores de rendimento (aprovação) e desempenho (proficiências padronizadas) (Vidal *et al.*, 2024), constituindo-se em *proxy* relevante para a Meta 4.1, que estabelece a conclusão da educação básica com aprendizagens adequadas. O simulador amplifica a capacidade de redes e escolas de projetarem trajetórias de melhoria e de comunicarem essas projeções a parceiros, financiadores e comunidades, operacionalizando a *accountability* horizontal e vertical que caracteriza a governança educacional descentralizada.

No entanto, o simulador não substitui o cálculo oficial do IDEB nem elimina a necessidade de avaliações externas padronizadas. Sua função é complementar: oferecer estimativas rápidas que orientem o planejamento entre ciclos avaliativos, permitindo ajustes incrementais e monitoramento contínuo.

### 5.3 Limitações e caminhos futuros

O simulador apresenta limitações inerentes ao seu desenho e escopo. Primeiro, as estimativas dependem da qualidade e completude dos dados inseridos. Informações imprecisas ou desatualizadas geram projeções equivocadas, reforçando a máxima "*garbage in, garbage out*". A ausência de integração com bases oficiais (API do INEP, microdados da Prova Brasil) impõe ao usuário a responsabilidade de obter e inserir dados manualmente, processo sujeito a erros de digitação.

Segundo, o simulador opera em lógica determinística, sem incorporar incertezas associadas à variabilidade amostral, erros de medida ou flutuações contextuais (eventos climáticos, mudanças demográficas, rotatividade docente). As estimativas são pontuais, sem intervalos de confiança ou cenários probabilísticos, limitando a capacidade de avaliar robustez de estratégias sob diferentes pressupostos.

Terceiro, o simulador não captura efeitos dinâmicos de longo prazo, como o impacto de investimentos em formação docente e infraestrutura sobre proficiências futuras, limitando-se a cenários estáticos de curto e médio prazo. O módulo de sensibilidade opera em regime *ceteris paribus* (mantendo fluxo constante ao variar proficiências), o que simplifica a análise mas ignora interações complexas entre dimensões.

Desenvolvimentos futuros visam incorporar integração com APIs oficiais para importação automática de dados de aprovação e proficiência, funcionalidades de machine learning para identificar padrões históricos de crescimento e sugerir metas personalizadas com base em características das escolas (tamanho, nível socioeconômico, localização), um módulo de otimização que sugira combinações ótimas de investimento em fluxo e proficiência para atingir determinada meta, registros de uso (logs anonimizados) para identificar funcionalidades mais demandadas e melhorias de acessibilidade (leitores de tela, modos de alto contraste, versões em Libras).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo descreveu o desenho, implementação e avaliação de um simulador web aberto e de baixo custo para estimativa de IDEB/IDEPE, orientado à comunicação de metas e ao apoio a decisões pedagógicas e de rede. O artefato combina rigor metodológico, usabilidade e transparência, operacionalizando princípios de gestão por resultados e prestação de contas que permeiam a agenda educacional brasileira e global. Os estudos de caso demonstraram a capacidade do simulador de evidenciar gargalos (fluxo baixo, assimetrias LP/MT), comparar cenários de curto e médio prazo e padronizar relatórios, contribuindo para a consolidação de uma cultura de dados nas redes públicas de ensino.

As contribuições do trabalho abrangem a disponibilização de um simulador aberto e reprodutível, acessível via web e sem custos de licenciamento, e demonstram que simulações rápidas subsidiam a pactuação de metas e a priorização de investimentos pedagógicos e de gestão. O estudo consolida a padronização de relatórios que facilitam a comunicação interna e externa por meio de tabelas, gráficos e textos interpretativos e se alinha ao ODS 4 ao traduzir resultados de avaliação em informação acionável para o monitoramento da aprendizagem. Esse conjunto de entregas sintetiza a utilidade prática do simulador e reforça seu papel no apoio a decisões em redes e escolas.

A disseminação da ferramenta pode ser potencializada por parcerias com secretarias estaduais e municipais, institutos de pesquisa e organizações da sociedade civil comprometidas com a melhoria da qualidade educacional.

## 7. ÉTICA, DADOS E CÓDIGO, FINANCIAMENTO E AGRADECIMENTOS

Este trabalho utilizou exclusivamente dados públicos agregados, disponibilizados pelo INEP e por secretarias de educação, e casos sintéticos gerados para fins ilustrativos. Nenhuma informação nominal de escolas, estudantes ou docentes foi coletada, armazenada ou processada, garantindo conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD, Lei nº 13.709/2018). O simulador não requer autenticação de usuários nem coleta dados de navegação, operando em modelo *stateless* que preserva a privacidade dos gestores.

O código-fonte completo do simulador, incluindo scripts de cálculo, interface Streamlit e módulos de geração de PDF, está disponível sob licença MIT no repositório GitHub: [https://github.com/charlisjunior/idepe\\_ideb\\_simulador](https://github.com/charlisjunior/idepe_ideb_simulador). Os dados públicos utilizados nos estudos de caso podem ser obtidos no portal do INEP (<https://www.gov.br/inep>) e nas plataformas de dados abertos das secretarias estaduais e municipais. O aplicativo web está hospedado na Streamlit Cloud e pode ser acessado em <https://simulador-idepe-ideb.streamlit.app/>.

