



TRIBUNAL DE CONTAS DO
ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

APÊNDICE

METODOLOGIA ESTATÍSTICA

 **Desempenho Escolar na Alfabetização** | **ABC**

Indicadores baseados na Escala de Fluência em Leitura

 Pré-leitor Baixo desempenho	 Leitor Iniciante Desempenho em desenvolvimento	 Leitor Fluente Desempenho adequado.
---	--	--

  **CNCA**
Compromisso Nacional
criança Alfabetizada

 **PAES**
Pacto pela Aprendizagem
no Espírito Santo



Fonte: Elaboração Fiscalização 031/2025-2, com apoio de inteligência artificial generativa (ChatGPT – modelo GPT-5.2, OpenAI).

NEducação/SecexSocial

2026



www.tcees.tc.br



@tceespiritosanto



RESUMO

Este apêndice descreve a estratégia analítica adotada para identificar fatores associados ao desempenho na alfabetização, combinando técnicas de eficiência e de modelagem estatística, realizada na fase de planejamento da fiscalização. Inicialmente, aplicou-se Análise Envoltória de Dados (DEA) com o IDEB como produto e um conjunto de insumos de estrutura e recursos (infraestrutura, docentes, profissionais, computadores, salas e matrículas), além de estratificação por contexto escolar (localização, dependência administrativa e complexidade de gestão). Para infraestrutura, foram testadas as técnicas de Análise de Componentes Principais e Teoria de Resposta ao Item (TRI), mas, por limitações de interpretação e baixa variabilidade informativa dos itens, adotou-se um indicador simples baseado na soma de 25 itens do Censo Escolar. Os modelos exploratórios indicaram heterogeneidade relevante entre escolas e sugeriram que a eficiência não se explica apenas pela quantidade de recursos, orientando o refinamento das variáveis para etapas posteriores. Em seguida, a análise migrou de IDEB para um desfecho mais direto do ciclo de alfabetização (percentual de alunos fluentes no 2º ano), estimando regressão múltipla com ajuste quasi-binomial. Nos resultados, destacaram-se associações estatisticamente significativas entre fluência e (1) regularidade docente (efeito positivo), (2) maior complexidade de gestão em nível elevado (efeito negativo) e (3) distorção idade série no 1º ano (efeito negativo). Variáveis de formação docente e nível superior foram incluídas, mas não apresentaram significância no modelo final, e parte dos indicadores foi excluída por colinearidade, cobertura incompleta ou risco de confundimento. Por fim, os resultados subsidiaram a elaboração do questionário diagnóstico (QDiagnóstico) utilizado para confrontar e complementar os achados estatísticos.



1 INTRODUÇÃO

Este apêndice detalha a abordagem metodológica empregada para investigar, com base em dados públicos, os fatores que influenciam o desempenho educacional no ciclo de alfabetização como parte da Fiscalização 031/2025 do Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo (TCEES). O apêndice detalha a construção dos indicadores utilizados, a aplicação de técnicas e seleção de modelos estatísticos exploratórios que subsidiaram as etapas posteriores da fiscalização

A análise considerou o desempenho das escolas municipais por meio do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e da taxa de fluência em leitura no 2º ano do ensino fundamental, integrando variáveis relativas à infraestrutura, recursos humanos, contexto escolar e demais insumos relevantes extraídos do Censo Escolar e de bases oficiais. A finalidade é oferecer suporte técnico-analítico para a fiscalização, bem como identificar fatores que afetam o desempenho dos alunos na alfabetização.

2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Visando identificar os fatores que impactam na educação, partiu-se dos indicadores listados pela literatura e dos achados e recomendações das fiscalizações realizadas pelo NEducação. Foi utilizado o software R para as análises e gráficos.

¹ TCU - Manual de Auditoria Operacional – Capítulo 6 **Relatório e Divulgação**. Parágrafos 389 e 508.

389. Toda a análise de dados deve ser documentada em papéis de trabalhos, independentemente de seu resultado. Dessa forma, é possível reduzir o tamanho da parte textual dos relatórios de auditoria, tornando-os mais objetivos, concisos e convidativos à leitura.

508. Os apêndices são compostos por textos ou documentos elaborados pela equipe de auditoria, a fim de complementar sua argumentação apresentada no relatório, sem causar prejuízo à completude e à coesão do texto principal (ABNT, 2011).



2.1. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA)

Inicialmente, buscando pelo conceito de eficiência relativa, ou seja, a comparação do desempenho de unidades semelhantes com base na relação entre os resultados alcançados (produtos) e os recursos utilizados (insumos), utilizou-se a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA).

O DEA é uma técnica amplamente empregada em avaliações de eficiência e tem sido utilizada em auditorias operacionais, inclusive pelo Tribunal de Contas da União (TCU), por permitir identificar quais unidades operam de forma eficiente em relação a um conjunto de pares comparáveis, sem impor uma função de produção prévia.

No contexto desta fiscalização, o produto considerado foi o resultado do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), representando o desempenho educacional dos alunos. Os insumos, por sua vez, incluíram variáveis relacionadas à estrutura, recursos humanos e financeiros das escolas, como número de professores, número de alunos, jornada escolar, gastos por aluno e disponibilidade de infraestrutura mínima. Esses dados foram utilizados para verificar se as escolas estão alcançando bons resultados educacionais de forma eficiente, considerando os recursos de que dispõem, sendo detalhados na sequência.

