
ARTIGO

Aprendizagem de Matemática por estudantes com deficiência visual: uma revisão sistemática da literatura

Mathematics Learning by Students with Visual Impairments: A Systematic Literature Review

Ana Isabel de Azevedo Spinola **Dias***

 ORCID iD 0009-0001-7545-1311

Sérgio Crespo Coelho da Silva **Pinto****

 ORCID iD 0000-0001-6914-2398

Resumo

Objetivo: este estudo tem objetivo de analisar os principais desafios e obstáculos encontrados por estudantes com deficiência visual na aprendizagem de Matemática, bem como identificar as soluções e estratégias apontadas em artigos científicos de 2018 a 2023; *Método:* Revisão sistemática de literatura, de caráter misto, com coleta de dados realizada de agosto de 2022 a março de 2023. Os estudos foram selecionados em sete bases da plataforma de periódicos Capes (ERIC, Scopus, Web of Science, PubMed, Gale Academic Onefile, Science Direct e Google Scholar), e publicações da Revista do Instituto Brasileiro de Cegos (IBC), com a sentença de busca ("visual impairments" OR "visually impaired" OR "blind student" OR "deficiência visual" OR "deficiente visual" OR "aluno cego" OR "estudante cego") AND ("mathematics education" OR "math learning" OR "educação matemática" OR "aprendizagem de matemática"). *Resultados:* um total de 3214 artigos foram localizados que, após o processo de seleção, se restringiram a 27 estudos de interesse para a pesquisa. Com auxílio do *software IRaMuTeQ****, versão 0.7 alpha 2, apontando vários dados textuais e uma classificação hierárquica descendente e análise fatorial por correspondência os autores puderam aprofundar diversas reflexões e confirmar quatro classes temáticas: aprendizagem de Matemática e inclusão escolar, Elementos de Tecnologia Assistiva, Descrição de imagens e gráficos com informação matemática e Estratégias usadas por alunos com deficiência visual. Foi elaborado, como produto da análise, um conjunto de dez afirmações e dez recomendações encontradas nos artigos que formaram o *corpus*.

Palavras-chave: Aprendizagem de Matemática. eficiência visual. Ensino de Matemática. Inclusão escolar.

Abstract

Objective: This study aims to map and analyze the primary challenges and obstacles encountered by visually impaired students in learning Mathematics, as well as to identify solutions and strategies highlighted in scientific

* Doutora em Informática pela PUC-Rio, Professora da Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: anaisabel@id.uff.br.

** Doutor em Informática pela PUC-Rio, Professor da Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: screspo@id.uff.br.

articles from 2018 to 2023. *Method:* A mixed-method systematic literature review was conducted, with data collection taking place from August 2022 to March 2023. Studies were selected from seven databases on the CAPES journal platform (ERIC, Scopus, Web of Science, PubMed, Gale Academic OneFile, Science Direct, and Google Scholar), as well as publications from the Journal of the Brazilian Institute for the Blind (IBC). The search query was ("visual impairments" OR "visually impaired" OR "blind student" OR "deficiência visual" OR "deficiente visual" OR "aluno cego" OR "estudante cego") AND ("mathematics education" OR "math learning" OR "educação matemática" OR "aprendizagem de matemática"). *Results:* A total of 3214 articles were initially located, which, after the selection process, narrowed down to 27 studies of relevance to the research. Using the *IRaMuTeQ* software, version 0.7 alpha 2, authors conducted various textual analyses, hierarchical descending classification, and correspondence factor analysis. This allowed for in-depth reflections and the confirmation of 4 thematic classes: Mathematics learning and school inclusion, Assistive Technology Elements, Description of images and graphs with mathematical information, and Strategies employed by visually impaired students. As a product of the analysis, a set of ten statements and ten recommendations found in the articles that formed the corpus was elaborated.

Keywords: Mathematical learning. Visual impairment. Mathematics teaching. School inclusion

1 Introdução

A trajetória de relação da sociedade em geral com indivíduos com deficiências passou por diversas fases. Em relação ao atendimento escolar, muitos foram os modelos adotados. Ao longo da história, podemos identificar momentos tais como: o da exclusão/segregação, o de integração e o de inclusão escolar. Miranda (2004) descreve, minuciosamente, aspectos desses modelos. Após o momento em que os indivíduos com deficiência eram segregados em instituições residenciais, em torno do século XIX e meados do século XX, surgem as classes especiais em escolas públicas ou escolas especiais. No Brasil, em particular, o atendimento escolar às pessoas com deficiência visual teve início oficialmente através de escolas especiais para cegos, sendo as primeiras criadas no Rio de Janeiro, em Minas Gerais e em São Paulo. A primeira, em 1854, no Rio de Janeiro, quando D. Pedro II fundou o Imperial Instituto de Meninos Cegos. Em 1869, o militar republicano e educador, Benjamin Constant Botelho de Magalhães, assumiu a direção do instituto até 1889. Em sua homenagem, em 1891, o instituto passou a se chamar Instituto Benjamin Constant (IBC) e é importante referência nacional na educação de cegos até a atualidade. Em 1926, foi fundado, em Belo Horizonte, o Instituto São Rafael, e, em 1927, em São Paulo, o Instituto Profissional para Cegos Padre Chico. O modelo da integração foi observado a partir dos anos 1970, e o modelo da inclusão escolar, partir dos anos 1990.

Superar o paradigma da integração e reorganizar as escolas para a inclusão escolar de pessoas com deficiência é um processo lento e vários são os marcos legais que impulsionaram a gradual transição para este modelo educativo. Destacamos alguns deles, como: a Constituição Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988), a Declaração Mundial sobre Educação para Todos

(UNESCO, 1990) que, em seu Art. 3, preconiza que “É preciso tomar medidas que garantam a igualdade de acesso à educação aos portadores de todo e qualquer tipo de deficiência, como parte integrante do sistema educativo”; a Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994), estabelecida na Conferência Mundial de Educação Especial (1994), que defende o direito das pessoas com necessidades especiais terem acesso às escolas regulares, a Lei brasileira nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996), que instituiu a Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a Convenção Interamericana para a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Pessoas Portadoras de Deficiência, cujo texto foi aprovado pelo Decreto Legislativo nº 198, de 13 de junho de 2001 (BRASIL, 2001), e a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (CDPD) (ONU, 2006), adotada pela Assembleia Geral das Nações Unidas no final de 2006, que entrou em vigor a partir de 2008, quando atingiu o número mínimo de ratificações necessárias. A CDPD tem sido uma importante referência internacional para pessoas com deficiência. No Brasil, a CDPD, com seu Protocolo Facultativo, foi promulgada através do Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009 (BRASIL, 2009). Outro marco relevante foi o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Plano Viver sem Limite, instituído pelo Decreto nº 7.612, de 17 de novembro de 2011 (BRASIL, 2011). Por fim, destacamos a Lei 13.146 de 6 de julho de 2015 (BRASIL, 2015), que instituiu a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI) ou Estatuto da pessoa com deficiência, baseada no Decreto nº 6.949/2009 já citado aqui. Usamos como referencial temporal para esta pesquisa três anos após o marco regulatório da LBI, em função desta ter possibilitado a realização de avanços na promoção e proteção do direito de inclusão de pessoas com deficiência na sociedade, e em especial no sistema educacional.

De acordo com Mantoan (2003, p. 25) a transformação de perspectiva educacional ocasionado pelas escolas inclusivas exige um novo modo de organização:

[...] para os defensores da inclusão escolar é indispensável que os estabelecimentos de ensino eliminem barreiras arquitetônicas e adotem práticas de ensino adequadas às diferenças dos alunos em geral, oferecendo alternativas que contemplem a diversidade, além de *recursos* de ensino e equipamentos especializados que atendam a todas as necessidades educacionais dos educandos, com ou sem deficiências, mas sem discriminações (Mantoan, 1999, 2001; FOREST, 1985). Todos os níveis dos cursos de formação de professores devem sofrer modificações nos seus currículos, de modo que os futuros professores aprendam práticas de ensino adequadas às diferenças.

O objetivo da presente pesquisa foi explorar, mapear e compreender através de uma revisão sistemática de literatura de caráter misto, os principais desafios e barreiras encontrados por estudantes com deficiência visual na aprendizagem de Matemática, bem como identificar as mais recentes soluções e estratégias apontadas em artigos científicos após a publicação da

Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI) (BRASIL, 2015) e nos últimos anos – de 2018 a 2023. Nossas questões de pesquisa foram: *quais são as principais barreiras encontradas por estudantes com deficiência visual na aprendizagem de Matemática na sala de aula inclusiva? Quais estratégias ajudam na aprendizagem de Matemática por estudantes com deficiência visual? Quais são os temas mais frequentes nos artigos científicos que tratam da aprendizagem de Matemática por estudantes com deficiência visual no contexto da educação inclusiva? Quais são as evidências de aprendizagem de estudantes com deficiência visual em salas de aula de Matemática inclusivas?* Os resultados têm potencial para colaborar na construção da aprendizagem de Matemática de estudantes cegos ou com baixa visão na transição para o paradigma da escola inclusiva que vivemos contemporaneamente.

Existe uma diversidade de tipos de deficiência visual, que, ainda que similares, podem requerer abordagens diferentes para a aprendizagem da Matemática por encontrarem barreiras distintas. De acordo com o Art.1º da Portaria nº 3.128/2008 (BRASIL, 2008), considera-se pessoa com deficiência visual aquela que apresenta baixa visão (nos dois olhos) ou cegueira. Além disso, apresenta classificação de cegueira e de baixa visão a partir de dois parâmetros oftalmológicos: a *acuidade visual* (A) -- o que se enxerga à determinada distância -- ou o *campo visual* (C), -- amplitude da área alcançada pela visão -- no melhor olho com a melhor correção óptica, como apresentado no Quadro 1:

Cegueira (deficiência visual severa nos dois olhos)	Baixa Visão (deficiência visual leve/moderada nos dois olhos)
$A < 20/400 = 0,05$ ou	$20/400 \leq A < 0,3$ ou
$C < 10^\circ$	$C < 20^\circ$

Quadro 1 - Definição de cegueira e baixa visão de acordo com acuidade e campo de visual
Fonte: elaborado pelos autores

Conforme apontam os parâmetros da primeira coluna do Quadro 1, a cegueira pode ser total (ou visão zero) ou parcial, percorrendo um espectro de graus de visão residual. O nome técnico da cegueira total é *amaurose*. Já na cegueira parcial, também conhecida como cegueira legal, a pessoa consegue perceber vultos e luminosidade, cada um em um diferente grau. Apenas recentemente, em 2021, a visão monocular passou a ser também considerada como deficiência visual, através da Lei nº 14.126, de 21 de março de 2021 (BRASIL, 2021).

Mendes *et. al.* (2021) apresentam, através de uma revisão sistemática de literatura de trabalhos acadêmicos publicados no período de 2018 a 2020, um mapeamento dos trabalhos que relacionam *a Educação Matemática e a Educação Inclusiva*, com objetivo de conhecer o que é apontado sobre o processo de ensino e de aprendizagem de Matemática aos estudantes cegos ou com baixa visão. Em certo sentido, existem convergências entre nossa questão de pesquisa e a da pesquisa conduzida no artigo citado, e no tocante ao período analisado, nossa

pesquisa complementa aquela com artigos até 2023. Porém, além de utilizarmos expressões e metodologias de busca diferentes, chegamos a outros resultados e discussões. Ademais, ao contrário do realizado no artigo mencionado, em nossa revisão não analisamos teses e dissertações, somente artigos publicados e revisados por pares.

A seção 2 contém a metodologia da pesquisa. Nela descrevemos minuciosamente a forma como o levantamento de dados dos artigos foi realizado, apresentando com rigor metodológico, todas as condições de obtenção das informações e da experiência da busca. A seção 3 contém os resultados, e foi dividida em três subseções, apresentando a descrição do corpus, a avaliação da qualidade metodológica dos artigos do corpus, e por fim, os resultados da análise textual do corpus. E a seção 4 traz as discussões contendo reflexões sobre os temas classificados na análise. Como parte dessas reflexões temáticas, na seção 4, é apresentado um conjunto de dez afirmações e dez recomendações oriundas dos estudos analisados.

