

**Planejamento educacional baseado em evidências: modelo
otimizado de metas por faixas para ideb/idepe**

**Evidence-based educational planning: an optimized band-target model for
ideb/idepe goals**

**Planificación educativa basada en evidencias: modelo optimizado de metas por
rangos para el ideb/idepe**

Charlis Alberto Cabral de Moraes Júnior¹

DOI 10.70678/sala8.v1i10.1496

Artigo científico

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Gestão da Educação

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um simulador de metas por faixas para IDEB e IDEPE como instrumento de apoio à decisão no planejamento educacional. O método estratifica escolas por faixas de desempenho e atribui incrementos diferenciados com restrição de ordem, de modo que as faixas de menor desempenho recebam maior esforço relativo. A otimização busca que a média ponderada da rede alcance uma meta global definida pela gestão, incluindo cenários realistas em que parte das escolas não cresce e pode registrar pequena queda controlada. Implementado em Python com interface Streamlit, o simulador foi aplicado na rede municipal do Recife e gerou ganhos de transparência, agilidade analítica e equilíbrio entre eficiência e equidade. As análises de sensibilidade orientaram ajustes de ambição, priorização de apoio técnico e comunicação com as escolas, preservando reprodutibilidade e interpretabilidade gerencial.

Palavras-chave: planejamento educacional; metas estratificadas; apoio à decisão.

¹ Graduado em Administração, Pedagogia e Engenharia de Software, e possui pós-graduação em Gestão Pública, Governança de TI e Business Intelligence. Atualmente, cursa o Mestrado em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável pela Universidade de Pernambuco (UPE/FCAP). Atua como Assistente Administrativo e Analista Educacional na Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco (2010–presente), tendo também colaborado com a Secretaria de Educação do Recife (2020–2023). Meus temas de pesquisa concentram-se em Gestão Educacional, Business Intelligence, Análise de Dados e Sustentabilidade na Educação Pública. E-mail: charlis.acmjuniior@upe.br. Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-4061-1841>. Trabalho apresentado no IV Congresso Internacional em Políticas, Práticas e Gestão da Educação

ABSTRACT

This paper presents the development and application of a banded target simulator for IDEB and IDEPE as a decision-support tool for educational planning. The method stratifies schools into performance bands and assigns differentiated increments under an order restriction so lower-performing bands receive greater relative effort. The optimization steers the enrolment-weighted mean toward a network-level goal while incorporating realistic scenarios in which some schools do not improve and may experience a small controlled decline. Implemented in Python with a Streamlit interface, the simulator was applied in Recife's municipal network and delivered gains in transparency, analytical agility, and the balance between efficiency and equity. Sensitivity analyses informed the calibration of ambition, the prioritization of targeted support, and clearer communication with schools, while maintaining reproducibility and managerial interpretability.

Keywords: educational planning; stratified targets; decision support.

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo y la aplicación de un simulador de metas por bandas para IDEB e IDEPE como herramienta de apoyo a la decisión en la planificación educativa. El método estratifica las escuelas en bandas de desempeño y asigna incrementos diferenciados con restricción de orden, de modo que las bandas de menor desempeño reciban mayor esfuerzo relativo. La optimización conduce la media ponderada de la red hacia una meta global y contempla escenarios realistas en los que algunas escuelas no mejoran y pueden registrar una pequeña disminución controlada. Implementado en Python con interfaz Streamlit, el simulador se aplicó en la red municipal de Recife y produjo mayor transparencia, agilidad analítica y mejor equilibrio entre eficiencia y equidad. Los análisis de sensibilidad orientaron el ajuste de la ambición, la priorización de apoyos y la comunicación con las escuelas, preservando reproducibilidad e interpretabilidad gerencial.

Palabras clave: planificación educativa; metas estratificadas; apoyo a la decisión.

1 INTRODUÇÃO

A definição de metas educacionais por escola representa um dos desafios mais complexos da gestão pública contemporânea, exigindo equilíbrio entre aspirações políticas legítimas, restrições orçamentárias e evidências sobre a capacidade de melhoria dos sistemas. Em contextos de grande heterogeneidade socioeconômica e de desempenho, como nas redes municipais brasileiras, a aplicação de regras uniformes de crescimento tende a perpetuar ou mesmo ampliar desigualdades existentes.

No Brasil, a agenda de gestão por resultados na educação consolidou-se com a criação do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), em 2007, que agrega desempenho nas avaliações (Saeb) e fluxo escolar (Censo Escolar), produzindo um indicador sintético de 0 a 10 que orienta metas de qualidade e o acompanhamento da política educacional (INEP, s.d.). Em Pernambuco, desde 2008, o Índice de

Desenvolvimento da Educação de Pernambuco (IDEPE) combina o desempenho do SAEPE (provas de Língua Portuguesa e Matemática) com a Taxa de Aprovação, em avaliação censitária anual, o que permite comparabilidade de dados e uso sistemático para planejamento e monitoramento de políticas (PERNAMBUCO, 2023). A Portaria SEE nº 2.976/2023 explicita, entre outros objetivos do SAEPE, a produção de indicadores, a avaliação de qualidade, equidade e eficiência da educação e o subsídio à formulação de políticas baseadas em evidências (PERNAMBUCO, 2023).