2.1.1 Infraestrutura

A partir de dados do Censo Escolar publicado pelo INEP, foram utilizados indicadores de infraestrutura das escolas. Inicialmente, a equipe de auditoria analisou todos os indicadores relacionados ao tema, com prefixo “IN” na base de dados, e selecionou aqueles que, teoricamente, poderiam impactar o IDEB. Por exemplo, a existência de laboratório de informática entrou na análise, mas a existência de banheiro para funcionários, não. A análise de itens a incluir considerou uma visão holística da educação, de forma a contemplar não



aspectos relacionados apenas ao ensino, mas também ao lazer e interação social.

As seguintes variáveis foram incluídas: IN_AREA_VERDE, IN_AUDITORIO, IN_BANHEIRO, IN_BANHEIRO_PNE, IN_BIBLIOTECA, IN_BIBLIOTECA_SALA_LEITURA, IN_COZINHA, IN_LABORATORIO_CIENCIAS, IN_LABORATORIO_INFORMATICA, IN_PATIO_COBERTO, IN_PATIO_DESCOBERTO, IN_PARQUE_INFANTIL, IN_PISCINA, IN_QUADRA_ESPORTES, IN_QUADRA_ESPORTES_COBERTA, IN_QUADRA_ESPORTES_DESCOBERTA, IN_REFEITORIO, IN_SALA_ATELIE_ARTES, IN_SALA_MUSICA_CORAL, IN_SALA_ESTUDIO_DANCA, IN_SALA_MULTIUSSO, IN_SALA_OFICINAS_EDUC_PROF, IN_SALA_LEITURA, IN_SALA_REPOUSO_ALUNO, IN_SALA_ATENDIMENTO_ESPECIAL.

Em virtude do número expressivo de variáveis relacionadas à infraestrutura, utilizou-se a técnica de **Análise de Componentes Principais (ACP)** com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados, sintetizando a informação contida em múltiplas variáveis em número menor de componentes. A técnica consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas (componentes principais), que preservam a maior parte da variabilidade presente nos dados.

No entanto, como todas as variáveis de infraestrutura da base são binárias (indicando apenas presença ou ausência de determinado item), a aplicação da ACP apresenta limitações. Apesar disso, foi possível utilizar a técnica como uma aproximação exploratória, a partir da matriz de correlações de *tetrachoric*, visando captar padrões latentes e agrupamentos entre os itens de infraestrutura. Essa matriz é uma alternativa à matriz de correlações de Pearson para variáveis binárias dicotômicas, que estima a associação entre duas variáveis dicotômicas sob a suposição de que ambas derivam de distribuições normais bivariadas e contínuas, permitindo captar relações mais consistentes do que aquelas obtidas diretamente entre variáveis binárias. Com isso, busca-se superar parte das limitações da aplicação da ACP em dados não contínuos, viabilizando a



identificação de estruturas comuns entre os itens presentes nas escolas avaliadas.

Com os resultados da ACP, a equipe de auditoria analisou criticamente as cargas fatoriais e a composição dos componentes extraídos, concluindo que o método adotado dificultaria a interpretação dos modelos finais. Isso ocorreu porque os componentes principais, ao serem construídos como combinações lineares de múltiplas variáveis binárias, resultaram em eixos de difícil compreensão prática, de forma que limitou a possibilidade de atribuição de significado claro e direto aos componentes.

Outra técnica que foi explorada para os itens de infraestrutura foi a **Teoria de Resposta ao Item (TRI)**, com o objetivo de construir um indicador latente de infraestrutura escolar com base no padrão de presença dos 25 itens binários. A TRI é um modelo estatístico amplamente utilizado para mensuração de traços latentes a partir de respostas a itens categóricos, permitindo estimar um escore contínuo para cada unidade avaliada com base na probabilidade de presença de determinados itens, ponderando-os de acordo com sua dificuldade e capacidade discriminativa. No presente caso, adotou-se o Modelo de Resposta Gradual para variáveis dicotômicas (equivalente ao modelo logístico de dois parâmetros), buscando estimar a infraestrutura como um traço latente subjacente à presença dos itens.

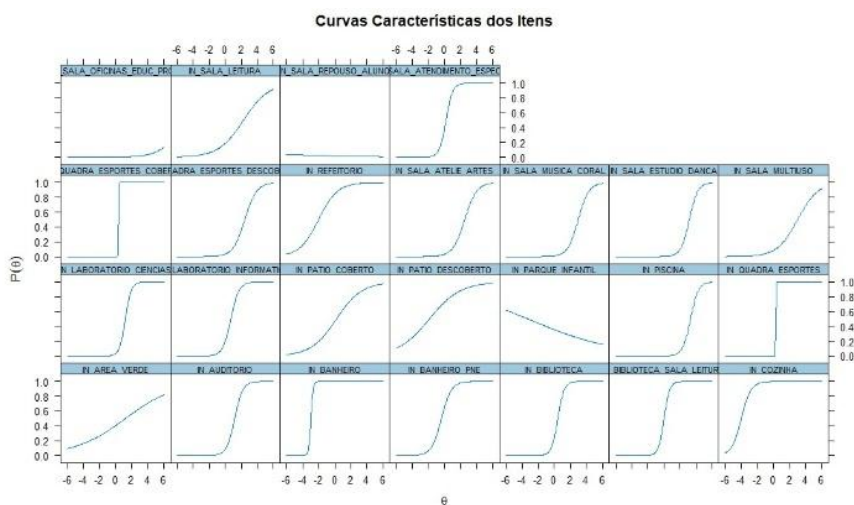




Gráfico 1: Exemplo de Resultado Exploratório da TRI – CCIs. Elaboração: Equipe de Fiscalização.

