



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE RUSSAS**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE**

**JOAO ALBERTO RODRIGUES SOARES COSTA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DA PROVA DE MATEMÁTICA  
DO SAEB NAS CAPITAIS DO NORDESTE DO BRASIL NO ANO DE 2019**

**RUSSAS**

**2026**

JOAO ALBERTO RODRIGUES SOARES COSTA

ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DA PROVA DE  
MATEMÁTICA DO SAEB NAS CAPITAIS DO NORDESTE DO BRASIL  
NO ANO DE 2019

Trabalho de conclusão de curso apresentado em formato de artigo apresentado ao Curso de Engenharia de Software do Campus de Russas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software.

Orientador(a): Prof. Marcos Vinicius de Andrade Lima.

RUSSAS

2026

# ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DA PROVA DE MATEMÁTICA DO SAEB NAS CAPITALS DO NORDESTE DO BRASIL NO ANO DE 2019

<https://doi.org/10.5902/2318133890533>

João Alberto Rodrigues Soares Costa<sup>1</sup>  
Marcos Vinicius de Andrade Lima<sup>2</sup>

## Resumo

O Brasil avalia bianualmente o desempenho de alunos por meio do Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb –, que produz dados importantes para a construção e manutenção de políticas públicas. Este estudo investigou as similaridades e diferenças no desempenho em Matemática de estudantes do 9º ano das capitais nordestinas. Para análise, foi seguido um processo da Ciência de Dados, utilizando a técnica de descoberta de padrões de associação entre itens. As associações identificadas entre os erros nos descritores indicaram que existem maiores semelhanças do que diferenças nas dificuldades dos alunos, concentrando-se em conhecimentos básicos. Esses resultados sugerem a possibilidade de desenvolvimento de políticas educacionais conjuntas para a região, com exceção de Teresina, que apresentou dificuldades em temas mais complexos.

Palavras-chave: Saeb; ciência de dados; padrões de associação entre itens.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE SAEB MATH TEST IN THE CAPITALS OF NORTHEASTERN BRAZIL IN 2019

## Abstract

Brazil assesses student performance every two years with Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb –, which produces important data for the development and maintenance of public policies. This study investigated the similarities and differences in the performance of 9th grade students in mathematics in the capital cities of the Northeast. For the analysis, a data science process was followed, using the technique of discovering patterns of association between items. The associations identified between errors in the descriptors indicated that there are greater similarities than differences in the difficulties of the students, focusing on basic knowledge. The results suggest the possibility of developing joint educational policies for the region, except for Teresina, which presented difficulties in more complex topics.

Key-words: Saeb; data science; patterns of associations among items.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Russas, Ceará, Brasil. E-mail: [joaoalbertorsc@alu.ufc.br](mailto:joaoalbertorsc@alu.ufc.br). Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-5284-369X>.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará, Russas, Ceará, Brasil. E-mail: [marcos.vinicius@ufc.br](mailto:marcos.vinicius@ufc.br). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5797-0222>.

Crerios de autoria: os autores, coletivamente, realizaram a concepção, criação e consolidação do artigo.

Recebido em 2 de janeiro de 2025. Aceito em 15 de março de 2025.



## Introdução

A análise do desempenho acadêmico no ensino fundamental é um tema central nas discussões sobre a qualidade da educação no Brasil, especialmente em um contexto de disparidades regionais. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica evidencia que mesmo entre estados brasileiros próximos, como Bahia e Minas Gerais, há desigualdades educacionais significativas, atribuídas a diferenças na gestão escolar e no desempenho dos alunos, especialmente nos anos finais do ensino fundamental (Costa; Hadad, 2017). A educação básica exerce um papel crítico na formação de cidadãos ativos e conscientes, pois, desde os primeiros anos, contribui para o desenvolvimento de habilidades reflexivas e de pensamento crítico, essenciais para a participação cidadã (Córdula, 2013).

As nove capitais do Nordeste brasileiro apresentam um cenário complexo que demanda uma investigação aprofundada para conseguir respostas (Oliveira et al., 2014). Dentro desse contexto, o Sistema de Avaliação da Educação Básica – Saeb – emerge como uma ferramenta crucial, permitindo a medição periódica e padronizada do desempenho dos alunos em diferentes regiões e áreas do conhecimento. Estudos como o de Garcia et al. (2016), que identificam desafios de aprendizagem especialmente no Ensino Fundamental, no qual se observa estagnação em Matemática, refletindo a necessidade de dados detalhados para orientar intervenções educacionais.

A coleta de dados do Saeb tem implicações significativas na formulação de políticas públicas, fornecendo um panorama das condições educacionais e das competências dos estudantes, como verificaram Aguiar e Junger (2024). Ainda segundo esses autores, a análise desses dados permite identificar padrões de desigualdade e áreas que necessitam de intervenção pedagógica. Ao fornecer uma visão ampla e objetiva sobre as competências dos estudantes, o Saeb facilita a identificação de lacunas educacionais e fomenta iniciativas para superá-las.