A literatura internacional sobre eficácia escolar mostra que escolas com desempenho inicial mais baixo demandam incrementos proporcionalmente maiores para convergir a patamares adequados, enquanto unidades em faixas superiores enfrentam custos marginais crescentes para novas melhorias. Isso reforça a necessidade de abordagens diferenciadas na distribuição de metas e recursos, ancoradas em critérios técnicos e na realidade de cada contexto escolar.

Na prática, porém, muitas redes ainda operam por tentativa e erro, com processos decisórios pouco transparentes e dificuldades de comunicação com a comunidade escolar. A ausência de instrumentos para simular cenários e analisar o equilíbrio entre eficiência e equidade limita a fundamentação técnica e o diálogo qualificado sobre estratégias de melhoria.

Este artigo propõe uma alternativa metodológica baseada em simulação computacional e otimização por faixas de desempenho. Em vez de metas uniformes, parte-se de uma estratificação do indicador atual e calculam-se incrementos diferenciados por faixa, sob restrição de ordem (maior esforço relativo nas faixas de menor desempenho). A otimização busca que a média ponderada pelo número de estudantes atinja uma meta global definida pela gestão, incorporando o realismo de que uma fração das escolas pode não crescer no período considerado.

A contribuição é dupla: metodológica, ao formalizar um modelo reprodutível que torna explícitos os cenários e equilíbrios envolvidos na definição de metas; e aplicada, ao disponibilizar um aplicativo interativo para testar, salvar, comparar e exportar cenários, favorecendo uma governança baseada em evidências quantitativas.

O objetivo geral é descrever o desenvolvimento do aplicativo, apresentar a formulação matemática do método de otimização por faixas e analisar sua utilidade

gerencial na rede municipal do Recife, a partir da pergunta norteadora: De que forma a otimização de metas por faixas – dada uma meta global da rede – melhora, em comparação a metas uniformes, o equilíbrio entre eficiência (esforço total) e equidade (priorização das faixas de menor desempenho) no alcance da meta IDEB/IDEPE?

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gestão por resultados na educação pública consolidou-se internacionalmente a partir dos anos 1990, influenciada pelos movimentos de nova gestão pública que enfatizavam eficiência, transparência e responsabilização dos agentes públicos (Souza, Serrano & Treagust, 2024). No Brasil, este paradigma manifestou-se através da criação de sistemas nacionais e estaduais de avaliação externa, da definição de metas quantitativas para redes e escolas, e da implementação de políticas de bonificação vinculadas ao desempenho (Nascimento, Fagundes & de Souza, 2021).

O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, criado em 2007, representa o principal instrumento de *accountability* educacional no país, sintetizando informações sobre proficiência em Língua Portuguesa e Matemática e taxas de aprovação. Em Pernambuco, o Índice de Desenvolvimento da Educação de Pernambuco complementa este sistema, fornecendo informações específicas sobre a rede estadual e permitindo comparações mais detalhadas entre municípios e escolas (Gesqui, 2023; Nascimento, Fagundes & de Souza, 2021).

A estipulação de metas educacionais ultrapassa a esfera meramente técnica, ao articular de forma indissociável as dimensões de equidade, factibilidade e legitimidade política. Para que sejam eficazes, os sistemas de metas precisam operar sob uma tensão produtiva, mostrando-se audaciosos o suficiente para catalisar melhorias significativas, ao mesmo tempo em que são realistas para sustentar a motivação e o engajamento das equipes escolares (Cunha Jr. & de Souza, 2018; Gesqui, 2023).

O princípio da equidade na educação pública demanda que o sistema educacional compense, ao menos parcialmente, as desigualdades de origem dos estudantes através da distribuição diferenciada de recursos e esforços. Na definição de metas educacionais, este princípio traduz-se na necessidade de considerar os pontos de partida distintos das

escolas, estabelecendo expectativas de crescimento que reflitam tanto as possibilidades reais quanto as necessidades específicas de cada contexto (Lacruz, Américo & Carniel, 2019; Hirata, Melo & Oliveira, 2022). A teoria da justiça distributiva oferece fundamentos normativos para estas decisões, distinguindo entre igualdade de tratamento e igualdade de oportunidades: enquanto a primeira implicaria metas idênticas para todas as escolas, a segunda demanda diferenciação que permita a convergência gradual dos níveis de qualidade educacional oferecidos pela rede (Hirata, Melo & Oliveira, 2022).

Estudos empíricos sobre trajetórias de melhoria escolar sugerem que escolas em diferentes faixas de desempenho apresentam capacidades distintas de crescimento, influenciadas por fatores como liderança, clima organizacional, recursos disponíveis e características da comunidade atendida. Tais evidências sustentam abordagens que explicitam a heterogeneidade e calibram expectativas de crescimento, como “*growth-to-standard*” e análises por estratos, de forma sistemática e transparente (Gesqui, 2023; Oliveira, 2023). Nesse quadro, modelos quantitativos que estruturam comparações entre grupos e impõem restrições de plausibilidade (p. ex., monotonicidade do esforço por faixas) contribuem para decisões mais consistentes (Lacruz, Américo & Carniel, 2019; Nascimento, Fagundes & de Souza, 2021).

O uso de tecnologias digitais na gestão educacional evoluiu significativamente nas últimas décadas, abrangendo desde sistemas básicos de informação gerencial até ferramentas de análise e apoio à decisão, impulsionadas pela maior disponibilidade de dados estruturados e pela necessidade de interpretações estratégicas (Cunha Jr. & de Souza, 2018; Nascimento, Fagundes & de Souza, 2021). Os sistemas de apoio à decisão (DSS) destacam-se pela capacidade de processar grandes volumes de dados, simular cenários alternativos e apresentar resultados de forma compreensível para usuários não especializados, qualificando processos que antes dependiam de intuição ou precedentes (Gesqui, 2023; Nascimento, Fagundes & de Souza, 2021).