A análise das curvas características dos itens (CCIs), conforme Gráfico acima, evidenciou variações relevantes no comportamento dos 25 itens de infraestrutura escolar. As CCIs representam a probabilidade de presença de cada item em função do traço latente de infraestrutura (θ). Idealmente, uma boa curva apresenta uma transição suave e inclinada, indicando boa capacidade de discriminar entre escolas com diferentes níveis de infraestrutura.

Observa-se, no entanto, que diversos itens apresentam curvas extremamente planas (ex.: IN_BANHEIRO, IN_COZINHA, IN_BANHEIRO_PNE), o que sugere que esses itens estão presentes em quase todas as escolas, independentemente do nível de infraestrutura latente. Esse comportamento indica baixa variabilidade e, portanto, pouca capacidade de discriminação. Em contraste, itens como IN_SALA_REPOUSO_ALUNO, IN_SALA_ESTUDIO_DANCA e IN_PISCINA exibem curvas muito deslocadas à direita, com baixa probabilidade de presença mesmo em níveis elevados de θ , o que sugere que esses recursos são raros e, por isso, pouco informativos para a maioria das escolas.

Adicionalmente, poucas CCIs apresentaram inclinação intermediária bem distribuída ao longo da escala de θ , como nos casos de IN_SALA_LEITURA, IN_SALA_ATELIE_ARTES e IN_SALA_MUSICA_CORAL, o que indica alguma capacidade discriminativa. No geral, o conjunto de itens apresentou padrão de resposta polarizado, com itens quase universalmente presentes ou quase ausentes, comprometendo a utilidade do modelo de TRI para fins analíticos.

Essa distribuição assimétrica e a baixa variabilidade informativa dos itens dificultaram a construção de um indicador latente estável e interpretável. Por essa razão, concluiu-se que, embora a TRI forneça uma abordagem metodologicamente robusta, sua aplicação neste caso específico não resultou em ganhos analíticos significativos, o que levou à decisão de priorizar um indicador mais simples.



Diante disso, optou-se por utilizar um indicador mais simples de infraestrutura, calculado como a soma dos 25 itens analisados. Cada item representa a presença (valor 1) ou ausência (valor 0) de um determinado elemento de infraestrutura escolar previamente identificado como potencialmente relevante para o desempenho educacional. Assim, o indicador varia de 0 a 25, refletindo o número total de itens presentes em cada escola. Uma escola que possui todos os 25 itens terá um indicador máximo de infraestrutura igual a 25, enquanto uma escola sem nenhum item terá valor zero. Essa abordagem preserva a transparência na construção do insumo e facilita a interpretação dos resultados nos modelos de eficiência.

2.1.2 Profissionais

Visando retratar o número de profissionais em cada escola, foi considerada a soma dos seguintes indicadores do Censo Escolar: QT_PROF_ADMINISTRATIVOS, QT_PROF_SERVICOS_GERAIS, QT_PROF_BIBLIOTECARIO, QT_PROF_SAUDE, QT_PROF_COORDENADOR, QT_PROF_FONAUDIOLOGO, QT_PROF_NUTRICIONISTA, QT_PROF_PSIKOLOGO, QT_PROF_ALIMENTACAO, QT_PROF_PEDAGOGIA, QT_PROF_SECRETARIO, QT_PROF_SEGURANCA, QT_PROF_MONITORES, QT_PROF_GESTAO, QT_PROF_ASSIST_SOCIAL, QT_PROF_TRAD_LIBRAS.

Esse total foi utilizado como insumo nos modelos DEA, uma vez que reflete os recursos humanos disponíveis para apoiar o funcionamento da escola e o processo de ensino-aprendizagem. A inclusão desse insumo permite verificar se as escolas estão obtendo desempenho educacional adequado em relação ao volume de profissionais alocados, considerando tanto atividades pedagógicas quanto de suporte administrativo, alimentar, psicológico e de gestão.

2.1.3 Docentes

Para representar o corpo docente atuante em cada escola, foi considerada a soma dos seguintes indicadores do Censo Escolar: QT_DOC_BAS,



QT_DOC_INF, QT_DOC_INF_CRE, QT_DOC_INF_PRE, QT_DOC_FUND, QT_DOC_FUND_AI, QT_DOC_FUND_AF, QT_DOC_MED, QT_DOC_PROF, QT_DOC_PROF_TEC, QT_DOC_EJA, QT_DOC_EJA_FUND, QT_DOC_EJA_MED, QT_DOC_ESP, QT_DOC_ESP_CC, QT_DOC_ESP_CE. Esses indicadores abrangem docentes de todas as etapas e modalidades de ensino, bem como docentes do atendimento educacional especializado.

A soma desses valores representa o total de docentes vinculados à escola, independentemente do regime de contratação, jornada de trabalho ou disciplina. Esse total foi utilizado como insumo nos modelos DEA pois reflete os recursos pedagógicos diretamente responsáveis pelo desenvolvimento das atividades de ensino. A inclusão desse insumo permite avaliar se as escolas estão alcançando os resultados esperados, no no IDEB de forma eficiente em relação ao quantitativo de docentes disponíveis.

2.1.4 Computadores

Com o objetivo de incorporar a dimensão tecnológica disponível aos estudantes, foi considerado como insumo o total de equipamentos de informática de uso discente, a partir da soma das variáveis QT_DESKTOP_ALUNO e QT_COMP_PORTATIL_ALUNO, extraídas do Censo Escolar. Esses indicadores representam, respectivamente, a quantidade de computadores de mesa e de computadores portáteis disponíveis para uso dos alunos em cada escola.

A soma desses itens foi utilizada como insumo nos modelos de eficiência por refletir os recursos tecnológicos que podem contribuir para o processo de ensino-aprendizagem. A presença desses equipamentos foi considerada um fator potencialmente associado ao desempenho educacional, justificando sua inclusão na modelagem DEA.