2 Metodologia

Desenvolvemos uma pesquisa bibliográfica, do tipo revisão sistemática da literatura de caráter misto. Galvão e Ricarte (2019, p.58) conceituam a revisão sistemática como uma “modalidade de pesquisa, que segue protocolos específicos, e que busca entender e dar alguma logicidade a um grande corpus documental, especialmente, verificando o que funciona e o que não funciona num dado contexto”. Além disso, conceituam uma revisão de literatura sistemática como sendo de caráter misto “aquela que identifica, seleciona, avalia e sintetiza simultaneamente estudos qualitativos, estudos quantitativos e estudos mistos”. Neste trabalho, optamos por uma revisão mista sequencial exploratória, realizada em duas etapas.

Na etapa 1, os resultados dos estudos qualitativos, quantitativos e dos estudos empregando métodos mistos são transformados em achados qualitativos usando, por exemplo, a análise temática. Na etapa 2, os resultados quantitativos são tabulados e comparados, desde que haja uma entidade comum entre os estudos quantitativos. (Galvão ; Ricarte, 2019, p.60).

Com intuito de apresentar o máximo possível de transparência na obtenção dos resultados desta pesquisa, tanto na formulação da questão quanto durante o planejamento e desenvolvimento da investigação, orientamo-nos pelo guia para construção de revisões de literatura proposta pela ferramenta PRISMA -- *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*. Pautamo-nos, na lista de critérios (PRISMA checklist) que compõe o guia de orientação apresentado em Page *et al.* (2021).

2.1 Sobre a busca de trabalhos e seleção de estudos para constituição do corpus

Passamos a especificar a forma como o corpus da revisão sistemática de literatura foi constituído. Descrevemos a maneira como a busca e a seleção de estudos foram conduzidas deixando clara qual foi a lógica usada na obtenção dos artigos a serem observados e analisados posteriormente. Foram encontrados ao todo 3214 artigos, e após o processo de seleção, obtivemos 27 estudos de interesse para a pesquisa, sendo sete desses, revisões de literatura.

Inicialmente, selecionamos artigos científicos publicados buscando em sete bases de dados: ERIC, SCOPUS, *Web of Science* (WoS), PubMed, *Gale Academic Onefile*, *Science Direct* e *Google Scholar*. Após testes com diferentes opções de sentença de busca relativa à questão norteadora da pesquisa, definimos como estratégia a expressão booleana ("visual impairments" OR "visually impaired" OR "blind student" OR "deficiência visual" OR "deficiente visual" OR "aluno cego" OR "estudante cego") AND ("mathematics education" OR "math learning" OR "educação matemática" OR "aprendizagem de matemática") nas bases.

Delimitamos, inicialmente, o período de estudo de 1994 a 2022. A definição inicial da busca a partir de 1994 foi motivada pelo fato de a Declaração de Salamanca, da qual o Brasil é um dos 92 países signatários, ter sido aprovada por aclamação em 10 de junho de 1994. A declaração surgiu durante Conferência Mundial sobre Necessidades Educacionais Especiais, realizada entre 7 e 10 de junho de 1994, em Salamanca, na Espanha. As Nações Unidas, através desta resolução, se comprometem nesta data com a Educação para Todos. O documento aponta responsabilidades em proporcionar oportunidades equânimes de aprendizagem de pessoas com deficiências dentro dos sistemas regulares de ensino. Queríamos, nesta pesquisa, observar e analisar o que foi produzido na literatura a partir deste marco histórico no âmbito de garantia de direitos de pessoas com deficiência. Entretanto, à medida que os dados foram sendo coletados, a questão foi sendo ajustada e após a leitura avançada dos artigos em suas íntegras, percebemos que a análise restrita aos artigos de 2018 em diante, além de representativa, estaria mais alinhada com nossos propósitos. A coleta de dados aconteceu no período de agosto de 2022 a março de 2023. Em 2023, houve um retorno às bases de dados para revisão das buscas, incluindo publicações do ano de 2023 e excluindo publicações até 2017, o que será aprofundado mais adiante. Passamos agora a descrever o processo de busca em cada base mencionada.

Com objetivo de diminuir viés na pesquisa, foram definidos critérios de elegibilidade, de registros para compor o corpus, de dois tipos: realizados pelos pesquisadores e os automatizados. Os critérios de exclusão, não automatizados, foram registros em idioma diferente de português, de espanhol e de inglês, resumos em anais de congresso, editoriais ou

de duplicação, teses, dissertações, trabalhos finais de curso e artigos não alinhados com a questão norteadora da pesquisa. Em relação a esse último critério, também consideramos um artigo como não alinhado à pesquisa aquele que explorava exclusivamente a parte técnica de alguma tecnologia assistiva sem foco nos estudos relativos aos ganhos para aprendizagem de Matemática por pessoas cegas ou com baixa visão. Alguns deles apresentavam ferramentas computacionais, tais como programas, sistemas, plataformas, e outros, para apoiar aprendizagem de Matemática de cegos tendo como interesse a descrição de design e arquitetura, desenvolvimento do software, características técnicas, discussão principal sobre interface, testes de usabilidade etc. Apesar de serem ferramentas tecnológicas assistivas, que permitem acessibilidade de cegos aos materiais digitais em Matemática, fogem do propósito da nossa pesquisa. Os estudos secundários, como revisões sistemáticas de literatura, não foram excluídos por se tratar de fonte importante com exemplos de barreiras e soluções. Kaizer e Schukajlow (2024, p. 1, tradução dos autores) ressaltam a relevância das revisões sistemáticas de literatura na Educação Matemática:

Os educadores matemáticos são obrigados a negociar um número cada vez maior de estudos científicos na educação matemática que geram novos conhecimentos para pesquisadores, professores e formuladores de políticas. Esta não é uma tarefa fácil, e encontrar e sistematizar informações relevantes são grandes desafios do nosso tempo. Motores de busca como o Google, combinados com inteligência artificial, funcionam como ferramentas que ajudam os educadores a superar esses desafios e aprimorar a eficiência do trabalho científico no futuro. Contribuições empíricas ou teóricas originais publicadas em periódicos científicos (ou seja, estudos "primários") servem como base para futuras sistematizações. Eles formam a base da pesquisa e, como tal, estudos dessa natureza são cruciais para o progresso científico. As revisões de alta qualidade da literatura existente que normalmente acompanham as contribuições empíricas ou teóricas oferecem insights sobre o estado do campo e devem fornecer uma microsíntese da área de pesquisa relevante.

Além do critério de duplicidade, realizado também de forma automatizada pela ferramenta que usamos para gerenciamento das referências bibliográficas, chamada *Zotero*, os demais critérios de exclusão automatizados foram definidos para cada base, conforme sua ferramenta de busca permitiu. Descrevemos estes critérios separadamente nos parágrafos que se seguem. Conforme recomendado pelo guia PRISMA apresentamos as estratégias completas de busca para todas as bases.

Na base Eric, a busca se deu pelos campos de título, autor, fonte, descritores e resumo. Usando a expressão mencionada acima na máquina de busca, foram rastreados 48 registros. Considerando a restrição temporal inicial, obtivemos 37 registros. Refinando a busca somente para *Peer Reviewed Only* restaram 33 registros. Restringindo apenas aos artigos que tem texto completo na ERIC, chegamos a 13 registros. Com o novo recorte temporal de 2018 a 2023, oito artigos passaram a ser considerados. Após a leitura e análise dos textos completos, três foram

excluídos e, por fim, cinco artigos da base ERIC compuseram o *corpus*.

Na base Scopus buscamos a expressão apresentada acima nas áreas do título, resumo e palavras-chave, rastreando 37 registros. Considerando resultados entre 1994 e 2022, obtivemos ainda 36 resultados. Aplicando o filtro que exclui artigos das áreas de *Business, Medicina, Artes e Humanidades e Health Professions*, restaram 27 artigos. Aplicando filtro para considerar apenas os documentos do tipo *artigo e conference paper*, obtivemos 21 registros. Por fim, excluindo resultados do tipo de fonte sendo séries de livros, restaram 18 registros. De 2018 a 2023, 12 registros passaram a ser considerados. Após leitura dos textos completos, restaram cinco artigos da SCOPUS para compor o *corpus*.

Na base WoS, aplicando a expressão de busca no tópico, ou seja, nos campos título, resumo e palavras-chave, obtivemos 21 registros. Restringindo ao período entre 1994 e 2022, chegamos a 20 registros. Excluindo tópicos de citação intermediária (*Hearing loss, physics education e Management*), ficamos com 17 registros. Excluindo as áreas Reabilitação, História da Filosofia da Ciência, *Business Economics, Regional Urban Planning*, Ergonomia, Engenharia Biomédica, Engenharia Elétrica/Eletrônica, *Medical Informatics e Medical Laboratory Technology*, ficamos com oito registros. Desses, cinco foram excluídos por serem duplicados, restando três. Após leitura dos textos completos, dois foram excluídos e restou um, que foi publicado após 2018. Nesta base não havia artigos publicados em 2023. Somente um artigo encontrado na *Web of Science* compôs o *corpus* de análise.

Na PubMed, com a expressão de busca, obtivemos 22 resultados, e com a restrição temporal, restaram 20. Selecionando apenas os resultados de *open acess*, ficaram 16 resultados. E finalmente fazendo a busca no campo *body all words*, restaram nove registros. Retirando um duplicado, sobraram oito. Excluímos cinco após leitura dos resumos, restando três. Refazendo o corte temporal de 2018 a 2023, passamos a considerar dois artigos, que após leitura artigo completo, ambos foram excluídos, não restando artigo desta base no *corpus*.

Na *Gale Academic Onefile*, com a expressão de busca no campo *pesquisa básica*, rastreamos 106 registros em revistas acadêmicas. Restringindo a textos completos, restaram 91. Levando em conta o período temporal inicial, restaram 90. Filtrando apenas resultados do tipo *artigo*, obtivemos 46 registros. Finalmente, restringindo apenas aos registros obtidos por *peer review*, restaram 23. Após leitura dos resumos, dez foram excluídos, restando 13. Considerando artigos do novo recorte temporal, passamos a considerar sete artigos e dois foram excluídos após leitura do texto completo. Ao final, permanecemos com cinco artigos da *Gale Academic Onefile* que compõem o *corpus*. Cabe ressaltar que em 2023 o conteúdo desta base não está mais disponível em função do encerramento do contrato que até a presente data não dispõe de

previsão para restabelecimento do acesso ao conteúdo, conforme informado pela equipe do portal de periódicos da Capes.

Na base *Google Scholar*, usamos a string de busca em qualquer lugar do texto, entre 1994 e 2022, obtendo 2950 resultados. Considerando somente artigos de revisão e não considerando apenas citações, restaram 78 em qualquer idioma. Excluindo, após leitura dos resumos, trabalhos que não contemplavam o objetivo inicial, restaram sete resultados. Considerando o novo recorte temporal de 2018 a 2023, foram considerados seis artigos cujos textos completos foram analisados e nenhum foi excluído.

Finalmente, a *Science Direct* limita a expressão booleana a oito operadores, o que nos fez modificar o *string* de busca. Neste caso a expressão foi: ("*visual impairments*" OR "*visually impaired*" OR "*blind student*" OR "deficiência visual" OR "estudante cego") AND ("*mathematics education*" OR "*math learning*" OR "educação matemática" OR "aprendizagem de matemática"). Usando a expressão inicialmente, obtivemos 45 registros. Com a restrição temporal entre 1994 e 2022, obtivemos 40 resultados. Considerando apenas artigos de pesquisa e revisados, restaram 34. Por fim, desconsiderando resultados nas áreas de Medicina e Odontologia, Artes e Humanidades, *Business* e Economia, ficaram 23 resultados, dos quais 17 foram excluídos após a leitura dos resumos, restando seis. Excluindo desses seis os anteriores a 2018 e incluindo publicações de 2023, chegamos a quatro artigos. Após leitura dos textos completos, apenas um artigo encontrado na *Science Direct* compôs o *corpus* de análise. A primeira etapa envolveu a leitura dos títulos, resumo e palavras-chave dos registros rastreados após a triagem excluindo registros duplicados e registros marcados como inelegíveis pelas ferramentas automáticas de filtragem das sete bases de dados. Após leitura dos resumos dos 166 resultados rastreados, foram excluídos 104 registros sob critérios de exclusão expostos anteriormente. Após esta etapa, restaram 59 artigos. Após as leituras completas dos artigos, foi tomada a decisão de alterar o recorte temporal para artigos publicados de 2018 em diante pelo fato de haver repetição de temas e soluções. O período de 2018 em diante é representativo e traz informação relevante e suficiente para nossa proposta. A partir desta decisão, dos 59 artigos obtidos, apenas 40 foram publicados de 2018 a 2023. A leitura dos textos em suas íntegras foi feita separadamente por dois pesquisadores. Os casos de discordância foram decididos por discussões.