Gestores escolares demonstraram que a utilização dos dados do Saeb e Ideb pode ser uma estratégia para melhorar o desempenho dos alunos, destacando a necessidade de apropriação de resultados externos como insumo para práticas pedagógicas mais eficazes (Farias; Magalhães Júnior, 2018). No entanto, a análise dos dados de forma tradicional muitas vezes não permite a exploração detalhada dos padrões de erro e das dificuldades específicas dos alunos, como foi identificado no trabalho de Lima (2023).

Para enfrentar essa limitação, a aplicação de técnicas de Ciência de Dados – CD – torna-se um recurso promissor. A tese de Lima (2023) empregou técnicas da Ciência de Dados para analisar os resultados do Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará – Spaece –, realizado no ano de 2019 na cidade de Fortaleza. O autor utilizou, dentre as técnicas disponíveis, o algoritmo FP-Growth para identificar padrões de associação entre os erros cometidos pelos alunos nas provas de matemática e língua portuguesa do 9º ano do ensino fundamental, com o objetivo de compreender as relações de causa e efeito relacionadas aos principais descritores incorretos.

Diante desse contexto, surgiu a pergunta central da nossa pesquisa: será que os resultados do Saeb do ano de 2019 indicam as mesmas dificuldades para os estudantes das capitais do Nordeste brasileiro? Essa pergunta é fundamental para entendermos as

relações entre as dificuldades dos alunos do ensino fundamental das nove capitais do Nordeste, contribuindo para a promoção e ajustes em políticas públicas, principalmente naquelas ligadas à formação continuada de professores.

Essa pesquisa teve como objetivo analisar comparativamente as dificuldades encontradas em Matemática nas turmas de alunos do 9º ano do ensino fundamental das capitais do Nordeste brasileiro, utilizando técnicas da Ciência de Dados nos resultados da prova em larga escala Saeb no ano de 2019. Esperamos que, com essa análise, seja possível apresentar insights que contribuam para a melhoria da qualidade da educação, construção e reestruturação de políticas públicas educacionais.

### Referencial teórico

As avaliações em larga escala referem-se a testes ou procedimentos de coleta de dados aplicados a um grande número de estudantes simultaneamente. Essas avaliações são frequentemente utilizadas para medir o desempenho acadêmico dos estudantes, visando à responsabilidade educacional, no qual o sistema educacional ou indivíduos são responsabilizados pelo desempenho dos alunos (Thurlow, 2010).

Essas avaliações focam em sistemas educacionais inteiros, proporcionando uma compreensão melhor do ensino e da aprendizagem, bem como dos fatores que promovem ou limitam o desempenho dos alunos, fornecendo *feedback* a formuladores de políticas, pesquisadores e praticantes interessados em melhorar a qualidade educacional (Noveanu, 2014). Essa autora ainda afirma que essas avaliações monitoram tendências de desempenho ao longo do tempo e ajudam a identificar a magnitude e a influência de vários fatores que podem ser manejados para melhorar as práticas em sala de aula e a distribuição eficiente de recursos. Nossa pesquisa tem especial interesse nos resultados da prova de Matemática para o 9º ano do ensino fundamental do Saeb.

Dentre alguns componentes do Saeb temos a Prova Brasil que, de acordo com Barbosa (2020), é um componente focado na avaliação de estudantes do 5º e 9º anos do ensino fundamental e do 3º ano do ensino médio. Ainda sobre a perspectiva desse autor, a avaliação é composta por questões de múltipla escolha em Língua Portuguesa e Matemática. A metodologia empregada na Prova Brasil permite uma avaliação mais próxima das práticas reais de leitura e resolução de problemas. Outro componente importante é a Avaliação Nacional da Alfabetização, que verifica o nível de alfabetização dos alunos no final do 3º ano do ensino fundamental, abordando competências de leitura, escrita e matemática (Dickel, 2016). Além disso, a Avaliação Nacional da Educação Básica mede o desempenho acadêmico em escolas públicas e privadas, abrangendo diversas disciplinas como Matemática, Português, Ciências, Geografia e História (Ferrão et al., 2001).

O Saeb é uma ferramenta fundamental no Brasil para avaliar o desempenho dos alunos em diversas disciplinas, como Língua Portuguesa e Matemática (Aguar; Junger, 2024). Ainda de acordo com esses autores, a prova foi criada em 1990 com o objetivo principal de fornecer dados para subsidiar políticas educacionais e práticas pedagógicas no país. A prova de Matemática do Saeb para o 9º ano do ensino fundamental, por exemplo, possui uma matriz de referência dividida em quatro temas, abordando um total de 37 descritores. O primeiro tema abrange assuntos de Espaço e forma, contendo os descritores do D1 ao D11. O tema 2 aborda os assuntos de Grandezas e medidas, contendo um total

quatro descritores (do D12 ao D15). O tema 3, intitulado Números e operações / Álgebra e funções, contém a maior parte dos descritores (do D16 ao D35); e por fim, o tema 4 apresenta assuntos relacionados ao Tratamento da informação, com apenas dois descritores, D36 e D37.