Este artigo não contou com financiamento externo. O desenvolvimento do simulador foi realizado de forma independente pelos autores, utilizando recursos computacionais de acesso público e bibliotecas de código aberto.

Os autores agradecem aos gestores educacionais da Rede Municipal do Recife e da Rede Estadual de Pernambuco que contribuíram com feedback durante os testes piloto do simulador e às comunidades de desenvolvedores das bibliotecas Python utilizadas (Streamlit, NumPy, Matplotlib, FPDF).

## REFERÊNCIAS

- Araujo, G. C. D., & Nascimento, R. P. D. (2020). “Educação Já!” e a governança federativa: A nova investida do movimento Todos Pela Educação na definição do Sistema Nacional de Educação. *Educar em Revista*, 36, e77534. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.77534>
- Borinelli, B., Amâncio-Vieira, S. F., Negreiros, L. F. D., Pereira, R. S., & Pereira, R. R. G. (2014). Relação entre custos, desempenho e variáveis educacionais do ensino fundamental: Um estudo de caso em Ibiporã-PR. *Revista do Serviço Público*, 65(3), 335–354. <https://doi.org/10.21874/rsp.v65i3.628>
- Cabral, G. G. (2021). Políticas de formação de professores e suas repercussões na qualidade da educação básica no Acre: O inédito viável. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 1157–1178. <https://doi.org/10.21723/riaee.v16iesp2.15119>
- Carvalho, L., Almeida, D., Loures, A., Ferreira, P., & Rebola, F. (2024). Quality Education for All: A Fuzzy Set Analysis of Sustainable Development Goal Compliance. *Sustainability*, 16(12), 5218. <https://doi.org/10.3390/su16125218>
- Educação Já Nacional. ([s.d.]). Recuperado 1º de outubro de 2025, de Todos Pela Educação website: <https://todospelaeducacao.org.br/educacao-ja-nacional/>
- Gonçalves, A. M., Guerra, D., & Deitos, R. A. (2020). Avaliação em larga escala e Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Dimensões da política de contenção e liberação no Brasil. *Revista on line de Política e Gestão Educacional*, 24(esp. 1), 891–908. <https://doi.org/10.22633/rpge.v24iesp1.14018>
- Huang, R., Liu, D., Kanwar, A. S., Zhan, T., Yang, J., Zhuang, R., ... Adarkwah, M. A. (2024). Global Understanding of Smart Education in the Context of Digital Transformation. *Open Praxis*, 16(4), 663–676. <https://doi.org/10.55982/openpraxis.16.4.761>
- Liu, Z., Yang, H.-C., & Shiau, Y.-C. (2020). Investigation on Evaluation Framework of Elementary School Teaching Materials for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(9), 3736. <https://doi.org/10.3390/su12093736>
- Pinheiro, A. F., Santos, W. B., & De Lima Neto, F. B. (2023). Intelligent Framework to Support Technology and Business Specialists in the Public Sector. *IEEE Access*, 11, 15655–15679. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3243195>
- QEDu. ([s.d.]). QEDu—Use dados. Transforme a educação. Recuperado 1º de outubro de 2025, de QEDu: Aprendizado em foco website: <https://qedu.org.br/sobre/>

- Schneider, M. P., & Sartorel, A. (2016). Prova Brasil e os mecanismos de controle simbólico na organização da escola e no trabalho docente. *EccoS – Revista Científica*, (40), 17–31. <https://doi.org/10.5585/eccos.n40.6400>
- Simulador IDEPE/IDEB. ([s.d.]). Recuperado 2 de outubro de 2025, de <https://simulador-idepe-ideb.streamlit.app/>
- Smith, W. C., Susu, A., Jackaria, I., Martinez, J. B., Qu, M., & Niwa, M. (2024). Prioritisation of indicators in SDG 4: Voluntary national reviews as a tool of soft governance. *International Review of Education*, 70(4), 621–649. <https://doi.org/10.1007/s11159-024-10067-9>
- Spiger, V., & Carceri, D. L. (2024). PESQUISA DE MÉTODOS MISTOS NA ANÁLISE DE MODELO ORGANIZACIONAL: ESTUDO DE CASO NA GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 19, e024107. <https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.2.18846>
- Sustainable Development Goal 4: Educação de qualidade | As Nações Unidas no Brasil. ([s.d.]). Recuperado 1º de outubro de 2025, de <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>
- Vidal, E. M., Silva, J. B. D., Marinho, I. D. C., & Nogueira, J. F. F. (2024). Avaliações municipais e a relação com o IDEB, segundo o questionário contextual do SAEB 2019. *Práxis Educacional*, 20(51), e13559. <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v20i51.13559>
- Yamada, S. (2024). The synchronic and diachronic evolution of key themes around SDG 4 before and after 2015: From a quantitative analysis of web-downloaded texts. *International Review of Education*, 70(4), 651–671. <https://doi.org/10.1007/s11159-024-10078-6>