A difusão de ferramentas analíticas por meio de interfaces mais acessíveis é um recurso estratégico, especialmente para gestões municipais com recursos limitados, pois permite análises reprodutíveis e a comparação entre cenários. Ao integrarem recursos de simulação e visualização, tais ferramentas atuam como facilitadoras na construção de

consensos técnico-políticos, o que favorece o alinhamento entre os objetivos de eficiência e de equidade na definição de metas (Cunha Jr. & de Souza, 2018; Gesqui, 2023).

Por fim, a literatura sobre alocação de recursos com foco em equidade é útil para fundamentar o desenho de metas diferenciadas, pois explicita o equilíbrio entre eficiência (alcançar objetivos com menor esforço agregado) e justiça distributiva (priorizar quem mais precisa), orientando parâmetros e restrições nos modelos de decisão (Hirata, Melo & Oliveira, 2022; Oliveira, 2023). Essa base teórico-metodológica dá suporte à formulação adotada neste estudo, que combina estratificação por faixas de desempenho, restrições de monotonicidade e busca de uma meta global para a rede, como estratégia para compatibilizar viabilidade técnica, transparência e compromisso com a redução de desigualdades (Lacruz, Américo & Carniel, 2019; Nascimento, Fagundes & de Souza, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 Desenvolvimento do Aplicativo e Arquitetura Tecnológica

O simulador foi desenvolvido utilizando a linguagem Python e um conjunto integrado de bibliotecas especializadas que garantem robustez computacional e facilidade de uso (Monks; Harper, 2023). A interface foi implementada com Streamlit, framework que permite a criação de aplicações web interativas sem necessidade de conhecimentos avançados em desenvolvimento front-end, democratizando o acesso a ferramentas analíticas sofisticadas.

Para o processamento e análise de dados, utilizou-se pandas para manipulação eficiente de planilhas e estruturas tabulares, NumPy para operações matemáticas vetorizadas, e scipy.optimize para implementação dos algoritmos de otimização com restrições (Virtanen et al., 2019). A geração de visualizações foi realizada através de matplotlib, enquanto as funcionalidades de exportação foram implementadas com openpyxl e xlsxwriter, garantindo compatibilidade com os fluxos de trabalho existentes nas secretarias de educação (Susetyo et al., 2024).

A aplicação encontra-se online para testes² e o fluxo principal da aplicação compreende sete etapas integradas: carregamento da base de dados através de interface de upload; mapeamento flexível de colunas permitindo adaptação a diferentes formatos de planilhas; definição interativa das faixas de desempenho com base nos dados carregados; parametrização completa de cenários incluindo meta global, percentual de crescimento e limites de incremento; execução do algoritmo de otimização; geração automática de tabelas, gráficos e métricas de resultado; e exportação de relatórios com funcionalidade de comparação entre cenários.

Em todas as métricas agregadas utilizamos pesos w_i iguais ao número de estudantes de cada escola, extraídos da coluna com o número de estudantes da base. As médias e somatórios reportados são, portanto, ponderados por matrícula, refletindo o impacto demográfico de cada unidade.

3.2 Formulação Matemática do Problema de Otimização

O modelo considera N escolas indexadas por $i=1,\dots,N$, cada uma com indicador-base y_i (IDEB/IDEPE) e peso $w_i > 0$ (número de estudantes), com $W = \sum_i w_i$. A rede é estratificada em K faixas por limites $b_0 < b_1 < \dots < b_K$; a função $g(i) \in 1, \dots, K$ associa cada escola à sua faixa. A gestão define a meta global τ . Para cada faixa k estimamos incrementos médios Δ_k , sob restrição de ordem (maior esforço relativo nas faixas de menor desempenho), de modo a priorizar equidade sem perder eficiência.

Para incorporar realismo operacional, admite-se que apenas uma parcela das escolas cresça no período. Seja $\rho_{g(i)} \in [0,1]$ o percentual parametrizado de escolas da faixa k que crescem; as demais não crescem e sofrem uma pequena queda controlada $\delta \geq 0$. O indicador simulado de cada escola i é, portanto:

$$\tilde{y}_i = y_i + \Delta_{g(i)}, \text{ se crescer}; y_i - \delta, \text{ se não crescer.}$$

Na etapa de otimização trabalha-se com o valor esperado desse processo, preservando boa tratabilidade numérica e a interpretação gerencial, vide equação (1):

$$E[\tilde{y}_i] = y_i + \rho_{g(i)}\Delta_{g(i)} - (1 - \rho_{g(i)})\delta \quad (1)$$

A média ponderada esperada da rede após a intervenção é dada por equação (2):

² <https://simulador-meta-idepe-ideb.streamlit.app/>

$$\bar{y}_{sim} = (1/W) \sum_{i=1}^N w_i E[\tilde{y}_i] = \bar{y}_0 + \sum_{k=1}^K \alpha_k \Delta_k - \beta \delta \quad (2)$$

$$em\ que\ \bar{y}_0 = (1/W) \sum_i w_i y_i, \alpha_k = (1/W) \sum_{i:g(i)=k} w_i \rho_k e \beta = (1/W) \sum_i w_i (1 - \rho_{g(i)}).$$