A prova de Matemática é composta por cerca de 26 a 34 questões, que abrangem tópicos essenciais do currículo, como Aritmética, Álgebra, Geometria, Estatística e Probabilidade. Essa estrutura e amplitude de conteúdo possibilita que a prova, não só examine o aprendizado em diferentes áreas do conhecimento, mas também proporcione um conjunto massivo de dados. Esses dados podem, então, ser explorados por técnicas de Ciência de Dados para identificar, por exemplo, quais áreas têm maior incidência de erros, padrões de respostas incorretas e tendências de aprendizagem, permitindo insights para políticas públicas e estratégias pedagógicas mais efetivas.

A Ciência de Dados – CD – é usada em uma ampla gama de aplicações, desde a previsão de tendências de mercado e comportamentos de consumidores, até a otimização de operações em empresas e a melhoria de serviços públicos (Zarbin et al., 2021). Ainda de acordo com esse autor, a Ciência de Dados pode ser aplicada em educação para analisar o desempenho acadêmico, identificar fatores que influenciam o sucesso escolar, personalizar o ensino e apoiar a tomada de decisões informadas em políticas educacionais. Para que esses benefícios sejam alcançados, é fundamental seguir um processo estruturado de análise de dados, que orienta a forma como os dados são coletados, processados, interpretados, resultando em um modelo. Nesta pesquisa o nosso modelo faz uso do algoritmo FP-Growth. Esse algoritmo mostrou-se útil por trazer uma nova perspectiva para a análise dos dados de provas em larga escala, como foi demonstrado na pesquisa de Lima (2023), que analisou dados da avaliação do Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará – Spaece –, uma avaliação em larga escala aplicada anualmente nas escolas do Ceará.

É importante compreender que, em contextos no qual a identificação de padrões frequentes é essencial, como na análise de cestas de compras ou na recomendação de produtos, o uso de algoritmos específicos pode ser crucial para o sucesso do modelo. Maulana (2020) destaca que esse tipo de algoritmo ainda pode ser utilizado em recomendação de produtos, análise de padrões de comportamento do usuário e muitas outras áreas que requerem a descoberta de associações frequentes entre itens. Ele é eficaz na detecção de padrões de compra em lojas, na análise de desempenho acadêmico de estudantes, na gestão de inventários, entre outros. Os principais algoritmos encontrados para essa finalidade são o Apriori e o FP-Growth, do inglês Frequent Pattern Growth.

O Apriori é um algoritmo clássico usado para mineração de regras de associação, que identifica frequências de conjuntos de itens para descobrir associações entre diferentes itens em uma base de dados. De acordo com Han, Pei e Yin (2000), o algoritmo funciona gerando inicialmente todos os conjuntos candidatos de itens e, em seguida, utilizando uma abordagem de geração e teste para identificar os conjuntos de itens frequentes que atendem a um limite mínimo de suporte. Esses conjuntos frequentes são então usados para derivar regras de associação que devem satisfazer um limiar mínimo de confiança.

O algoritmo FP-Growth, destaca-se por não gerar conjuntos candidatos, o que melhora a eficiência em comparação com o algoritmo Apriori (Zi-guang, 2005). O objetivo principal do FP-Growth é minimizar o número de varreduras no banco de dados e eliminar a necessidade de gerar conjuntos candidatos extensivos, otimizando assim o processo de descoberta de padrões frequentes (Zhen, 2002).

As regras de associação geradas pelo algoritmo FP-Growth são baseadas em métricas de suporte e confiança. O suporte representa a frequência com que um item aparece no conjunto de dados, enquanto a confiança indica a probabilidade da ocorrência do padrão antecedente implicando no conseqüente (Fitrianah e Zain, 2020).

Na seção a seguir, são detalhados os procedimentos metodológicos utilizados em nossa pesquisa, bem como o processo da CD adotado e os cuidados éticos observados ao longo das diversas fases do estudo.

### **Procedimentos metodológicos**

Esta pesquisa faz parte da área da Computação, com uma aplicação direta na Educação, utilizando a Ciência de Dados para analisar os resultados da avaliação em larga escala do Saeb para gerar informações que possam auxiliar decisões futuras sobre ações na área de ensino, elaboração de políticas públicas educacionais e auxílio na formação continuada de professores.

Quanto à abordagem adotada, trata-se de um estudo quantitativo, com foco na realização de uma análise comparativa entre os erros dos estudantes referente às nove capitais do Nordeste. Para isso, optamos por adotar o processo definido por Cielen, Meysman e Ali (2016). Nele são definidas várias etapas que buscam garantir a análise eficaz e a extração de insights significativos a partir de grandes volumes de dados. Cada uma dessas etapas é detalhada a seguir:

**Coleta de dados:** a primeira etapa envolve a coleta de dados relevantes, podendo ter origem em várias fontes, incluindo bases de dados internas, dados de redes sociais, sensores, entre outros.

**Preparação de dados:** esta etapa consiste na limpeza e transformação dos dados coletados. Ela é crucial para remover dados duplicados, lidar com valores ausentes e formatar os dados para análise subsequente.

**Exploração de dados:** os dados são explorados usando técnicas estatísticas e de visualização para entender melhor sua estrutura e identificar padrões e/ou anomalias.

**Modelagem:** nesta fase são desenvolvidos modelos preditivos ou descritivos usando técnicas de aprendizado de máquina, entre outras. A escolha do modelo depende da natureza dos dados e do problema a ser resolvido.