Além das bases de dados da plataforma de periódicos Capes, acessamos as publicações da Revista do Instituto Brasileiro de Cegos (IBC). No site da revista fizemos busca pela expressão (educação OR ensino OR aprendizagem) AND matemática, obtendo 29 registros. Aplicando critérios de exclusão, 14 foram excluídos e ficamos com 15 artigos desta base. Após

leitura dos textos completos destes 15 artigos, apenas cinco foram publicados de 2018 a março de 2023, e desses cinco, um foi excluído por não tratar de ensino de Matemática. Ao final, quatro artigos da Revista IBC fizeram parte do corpus final de análise.

Desta forma, tivemos um total de $23 + 4 = 27$ artigos que compuseram nosso corpus final. A seguir, apresentamos o fluxograma PRISMA 2020 resumindo o processo de seleção dos artigos (Figura 1).

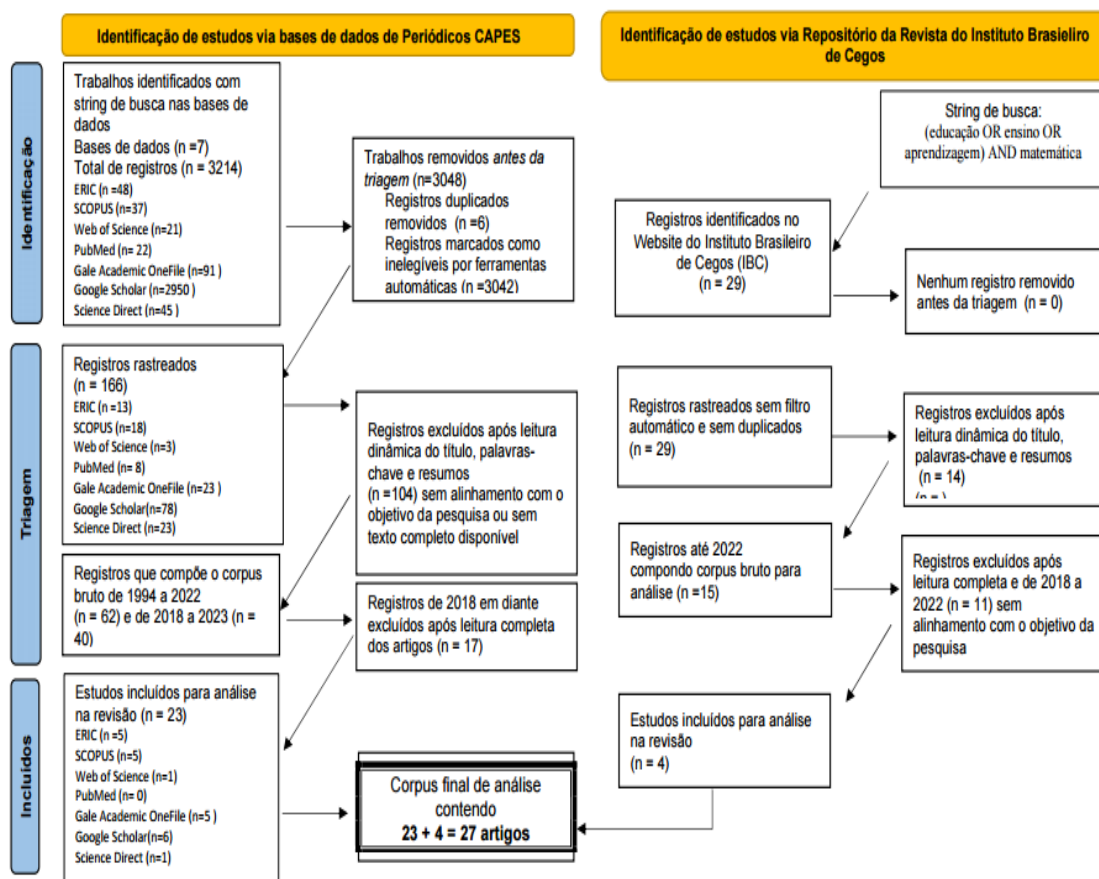


Figura 1 - Fluxograma PRISMA 2020 com processo de seleção dos estudos da RSL
 Fonte: preenchido e adaptado pelos autores (2024)

3 Resultados

3.1 Descrição do *corpus*

As Figuras 2 e 3 mostram graficamente as distribuições inicial e final dos artigos, discriminados no fluxograma anterior, entre as bases pesquisadas. Dos 3243 artigos inicialmente encontrados, chegamos a 27 selecionados no final. Os números mudaram muito ao longo do desenvolvimento do trabalho em função da aplicação dos critérios de exclusão, tanto na filtragem automática das bases quanto no processo de leitura dos artigos.

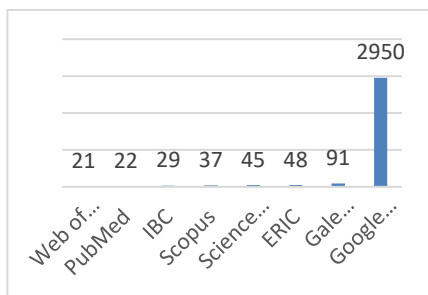


Figura 2 - Distribuição inicial pelas bases
Fonte: elaborada pelos autores (2024)

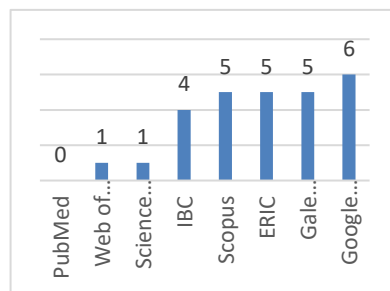


Figura 3 - Distribuição final pelas bases
Fonte: elaborada pelos autores (2024)

Criamos um código (para menção futura neste texto) para cada artigo incluído para análise final, de acordo com a base onde cada um dos 27 artigos foi identificado. Atendendo ao que estabelecido no protocolo PRISMA 2020 “Se os estudos forem ordenados ou agrupados em tabelas ou gráficos com base em características do estudo (por exemplo, tamanho do efeito do estudo, ano de publicação), considere relatar a base para a ordenação/agrupamento escolhida.”

Assim, após escolher os atributos para caracterizar os artigos selecionados (os códigos, os títulos, autores, o veículo onde foi publicado e seu fator de impacto), elaboramos os Quadros 2 a 8 com essas informações. Os artigos estão separados por base de dados onde foram encontrados e em ordem cronológica de publicação.

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index/ Qualis	Número de Citações
Wos1	Turning a blind eye? Removing barriers to science and mathematics education for students with visual impairments	2022	Cicely Hayes e Michael J. Proulx	British Journal of Visual Impairment	25	0

Quadro 2 - Artigo selecionado na base *Web of Science*
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index/ Qualis	Número de Citações
SD1	Overcoming wicked problems and institutional voids for social innovation: University-NGO partnerships in the Global South	2021	Balaji Parthasarathy, Supriya Dey e Pranjali Gupta	Technological Forecasting and Social Change	155	7

Quadro 3 - Artigo selecionado na base *Science Direct*
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index/ Qualis	Número de Citações
IBC 1	Educação matemática inclusiva e a surdo-cegueira: uma discussão a partir de aspectos destacados em pesquisas brasileiras	2021	Isane M. W. Marques, Fábio A. Borges, Clélia M. I. Nogueira e Andressa F. S. Schipansk	Revista do IBC	---	0

IBC 2	Conhecendo o número: um estudo sobre o uso de Tecnologia Assistiva e materiais adaptados por estudantes cegos e/ou baixa visão	2021	Maria A. R. Sganzerla e Marlise Geller	Revista do IBC	---	2
IBC 3	A leitura tátil de representações de gráficos de barras para alunos cegos	2022	Rodrigo C. dos Santos, Claudia C. de S. Vianna e Antônio C. F. dos Santos	Revista do IBC	---	0
IBC 4	Adaptação de instrumentos de avaliações públicas para superar limitações de leitura enfrentadas por participantes cegos	2022	Ledo V. Machado	Revista do IBC	---	0

Quadro 4 - Artigos selecionados na base de dados da Revista do Instituto Benjamin Constant
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index/Qualis	Número de Citações
Scop1	Assistive technologies and mathematics education: A study involving students with visual impairment	2018	Maria A. R. Sganzerla e Marlise Geller	Acta Science	A2	--
Scop2	Assistive learning technologies for students with visual impairments: A critical rehumanizing review	2018	Ishtiaq Ahmed e Theodore Chao	Investigations in Mathematical Learning	11	10
Scop3	Tecnologia Assistiva na Construção do Conceito de Número: Um Estudo Envolvendo Ações de Estudantes com Deficiência Visual e Professores	2020	Maria A. R. Sganzerla e Marlise Geller	Acta Science	A2	2
Scop4	Accessibility of Mathematics MOOCs to Learners with Disabilities	2020	Y. Kosova e M. Izetova	Educational Studies Moscow	16	0
Scop5	Experiences, Perceptions, and Conceptions of Students with Visual Impairment in Mathematics Classes: the challenges underlying the process of school inclusion	2022	Fábio Garcia Bernardo	Bolema (Boletim de Educação Matemática)	A1	0

Quadro 5 - Artigos selecionados na base Scopus
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index/Qualis	Número de Citações
Eri1	Comparison of Perimeters: Intuitive Interference in People Who Are Blind	2018	Orly Lahav e Reuven Babai	Journal of Visual Impairment and Blindness	45	4
Eri2	Preservice Mathematics Teachers' Perceptions about Visually Impaired Persons	2018	Tuğba Horzum	International Journal of Progressive Education	---	7
Eri3	Understanding the Polygon with the Eyes of Blinds	2019	Tuğba Horzum e Ahmet Arıkan	International Journal of	---	5

				Progressive Education		
Eri4	Obstacles to Blind Students' Learning Maths in Jordan from Students' and Teachers' Perspectives	2020	Khalid Aljundi e Bahjat Altakhayneh	International Education Studies	27	4
Eri5	Visually impaired student-teachers' knowledge and use of basic assistive technology tools for mathematics	2021	Clement Ayarebilla Ali	African Education Research Journal	---	2

Quadro 6 - Artigos selecionados na base ERIC
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index / Qualis	Número de Citações
Gale 1	Using Description to Convey Mathematics Content in Visual Images to Students who Are Visually Impaired	2018	Robert W. Emerson e Dawn L. Anderson	Journal of Visual Impairment and Blindness	45	10
Gale 2	Teachers of Students with Visual Impairments Share Experiences and Advice for Supporting Students in Understanding Graphics	2018	L. Penny Rosenblum, Li Cheng e Carole R. Beal	Journal of Visual Impairment and Blindness	45	44
Gale 3	An Exploratory Study of Reading Mathematical Expressions by Braille Readers	2019	Annemiek van Leendert, Michiel Doorman, Paul Drijvers, Johan Pel e Johannes van der Steen	Journal of Visual Impairment and Blindness	45	14
Gale 4	Teachers' Descriptions of Mathematics Graphics for Students with Visual Impairments: A Preliminary Investigation	2020	L. Penny Rosenblum, Li Cheng, Kim Zebehazy, Robert W. Emerson e Carole R. Beal	Journal of Visual Impairment and Blindness	45	6
Gale 5	Spatial Strategies Used by Students With Visual Impairments to Solve Questions of Spatial Visualization	2021	Aysenur Arslan e Mesture K. Altay	Journal of Visual Impairment and Blindness	45	0

Quadro 7 - Artigos selecionados na base *Gale Academic Onefile*
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Cód	Título	Ano	Autores	Publicado em	H-Index / Qualis	Número de Citações
Gac1	Abordagens e recursos didáticos voltados ao processo de ensino-aprendizagem de Geometria focados em alunos cegos - uma	2018	Rebeca M. de Andrade, Régio P. da Silva, Tânia L.K. da Silva e Fábio G. Teixeira	Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvi	---	1

	Revisão Sistemática da Literatura			mento em Design		
Gac2	Propostas de ensino de matemática para deficientes visuais: revisão sistemática exploratória da literatura	2020	F. C. S. Barbosa, E. J. R. de Medeiros, S. R. R. de Medeiros e R. N. de Medeiros Júnior	Holos	A1	1
Gac3	Revisão Sistemática da Educação Matemática para Estudantes Cegos: a importância das STEAM nos currículos escolares	2021	José E. L. de Prado e Ana Rosa Arias-Gago	Ciência e Educação	A1	1
Gac4	A Deficiência Visual e a Baixa Visão: estado da arte das pesquisas acadêmicas em Educação Matemática	2021	Rosana M. Mendes, Adrielly A. S. Gomes e Silvia M. M. Caporale	Bolema (Boletim de Educação Matemática)	A1	0
Gac5	O ensino da matemática para alunos com deficiência visual: uma revisão bibliográfica	2021	André de O. M. Brasil, Joseanne A. M. Levi, Benjamim C. da Silva Neto, Andreлина de O. M. Brasil,, Cleonice de O. Ramos, Olívia de A. R. e Silva	JNT – Facit Business and Technology Journal	B1	0
Gac6	Educação especial e inclusiva na formação de professores que ensinam matemática: uma revisão sistemática	2022	João P. O. da Paz, Claudia S. Vianna e Caroline Lima	Com a palavra o professor	B1	1

Quadro 8 - Artigos da base do *Google Acadêmico*
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

A distribuição dos artigos pelos anos e as nacionalidades dos primeiros autores dos artigos estão representadas nas Figuras 4 e 5. A maior parte dos artigos tem primeiro autor brasileiro, o que era esperado dado que uma das fontes (IBC) é nacional, e além disso o *string* de busca contém palavras em português e em inglês, o que contribuiu para uma maior amostragem de artigos brasileiros. Além disso, estão distribuídos pelos quatro dos cinco continentes, o que confere representatividade aos temas abordados.