Salas: considerando os resultados limitados da modelagem da infraestrutura escolar por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) e da Teoria de Resposta ao Item (TRI), foram realizados testes exploratórios utilizando a



variável QT_SALAS_UTILIZADAS como insumo alternativo no DEA. Essa variável, disponível no Censo Escolar, representa o número de salas de aula utilizadas para atividades pedagógicas em cada escola.

A escolha por testar esse indicador decorre da sua objetividade, disponibilidade e relação direta com a estrutura física de atendimento. Embora não capte a diversidade de espaços (como laboratórios, bibliotecas ou salas especializadas), o número de salas em uso permite uma aproximação da capacidade física de atendimento da escola e, portanto, foi avaliado como insumo no DEA.

2.1.5 Matrículas

Foram conduzidos testes exploratórios utilizando a variável QT_MAT_BAS como insumo no DEA. Essa variável, presente no Censo Escolar, corresponde ao número de matrículas da Educação Básica por escola. A decisão de testar esse indicador baseia-se em sua disponibilidade, simplicidade de coleta e capacidade de refletir, de forma agregada, a demanda atendida pela instituição. Embora não discrimine o perfil dos estudantes ou as especificidades do atendimento ofertado, o número total de matrículas fornece uma medida direta da escala operacional da escola e, por essa razão, foi considerado como insumo nos testes com o modelo DEA.

Categoria: para fins de estratificação das escolas no modelo DEA, foi construída a variável categórica denominada Categoria, que combina três elementos disponíveis em bases públicas: (i) a localização da escola (TP_LOCALIZACAO), (ii) a dependência administrativa (TP_DEPENDENCIA) e (iii) o nível de complexidade da gestão, medido pelo indicador de complexidade da gestão escolar, elaborado pelo INEP.

Essa composição busca refletir simultaneamente o contexto urbano ou rural, a esfera administrativa (municipal, estadual) e o nível de desafios gerenciais enfrentados pelas escolas, conforme classificação de complexidade (nível 1 – menos complexo; nível 6, mais complexo). A variável foi categorizada em grupos como, por exemplo, Municipal-Urbana-Nível 2, permitindo diferenciar escolas



com base em características estruturais e contextuais que podem influenciar sua eficiência relativa.

A construção dessa variável visa incorporar uma perspectiva mais realista sobre as condições de operação das escolas, reconhecendo que o desempenho não pode ser avaliado de forma homogênea entre instituições com graus distintos de complexidade e contexto.

2.1.6 IDEB

Como variável de produto (output) no modelo de DEA foi utilizado o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), indicador amplamente reconhecido por sintetizar dois componentes fundamentais do desempenho educacional: a proficiência dos estudantes em exames padronizados e as taxas de aprovação.

A escolha do IDEB como output se justifica por sua capacidade de refletir resultados educacionais obtidos pelas escolas a partir dos insumos disponíveis, sendo compatível com o objetivo do modelo DEA de avaliar eficiência. Por se tratar de um indicador padronizado nacionalmente, comparável entre unidades escolares e disponível em séries históricas, o IDEB oferece base robusta para análise quantitativa do desempenho relativo.

Foram estimados modelos sob duas hipóteses distintas de retornos à escala: Retornos Constantes à Escala (CRS – Constant Returns to Scale) e Retornos Variáveis à Escala (VRS – Variable Returns to Scale). A abordagem com CRS foi utilizada para identificar eficiência técnica pura sob a suposição de proporcionalidade entre insumos e produto. A abordagem com VRS foi aplicada para controlar os efeitos de escala, permitindo uma análise mais realista em contextos com heterogeneidade de porte e estrutura entre as unidades escolares.

2.1.7 Resultados DEA



Entre as diversas modelagens exploratórias que foram feitas, destacam-se os seguintes resultados. Em relação à eficiência média das escolas, agrupando-as por tamanho, verificou-se variações relevantes conforme o porte. Os resultados mostraram que escolas pequenas tendem a apresentar menor eficiência média, enquanto escolas muito grandes registraram, em média, os maiores escores de eficiência. Esse padrão sugere que o porte da escola afeta a forma como os insumos são convertidos em desempenho educacional, refletido na nota do IDEB.

A partir dessa evidência, identificamos como importante comparar escolas com características estruturais similares, uma vez que o modelo DEA, ao avaliar a eficiência relativa, pode ser sensível a essas diferenças contextuais. Esse resultado motivou a realização de análises exploratórias de agrupamento, com o objetivo de estruturar comparações mais homogêneas entre unidades escolares. Este resultado está alinhado com a literatura educacional que destacam o papel do contexto escolar na análise de desempenho, considerando aspectos como escala de professores, localização e desafios de gestão.

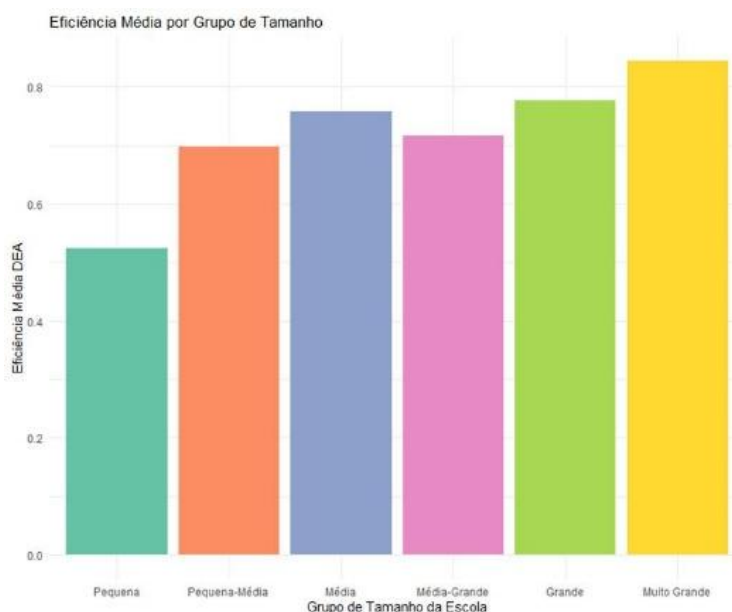


Gráfico 2: Exemplo de resultado do DEA em relação ao tamanho das escolas. Elaboração: Equipe de Fiscalização.