**Avaliação:** os modelos desenvolvidos são testados e avaliados para garantir sua precisão e eficácia. Diversas métricas de desempenho são usadas para comparar os modelos e escolher o melhor.

**Implementação e monitoramento:** finalmente, o modelo escolhido é implementado em um ambiente de produção. A monitorização contínua é realizada para garantir que o modelo continue a funcionar conforme o esperado e para fazer ajustes conforme necessário.

A etapa 1, coleta dos dados, foi feita a partir das informações do Saeb de 2019, disponibilizadas pelo Inep. Estes dados incluem o desempenho dos estudantes nas provas de Língua Portuguesa e Matemática, além de outros elementos relevantes como

questionários socioeconômicos. Os dados coletados das provas do Saeb do ensino fundamental para o ano de 2019, continham um tamanho de aproximadamente 908 MBytes e 1.048.576 linhas de dados.

Após a coleta, passamos para a etapa 2, no qual realizamos a filtragem dessa grande base de dados. Os filtros foram aplicados nos dados do Saeb para cada uma das nove capitais do Nordeste brasileiro, sendo eles: dependência administrativa municipal e resultados das provas de Matemática para o 9º ano do ensino fundamental. Após a aplicação dos filtros, obtivemos como resultados para cada uma das capitais arquivos variando de 223 KBytes e 583 linhas de dados, para a cidade de Maceió, até arquivos de tamanho 5.102 KBytes e 13.749 linhas de dados, para a cidade de Fortaleza, uma das maiores redes do país.

É importante destacar que durante a etapa 3 foi feita análise sobre cada base de dados das capitais com o intuito de preparar esses dados para a extração de informações relevantes, com isso criamos um algoritmo para realizar essa tarefa. O algoritmo auxiliar de preparação dos dados recebe de entrada a base de dados filtrados contendo todas as avaliações dos alunos da capital desejada, juntamente com o gabarito do Saeb. Esses dados passam por uma verificação com o gabarito da prova do Saeb. O retorno do algoritmo é uma tabela contendo informações dos erros com seus respectivos descritores. Como adotamos o algoritmo FP-Growth, a tabela criada segue o formato de entrada desse algoritmo, no qual cada linha traz a lista de descritores errados por um determinado estudante, sem repetições.

Na etapa de modelagem de dados, aplicamos o algoritmo FP-Growth para entender as relações entre as dificuldades encontradas pelos alunos do 9º ano do ensino fundamental na prova de Matemática. Após a aplicação do algoritmo em cada uma das capitais do Nordeste brasileiro, conseguimos visualizar as relações entre os erros, sendo possível compreender quais assuntos das questões das provas do Saeb possuem relação entre si. A etapa seis do processo descrito por Cielen, Meysman e Ali (2016) não foi realizada nessa pesquisa, porque o nosso objetivo está concentrado na análise comparativa entre os padrões de erros observados nas capitais do Nordeste brasileiro.

### **Resultados e discussão**

Como resultado da aplicação do processo da Ciência de Dados, descrito na seção anterior, obtivemos padrões de associações entre os erros cometidos pelos alunos do 9º ano do ensino fundamental das escolas municipais das nove capitais do Nordeste brasileiro. Segundo Lima (2023), no Brasil, para a análise dos erros em provas de larga escala é comumente utilizada a contabilização das frequências de erros por descritores, no qual organiza-se esse total em ordem decrescente, para se construir um ranqueamento. A tabela 1 apresenta a frequência dos cinco maiores erros cometidos pelos alunos na prova de Matemática aplicada nas escolas municipais das capitais nordestinas no ano de 2019.

No contexto brasileiro, a análise de resultados de avaliações educacionais de grande escala frequentemente se concentra no desempenho geral das instituições e, muitas vezes, foca nas taxas de acerto e erro, sendo comuns comparações com base em rankings

(Andrade, 2011). Considerando a frequência de erros da tabela 1, observa-se semelhança entre todas as capitais, destacando-se os descritores D20, D10, D29 e D28, presentes em quase todas as totalizações de frequências de erros nas capitais nordestinas.

Na tabela 1 também é possível inferir que três temas da matriz de referência do Saeb estão presentes: tema 1 - Espaço e forma, com os descritores D4, D7 e D10; tema 2 - Grandezas e medidas, com o descritor D13; e o tema 3 - Números e operações / Álgebra e funções, presente com os descritores D20, D28 e D29. Nenhum descritor do tema 4 - Tratamento da informação, está presente na lista de erros mais frequentes para Matemática do 9º ano do ensino fundamental nas escolas das capitais do Nordeste brasileiro. Os dados indicam que os temas mais problemáticos são os temas um e três, nos quais apresentam o maior número de descritores listados na tabela 1.

Tabela 1 –

Frequência dos cinco maiores erros nos descritores do Saeb 2019, no 9º ano do ensino fundamental, disciplina de Matemática.