A função-objetivo alinha a média ponderada simulada à meta τ . Adota-se perda quadrática na equação (3):

$$\min_{\Delta} \left(\bar{y}_0 + \sum_k \alpha_k \Delta_k - \beta \delta - \tau \right)^2 \quad (3)$$

Opcionalmente, pode-se incluir regularização para estabilizar a solução e facilitar a calibragem gerencial, conforme equação (4):

$$\min_{\Delta} \left(\bar{y}_0 + \sum_k \alpha_k \Delta_k - \beta \delta - \tau \right)^2 + \lambda \sum_{k=1}^K (\Delta_k - \Delta_k^{ref})^2 \quad (4)$$

Restrições consideradas:

$$\Delta_1 \geq \Delta_2 \geq \dots \geq \Delta_K \quad (5) [restrição\ de\ ordem]$$

$$L_k \leq \Delta_k \leq U_k, \text{ para } k = 1, \dots, K \quad (6) [limites\ operacionais]$$

$$0 \leq y_i + \rho_{g(i)} \Delta_{g(i)} - (1 - \rho_{g(i)}) \delta \leq y_i^{max}, \forall i \quad (7) [plausibilidade]$$

Solução numérica: problema quadrático com restrições lineares resolvido com SLSQP (scipy.optimize.minimize). Parâmetros padrão: tolerâncias de função e restrições $1e-8$, maxiter=2000, inicialização $\Delta^{(0)} = 0$ (ou chute gerencial). Para avaliação de incerteza, adotamos Monte Carlo com $M=500$ réplicas (padrão) e semente pseudoaleatória fixa (ex.: 12345), sorteando $G_i \sim Bernoulli(\rho_{g(i)})$ para aplicar $\tilde{y}_i = y_i + \Delta_{g(i)}$ quando $G_i = 1$ e $\tilde{y}_i = y_i - \delta$ quando $G_i = 0$.

Adotamos $w_i = "N^o\ DE\ ESTUD."$. A média ponderada é $\bar{y} = \frac{\sum_i w_i y_i}{\sum_i w_i}$. O esforço total esperado é $E_{tot} = \sum_i w_i \rho_{g(i)} \Delta_{g(i)}$ e $Etot = \sum_i w_i \rho_{g(i)} \Delta_{g(i)}$. Para comparação com metas uniformes, definimos Δ tal que $\sum_k \alpha_k \Delta = \sum_k \alpha_k \Delta_k$, onde $\alpha_k = \frac{1}{W} \sum_{i:g(i)=k} w_i \rho_k$ e $W = \sum_i w_i$.

Referência de desempenho: em notebook de uso geral (CPU Intel Core i5 de 8ª geração, 8 GB RAM, Windows 11, Python 3.11, NumPy 1.26, SciPy 1.11, Streamlit 1.33), instâncias com $N \approx 220$ escolas e $K=4$ faixas convergiram em até 5 s, permitindo uso

interativo em reuniões de planejamento. O mesmo desempenho também foi visto, sem diferença de tempo, na versão online da aplicação, no servidor online do Streamlit

3.3 Parametrização e Interface de Usuário

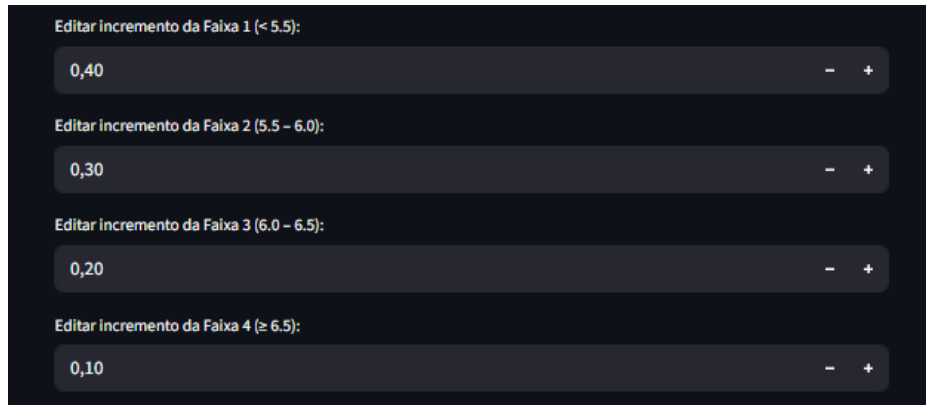
A interface do simulador foi projetada para maximizar a usabilidade por gestores educacionais sem formação técnica específica em otimização matemática. Os principais parâmetros configuráveis incluem: meta global da rede expressa como valor numérico do indicador; número e limites das faixas de desempenho com definição interativa baseada na distribuição real dos dados; percentual de escolas que crescerão no período simulado; magnitude da queda para escolas que não crescem; e limites mínimos e máximos para os incrementos por faixa, conforme figura 1 da aplicação.

Figura 1- Mapeamento da planilha, % de escolas que crescem e valor de queda

Fonte: O autor (2025)

O sistema permite ainda edição manual dos incrementos otimizados, possibilitando que gestores ajustem os resultados conforme considerações qualitativas não capturadas pelo modelo quantitativo, e oferece funcionalidades de salvamento e comparação de cenários para análises sistemáticas de diferentes estratégias vide figura 2.