Observando os escores de um dos modelos exploratórios, ordenando as escolas de forma decrescente segundo seus escores de eficiência e utilizando o IDEB como variável de saída, resultou no Gráfico 3, em que a escala de cores indica o nível de eficiência (do verde, mais alto, ao vermelho, mais baixo). A distribuição revela uma concentração significativa de escolas com baixa eficiência, localizadas no terço final do gráfico, indicando que uma parcela expressiva das unidades escolares apresenta dificuldades na conversão de insumos em desempenho educacional, conforme medido pelo IDEB.

Esse resultado reforça a heterogeneidade entre as escolas, sinalizando que muitas instituições operam aquém da fronteira de eficiência. O padrão observado também sugere a existência de espaço para melhorias na alocação ou utilização dos recursos disponíveis, sobretudo entre as escolas com escores mais baixos. Além disso, o formato da curva, com uma queda progressiva e acentuada na parte final, sugere que há poucos casos com eficiência próxima de zero, mas muitos com desempenho intermediário a baixo. Isso evidencia a importância de estratégias para apoiar as escolas na gestão dos recursos, assim como a necessidade de comparações mais contextualizadas, evitando análises que desconsiderem diferenças estruturais e operacionais entre os estabelecimentos de ensino.

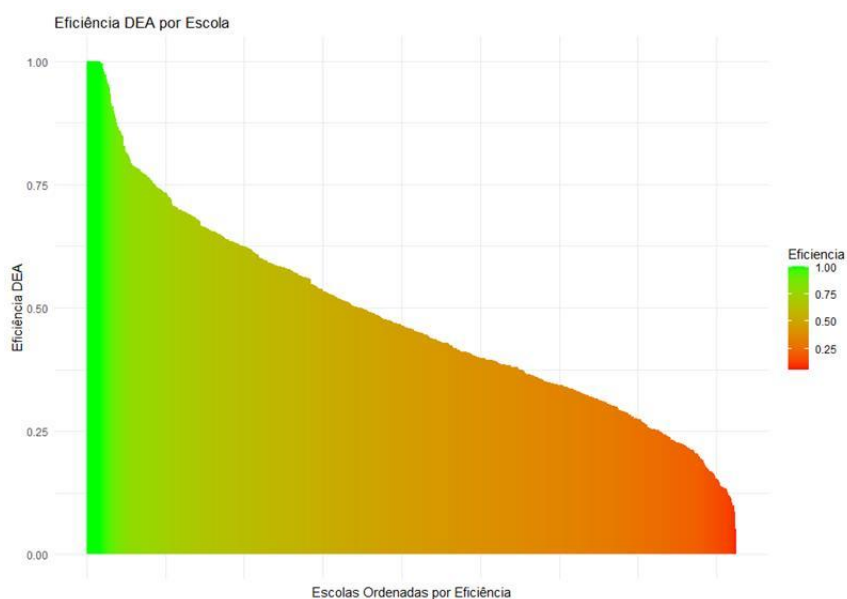




Gráfico 3: Exemplo de resultado do DEA em relação à eficiência das escolas. Elaboração: Equipe de Fiscalização.

Outra forma de visualização dos resultados DEA foi por meio do gráfico de radar, que compara o perfil médio dos insumos normalizados entre escolas classificadas como eficientes e ineficientes. As variáveis representadas neste modelo exploratório incluem infraestrutura, número de salas, número de computadores, número de docentes e número de profissionais. A análise visual mostra que as escolas ineficientes, em média, possuem níveis de insumos superiores em quase todos os eixos, especialmente em relação a docentes e profissionais, quando comparadas às escolas eficientes. Isso indica que a ineficiência não está associada à escassez de recursos, mas sim à dificuldade de transformar esses insumos em desempenho educacional, conforme refletido pelo IDEB.

Esse resultado reforça um dos fundamentos da Análise Envoltória de Dados: a eficiência não depende apenas da quantidade de recursos disponíveis, mas da capacidade de utilizá-los de forma produtiva. As escolas eficientes operam com menor volume relativo de insumos, o que sugere práticas de gestão mais eficazes ou contextos mais favoráveis à conversão dos recursos em resultados. A diferença mais pronunciada entre os grupos ocorre na variável de docentes, o que pode indicar a necessidade de aprofundar a análise sobre alocação, formação ou uso pedagógico da equipe docente, especialmente nas escolas com menor eficiência. Esse tipo de achado ofereceu subsídios delimitar o foco utilizado nesta fiscalização, e serviu de base para outro modelo exploratório.