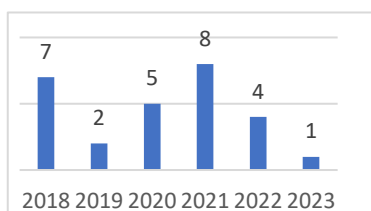


Figura 4 - Artigos por ano
Fonte - elaborada pelos autores (2024)

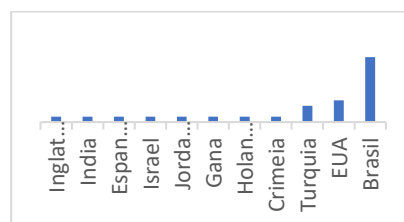


Figura 5 - Nacionalidades dos 1ºs autores
Fonte - elaborada pelos autores (2024)

3.2 Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão

A avaliação consistiu primeiramente em analisar cada artigo respondendo as dez perguntas indicadas no Quadro 9 com *sim*, *parcialmente* ou *não*. Após as leituras, análises e

anotações, a cada resposta *sim* foi atribuído um ponto, a cada resposta *parcialmente*, meio ponto, e a cada resposta *não*, zero.

	Perguntas para avaliação dos estudos	Pontuação		
		Sim	Parcialmente	Não
P1	Os objetivos estão claramente especificados?	1	0.5	0
P2	A justificativa do estudo é apresentada e é coerente com os objetivos?	1	0.5	0
P3	O estudo apresenta os obstáculos enfrentados por estudantes com DV?	1	0.5	0
P4	Os métodos de coleta de dados estão devidamente registrados?	1	0.5	0
P5	A metodologia é adequada e coerente com os objetivos?	1	0.5	0
P6	Os resultados estão, adequadamente, descritos e de acordo com o que foi coletado e informado na metodologia?	1	0.5	0
P7	O estudo apresenta soluções e sugestões?	1	0.5	0
P8	É estudo primário? Senão, é estudo secundário?	1 (Primário)	0.5 (Secundário)	0
P9	A revista tem Qualis A? Ou, Tem H-index maior que 51?	1 (Qualis A)	0.5 (Qualis B ou C, ou H de 1 a 51)	0 (Sem Qualis ou Sem H-index)
P10	Tem número de citações maior que 5?	1 (Mais que 5 citações)	0.5 (De 1 a 5 citações)	0 (Sem citações)

Quadro 9 – Indicadores para uma avaliação geral dos artigos do corpus
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

A Tabela 1 e Figura 6 mostram o resultado da avaliação dos artigos, conforme pontuação especificada anteriormente.

Tabela 10 - Avaliação dos artigos baseada nos indicadores do Quadro 9

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
WoS1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0	8.5
SD1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	1	1	9.5
IBC1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0	0	7.5
IBC2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.5	8
IBC3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8
IBC4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8
Scop1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Scop2	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	1	9
Scop3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	9.5
Scop4	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0	8.5
Scop5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Eric1	1	1	1	1	1	1	0.5	1	0.5	0.5	8.5
Eric2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9
Eric3	1	1	1	1	1	1	0.5	1	0	1	8.5
Eric4	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	9
Eric5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.5	8.5
Gale1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	1	9.5
Gale2	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	1	9.5

Gale3	1	1	1	1	1		1	1	1	0.5	1	9.5
Gale4	1	1	1	1	1		1	1	1	0.5	1	9.5
Gale 5	1	1	1	1	1		1	1	1	0.5	0	8.5
GooAc1	1	1	1	1	1		1	1	0.5	0	0.5	8
GooAc2	1	1	1	1	1		1	1	0.5	1	0.5	9
GooAc3	1	1	1	1	0.5		1	1	0.5	1	0.5	8.5
GooAc4	1	1	1	1	1		1	1	0.5	1	0	8.5
GooAc5	1	1	1	0.5	0.5		1	1	0.5	0.5	0	7
GooAc6	1	1	1	1	1		1	1	0.5	0.5	0.5	8.5

Fonte: elaborada pelos autores (2024)

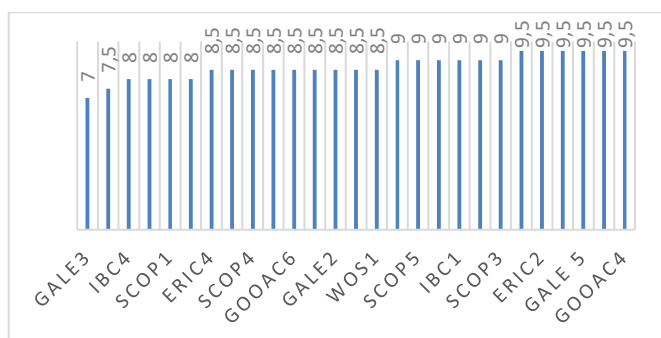


Figura 6 - Distribuição dos artigos conforme critérios estabelecidos

Fonte - elaborada pelos autores (2024)

A avaliação final corroborou com a decisão de manter todos os 27 artigos, que obtiveram nota igual ou superior a sete, no *corpus*.

3.3 Resultados da Análise Textual do Corpus

Fizemos uma análise de temas abordados nos artigos, verificando pontos de convergência dos artigos entre si, e a aderência dos temas ao nosso problema de pesquisa. Fizemos análises exploratórias com auxílio do software *IRaMuTeQ*, versão 0.7 alpha 2. Devemos à Pierre Ratinaud (RATINAUD, 2014), a construção do *IRaMuTeQ* -- Interface R para Análises Multidimensionais de Textos e Questionários, que é uma interface para o *software* de processamento estatístico R, desenvolvido na linguagem Python, e partir disso é comum fazer referência a ele como sendo um software livre desenvolvido a partir de outros softwares livres. O *IRaMuTeQ* tem reconhecida precisão, o que justifica nossa escolha por este *software*. Com ele conseguimos medir e quantificar fenômenos e conteúdos abordados nos artigos que formam o *corpus*, classificando-os de acordo com sua frequência e distribuição. O conjunto das representações de dados oferecido pelo *software* fornece insights importantes para os pesquisadores que podem, com base nas análises, apontar compreensões e reinterpretações únicas do *corpus*. A identificação da estrutura do conteúdo do *corpus* é feita pela localização de co-ocorrências com o Método de Reinert. A classificação hierárquica descendente (CHD)

divide os segmentos de texto em classes de vocabulários (mundos lexicais) conforme sejam próximos ou distantes, sob a óptica lexical e pelo fato de serem usados em contexto similar.

O *corpus* codificado incluiu títulos, palavras chave, resumos e trechos descritivos dos 27 artigos, em inglês. As chaves escolhidas para análise foram os adjetivos, formas não reconhecidas e nomes comuns. A partir desta lematização do *corpus*, procedemos à classificação hierárquica descendente no *IRaMuTeQ* que gerou 108 textos, separados em 810 segmentos de texto (ST), com aproveitamento de 657 STs (81,11%). Emergiram 27.605 ocorrências de 2.859 formas distintas da lematização escolhida (adjetivos, formas não reconhecidas e nomes comuns), das quais 1.235 com uma única ocorrência (hapax). O conteúdo analisado foi categorizado em quatro classes: Classe 1, com 266 ST (40,49%); Classe 2, com 114 ST (17,35%); Classe 3, com 186 ST (28,31%) e Classe 4, com 91 ST (13,85%).

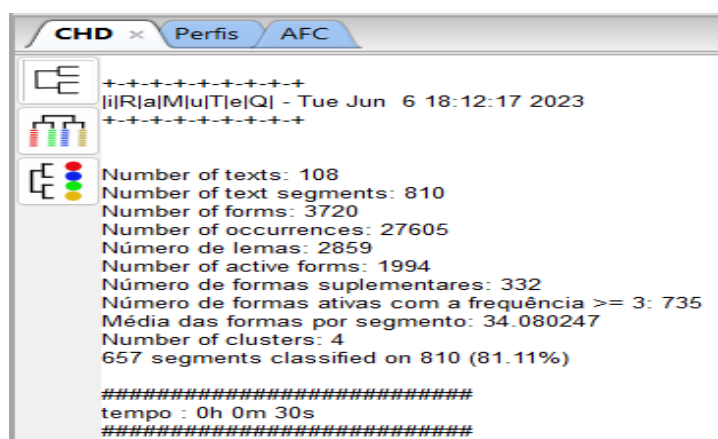


Figura 7 - Dados da Classificação Hierárquica Descendente (CHD) com 81,11% de aproveitamento
Fonte: gerada pelos autores no *software IRaMuTeQ* (2024)

As classes, representadas pelas árvores da Figura 8 e Figura 10, surgem da divisão do *corpus* lematizado, inicialmente em duas ramificações, A e B. O *subcorpus* A composto pela Classe 4, *Estratégias*, que se refere às estratégias sugeridas por conclusões de pesquisas com objetivo de ultrapassar barreiras na aprendizagem de Matemática por alunos com deficiência visual. O *subcorpus* B é dividido em duas sub-ramificações, C e D. O *subcorpus* C contém os discursos correspondentes à Classe 3, denominado *O papel das descrições na aprendizagem de Matemática*. O *subcorpus* D composto por duas classes. A Classe 2, *Equipamentos de Tecnologia Assistiva* contempla reflexões e descrições sobre o uso de elementos de Tecnologia Assistiva para dar subsídio à aprendizagem de Matemática para alunos com deficiência visual, e a Classe 1, *Educação Inclusiva*, contempla questões e reflexões relativas à inclusão dos alunos com deficiência visual nas salas de aula regulares.

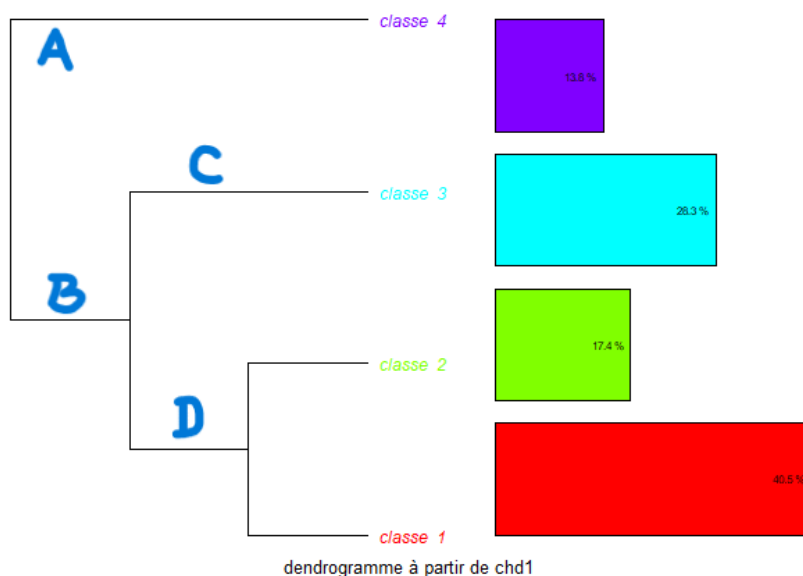


Figura 8 - Classes Emergentes da CHD
Fonte: gerada com o *software IRaMuTeQ* (2024)

A partir da Análise Fatorial por Correspondência (AFC) foi possível perceber a associação das palavras nos textos, considerando a frequência de incidência de palavras nas classes e os valores de correlação Qui^2 de cada palavra do corpus, representando-as em um plano cartesiano (ver Figura 9). Observa-se que as palavras da Classe 1 se encontram praticamente todas no segundo quadrante, e as da Classe 2 majoritariamente também. A Classe 4 ocupa majoritariamente o primeiro quadrante enquanto a Classe 3, o quarto quadrante. Existe separação mais significativa das Classes 3 e 4. As palavras das Classes 1 e 2 estão mais próximas, tais como *Assistive_Technology_AT* e *Teacher_Training* e *Inclusion*. Em oposição estão as palavras da Classe 3 – *Graphic* e *Description* e da Classe 4 – *Strategy* e *Interference*.