Capital/UF	Posição no <i>ranking</i>	Descritor	Frequência (f) de erros
Aracaju/SE	1	D20	539
	2	D29	496
	3	D10	484
	4	D28	429
	5	D4	402
Fortaleza/CE	1	D20	9012
	2	D10	8487
	3	D29	7979
	4	D28	7449
	5	D13	7304
João Pessoa/PB	1	D20	2367
	2	D10	2199
	3	D29	1972
	4	D28	1851
	5	D7	1801
Maceió/AL	1	D20	407
	2	D10	400
	3	D29	318
	4	D28	317
	5	D3	304
Natal/RN	1	D20	1471
	2	D10	1389
	3	D29	1323
	4	D28	1174
	5	D4	1109
Recife/PE	1	D20	1529
	2	D10	1350
	3	D29	1310
	4	D28	1204
	5	D7	1144
Salvador/BA	1	D20	1672
	2	D10	1621
	3	D29	1583
	4	D28	1399

	5	D13	1374
São Luís/MA	1	D20	3351
	2	D29	2899
	3	D10	2887
	4	D28	2530
	5	D24	2405
Teresina/PI	1	D10	1963
	2	D29	1913
	3	D28	1881
	4	D4	1807
	5	D7	1528

Fonte: autores.

Pelos dados disponibilizados na tabela 1 é possível perceber que, dentre as nove capitais analisadas, oito possuem três descritores do tema 3 em todos as suas frequências de erros, com exceção de Teresina, no qual o tema 1 aparece com três descritores e o tema 3 aparece com dois descritores, possivelmente indicando que as dificuldades de Teresina são diferentes em relação às outras capitais.

Ainda analisando a tabela 1, verifica-se que o descritor com maior número de erros é o D20, presente na primeira posição em oito de nove capitais nordestinas, sendo definido por Resolver problemas com números inteiros envolvendo adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação, revelando dificuldades dos alunos em trabalhar com números inteiros e suas operações. Na segunda posição dos maiores erros temos o descritor D10, presente em seis das nove capitais, revelando certa dificuldade dos alunos em Utilizar relações métricas do triângulo retângulo para resolver problemas significativos.

É interessante ressaltar que na capital Teresina não temos a presença do descritor D20, descritor esse que aparece em todas as outras capitais. O que indica que essa capital tem dado mais atenção ao assunto Resolver problemas com números inteiros envolvendo adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação, já que ele não aparece como um problema relevante no seu conjunto de provas analisadas.

A análise das frequências de erros nas avaliações de Matemática nas capitais do Nordeste sugere que os estudantes apresentam dificuldades em temas essenciais, como operações com números inteiros, relações métricas no triângulo retângulo, variações proporcionais e cálculos de porcentagem. Esses conteúdos, apesar de fundamentais, mostram-se desafiadores, indicando a necessidade de estratégias pedagógicas específicas para melhorar a compreensão e aplicação prática desses conceitos.

Como forma de compreender as dificuldades enfrentadas pelos alunos na disciplina de Matemática, sob a perspectiva dos padrões de erros em descritores, a tabela 2 apresenta os resultados obtidos com a aplicação do algoritmo FP-Growth nos dados da prova de Matemática para o ano de 2019 do Saeb nas nove capitais da região Nordeste.

A tabela 2 apresenta os cinco maiores resultados, agrupados pelas capitais do Nordeste e ordenados pelo suporte, após a aplicação do algoritmo FP-Growth no conjunto de erros cometidos nos descritores da prova de Matemática pelos estudantes do 9º ano do ensino fundamental.

Pelos dados apresentados na tabela 2, observa-se que o padrão mais problemático é composto pelo antecedente D6 e pelo consequente D10, que aparece em oito das nove capitais do Nordeste. O descritor D6 prevê que o aluno deve Reconhecer ângulos como mudança de direção ou giros, identificando ângulos retos e não-retos, enquanto o descritor D10 determina que o estudante precisa saber Utilizar relações métricas do triângulo retângulo para resolver problemas significativos. Compreender as relações métricas no triângulo retângulo permite que os alunos possam interpretar e calcular medidas precisas de ângulos, fortalecendo suas habilidades de reconhecer e classificar ângulos em situações práticas, como mudanças de direção ou rotações, e identificar ângulos retos e não-retos com maior precisão. Os dados apresentados na tabela 2 indicam que, se o aluno está errando o descritor D6 ele tende a errar o D10, com uma confiança média de 76,8%. Essa informação lança nova luz aos dados da tabela 1, no qual o descritor D10 está presente em todas as capitais, mas não é possível estabelecer nenhuma relação entre os erros.

Tabela 2 –

Resultado do FP-Growth para os cinco maiores suporte de erros nos descritores do Saeb 2019, no 9º ano do ensino fundamental, disciplina de Matemática.