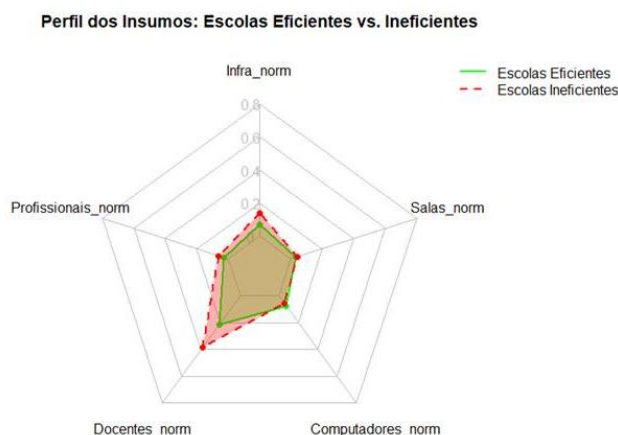


Gráfico 4: Exemplo de resultado do DEA em relação aos insumos. Elaboração: Equipe de Fiscalização.

Como etapa exploratória da análise, foram testados diversos modelos de Análise Envoltória de Dados (DEA), variando combinações de insumos e assumindo diferentes retornos de escala. No entanto, não foi definido um modelo único como referência, uma vez que o objetivo da fiscalização não foi a mensuração da eficiência em si, mas a identificação de fatores que influenciam o desempenho das escolas. Nesse sentido, os resultados do DEA cumpriram uma função instrumental ao fornecer evidências que orientaram a seleção e o refinamento das variáveis explicativas utilizadas nas etapas posteriores da análise, contribuindo para uma compreensão mais precisa das relações entre recursos e desempenho educacional.

2.2. REGRESSÃO LINEAR SIMPLES

A regressão linear foi utilizada com o objetivo explorar a relação entre o valor gasto por aluno e o desempenho médio no IDEB dos anos iniciais do ensino fundamental. O modelo foi ajustado com base em dados municipais, dado que não há disponibilidade do valor executado por aluno desagregado por escola. Essa limitação metodológica deve ser considerada na interpretação dos resultados, uma vez que o uso de dados agregados pode mascarar variações intra-municipais relevantes, sobretudo em redes com grande diversidade de contextos escolares.



Apesar dessa limitação, os resultados indicam uma associação estatisticamente significativa entre as duas variáveis. O coeficiente estimado para o Valor_por_Aluno foi de 0,065, com p-valor de 0,00117, o que sugere que, a cada R\$ 1.000,00 adicionais investidos por aluno, o IDEB médio municipal tende a aumentar cerca de 0,065 pontos, nos anos iniciais. Embora esse efeito seja positivo e estatisticamente relevante, o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,1302$) indica que o valor por aluno explica apenas cerca de 13% da variação observada no IDEB entre os municípios.

Essa baixa capacidade explicativa sugere que o desempenho educacional, medido pelo IDEB, depende de múltiplos fatores além do gasto, como gestão escolar, formação de professores, contexto socioeconômico e infraestrutura. A inclusão de outras variáveis poderia refinar o modelo e melhorar sua capacidade preditiva, o que foi considerado para os demais modelos exploratórios. Em síntese, o valor investido por aluno, por si só, não é suficiente para explicar o desempenho educacional, mas sua associação positiva com o IDEB aponta para a relevância de políticas de financiamento educacional que aliem volume de recursos à qualidade da alocação. A análise oferece um ponto de partida para discussões mais aprofundadas sobre eficiência e equidade no uso dos recursos públicos em educação.

```
Call:
lm(formula = IDEB ~ Valor_por_Aluno, data = dados_iniciais)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.21082 -0.35625 -0.00478  0.39500  1.29656

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   5.79725    0.16020  36.188 < 2e-16 ***
Valor_por_Aluno 0.06546    0.01941   3.372  0.00117 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.473 on 76 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1302,    Adjusted R-squared:  0.1187
F-statistic: 11.37 on 1 and 76 DF,  p-value: 0.001175
```

Gráfico 5: Resultado do Modelo de Regressão Linear – Ideb ~ Valor Gasto por Aluno.
Elaboração: Equipe de Fiscalização.

2.3. REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA



A partir dos diversos modelos exploratórios realizados no DEA, na TRI e na regressão, a equipe de auditoria entendeu que a técnica mais apropriada para investigar o objeto fiscalizado era a regressão múltipla a partir de um desfecho educacional mais específico. Por essa razão, a variável dependente foi alterada do IDEB para o percentual de alunos com fluência em leitura no 2º ano do ensino fundamental, utilizando os dados da avaliação de 2024. A substituição foi motivada por três razões principais: (i) o IDEB agrega diferentes componentes (proficiência e fluxo escolar), dificultando a interpretação isolada da aprendizagem; (ii) a fluência representa um indicador mais direto das habilidades de leitura dos estudantes; e (iii) o foco da política pública em alfabetização nos primeiros anos de escolarização justifica o uso de um indicador mais sensível a intervenções precoces.

Como resultado do processo de refinamento e validação das variáveis, a regressão final foi composta pelas seguintes variáveis: % Alunos Fluente, Adequacao da Formacao Docente, Superior, Complexidade, EsforcoDocente1, EsforcoDocente2, EsforcoDocente3, EsforcoDocente4, EsforcoDocente5, EsforcoDocente6, RegularidadeDocente e TaxaDistorcao.