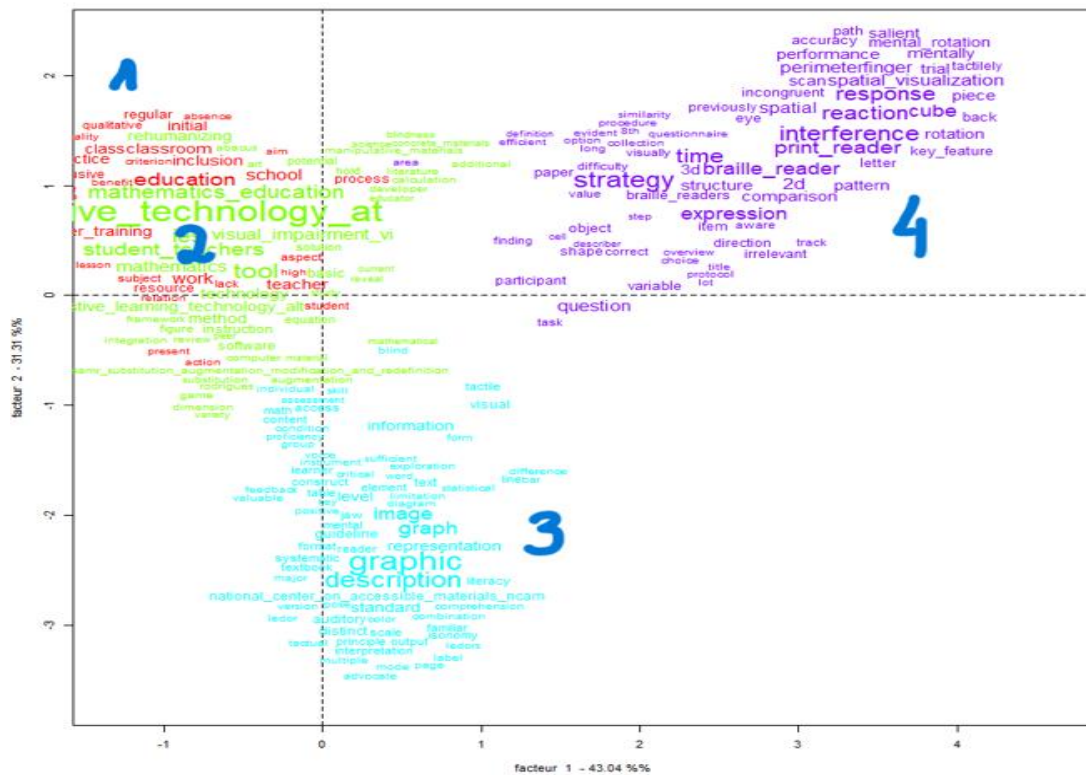


Figura 9 - Análise Fatorial por Correspondência (AFC)
Fonte: gerada com o software IRaMuTeQ (2024)

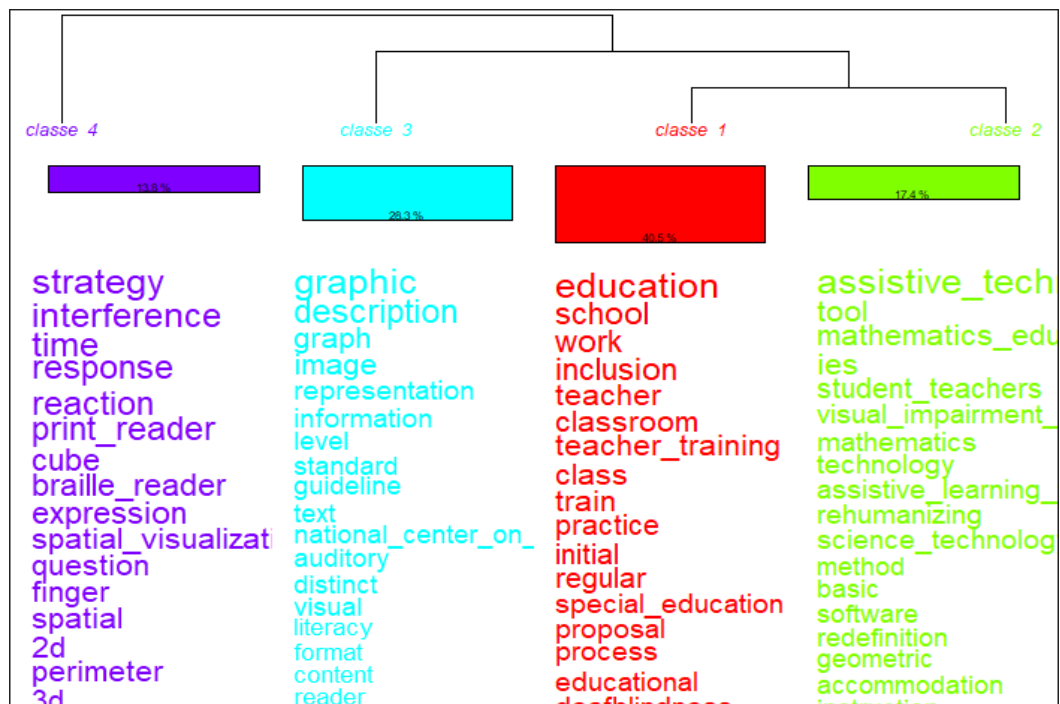


Figura 10 - Palavras de maior aderência à cada classe
Fonte: gerada com o software IRaMuTeQ (2024)

Classe	χ^2 inicial		χ^2 final		Predominaram palavras de artigos trazendo perspectiva(s):
	Valor	Termo	Valor	Termo	
1	2,44	Researcher	59,43	Education	do pesquisador ($\chi^2 = 76,9$), e artigos com perspectiva de professores de Matemática de alunos com deficiência visual junto com alunos com deficiência visual ($\chi^2 = 12,78$).
2	2,21	Case	137,23	Assistive Technology_AT	de alunos com deficiência visual e licenciandos de Matemática com $\chi^2 = 110,6$, e artigos com perspectivas de alunos com deficiência visual e professores do AEE (Atendimento Educacional Especializado) com $\chi^2 = 3,96$.
3	2,18	Book	112,99	Graphic	de professores de Matemática de alunos com deficiência visual com $\chi^2 = 24,92$, e artigos com perspectivas de alunos com deficiência visual com $\chi^2 = 16,9$, e artigos com perspectivas de professores especializados (qualificados para necessidades especiais) com $\chi^2 = 10,43$.
4	2,07	Study	83,79	Strategy	de alunos com deficiência visual e de alunos videntes juntos com $\chi^2 = 139,47$, e artigos com perspectivas de alunos com deficiência visual com $\chi^2 = 69,29$.

Quadro 10 – Variação do χ^2 e predominância de palavras por classe
Fonte: elaborado pelos autores com dados obtidos com IRaMuTeQ (2024)

Conforme mencionado acima, diversos artigos embasaram suas discussões pela perspectiva dos próprios alunos com deficiência visual. Trouxeram a voz dos alunos com deficiência visual para as reflexões, o que deu muita legitimidade às suas conclusões. Foi relevante para que pudéssemos avançar na compreensão de como estes alunos estão vivenciando seus processos de inclusão (Quadro 11).

Classe 1	Aprendizagem de Matemática e inclusão escolar
Classe 2	Elementos de Tecnologia Assistiva
Classe 3	Descrição de imagens e gráficos com informação matemática
Classe 4	Estratégias usadas por alunos com DV

Quadro 11 - Classes temáticas
Fonte: elaborada pelos autores (2024)

4 Discussão

Como já afirmado anteriormente, um dos objetivos do presente estudo foi identificar as mais recentes soluções e estratégias para transpor as barreiras encontradas por estudantes com deficiência visual na aprendizagem de Matemática, apontadas pela literatura investigada. Como síntese das análises realizadas, apresentamos, a seguir, discussões sobre o tema de cada uma das quatro classes, apresentadas na seção 3.3, em quatro subseções: Aprendizagem de Matemática e a inclusão escolar, Elementos de Tecnologia Assistiva, Descrição de imagens e gráficos com informação matemática e Estratégias usadas por alunos com DV. Em cada subseção foram introduzidas algumas afirmações e recomendações, devidamente destacadas, referentes ao tema da classe e baseadas nos artigos que compuseram o corpus de análise. A presente seção contribui com um total de dez (10) afirmações e dez (10) recomendações,

apresentadas nos Quadros 12 a 21, que mostram evidências do tema da classe nos artigos do corpus, além de apresentar soluções e estratégias encontradas na forma de recomendações, conforme apontado no objetivo.

4.1 Classe 1: Aprendizagem de Matemática e a inclusão escolar

À medida que as leituras foram sendo repetidamente realizadas percebemos nos artigos um tema recorrente, o da discussão sobre como o conceito de educação inclusiva se aplica a diferentes realidades da educação matemática para alunos com deficiência visual. Esta percepção foi sendo intensificada durante o processo de releituras e foi confirmada pela geração da Classe 1 pelo *software IRaMuTeQ*, classe que nomeamos como: aprendizagem de Matemática (por alunos com deficiência visual) na escola inclusiva. Dos 27 artigos, 14 discutiram de alguma forma algum elemento do tema desta classe. A mudança significativa do paradigma da Educação Especial em escolas especializadas para a Escola Inclusiva ocorreu através de uma política de macroinclusão estabelecida por leis e decretos, como abordamos na introdução deste trabalho. Esta política passou a garantir o acesso escolar a todos, e, em particular, às pessoas com deficiência visual. Entretanto a realidade mostra que há uma grande dificuldade em atender o princípio fundamental da escola inclusiva que é proporcionar a mesma educação a todos os alunos. Bernardo (2022, p. 50), artigo codificado como Scop5 no Quadro 5, sintetiza:

Os resultados apontam para uma realidade em que os alunos desempenham o papel de ouvintes nas aulas. Verifica-se que a adoção do Sistema Braille como meio de leitura e escrita, bem como o emprego de estratégias e metodologias que possibilitem o aprendizado de Matemática, não se fazem presentes nesse espaço de aprendizagem, aplicando-se, em seu lugar, o papel substitutivo da AEE. E, embora as escolas disponibilizem recursos importantes e essenciais aos alunos com DV, tais recursos não são utilizados por falta de profissionais com formação em Educação Especial (EE) ou em virtude do despreparo e das dificuldades do docente em utilizá-los nas aulas regulares.

Afirmção 1	Recomendação 1
A política de macroinclusão escolar de pessoas com deficiência nos sistemas regulares de ensino realizada através de leis e decretos gerou microexclusões pela comunidade escolar despreparada para oferecer a mesma educação a todos.	São necessários treinamentos específicos para toda a comunidade escolar

Quadro 12 - Afirmção e recomendação representando a Classe 1
Aprendizagem de Matemática e a inclusão escolar
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Pelo que os artigos indicaram, existe um despreparo de toda a comunidade escolar para receber alunos com deficiência visual nas mesmas condições que recebem alunos videntes. Despreparo para atender suas necessidades educacionais e proporcionar-lhes condições de

acesso efetivo aos conteúdos, e consequentemente ao currículo, através de materiais manipuláveis, recursos táteis, de recursos didáticos e tecnológicos variados e de livros, não apenas na sala de recursos (quando existe), mas na sala de aula regular. Além do despreparo, alguns dos artigos mencionam as barreiras atitudinais se referindo a atitudes negativas de professores de matemática em relação a alunos com deficiência visual, como afirmam Hayes e Proulx (2022), artigo codificado como WoS1 no Quadro 2.