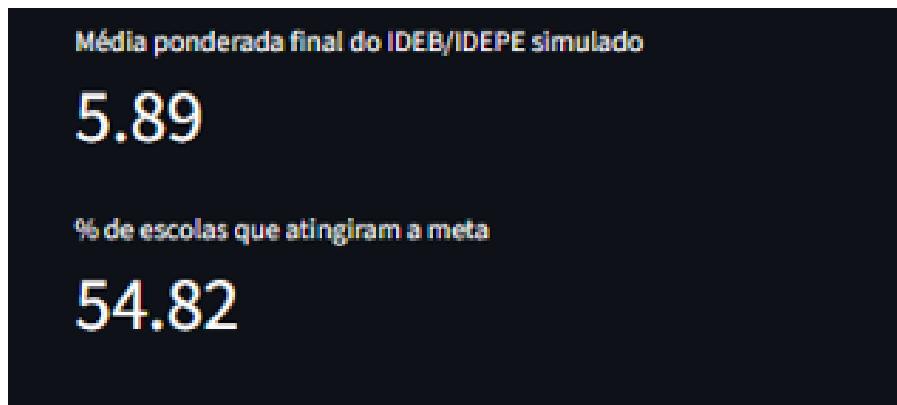
Figura 2 – incremento dinâmico das faixas



Fonte: O autor (2025)

As saídas do sistema incluem métricas agregadas como percentual de escolas que atingirão a meta individual, média ponderada final da rede, e distribuição de esforços por faixa de desempenho conforme figura 3.

Figura 3 – Média ponderada da rede e escolas acima da meta



Fonte: O autor (2025)

Visualizações automáticas apresentam histogramas comparativos dos indicadores antes e depois da simulação, facilitando a interpretação dos resultados por usuários não técnicos observado na figura 4.

Figura 4 – Histograma comparativo de cenários



Fonte: O autor (2025)

3.4 Dados, Considerações Éticas e Reprodutibilidade

O modelo requer como entrada dados mínimos sobre cada escola: indicador de desempenho atual, número de estudantes matriculados e identificadores únicos para auditoria e junção com outras bases. A estrutura flexível de mapeamento de colunas permite adaptação a diferentes formatos de planilhas utilizados pelas secretarias (Monks; Harper, 2023).

Aspectos éticos foram considerados através da implementação de procedimentos de anonimização para divulgação pública dos resultados e restrições de acesso aos dados identificados (Rodriguez-Garcia et al., 2021). O aplicativo web está acessível para testes (URL informada na Sec. 3.1). O código-fonte e dados sintéticos encontram-se disponíveis sob acordo de uso não-comercial e podem ser fornecidos mediante solicitação razoável ao autor correspondente, respeitando políticas de governança e sigilo de dados.

A validação da ferramenta foi conduzida com dados reais da rede municipal do Recife; análises de robustez foram empregadas para verificar a estabilidade dos resultados frente a variações de parâmetros e premissas.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS DADOS

4.1 Metas com eficiência e equidade

Para os resultados dessa seção considerou-se a mesma base usada na prática, IDEB anos iniciais de Recife, com faixas de desempenho definidas pelos cortes $<5,0$ | $5,0-5,5$ | $5,5-6,0$ | $\geq 6,0$, corte esse que poderia ser alterado em valores e em número de faixas conforme análises como número de unidades com determinado desempenho de nota. No cenário otimizado foram adotados incrementos por faixa $\Delta = \{0,60; 0,50; 0,40; 0,30\}$, mantendo-se a probabilidade de crescimento por faixa $\rho_k = 0,70$ e queda nas não-crescentes $\delta = 0,20$. A média ponderada de base da rede foi $\bar{y}_0 = \bar{y}_0 = 5,49$.

Como contrafactual, definimos o cenário Uniforme (sem equidade), em que todas as faixas recebem o mesmo incremento Δ . Para isolar o efeito distributivo, fixamos a mesma meta global esperada do cenário otimizado e calculamos Δ tal que

$$k \sum \alpha_k \Delta = k \sum \alpha_k \Delta_k,$$

onde $\alpha_k = (1/W) \sum_{i: g(i)=k} w_i \rho_k$, $W = \sum_i w_i$ e $W = \sum_i w_i$, o valor resultante foi $\Delta = 0,445$.

Com os parâmetros acima, a média final esperada da rede sob o cenário Otimizado atingiu $\bar{y}_{sim} = 5,74$; por construção, o cenário Uniforme alcança a mesma média. O esforço total esperado, definido como $E_{tot} = \sum_i w_i \rho_{g(i)} \Delta_{g(i)}$, foi idêntico entre os cenários (3.078 unidades ponderadas), como previsto pela igualdade anterior.

Além de $r_w(y, \Delta)$, C , shares por faixa e $CV(\Delta)$, reportamos o índice de Gini do esforço G_E e quantis q_{25}, q_{50}, q_{75} de Δ por faixa. O G_E é calculado por

$$G_E = \frac{\sum_i \sum_j |E_i - E_j|}{2 N^2 \bar{E}}, \quad E_i = w_i \rho_{g(i)} \Delta_{g(i)}, \quad \bar{E} = \frac{1}{N} \sum_i E_i$$

Observa-se que o Otimizado mantém $C < 0$ e $r_w < 0$, com redistribuição pró-equidade nas faixas inferiores, sem aumento do esforço total esperado. Conforme o Quadro 1, mantendo-se a mesma média final esperada, o cenário Otimizado apresentou $r_w(y, \Delta) = -0,94$ e $C = -0,11$, com Gini do esforço maior (0,290) em decorrência da focalização intencional nos estratos de menor desempenho.