A variável dependente foi construída como a razão entre alunos classificados como “Fluente” na Prova de Fluência e o total de estudantes avaliados, refletindo a proporção de alunos com fluência em leitura no 2º ano. Entre as variáveis explicativas, Adequação da Formação Docente representa o percentual de docentes com formação adequada à etapa em que atuam. Superior indica o percentual de docentes com nível superior completo. Complexidade refere-se ao nível de complexidade da gestão escolar, de acordo com a classificação do INEP, que considera aspectos como número de turnos, etapas atendidas, número de matrículas e características administrativas da escola. O Esforço Docente foi desdobrado em seis categorias, conforme a tipologia definida pelo INEP, que classifica os docentes com base em sua jornada de trabalho, número de turmas e volume de alunos atendidos. A variável Regularidade Docente expressa a permanência do docente na mesma escola ao longo dos últimos anos, sendo um indicador de estabilidade da equipe pedagógica. Por fim, a Taxa



de Distorção Idade-Série representa o percentual de estudantes com dois ou mais anos de defasagem entre idade e série, no 1º ano do ensino fundamental, funcionando como um indicador indireto de atrasos no processo de alfabetização. Os dados foram obtidos do Painel do INEP.

A seleção dessas variáveis buscou equilíbrio entre relevância analítica, disponibilidade de dados e capacidade de intervenção da gestão pública, permitindo interpretações alinhadas com a prática e a formulação de políticas educacionais baseadas em evidências.

```
Call:
glm(formula = cbind(Fluente, Total - Fluente) ~ AdequacaoFormacao +
  Superior + Complexidade + EsforcoDocente2 + EsforcoDocente3 +
  EsforcoDocente4 + EsforcoDocente5 + EsforcoDocente6 + RegularidadeDocente +
  TaxaDistorcao, family = quasibinomial, data = dados)

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -3.027502   0.710541  -4.261 2.33e-05 ***
AdequacaoFormacao  0.003468   0.003363   1.031 0.302871
Superior        0.007348   0.007621   0.964 0.335303
ComplexidadeNivel 2 -0.222627   0.137556  -1.618 0.106041
ComplexidadeNivel 3 -0.238428   0.141438  -1.686 0.092314 .
ComplexidadeNivel 4  0.039314   0.204726   0.192 0.847775
ComplexidadeNivel 5 -0.400224   0.164730  -2.430 0.015380 *
ComplexidadeNivel 6 -0.187282   0.177464  -1.055 0.291662
EsforcoDocente2  0.009232   0.002553   3.617 0.000321 ***
EsforcoDocente3  0.012423   0.002511   4.947 9.55e-07 ***
EsforcoDocente4  0.014631   0.004518   3.238 0.001263 **
EsforcoDocente5  0.008487   0.002615   3.245 0.001233 **
EsforcoDocente6  0.001749   0.008380   0.209 0.834752
RegularidadeDocente 0.290431   0.054354   5.343 1.26e-07 ***
TaxaDistorcao    -0.017376   0.007732  -2.247 0.024950 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasibinomial family taken to be 4.716579)

Null deviance: 3661.9 on 679 degrees of freedom
Residual deviance: 3209.0 on 665 degrees of freedom
AIC: NA

Number of Fisher Scoring iterations: 4
```

Gráfico 6: Resultado da Regressão Múltipla. Elaboração: Equipe de Fiscalização.

A análise concentrou-se em escolas municipais dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, tanto por serem responsáveis majoritárias pela oferta dessa etapa quanto por estarem diretamente envolvidas na execução das políticas de alfabetização. Dado que a variável de fluência é expressa como proporção entre 0% e 100%, foi empregada uma regressão quasi-binomial, adequada para lidar com variáveis de proporção, evitando previsões fora dos limites plausíveis e ajustando a variância de forma consistente. Os resultados identificaram três fatores estatisticamente significativos com impacto direto sobre a fluência:



- Regularidade docente: escolas com menor rotatividade na equipe de professores apresentaram níveis mais altos de fluência, evidenciando a importância da continuidade pedagógica.
- Complexidade de gestão (nível 5): associada negativamente à fluência, esse resultado indica que escolas com maior nível de complexidade operacional (infraestrutura precária, múltiplos turnos, matrículas em diferentes etapas, etc.) tendem a ter maiores desafios para promover a aprendizagem.
- Taxa de distorção idade-série no 1º ano: apresentou efeito negativo significativo, sugerindo que a não permanência dos estudantes na idade ideal para alfabetização pode comprometer seu desempenho no ano seguinte.

Embora variáveis como adequação da formação e nível superior dos docentes tenham sido incluídas no modelo, não apresentaram efeitos estatisticamente significativos. Já o conjunto de variáveis sobre esforço docente apresentou significância, mas seus coeficientes indicam possível confundimento com fatores contextuais, como localização urbana.