Capital/UF	Antecedente	Consequente	Confiança	Lift	Suporte
Aracaju/SE	D14	D10	75,862%	1,357	32,527%
	D6	D10	76,265%	1,364	26,344%
	D16	D20	75,807%	1,291	25,269%
	D3, D29	D20	78,011%	1,328	20,027%
	D24, D29	D20	79,775%	1,358	19,086%
Fortaleza/CE	D6	D10	76,965%	1,444	24,781%
	D31	D7	84,602%	2,052	18,232%
	D31	D32	81,286%	2,066	17,518%
	D7, D20	D29	76,828%	1,548	16,394%
	D33	D10	78,776%	1,478	16,052%
João Pessoa/PB	D6	D10	80,387%	1,420	26,319%
	D16	D20	76,281%	1,341	22,882%
	D37	D20	75,393%	1,325	20,229%
	D14, D20	D10	76,344%	1,348	19,264%
	D31	D7	89,286%	2,055	18,842%
Maceió/AL	D14	D10	76,923%	1,338	27,539%
	D6	D10	78,804%	1,371	24,957%
	D22	D20	75,138%	1,323	23,408%
	D3, D29	D20	83,582%	1,472	19,277%
	D24, D29	D20	82,222%	1,448	19,105%
Natal/RN	D6	D10	76,754%	1,326	25,888%
	D4, D20	D29	75,313%	1,358	23,767%
	D14, D20	D10	76,029%	1,313	20,957%
	D3, D29	D20	78,450%	1,341	20,464%
	D7, D20	D29	80,730%	1,455	19,625%
Recife/PE	D6	D10	77,047%	1,419	24,672%
	D22	D20	75,244%	1,320	21,629%
	D24, D29	D20	78,008%	1,368	19,429%
	D31	D7	89,800%	2,127	18,961%
	D7, D20	D29	75,429%	1,323	18,539%
Salvador/BA	D14	D10	76,035%	1,337	32,192%
	D6	D10	77,310%	1,359	26,936%

	D4, D20	D29	76,957%	1,427	21,638%
	D33	D10	80,848%	1,421	19,438%
	D3, D29	D10	77,398%	1,361	19,397%
São Luiz/MA	D14	D10	76,657%	1,295	33,069%
	D16	D20	75,496%	1,186	29,248%
	D6	D10	80,380%	1,358	28,455%
	D22	D20	75,787%	1,190	28,359%
	D37	D20	77,276%	1,214	26,724%
Teresina/PI	D35	D21	91,972%	2,593	13,165%
	D26, D7	D29	77,548%	1,853	11,217%
	D31, D29	D7	80,464%	2,520	10,392%
	D31, D32	D29	78,049%	1,865	10,392%
	D26, D4	D29	75,706%	1,809	10,043%

Fonte: autores.

Um outro padrão presente nos resultados da tabela 2 tem como antecedente o descritor D14 e como consequente o descritor D10, que aparecem em quatro das nove capitais analisadas, estando todas as suas ocorrências em primeiro lugar no ranking de suporte, com uma presença média de 31% do total do conjunto de erros. O descritor D14 informa que o aluno deve Resolver problemas envolvendo noções de volume.

Ainda sobre esse padrão, a confiança média é de 76%, o que mostra uma forte relação entre esses descritores. Apesar de serem de diferentes temas o D14 pertencendo ao tema 2 Grandezas e medidas, e o D10 ao tema 1 Espaço e forma, a compreensão do D14 – relações métricas em triângulos retângulos –, é essencial para o entendimento do D10 – conceito de volume e suas aplicações práticas. Isso ocorre porque, ao entender como trabalhar com dimensões e medidas espaciais específicas, como no cálculo de relações métricas, o aluno desenvolve uma base conceitual que é aplicada posteriormente na interpretação e cálculo de volumes. Assim, a dificuldade no D14 tende a se refletir em erros no D10, uma vez que este depende de uma base sólida nos conceitos de medidas e relações espaciais que são introduzidos no D14.

Observa-se que, pelos dados da tabela 2, a cidade de Teresina tem um cenário diferente das demais capitais do Nordeste, ou seja, a capital piauiense não apresenta as mesmas dificuldades identificadas nas demais capitais analisadas. Nos dados de Teresina na tabela 2, identificamos que o padrão da regra de associação entre os descritores D35 e D21, é muito forte, com mais de 91% de confiança, estando presente em 13% do total do conjunto de erros. O descritor D35 define que o aluno deve Identificar a relação entre as representações algébrica e geométrica de um sistema de equações de primeiro grau, enquanto o descritor D21 determina que o estudante precisa Reconhecer as diferentes representações de um número racional. Esses dois assuntos são fortemente interligados, pois, além de pertencerem ao mesmo tema 3 - Números e operações / Álgebra e funções, a compreensão da interpretação de valores e pontos no plano cartesiano (D35) é essencial para o entendimento das várias formas de representação de números racionais (D21). Isso ocorre porque, ao visualizar e analisar soluções de sistemas lineares, tanto em sua forma algébrica, quanto geométrica, os alunos desenvolvem habilidades fundamentais que sustentam o entendimento das representações numéricas e suas propriedades. Assim, a

dificuldade apresentada no descritor D35 tende a se refletir em erros no D21. Portanto, pelo resultado podemos perceber como os padrões podem revelar relações significativas entre assuntos e que estavam ocultas no método do ranqueamento das frequências, amplamente adotado nas diversas secretarias de educação do país.

Essa outra forma de analisar os erros em descritores em provas de larga escala, aplicando o algoritmo FP-Growth, mostra que relações entre descritores que não estavam presentes entre os maiores erros, adotando apenas a contabilização da frequência em que aparecem no conjunto analisado. Por exemplo, nessa relação entre o descritor D35 e o D21, nos resultados de Teresina, não aparecem no ranking de erros da tabela 1.