Quadro 1: Eficiência e equidade - IDEB (Anos Iniciais), cenário Uniforme vs. Otimizado ponderado por número de estudantes

Indicador	Cenário	Média base (\bar{y}_0)	Média final esperada	Esforço total esperado ($\sum w \cdot p \cdot \Delta$)	Correlação ponderada $r_{\rho}(w_j, y, \Delta)$	Índice de concentração C	CV(Δ)	Gini do esforço (G_E)	Quantis de Δ por faixa (p25/p50/p75)
IDEB – Anos Iniciais	Uniforme (mesma média)	5,4873	5,7388	3.077,9	0,000 ¹	0,0000	0,0000	0,2437	<5,0: 0,445/0,445/0,445; 5,0-5,5: 0,445/0,445/0,445; 5,5-6,0: 0,445/0,445/0,445; $\geq 6,0$: 0,445/0,445/0,445
IDEB – Anos Iniciais	Otimizado (por faixas)	5,4873	5,7388	3.077,9	-0,9388	-0,1114	0,2048	0,2898	<5,0: 0,600/0,600/0,600; 5,0-5,5: 0,500/0,500/0,500; 5,5-6,0: 0,400/0,400/0,400; $\geq 6,0$: 0,300/0,300/0,300

Fonte: Elaboração própria (2025)

O quadro 2 evidencia o deslocamento do esforço para as faixas inferiores: a soma das duas faixas mais baixas passou de 0,523 (Uniforme) para 0,612 (Otimizado).

Quadro 2 - Participação do esforço por faixa

Faixa (cortes)	Participação do esforço - Uniforme	Participação do esforço - Otimizado
< 5,0	0,1090	0,1470
5,0-5,5	0,4142	0,4654
5,5-6,0	0,2942	0,2645
$\geq 6,0$	0,1827	0,1232

Fonte: Elaboração própria (2025)

Em outras palavras, não há perda de eficiência esperada ao substituir a regra uniforme por metas diferenciadas por faixa quando a meta global é mantida constante.

4.2 Funcionalidades Técnicas e aplicação na Rede Municipal de Recife

O simulador demonstrou capacidade robusta de processamento, manipulando bases de dados com mais de 200 escolas em tempo real, com algoritmos de otimização convergindo para soluções ótimas em menos de 5 segundos em equipamentos convencionais. Esta performance técnica viabiliza o uso interativo da ferramenta em

reuniões de planejamento, permitindo que gestores experimentem diferentes cenários e observem imediatamente os impactos de suas decisões.

A interface gráfica mostrou-se intuitiva para usuários sem formação técnica especializada, com gestores da Secretaria Municipal do Recife conseguindo operar a ferramenta autonomamente após treinamento básico de 30 minutos. A funcionalidade de mapeamento flexível de colunas eliminou a necessidade de reformatação prévia das planilhas existentes, reduzindo significativamente as barreiras de adoção da tecnologia.

Os gráficos gerados automaticamente facilitaram substancialmente a visualização dos *trade-offs* envolvidos na definição de metas, evidenciando como diferentes distribuições de esforço impactam no alcance dos objetivos globais. A capacidade de comparação entre cenários revelou-se particularmente valiosa para a construção de consensos técnicos sobre as estratégias mais adequadas em contextos de recursos limitados.

A implementação prática envolveu 220 escolas da rede municipal (Anos Iniciais e Finais). Para o IDEB, os valores de linha de base variaram de 4,3 a 7,1 nos Anos Iniciais e de 4,1 a 5,8 nos Anos Finais. As metas globais definidas pela gestão foram 5,9 (AI) e 5,1 (AF). Para o IDEPE, os valores variaram de 4,62 a 6,92 (AI) e de 3,57 a 5,98 (AF), com metas globais de 5,9 (AI) e 5,0 (AF), sendo as faixas de corte calibradas por etapas e indicador, conforme a necessidade e diretrizes da gestão, como visto no Quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros consolidados do estudo (rede municipal do Recife)

Indicador	Etapa	Nº de escolas	Faixas (cortes)	Meta global
IDEB	Anos Iniciais	220 (AI+AF, total do estudo*)	<5,0 ; 5,0-5,5 ; 5,5-6,0 ; ≥6,0	5,9
IDEB	Anos Finais		<4,5 ; 4,5-5,0 ; 5,0-5,5 ; ≥5,5	5,1
IDEPE	Anos Iniciais		<5,0 ; 5,0-5,5 ; 5,5-6,0 ; ≥6,0	5,9
IDEPE	Anos Finais		<4,0 ; 4,0-4,5 ; 4,5-5,0 ; ≥5,0	5,0

Fonte: O autor (2025)

As simulações foram executadas em cenários realistas, nos quais, variando por etapa e por indicador, um percentual de escolas avançava em direção à meta, enquanto outra fração não crescia e podia apresentar pequena queda controlada. Esses percentuais foram parametrizados no aplicativo (tipicamente entre 70% e 80% de escolas em crescimento), permitindo explorar equilíbrio entre ambição e factibilidade.