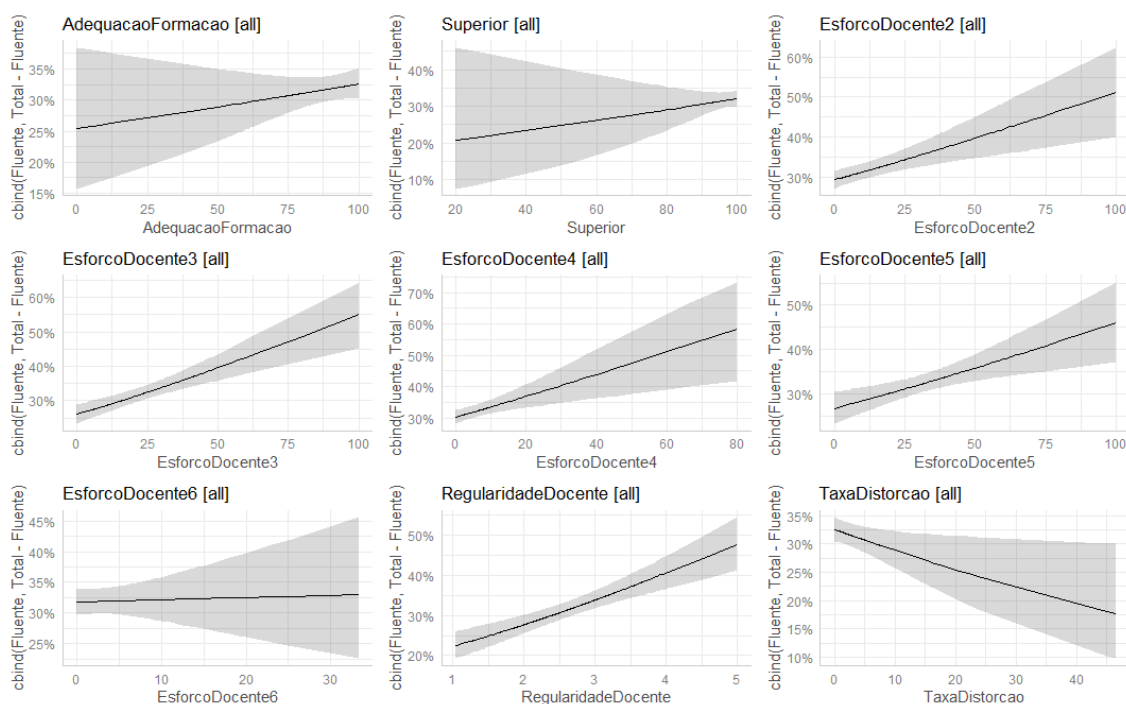


Gráfico 7: Relação das variáveis com a fluência. Elaboração: Equipe de Fiscalização.

A análise utilizou uma amostra de 680 escolas com dados completos, o que representa aproximadamente metade das escolas da rede analisada. Mesmo com essa restrição, os achados oferecem subsídios relevantes para a presente fiscalização, especialmente no que se refere à valorização da estabilidade docente, atenção a contextos escolares complexos e enfrentamento das distorções idade-série no ciclo de alfabetização.

2.3.1 Notas sobre a regressão linear múltipla

Indicadores não incluídos: Alguns indicadores relevantes para a análise da aprendizagem não foram incluídos no modelo final de regressão múltipla. Essa exclusão não implica desimportância desses fatores, mas decorre de critérios técnicos e limitações metodológicas observadas durante o processo de construção dos modelos exploratórios. A seguir, apresentam-se os principais motivos:

Colinearidade entre variáveis: Durante a análise preliminar, identificou-se alta correlação entre alguns indicadores. A inclusão simultânea de variáveis colineares pode distorcer os coeficientes estimados, inflar erros-padrão e



comprometer a interpretação dos efeitos individuais. Por esse motivo, optou-se por selecionar um número reduzido de indicadores com base em critérios estatísticos (VIF, significância).

Ambiguidade ou risco de confundimento: Alguns indicadores apresentaram significância estatística, mas os resultados indicaram relações contraintuitivas com base na literatura (ex.: turmas maiores associadas a melhores resultados). Isso sugere possível confundimento com fatores contextuais não observados, como localização urbana, estrutura física ou perfil socioeconômico dos alunos, sendo um critério para restrição de indicadores.

Escopo da variável dependente: Como o modelo foi ajustado especificamente para explicar a fluência em leitura no 2º ano, algumas variáveis mais estruturais, como matrículas em outras etapas ou dados agregados da rede como um todo, apresentaram baixa aderência ao fenômeno em estudo. Esses indicadores podem ser mais adequados para modelos voltados ao IDEB ou ao desempenho em etapas mais avançadas do ensino fundamental.

Inconsistência na cobertura dos dados: Determinadas variáveis apresentaram altos níveis de dados ausentes ou inconsistentes entre as escolas da base. A manutenção dessas variáveis reduziria consideravelmente o tamanho da amostra útil, comprometendo a estabilidade do modelo e a representatividade dos resultados. Em um processo de regressão múltipla, a consistência da base é fundamental para garantir estimativas confiáveis.

Redundância com variáveis mais robustas: Em alguns casos, dois ou mais indicadores mediam aspectos semelhantes (ex.: número de computadores e laboratório de informática). Quando um dos indicadores apresentava melhor desempenho estatístico e coerência teórica, o outro foi excluído para evitar redundância e facilitar a interpretação dos resultados.

Em síntese, a seleção dos indicadores utilizados na análise foi guiada por critérios de consistência teórica, validade estatística, ausência de redundâncias e viabilidade técnica, e também considerou o alinhamento com o planejamento



estratégico do Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo (TCEES), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, com destaque para o ODS 4, que trata da educação de qualidade, e os achados de fiscalizações anteriores realizadas pelo TCEES na área educacional. Foram priorizadas variáveis sob influência direta da gestão municipal ou estadual, passíveis de ação por meio de políticas públicas, como formação e regularidade docente, distorção idade-série e características organizacionais das escolas.

3 CONCLUSÃO

Em conclusão, as análises desenvolvidas no âmbito da Fiscalização 031/2025 indicam que o desempenho na alfabetização decorre de um conjunto de fatores interrelacionados, não se limitando ao volume de recursos disponíveis. Os resultados evidenciam que aspectos ligados à organização escolar e à estabilidade do corpo docente apresentam associação consistente com melhores níveis de fluência, ao passo que contextos de maior complexidade de gestão e maiores taxas de distorção idade série tendem a se relacionar a piores resultados.

As evidências também mostram que a simples ampliação de insumos não garante melhoria proporcional do desempenho, reforçando a necessidade de atenção à qualidade da alocação e ao uso dos recursos. Dessa forma, os achados oferecem base empírica para o direcionamento das etapas subsequentes da auditoria, contribuindo para a formulação de recomendações voltadas ao fortalecimento da gestão educacional e à melhoria dos resultados no ciclo de alfabetização.