[...] a significant barrier to students with VI's learning within a mainstream context has been mainstream teachers holding negative attitudes towards teaching students with VI mathematics; students lost confidence in their own ability to learn mathematics mainly because their teachers gave them the impression that this subject was inaccessible to learners with sight problems (Hayes; Proulx, 2022, p. 3)¹.

Afirmação 2	Recomendação 2
Uma barreira significativa para aprendizagem dos estudantes com deficiência visual em um contexto inclusivo regular tem sido a atitude negativa dos professores em relação ao ensino de matemática para alunos com deficiência visual.	Capacitação para os professores é necessária e primordial

Quadro 13 - Afirmação e recomendação representando a Classe 1
Aprendizagem de Matemática e a inclusão escola
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

As microexclusões criam barreiras à participação efetiva do aluno com deficiência visual nas atividades desenvolvidas em sala de aula e têm potencial para impedir a aprendizagem, restringindo a função da inclusão do aluno apenas à sua socialização. Faustino *et al.* (2018) discutem a questão de que uma política de macroinclusão pode gerar microexclusões na educação inclusiva e na educação matemática, e explicam:

Microexclusões são práticas sutis, realizadas de forma consciente ou não, que tendem a “isolar” o indivíduo em determinado ambiente, na maioria das vezes considerado inclusivo, apresentando-se como um obstáculo para seu desenvolvimento humano. No caso educacional, microexclusões também podem mostrar-se como um obstáculo para a aprendizagem dos estudantes que as experienciam.... Quando se fala sobre microexclusões, não se quer dizer que estas ações são *pequenas* ou *menores*. Na verdade, microexclusões tendem a ser brutais e severas. O elemento de composição *micro* diz respeito ao contexto da exclusão. Microexclusões ocorrem em nível de grupos específicos ou mesmo em grau individual enquanto macroexclusões se referem a exclusões que operam em um nível sócio-político mais geral (Faustino *et al.*, 2018, p. 900).

Grande parte dos artigos analisados recomenda a capacitação dos docentes como importante ação para ajudar a caminhar no sentido da inclusão. A forma *teacher training* (ou formas associadas) aparece em 10 dos 27 artigos.

Em relação aos alunos com DV, por exemplo, nessa dimensão, espera-se que as ações possam ser postas em prática de modo que a escola adquira recursos e equipamentos, como, por exemplo, impressora Braille, computadores, *notebooks* ou *tablets* com

¹ [...] uma barreira significativa para aprendizagem dos estudantes com deficiência visual em um contexto inclusivo regular tem sido a atitude negativa dos professores em relação ao ensino de matemática para alunos com deficiência visual. Os alunos perderam a confiança em sua própria capacidade de aprender matemática principalmente porque seus professores deram a eles a impressão de que esse assunto era inacessível para alunos com problemas de visão.

softwares de acessibilidade, bengalas, Soroban e outros recursos de Tecnologia Assistiva (TA) fundamentais às pessoas com DV e previstos nas recomendações oficiais (políticas, portarias, decretos, notas técnicas, entre outras). Nessa dimensão, espera-se, ainda, que a escola disponha de docentes e profissionais em geral com formação adequada ao atendimento de pessoas com DV, e que se organize para que seus professores realizem cursos de formação continuada que os preparem para atuar junto a esses alunos (Bernardo, 2002, p. 53).

Bernardo (2022, p. 63) reafirma o sistema Braille e o Código Matemático Unificado (CMU) como recursos de tecnologia assistiva indispensáveis aos estudantes cegos:

Embora as pessoas com deficiência tenham direito à educação inclusiva, garantida pela legislação e pelas políticas públicas, o que se percebe é que muitas práticas escolares, muitas vezes de forma não intencional, resultam em exclusão no próprio espaço escolar. Há uma série de motivos que levam o professor a não utilizar o Sistema Braille nas aulas, mas esse é um cuidado importante que precisa ser (re)pensado, uma vez que o Braille é um recurso de TA indispensável à pessoa com cegueira (Bernardo; Garcez; Santos, 2018). Sem a utilização do Braille, questionamos de que forma eles tinham acesso à escrita e à simbologia matemática. [...] De acordo com Bernardo, Garcez e Santos (2019), o Código Matemático Unificado para a Língua Portuguesa (BRASIL, 2006) é o documento oficial do MEC que oferece opções para a representação de símbolos matemáticos do sistema comum de ensino. Ele deve ser utilizado por transcritores, professores, usuários e pessoas envolvidas com a educação de alunos com DV, com o objetivo de elaborar textos em linguagem matemática. O CMU apresenta toda a grafia matemática em Braille, contendo, inclusive, uma simbologia avançada para alunos de graduação em Ciências Exatas. De acordo com o próprio CMU, foi a partir de 1998, por orientação da União Brasileira de Cegos, que se estabeleceram ações e estratégias para a implementação, em todo o país, de uma simbologia matemática unificada.

Afirmação 3	Recomendação 3
Sem o acesso a textos e atividades em Braille e aos materiais táteis, os alunos passam a desempenhar o papel de ouvintes nas aulas de Matemática, deixando de participar das discussões e atividades propostas.	Educadores devem usar o sistema Braille nas aulas. Transcritores, professores, usuários e pessoas envolvidas com a educação de alunos com DV, com o objetivo de elaborar textos em linguagem matemática, devem usar o CMU. Bernardo (p.64, 2022) afirma que a simbologia deve “ser trabalhada pelo professor à medida que os conteúdos vão sendo desenvolvidos e, desse modo, parece imperiosa a presença de um profissional com formação em EE e preparado para esse atendimento, a fim de auxiliar os professores e alunos nesse quesito.”

Quadro 14 - Afirmação e recomendação representando a Classe 1

Aprendizagem de Matemática e a inclusão escolar

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

4.2 Classe 2: Elementos de Tecnologia Assistiva

Aqui vamos abordar os artigos que trataram prioritariamente sobre o tema de elementos de tecnologia assistiva. Entretanto, antes chamamos atenção sobre a controvérsia conceitual que existe sobre o termo Tecnologia Assistiva. É comum encontrar o termo fazendo referência exclusivamente a equipamentos, dispositivos ou recursos tecnológicos para promover a inclusão de pessoas com deficiência, embora o conceito não se restrinja a isso e tenha descrição no Art. 3º da Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015 como:

III - tecnologia assistiva ou ajuda técnica: produtos, equipamentos, dispositivos,

recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2015).

Dificilmente metodologias e estratégias que atendem o propósito descrito acima são consideradas tecnologias assistivas, embora o sejam. Já o primeiro conceito de Tecnologia Assistiva adotado no Brasil, elaborado pelo Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), instituído através da Portaria nº 142 de 16 de novembro de 2006 (BRASIL, 2006) da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR) definiu o termo tecnologia assistiva como sendo uma área do conhecimento, e, portanto, não deveria ser empregado no plural. O texto final, aprovado pela comissão em 14 de dezembro de 2007, diz que:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2007).

Sganzerla e Geller (2018), artigo codificado como Scop1 no Quadro 5 descrevem alguns recursos de TA e descrevem também atividades desenvolvidas com quatro alunos com deficiência visual usando diversos materiais. As autoras chamam atenção para o papel fundamental dos recursos de TA para a aprendizagem de Matemática por estudantes com deficiência visual. Relacionam e descrevem diferentes atividades práticas propostas pelas autoras e recursos de TA tais como: computadores, *tablets*, celulares, alfabeto Braille em EVA, materiais recicláveis como caixa de ovos e bolinhas de pingue-pongue ou de isopor (para ensinar as posições das seis celas), reglete e punção, ou máquina de escrever (para escrever no sistema Braille), impressora Braille, material dourado (para sistema de numeração decimal, valor posicional e operações aritméticas), calculadora com voz, calculadora ampliada, kit de desenho composto por uma régua, esquadro, compasso, transferidor, carretilha de metal, com marcações Braille, *Math Touch* e Contábil (mecanização do material dourado), lupas, ábaco adaptado.

De modo geral, pode-se inferir que no processo de aprendizagem de conceitos matemáticos de alunos com deficiência visual, a utilização de TA como recurso pedagógico é crucial para a (re)construção de seus conhecimentos. Após o estudo realizado sobre as Tecnologias Assistivas inseridas no contexto do AEE é possível observar que existem poucas disponíveis para o ensino da matemática, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas envolvendo pessoas com deficiência visual e o uso de TA (Sganzerla; Geller, 2018, p. 53)

Afirmção 4	Recomendação 4
Os recursos de tecnologia assistiva têm papel fundamental para a formação de conceitos de Matemática por estudantes com deficiência visual, entretanto existem poucos recursos de tecnologia	Construir recursos didáticos táteis com matéria de baixo custo e adquirir equipamentos e materiais que permitam acessibilidade ao conteúdo indicados para a aprendizagem de Matemática que

assistiva para o ensino de Matemática disponíveis nas escolas e salas de recursos.	sejam usados em sala de aula pelos professores com os estudantes.
--	---

Quadro 15 - Afirmação e recomendação representando a Classe 2 Elementos de Tecnologia Assistiva
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Ahmed e Chao (2018), no artigo codificado como Scop2 no Quadro 5, apresentam resultados de uma pesquisa sob a narrativa pessoal de pesquisadores com deficiência visual. O primeiro autor do artigo é cego e o segundo tem baixa visão. Os autores afirmam que, em geral, os recursos de tecnologia assistiva para aprendizagem de Matemática de estudantes com deficiência visual força estes estudantes a aprender da mesma forma que seus colegas videntes.

Afirmação 5	Recomendação 5
A maioria dos recursos de tecnologia assistiva atua meramente como uma ferramenta de substituição, sem alteração funcional para a aprendizagem.	Recursos de tecnologia assistiva devem ter papel de transformar a aprendizagem de Matemática, buscando a humanização através de uma perspectiva não visual para que todos os estudantes possam interagir construindo juntos um pensamento matemático, promovendo uma aprendizagem de Matemática socialmente construída.

Quadro 16 - Afirmação e recomendação representando a Classe 2 Elementos de Tecnologia Assistiva
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

O artigo apresenta uma categorização dos recursos de tecnologia assistiva para aprendizagem de Matemática segundo o modelo SAMR (substituição, ampliação, modificação e redefinição) que analisa a tecnologia, e a forma como ela melhora ou modifica a aprendizagem e o ensino, conforme explicado a seguir:

First, on the most basic level, a technology operates as a direct tool substitute with no functional change. For example, technology that allows SVIs access to an audio voice-over of a text-based curriculum would be a substitution, because the audio voice-over simply substitutes for the text-based visual medium. Second, a more advanced use of technology involves augmentation: substitution with functional improvement. For example, a technology that uses sonification for SVIs to hear graphs augments the teaching and learning, so that all students can utilize the auditory characteristics of graphs in their emerging understanding. Third, a more transformative use of technology involves modification, which allows for significant task redesign. For instance, touch-sensitive surfaces that utilize tactical feedback for assessment allow for significant modification of traditional mathematics assessments to focus on how SVIs interact with and conceptualize geometric relationships. Finally, the most transformative use of technology involves redefinition, in which the technology allows for the creation of new tasks that were previously inconceivable (Ahmed; Chao, 2018, p.176).

O modelo permite analisar criticamente o uso de recursos de tecnologia assistiva focando em como eles dão suporte ao envolvimento dos alunos com deficiência visual na prática da matemática para aprendizagem. Baseados em estudos sobre deficiências, os autores entendem a redefinição como o reconhecimento de que os problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual na aprendizagem de Matemática não se devem à sua incapacidade intelectual, mas às barreiras atitudinais -- atitudes e tratamentos sociais dispensados às pessoas com deficiência visual. A maioria dos recursos de tecnologia assistiva encontrados foi classificada apenas no nível de substituição ou ampliação, o que significa que elas ainda

abordavam a deficiência pela perspectiva do déficit e a educação matemática como um esforço individual baseado em aprendizado mecânico. Apenas um recurso foi classificado como sendo de redefinição. Poucos recursos de tecnologia assistiva capacitam as pessoas com deficiência visual a vivenciar a prática da Matemática de maneiras que não as obriguem a agir mais como seus colegas videntes, consequentemente desumanizando-as.