De modo geral, os incrementos diferenciados por faixas, com restrição de ordem (mais esforço nas faixas de menor desempenho), mostraram-se eficazes para equilibrar eficiência e equidade. Nos cenários analisados, alterações na meta global deslocaram mais fortemente a distribuição de esforços entre faixas, enquanto variações no percentual de escolas em crescimento produziram impactos moderados nos incrementos necessários. Essa leitura orientou decisões gerenciais sobre ambição adequada, margens de segurança e priorização de apoio por segmento da rede.

4.3 Impactos na Qualidade da Gestão Municipal

A aplicação da ferramenta na Secretaria Municipal produziu ganhos qualitativos significativos nos processos de planejamento educacional. Gestores relataram maior confiança nas decisões tomadas, atribuindo esta melhoria à fundamentação técnica explícita fornecida pelo simulador e à possibilidade de explorar sistematicamente cenários alternativos antes da definição final das metas.

A transparência do processo de definição de metas aumentou substancialmente, com a metodologia permitindo explicações claras às equipes escolares sobre os critérios utilizados para estabelecer expectativas diferenciadas. Esta transparência contribuiu para maior aceitação das metas por parte dos diretores escolares e reduziu tensões frequentemente observadas quando metas são percebidas como arbitrárias.

A ferramenta também facilitou a identificação objetiva de escolas que demandam maior investimento e apoio técnico, contribuindo para a priorização fundamentada de recursos humanos e financeiros. A possibilidade de simular impactos de diferentes níveis de investimento permitiu análises de custo-benefício mais sofisticadas no planejamento orçamentário da pasta.

4.4 Limitações e Desafios Identificados

A aplicação prática revelou limitações importantes que devem ser consideradas em implementações futuras. A qualidade dos resultados depende fundamentalmente da qualidade e atualização dos dados de entrada, com imprecisões nas informações sobre número de estudantes ou indicadores de desempenho propagando-se através das simulações.

A interpretação adequada dos resultados requer familiaridade mínima com conceitos de estatística descritiva e análise quantitativa. Gestores com menor formação nessas áreas podem enfrentar dificuldades na compreensão dos cenários apresentados ou na calibração apropriada dos parâmetros do modelo.

O simulador não incorpora fatores contextuais específicos que podem influenciar significativamente a capacidade de crescimento das escolas, como mudanças na equipe gestora, reformas na infraestrutura, alterações no perfil socioeconômico da comunidade atendida, ou implementação de programas pedagógicos específicos. Esta limitação demanda complementação com análise qualitativa para decisões finais sobre metas individuais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta desenvolvida demonstrou efetividade comprovada como instrumento de apoio à decisão no planejamento educacional municipal, produzindo ganhos mensuráveis em múltiplas dimensões da gestão pública educacional. Em termos de eficiência operacional, o simulador reduziu drasticamente o tempo necessário para análise de cenários, passando de processos que anteriormente demandavam semanas de trabalho manual para simulações executadas em poucos minutos. Esta agilidade permitiu a exploração sistemática de alternativas que eram inviáveis sob metodologias tradicionais, qualificando substancialmente o processo decisório.

A reprodutibilidade e documentação sistemática dos critérios utilizados representaram avanços significativos em termos de transparência e *accountability*. O registro automático de todos os parâmetros, premissas e resultados facilita a prestação de contas junto aos órgãos de controle e garante continuidade das políticas entre diferentes gestões municipais. Inclui-se também a fundamentação técnica proporcionada pela ferramenta transformou qualitativamente os processos de definição

de metas, substituindo práticas anteriormente baseadas em critérios intuitivos ou puramente políticos por metodologia quantitativa rigorosa e auditável. Esta mudança contribuiu para maior legitimidade das decisões junto à comunidade educacional.

Os resultados específicos da aplicação na rede municipal do Recife incluem a definição de metas diferenciadas para 220 escolas, com incrementos variando de 0,1 a 0,8 pontos conforme a faixa de desempenho inicial. A estratégia otimizada permitiu atingir a meta global da rede com distribuição mais equitativa de esforços, concentrando investimentos nas unidades com maior potencial de impacto na média ponderada da rede.

Do ponto de vista metodológico, a combinação de estratificação por faixas, função-objetivo baseada na média ponderada da rede e otimização não linear com restrições permitiu incorporar prioridades distributivas – mais esforço relativo nas faixas de menor desempenho – e, ao mesmo tempo, perseguir a meta global definida pela gestão (Virtanen et al., 2020). Ao simular cenários realistas com parcelas de escolas que avançam e parcelas que não crescem (inclusive com pequena queda controlada), o aplicativo aproximou o processo decisório das condições efetivas de implementação em redes heterogêneas.

No plano gerencial, o simulador contribuiu para tornar explícitas as compensações entre ambição e factibilidade e para qualificar a comunicação com as escolas, ao oferecer visualizações e comparações de cenários compreensíveis a usuários não especialistas. Essa usabilidade é elemento crítico para que ferramentas de apoio à decisão sejam efetivamente incorporadas ao ciclo de gestão (Monks; Harper, 2023). A possibilidade de registro dos parâmetros, reexecução de cenários e exportação padronizada favorece reprodutibilidade e prestação de contas – dimensões cada vez mais valorizadas em estudos com dados administrativos.

Do ponto de vista normativo, os resultados apontam que metas diferenciadas por faixas constituem uma solução de compromisso mais alinhada à equidade do que metas uniformes, sem abdicar da eficiência no nível da rede. Ao deslocar esforços para escolas com menor desempenho inicial, a abordagem contribui para reduzir disparidades intra-rede e para orientar priorização de suporte técnico e investimento (Oshiro; Scorzafave, 2015).