### **Considerações finais**

As avaliações em larga escala são amplamente utilizadas para monitorar a qualidade da educação, identificar desigualdades e fornecer dados para a formulação de políticas públicas. Essas avaliações buscam mapear o desempenho dos estudantes em larga escala, permitindo a análise de padrões e tendências educacionais, além de oferecer suporte à tomada de decisões informadas (Soares Júnior, 2019)

No Brasil, o Saeb é aplicado a cada dois anos nas escolas públicas, como forma de identificar as dificuldades dos estudantes nas disciplinas bases do 2º, 5º e 9º ano do ensino fundamental, e do 3º ano do ensino médio. Essa avaliação utiliza provas com questões objetivas, elaboradas de acordo com matrizes de referência.

Avaliações como o Saeb, após sua aplicação, geram um conjunto gigantesco de dados, que, quando analisados, podem indicar comportamentos e dificuldades dos estudantes. Por todo o país observa-se que a análise comumente utilizada consiste em verificar a frequência de erros entre os descritores. Entretanto, nesta pesquisa, utilizamos também a abordagem indicada por Lima (2023), que aplicou técnica da CD como forma de ampliar o entendimento dos resultados de uma avaliação em larga escala.

No início desta pesquisa queríamos saber se os resultados do Saeb do ano de 2019 indicavam as mesmas dificuldades para os estudantes das capitais do Nordeste brasileiro, nas turmas do 9º ano do ensino fundamental para a disciplina de Matemática. Para responder a esse questionamento, utilizamos os dados do Saeb do ano de 2019, período pré-pandemia de Covid-19, para evitar algum viés na análise.

Para obtenção dos resultados, aplicamos o processo da CD descrito por Cielen, Meysman e Ali (2016). Os microdados do Saeb foram utilizados para realizarmos a comparação entre as nove capitais do Nordeste brasileiro e para que pudéssemos entender se as dificuldades dos alunos eram semelhantes entre essas capitais. Para isso aplicamos a técnica da frequência de erros dos descritores e a técnica da CD, por meio do uso do algoritmo FP-Growth.

Analisando as frequências de erros disponíveis na tabela 1, observamos que as maiores dificuldades dos alunos das capitais do Nordeste estão centralizadas nos temas 3 e 1, que representam Números e operações / Álgebra e funções e Espaço e forma, respectivamente. Pelos dados analisados, observamos que se destacam os descritores D20, D10, D29 e D28, assuntos integrantes dos conhecimentos básicos de Matemática.

Entretanto, quando utilizamos na análise os resultados do FP-Growth, verificamos que existem mais elementos que colaboram para o entendimento das dificuldades dos estudantes, principalmente quando se observa relações ocultas entre os descritores, como

visto entre os descritores D35 e D21 na capital Teresina, apresentados na tabela 2. Das nove capitais analisadas, identificamos que oito, com exceção de Teresina, possuem grande semelhança no que diz respeito às dificuldades dos seus alunos, destacando-se problemas no aprendizado dos conceitos básicos de Matemática e em geometria plana e espacial, assuntos presentes no tema 3 da matriz de referência do Saeb, que tem ênfase em Números e operações.

Os resultados nos indicam que existem muitas similaridades entre as dificuldades dos estudantes do 9º ano do ensino fundamental para a disciplina de Matemática nas capitais do Nordeste do Brasil, principalmente em relação aos conceitos básicos: alunos são promovidos para o ensino médio com dificuldades em realizar operações de adição, de subtração, de divisão, de multiplicação e de porcentagem.

A análise dos dados revelou que a capital Teresina, diferentemente das outras capitais do Nordeste, apresenta-se com dificuldades em pontos mais complexos, quando observamos os descritores com maior valor de suporte. Verifica-se que a capital piauiense se destaca das demais por ter superado assuntos mais básicos da Matemática, porém, apresenta algumas dificuldades em outros assuntos mais complexos: geometria plana e espacial e equação de primeiro grau. Os dados indicam que os estudantes apresentam dificuldades em tópicos pertencentes ao tema 1 Espaço e forma e também ao tema 3, embora com ênfase à Álgebra e funções. Portanto, os dados sugerem que Teresina possui um diferencial relevante sobre o conhecimento dos seus alunos, quando comparados às demais capitais do Nordeste.

Reconhecemos, contudo, que esse trabalho possui limitação, pois utilizamos apenas dados dos anos finais do ensino fundamental na disciplina de Matemática do Saeb. A ampliação para outros anos permitiria a construção de uma série histórica, possibilitando a obtenção de mais informações para entender, de forma mais detalhada, a problemática das dificuldades dos estudantes.

## Referências

AGUIAR, Vera Encarnação Jordan de; JUNGER, Alex Paubel. Avaliação Saeb e a educação básica no Brasil: recortes de seus pontos e contrapontos no panorama atual. *Educação, Escola & Sociedade*, Montes Claros, v. 19, n. 21, 2024, p. 1-14.

ANDRADE, Eduardo de Carvalho. Rankings em educação: tipos, problemas, informações e mudanças. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 41, n. 2, 2011, p. 323-343.