4.2 Classe 3: Descrição de imagens e gráficos com informação matemática

A leitura e interpretação de gráficos (e de outras imagens) são essenciais em Matemática. Para desenvolver a leitura dos gráficos por estudantes com deficiência visual, devem ser disponibilizadas descrições de forma apropriada, e para a interpretação é ideal que seja solicitado que o aluno localize e identifique informações no gráfico, e depois expliquem as relações entre os elementos. Desta forma é possível criar acessibilidade ao conteúdo.

Rosenblum *et al.* (2020), no artigo codificado como Gale 4 no Quadro 7, apresentam a pesquisa que consistiu na análise de descrições de gráficos feitas por dez professores. Cada professor foi convidado a descrever 12 gráficos matemáticos duas vezes. Uma para um estudante hipotético que fosse leitor de Braille, e outra para um estudante hipotético com baixa visão, leitor de texto impresso. Foi perguntado duas vezes ao professor o que ele diria a um aluno ao orientá-lo para explorar o gráfico determinado, supondo que fosse um aluno cego (ou com baixa visão da segunda vez que fosse feita a pergunta) que precisasse de orientação para interpretar o gráfico. Além disso, foi solicitado que o professor gravasse em áudio sua explicação do gráfico. Após a gravação do áudio, o professor deveria dizer se considerava aquela imagem difícil para um aluno com deficiência visual compreender. No final da sessão foi perguntado aos professores se eles se basearam em alguma diretriz quando decidiram como descrever os gráficos, e se estavam familiarizados com protocolo padrão para descrições de imagens desenvolvido pelo Centro Nacional de Mídia Acessível (NCAM).

Em todas as 12 descrições, apenas cerca da metade dos elementos chave (cruciais para compreensão do conteúdo) do protocolo padrão para descrições do NCAM foram incluídos nas descrições fornecidas pelos professores. Foi constatada variação significativa na forma como os professores descreveram os gráficos, variação também no número de sugestões e perguntas específicas fornecidas para localizar e interpretar informações, e variação em relação a quais gráficos eles consideravam difíceis. Cerca da metade dos professores mencionaram que conheciam as diretrizes do NCAM, mas não estavam familiarizados com seu conteúdo, e dois não sabiam que as diretrizes existiam.

Afirmção 6	Recomendação 6
Em geral, as descrições de gráficos feitas por professores de estudantes com deficiência visual não estão de acordo com as diretrizes estabelecidas para acessibilidade.	É necessário que haja treinamento para garantir que os professores estejam familiarizados e estejam seguindo as diretrizes existentes para tornar os gráficos acessíveis. O treinamento é também relevante para que os professores ajudem no desenvolvimento de habilidades de interpretação de gráficos dos alunos, elaborando perguntas que vão além de pedir ao aluno para localizar informações no gráfico.

Quadro 17 - Informação matemática
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Emerson e Anderson (2018), no artigo codificado como Gale 1 no Quadro 7, investigaram qual seria o nível suficiente de descrição em tipos diferentes de imagens em livros didáticos de matemática para comunicar conteúdo matemático para estudantes com deficiência visual. No estudo foram usados quatro níveis de descrição em substituição às imagens, e os autores quiseram identificar qual nível de descrição em tipos específicos de imagens seria mais útil para resolução de problemas matemáticos. Foram utilizadas 11 categorias de imagens: imagens específicas das perguntas, equações, formas geométricas, tabelas, gráficos de dispersão ou gráficos de linha, gráficos de barras, direção ou ilustração de uma tarefa física, gráficos de pizza, retas numéricas, diagramas de raios e mapas. Cada problema com imagem teve quatro versões, cada uma com quantidade diferente de descrição de imagem. A versão com menos descrição, chamada de controle, não continha descrição, exceto pela palavra *imagem* para representar a imagem. O segundo nível de descrição, chamado de versão concisa, continha uma breve indicação da imagem no geral. O terceiro nível de descrição usou o protocolo padrão atual para descrições de imagens desenvolvido pelo Centro Nacional de Mídia Acessível (NCAM), da estação de rádio e televisão WGBH, em Boston. Esta foi a versão NCAM. A quarta versão, chamado de nível estendido de descrição, em que todo elemento da imagem considerado potencialmente útil pelo criador da descrição era incluído na descrição. Todas as descrições foram feitas por um professor de crianças com deficiência visual, certificado, bem preparado, e que treinava outros escritores de descrição, e que além disso, possuía conhecimentos em tecnologia assistiva e ciências, e estava familiarizado com conceitos matemáticos e sua descrição. As descrições adequadas de imagens visuais são essenciais para comunicar informações matemáticas relevantes, mas o estudo comprovou que existem imagens para as quais nenhum nível de descrição é suficiente. Os estudantes do estudo não tinham noção de quanta informação matemática visual estava sendo omitida deles. Tanto o excesso de informações quanto a falta de informações foram citados como aspectos negativos das descrições. Também foram apontados vários comentários negativos acerca da restrição de apresentação apenas da versão em áudio para o conteúdo matemático, sem disponibilizar em paralelo uma versão em Braille, um gráfico tátil ou ambos, o que poderia ter ajudado os

estudantes a entender melhor o que estava sendo comunicado. A conclusão aponta que os materiais devem ser fornecidos em diferentes formatos simultaneamente, para que os estudantes possam explorar o conteúdo no modo que melhor lhes convier, além do que as informações contidas nos diferentes modos podem se complementar dando melhor compreensão do contexto.

Afirmção 7	Recomendação 7
Embora a descrição de imagens visuais possa melhorar o acesso ao conteúdo, isso pode não ser suficiente. Além disso, existem imagens para as quais nenhum nível de descrição é suficiente. Tanto o excesso quanto a falta de informações são aspectos negativos das descrições.	Conteúdo matemático de imagens deve ser apresentado através de múltiplos formatos. Além do áudio, podem ser disponibilizados uma versão em Braille, um gráfico tátil ou ambos, por exemplo.

Quadro 18 - Afirmção e recomendação representando a Classe 3 Descrição de imagens e gráficos com informação matemática
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

4.4 Classe 4: Estratégias usadas por alunos com DV

Lahav e Babai (2018), no artigo codificado como Eric1 no Quadro 6, analisaram se estudantes com deficiência visual sofrem influência cognitiva involuntária de características irrelevantes em algum processo de tomada de decisão, chamada de interferência intuitiva, em ciências e matemática, no âmbito da tarefa de comparação de perímetros. A pesquisa consistiu em apresentar situações em que ocorriam tentativas congruentes (com uma forma geométrica de maior área e perímetro em comparação com a outra) e tentativas incongruentes, nas quais a área de uma forma geométrica era maior, mas o perímetro era idêntico à outra forma geométrica. Os resultados obtidos indicam que os estudantes cegos apresentaram padrões de desempenho semelhantes aos estudantes videntes, tanto em termos de precisão das respostas quanto em tempos de reação para respostas corretas, tanto na tarefa de áreas quanto na de perímetros.

Afirmção 8	Recomendação 8
A percepção visual pode não ser um fator determinante para a interferência intuitiva na tarefa de comparação de perímetros. Em vez disso, a interferência de variáveis irrelevantes pode ser a causa das dificuldades enfrentadas pelos estudantes com deficiência visual. É necessário um tempo adicional para acessar informações gráficas de forma tátil em relação ao tempo necessário para acessar visualmente as mesmas informações. Indica-se na literatura que pelo menos cinco vezes mais tempo é necessário para os estudantes cegos acompanharem.	Os educadores devem selecionar métodos apropriados de aprendizagem e instrução, levando em consideração o conhecimento da origem dos erros mencionados. Recomenda-se que os desenvolvedores de currículos para alunos com deficiência visual levem em consideração estes dados.

Quadro 19 - Afirmção e recomendação representando a Classe 4 Estratégias usadas por alunos com DV
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Arslan e Kayhan (2021), no artigo codificado como Gale 5 no Quadro 7, classificaram as estratégias utilizadas pelos alunos com deficiência visual em três tópicos principais: rotação mental, manipulação mental e estratégias-chave. De acordo com Arslan e Kayhan (2021,

p.445):

Under the strategy of mental rotation, we observed that the students with visual impairments used the strategy of rotating the piece. (...) The reason for the success of students in this question type may be their experience in such activities performed directly with concrete materials under guidance of a teacher in modeling classes.

Van Leendert *et al.* (2019), no artigo codificado como Gale 3 no Quadro 7, estudaram as performances e estratégias de leitores de Braille, usando rastreamento com dedo, e de videntes, usando rastreamento com olhos. Ao comparar estratégias visuais e táteis de leitura, Van Leendert *et al.* (2019, p. 69) retratam especificidades sobre a percepção tátil: “A janela de percepção tátil é aproximadamente igual a uma ponta de dedo, bem menor que a janela de percepção visual. Para identificar uma palavra é preciso perceber cada caractere e integrá-lo com a informação previamente armazenada...”. Os autores refletem sobre uma colaboração entre os dedos dos leitores de Braille.

Afirmção 9	Recomendação 9
As estratégias utilizadas por alunos com deficiência visual na visualização espacial que envolveu rotação 2D e 3D, dobragem de papel e dobra de cubo, apresentam semelhanças com as estratégias espaciais definidas na literatura como utilizadas por alunos videntes, em geral.	Ao ensinar os conceitos para alunos com deficiência visual, materiais concretos podem ser usados, e pode-se supor que os alunos descubram as características dos conceitos geométricos em primeira instância por conta própria. Esses materiais concretos podem incluir cubos unitários ou materiais magnéticos

Quadro 20 - Afirmção e recomendação representando a Classe 4 Estratégias usadas por alunos com DV
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Diferentes formas de usar os dedos durante a leitura têm objetivos distintos. Na leitura, chamada, conjunta, as pontas dos dois dedos indicadores estão geralmente separadas por uma ou duas células Braille, o que faz com se toquem com frequência. Este tipo de leitura é usado com objetivo de obter mais detalhes e aprofundamentos. Na leitura, chamada, disjunta, os dois dedos indicadores exploram partes diferentes da linha, sendo mais adequada quando o objetivo é ter uma análise global do texto.

A análise mostrou que os dois leitores experientes em Braille precisaram de cerca de 3,5 vezes mais tempo do que os leitores impressos para ler e resolver quatro itens envolvendo expressões matemáticas. Os leitores em Braille utilizaram estratégias pessoais de leitura para todos os itens com pouco uso da estrutura da expressão. Por outro lado, as estratégias de leitura dos leitores de impressão apresentaram características dependentes do item e relacionadas à estrutura (Van Leendert *et al.*, 2019, p. 68)

Afirmção 10	Recomendação 10
Leitores de Braille precisam construir uma visão geral de uma expressão matemática sequencialmente e para isto precisam reler partes da expressão com mais frequência. Regressões (deslocamentos do dedo sobre o display braille no sentido da direita para a esquerda) sem eficácia aumentam a necessidade de releitura e ocasiona longos caminhos de varredura tátil (posições sucessivas de cada dedo indicador sobre o display Braille enquanto lê um texto).	Os professores precisam ter conhecimento do tipo específico de barreira que os leitores de Braille enfrentam ao tentar compreender e resolver problemas de Matemática para poder auxiliá-los em seus percursos de aprendizagem.

Quadro 21 - Afirmção e recomendação representando a Classe 4 Estratégias usadas por alunos com DV
Fonte: elaborado pelos autores (2024)

5 Conclusões

O objetivo da presente revisão sistemática de literatura foi de analisar os principais desafios e obstáculos encontrados por estudantes com deficiência visual na aprendizagem de Matemática, bem como identificar as soluções e estratégias apontadas em artigos científicos de 2018 a 2023. Na seção 2, apresentamos detalhadamente toda a metodologia empregada para obtenção dos resultados. Na seção 3, apresentamos inicialmente a descrição do corpus, seguido da avaliação metodológica dos artigos selecionados e os resultados obtidos. Na seção 4, discutimos as quatro classes temáticas apontadas na análise do corpus: Aprendizagem de Matemática e inclusão escolar; Elementos de Tecnologia Assistiva; Descrição de imagens e gráficos com informação matemática; Estratégias usadas por alunos com DV. Representamos parte da análise, na forma de afirmações e recomendações ao longo da discussão dos dados. Reunimos um total de dez afirmações e dez recomendações constantes dos artigos do corpus.