Como limitações, destacam-se a dependência da qualidade dos dados de entrada e a não inclusão de variáveis contextuais (infraestrutura, rotatividade de equipes, programas pedagógicos específicos) que influenciam a capacidade de crescimento. Tais aspectos sugerem integrações futuras com módulos de avaliação de eficiência/efetividade e/ou análises multicritério, preservando a transparência do modelo (Charnes; Cooper; Rhodes, 1978). Em agenda de pesquisa, recomenda-se validar o método em outras redes, bem como testar mecanismos automáticos de calibração de parâmetros a partir de séries históricas, mantendo padrões de anonimização e governança de dados.

Em síntese, a proposta demonstra que otimização por faixas, combinada a uma interface amigável e a recursos de simulação/comparação, pode elevar a qualidade da decisão no planejamento de metas educacionais, tornando explícitos os compromissos entre equidade e eficiência e ampliando a legitimidade das decisões perante a comunidade escolar.

6 REFERÊNCIAS

- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (Ideb)**. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/ideb>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978. DOI: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.
- CHEN, Zhi; XIONG, Peng. RSOME in Python: An open-source robust stochastic optimization modeling environment. **INFORMS Journal on Computing**, v. 35, n. 4, p. 717–724, 2023. DOI: 10.1287/ijoc.2023.1291.
- CUNHA, Joaquim J. da; SOUZA, Maurício C. de. A linearized model for academic staff assignment in a Brazilian university focusing on performance gain in quality indicators. **International Journal of Production Economics**, v. 197, p. 43–51, mar. 2018. DOI: 10.1016/j.ijpe.2017.12.010.
- GESQUI, Luiz Carlos. Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo – Idesp: resultados e metas estabelecidas. **Educação**, 13 fev. 2023. DOI: 10.5902/1984644461970.

HIRATA, Guilherme; MELO, Lucas; OLIVEIRA, João Batista. O Fundeb e a questão da equidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 76, n. 2, 2022. DOI: 10.5935/0034-7140.20220009.

HUNTER, John D. Matplotlib: A 2D graphics environment. **Computing in Science & Engineering**, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007. DOI: 10.1109/MCSE.2007.55.

LACRUZ, Adonai José; AMÉRICO, Bruno Luiz; CARNIEL, Fagner. Indicadores de qualidade na educação: análise discriminante dos desempenhos na Prova Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, v. 24, p. e240002, 2019. DOI: 10.1590/s1413-24782019240002.

MCKINNEY, Wes. Data structures for statistical computing in Python. In: **Proceedings of the Python in Science Conference (SciPy 2010)**. Austin, Texas, 2010. p. 56–61. DOI: 10.25080/Majora-92bf1922-00a.

MONKS, Thomas; HARPER, Alison. Improving the usability of open health and care simulation modelling. **NIHR Open Research**, v. 3, p. 48, 2023. DOI: 10.3310/nihropenres.13467.1.

NASCIMENTO, Rafaella L. S. do; FAGUNDES, Roberta A. de A.; SOUZA, Renata M. C. R. de. Statistical learning for predicting school dropout in elementary education: A comparative study. **Annals of Data Science**, v. 9, n. 4, p. 801–828, ago. 2022. DOI: 10.1007/s40745-021-00321-4.

OLIVEIRA, João Batista Araújo e. The education of international educators: A personal view. **International Journal of Educational Development**, v. 103, p. 102913, nov. 2023. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2023.102913.

OSHIRO, Cláudia Hiromi; SCORZAFAVE, Luiz Guilherme. Impacto sobre a educação das transferências do Fundeb: uma avaliação. **Revista Brasileira de Economia**, v. 69, n. 2, 2015. DOI: 10.5935/0034-7140.20150010.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes (SEE-PE). **IDEPE – Índice de Desenvolvimento da Educação de Pernambuco**. Disponível em: <https://portal.educacao.pe.gov.br/idepe/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

RODRIGUEZ-GARCIA, Mercedes; BALDERAS, Antonio; DODERO, Juan Manuel; RODRÍGUEZ-POSE, David. Anonymization techniques for educational data: A systematic review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 18, p. 8506, 2021. DOI: 10.3390/app11188506.

SOUZA, Maira Giovana de; SERRANO, Agostinho; TREAGUST, David. Exploring the relationship between mental representations and conceptual understanding of Special Relativity by high school students. **Research in Science & Technological Education**, p. 1–26, 29 dez. 2024. DOI: 10.1080/02635143.2024.2446801.

SUSETYO, Yosia Adi; PARHUSIP, Hanna Arini; TRIHANDARU, Suryasatrianegara. Data integration and visualization using Python–Excel interoperability for decision support. **JUITA**, v. 12, n. 2, p. 255, 2024. DOI: 10.30595/juita.v12i2.23300.

VIRTANEN, Pauli; GOMMERS, Ralf; OLIPHANT, Travis E.; HABERLAND, Matt; RYTKÖNEN, Pauli; et al. SciPy 1.0: Fundamental algorithms for scientific computing in Python. **Nature Methods**, v. 17, n. 3, p. 261–272, 2020. DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.

NOTA: O autor foi responsável pela concepção do artigo, pela análise e interpretação dos dados, pela redação e revisão crítica do conteúdo do manuscrito e, ainda, pela aprovação da versão final publicada.

Submitted on: 03/12/2025

Accepted on: 12/02/2026

Published on: 27/03/2026