BARBOSA, Adriana de Oliveira. Avaliação de larga escala em leitura: considerações sobre construto e método de avaliar no Saeb e no Pisa. *Revista Horizontes de Linguística Aplicada*, Brasília, v. 19, n. 1, 2020, p. 103-123.

CIELEN, Davy; MEYSMAN, Arno D. B; ALI, Mohamed. *Introducing data science: big data, machine learning, and more, using python tools*. Shelter Island: Manning, 2016.

CÓRDULA, Eduardo Beltrão de Lucena. A (trans) formação socioambiental do educando: o papel do professor, da família e da sociedade na escola. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 3, n. 2, 2013, p. 134-144.

COSTA, Cláudia Cristina Rios Caxias da; HADAD, Renato Moreira. As disparidades nos sistemas de ensino baiano e mineiro: uma análise exploratória através de indicadores educacionais. *Collectivus: revista de ciencias sociales*, Barranquilla, v. 4, n. 2, 2017, p. 103-

123.

DICKEL, Adriana. A avaliação nacional da alfabetização no contexto do sistema de avaliação da educação básica e do pacto nacional pela alfabetização na idade certa: responsabilização e controle. *Cad. Cedes*, Campinas, v. 36, n. 99, 2016, p. 193-206.

FARIAS, Maria Adalgiza de; MAGALHÃES JUNIOR, Antonio Germano. Gestão da escola e os resultados do Ideb: apropriações e usos de dados educacionais. *Polêmica*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, 2018, p. 34-53.

FERRÃO, Maria Eugénia; BELTRÃO, Kaizô Iwakami; FERNANDES, Cristiano; dos SANTOS, Denis Paulo; SUÁREZ, Mayte; ANDRADE, Adler do Couto. O SAEB – Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica: objetivos, características e contribuições na investigação da escola eficaz. *Revista Brasileira de Estudos de População*, Rio de Janeiro, v. 18, 2001, p. 111-130.

FITRIANAH, Devi; ZAIN, Shifa Yasinta. Analysis of consumer purchase patterns on handphone accessories sales using fp-growth algorithm. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY AND SOCIAL SCIENCE (ICONETOS 2020), 2020.

GARCIA, Paulo Sergio; PREARO, Leandro Campi; ROMEIRO, Maria Carmo; BASSI, Marcos. Ensino fundamental no grande abc paulista: fracasso e desempenho escolar. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 44, 2019, p. 238-265.

HAN, Jiawei; PEI, Jian; YIN, Yiwen. Mining frequent patterns without candidate generation. *ACM SIGMOD Record*, New York, v. 29, n. 2, 2000, p. 1-12.

LIMA, Marcos Vinicius de Andrade. *(Re)estruturação do modelo de planejamento das ações de formação continuada em serviço de professores na rede municipal de Fortaleza: novas possibilidades por meio da ciência de dados educacionais*. Fortaleza: UFC, 2023. 315f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação.

MAULANA, M. Rizqi. Penerapan algoritma Apriori dan algoritma FP-growth dalam menemukan hubungan data nilai ijazah matematika dan bahasa inggris dengan nilai mata pelajaran pemrograman dan web programming (studi kasus smk sandikta kelas x bekasi). *Jupiter: Journal of Computer & Information Technology*, Bekasi, v. 1, n. 2, 2020, p. 59-75.

NOVEANU, Gabriela. *Encyclopedia of science education*. Dordrecht: Springer, 2014.

OLIVEIRA, Bruno Luciano Carneiro Alves de; SILVA, Alécia Maria da; CUNHA, Carlos Leonardo Figueiredo; THOMAZ, Erika Barbara Abreu Fonseca. Desigualdades socioeconômicas, demográficas e em saúde no nordeste brasileiro. *Revista de Pesquisa em Saúde*, São Luís, v. 14, n. 3, 2014, p. 150-155.

SOARES JÚNIOR, Eulálio Ramos. *Avaliação em larga escala para o ensino médio e o machado de bronze: reflexões à luz da pedagogia histórico-crítica e da psicologia histórico-cultural*. Porto Velho: UFRO, 2021. 102f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação.

SOMBRA, Thiago Luís. The general data protection law in Brazil: what comes next? *Global Privacy Law Review*, Alphen aan den Rijn, v. 1, n. 2, 2020, p. 116-119.

THURLOW, Martha L. Large scale assessment and accountability and students with special needs. *International Encyclopedia of Education*, Minneapolis, v. 3, 2010, p. 752-758.

ZARBIN, Marco A; LEE, Aaron Y; KEANE, Pearse A; CHIANG, Michael F. Data Science. *Translational Vision Science and Technology*, New Jersey, v. 10, n. 20, 2021, p. 1-3.

ZHEN, Song. An improvement to FP-growth algorithm. *Journal of Anhui Institute of Mechanical and Electrical Engineering*, Nanquim, v. 1, n. 3, 2002, p. 8-13.

ZI-GUANG, Sun. Analysis and implementation of the algorithm of FP-growth. *Journal of Guangxi Institute of Technology*, Liuzhou, v. 1, n. 3, 2005, p. 64-67.