Ainda que esta revisão com seus resultados e suas discussões tenha respondido à questão de pesquisa e apresentado muitas respostas, ainda precisamos saber mais sobre a inclusão escolar dos estudantes com deficiência visual, nos alinhando com o que quer saber Mantoan (2003, p. 46):

[...] o que se almeja, acima de tudo, é saber se os professores e demais integrantes das unidades escolares progridem pedagogicamente, atualizando a maneira de ensinar, a partir de novas concepções e práticas educacionais; se as escolas estão se transformando; se os alunos estão sendo respeitados nas suas possibilidades de avançar, autonomamente, ao construírem conhecimentos; se estes conhecimentos e outros são produzidos coletivamente, nas salas de aula, em clima solidário e com responsabilidade; se as relações entre crianças, pais, professores e toda a comunidade escolar se estreitaram, em laços de cooperação, de diálogo, que são frutos de um exercício diário de compartilhamento de seus deveres, problemas, sucessos.

Na seção 2, apresentamos detalhadamente toda a metodologia empregada para obtenção dos resultados. Na seção 3, apresentamos inicialmente a descrição do corpus, seguido da avaliação metodológica dos artigos selecionados e os resultados obtidos. Na seção 4, discutimos as quatro classes temáticas apontadas na análise do corpus: Aprendizagem de Matemática e inclusão escolar, Elementos de Tecnologia Assistiva, Descrição de imagens e gráficos com informação matemática; e Estratégias usadas por alunos com DV. Representamos parte da análise, na forma de afirmações e recomendações ao longo da discussão dos dados. Reunimos um total de dez afirmações e dez recomendações constantes dos artigos do corpus.

Esta revisão sistemática evidenciou que a política de macroinclusão escolar de pessoas com deficiências nos sistemas regulares de ensino realizada através de leis e decretos gerou microexclusões oriundas do despreparo da comunidade escolar em oferecer a mesma educação

a todos, em especial, em relação ao ensino de Matemática para alunos com deficiência visual. Além disso, destacamos evidências relevantes no tocante ao papel fundamental que os recursos de tecnologia assistiva têm para a formação de conceitos de Matemática por estudantes com deficiência visual, carentes na grande maioria das escolas públicas. Ademais, ressaltamos que as informações gráficas requerem especial cuidado, em termos descritivos e de audiodescrição para que determinados conceitos matemáticos possam ser melhor explorados e corretamente entendidos pelos alunos. Essas constatações apontam para a necessidade de atualização dos currículos e das práticas docentes de modo que a Educação Matemática se concretize como, de fato, inclusiva.

Referências

- AHMED, I; CHAO, T. Assistive learning technologies for students with visual impairments: A critical rehumanizing review. **Investigations in Mathematics Learning**, London, v. 10, n. 3, p. 173-185, 2018.
- ANDRADE, R. M. D.; SILVA, R. P. D.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T. L. K. D. Abordagens e recursos didáticos voltados ao processo de ensino-aprendizagem de geometria focados em alunos cegos: uma revisão sistemática da literatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 13., 2018, Joinville. **Anais do 13º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, São Paulo: Blucher, 2019. p. 1-11. Disponível em: https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/ped2018/4.3_ACO_04.pdf. Acesso em: 6 dez. 2024.
- ARSLAN, A.; KAYHAN ALTAY, M. Spatial Strategies Used by Students With Visual Impairments to Solve Questions of Spatial Visualization. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 115, n. 5, p. 436-447, 2021.
- BARBOSA, F. C. S.; MEDEIROS, E. J. R. de; MEDEIROS, S. R. R. de.; MEDEIROS JÚNIOR, R. N. de. Propostas de ensino de matemática para deficientes visuais: revisão sistemática exploratória da literatura. **Holos**, Natal, v. 8, p. 1-37, 2020.
- BERNARDO, F. G. Vivências, Percepções e Concepções de Estudantes com Deficiência Visual nas Aulas de Matemática: os desafios subjacentes ao processo de inclusão escolar. **Bolema**, Rio Claro, v. 36, n.72, p. 47-70, 2022.
- BORGES, A. J. **Dosvox** – um novo acesso dos cegos à cultura e ao trabalho. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant, n. 3, 1996. Disponível em: revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/672 . Acesso em: 01 mar. 2024
- BORGES, F. A.; PEREIRA, T. As pesquisas brasileiras e o ensino de matemática para dv's inclusos: uma revisão categorizada. **Hipátia** - Revista Brasileira de História, Educação e Matemática, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 29-45, 2017.
- BRASIL, A. D. O. M.; LEVI, J. A. M.; BRASIL, A. D. O. M.; OLIVEIRA R. C. de; ALCÂNTARA R. de, O. O ensino da matemática para alunos com deficiência visual: uma revisão bibliográfica. **Facit Business and Technology Journal**, Tocantins, v. 1, n. 27, p. 15-27, 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Palácio do Planalto, Brasília, DF, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 13 de mar. de 2024.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 134, n. 248, p. 27833, 23 dez. 1996.

BRASIL. Decreto Legislativo nº 198, de 13 de junho de 2001. Aprova o texto da Convenção Interamericana para a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Pessoas Portadoras de Deficiência, concluída em 7 de junho de 1999, por ocasião do XXIX período ordinário de sessões da assembleia geral da Organização dos Estados Americanos, realizado no período de 6 a 8 de junho de 1999, na cidade da Guatemala, **Diário Oficial da União**: seção 01, Brasília, DF, n. 115, p. 4, col. 2, 15 jun. 2001.

BRASIL: Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR). Portaria nº 142 de 16 de novembro de 2006. Institui o Comitê de Ajudas Técnicas, **Diário Oficial da União**, seção 02, Brasília, DF, n. 220, p. 3, 17 nov. 2006.

BRASIL: Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (CORDE/SEDH/PR) - CAT - Comitê de Ajudas Técnicas. Ata da Reunião VII, de 13 e 14 de dezembro de 2007, do Comitê de Ajudas Técnicas., 2007. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuniao_do_Comite_de_Ajudas_Tecnicas.pdf. Acesso: 16 mai. 2023

BRASIL: Ministério da Saúde. Portaria nº 3.128, de 24 de dezembro de 2008. Dispõe sobre as redes de serviços de reabilitação visual no SUS. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 24 dez. 2008 p. 1-5.

BRASIL. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007, **Diário Oficial da União**: seção 01, Brasília, DF, n. 163, p. 3, 26 ago. 2009.

BRASIL. Decreto nº 7.612, de 17 de novembro de 2011. Institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa Com Deficiência - Plano Viver Sem Limite, **Diário Oficial da União**: seção 01, Brasília, DF, n. 221, p. 12, 18 nov. 2011.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), **Diário Oficial da União**: seção 01, Brasília, DF, ano 152, n. 127, p. 2, 07 jul. 2015.

BRASIL. Lei nº 14.126, de 22 de março de 2021. Classifica a visão monocular como deficiência sensorial, do tipo visual, **Diário Oficial da União**: seção 01, Brasília, DF, n. 55, p. 3, col. 1, 23 mar. 2021.

COELHO, J. R. D.; GÓES, A. R. T. Geometria e desenho universal para aprendizagem: uma revisão bibliográfica na educação matemática inclusiva. **Educação Matemática Debate**, Montes Claros, v. 5, n. 11, p. 1-26, 2021.

DA PAZ, J. P. O.; SEGADAS-VIANNA, C.; LIMA, C. Educação especial e inclusiva na formação de professores que ensinam matemática: uma revisão sistemática. **Com a Palavra, o Professor**, Vitória da Conquista, v. 7, n. 17, p. 143-164, 2022.

EMERSON, R. W.; ANDERSON, D. L. Using description to convey mathematics content in visual images to students who are visually impaired. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 112, n. 2, p. 157-168, 2018.

FAUSTINO, A. C.; MOURA, A. Q.; SILVA, G. H. G. D.; MUZINATTI, J. L.; SKOVSMOSE, O. Macroinclusão e microexclusão no contexto educacional. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 898-911, 2018.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática da Literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019. DOI: 10.21728/logeion.2019v6n1. Disponível em: <https://revista.ibict.br/fiinf/article/view/4835>. Acesso em: 16 mai. 2023.

HAYES, C.; PROULX, M. J. Turning a blind eye? Removing barriers to science and mathematics education for students with visual impairments. **British Journal of Visual Impairment**, Cambridge, v. 42, n. 2, p. 544-556, 2023. DOI:10.1177/02646196221149561. Disponível em: journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/02646196221149561. Acesso em: 27 mai 2024.

KAIZER, G.; SCHUKAJLOW, S. Literature reviews in mathematics education and their significance to the field. **ZDM Mathematics Education**, Berlim, v. 56, n. 1, p. 1-3, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01541-z>. Disponível em: link.springer.com/article/10.1007/s11858-023-01541-z. Acesso em: 27 mai. 2024

LAHAV, O.; BABAI, R. Comparison of perimeters: Intuitive interference in people who are blind. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 112, n. 3, p. 287-298, 2018.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão Escolar: O que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.

MENDES, R. M.; GOMES, A. A. S.; CAPORALE, S. M. M. A Deficiência Visual e a Baixa Visão: estado da arte das pesquisas acadêmicas em Educação Matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 35, n. 69, p. 413-431, 2021.

MIRANDA, A. A. B. História, deficiência e educação especial. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, v. 15, p. 1-7, 2004.

ONU. Organização das Nações Unidas. Convention on the Rights of Persons with Disabilities (Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência), aprovada pela Assembleia Geral da ONU, 13 dez. 2006. Disponível em https://treaties.un.org/pages/viewdetails.aspx?src=treaty&mtdsg_no=iv-15&chapter=4&clang=_en. Acesso em 15 jan. 2024

PAGE, M. J.; MOHER, D.; BOSSUYT, P.M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J.M.; AKL, E.A.; BRENNAN, S.E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J.M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M.M.; LI, T.; LODER, E.W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L.A.; STEWART, L.A.; THOMAS, J.; TRICCO, A.C.; WELCH, V.A.; WHITING, P.; MCKENZIE, J.E. **PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews**. **BMJ**, London, v. 372, n. 160, p. 1-36, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n160>. Disponível em: <https://www.bmj.com/>. Acesso em: 04 set 2023

PRADO, J. E. L. D.; ARIAS-GAGO, A. R. Revisão Sistemática da Educação Matemática para Estudantes Cegos: a importância das STEAM nos currículos escolares. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21018, p. 1-16, 2021. DOI : Disponível em : scielo.br/j/ciedu/i/2021.v27/. Acesso em : 14 ago. 2023

PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. Ottawa; Oxford: University of Ottawa; Oxford University, 2015. Disponível em: <http://www.prisma-statement.org/PRISMAStatement/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

RATINAUD, P. **IRaMuTeQ**: Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires -0.7 alpha 2. Toulouse : Laboratoire LERASS, Université de Toulouse, 2014. Disponível em: <http://www.iramuteq.org>, Acesso em : 14 ago. 2023

ROSENBLUM, L. P.; CHENG, L.; BEAL, C. R. Teachers of students with visual impairments share experiences and advice for supporting students in understanding graphics. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 112, n. 5, p. 475-487, 2018.

ROSENBLUM, L. P.; CHENG, L.; ZEBEHAZY, K.; EMERSON, R. W.; BEAL, C. R. Teachers' descriptions of mathematics graphics for students with visual impairments: A preliminary investigation. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 114, n. 3, p. 231-236, 2020.

SGANZERLA, M.A.R.; GELLER, M. Tecnologias Assistivas e Educação Matemática: um estudo envolvendo alunos com deficiência visual no AEE. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 1, p. 36-55, 2018.

SGANZERLA, M.A.R.; GELLER, M. Tecnologia assistiva na construção do conceito de número: um estudo envolvendo ações de estudantes com deficiência visual e professores. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 22, n. 4, p. 155-179, 2020.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Declaração Mundial sobre Educação para Todos**: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem, Jomtien: UNESCO, 1990. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-mundial-sobre-educacao-para-todos-conferencia-de-jomtien-1990>, Acesso em 15 jan. 2024.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Declaração de Salamanca**. Sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades educacionais especiais, 1994. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso em 15 jan. 2024.

VAN LEENDERT, A.; DOORMAN, M.; DRIJVERS, P.; PEL, J.; VAN DER STEEN, J. An exploratory study of reading mathematical expressions by braille readers. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 113, n. 1, p. 68-80, 2019.

ZEBEHAZY, K. T. WILTON, A. P. Straight from the source: Perceptions of students with visual impairments about graphic use. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, Thousand Oaks, v. 108, n. 4, p. 275-286, 2014.

**Submetido em 11 de Maio de 2024.
Aprovado em 27 de Agosto de 2024.**