



Ciência & Educação (Bauru)

ISSN: 1516-7313

ISSN: 1980-850X

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, campus de Bauru.

Prado, José Enrique Llamazares de; Arias-Gago, Ana Rosa
Revisão Sistemática da Educação Matemática para Estudantes Cegos: a importância das STEAM nos currículos escolares
Ciência & Educação (Bauru), vol. 27, e21018, 2021
Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências, campus de Bauru.

DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320210018>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251066798042>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

Revisão Sistemática da Educação Matemática para Estudantes Cegos: a importância das STEAM nos currículos escolares

A Systematic Review of Mathematics Education for Blind Students: the importance of STEAM in current school curricula



José Enrique Llamazares de Prado¹



Ana Rosa Arias-Gago²

¹Universidad de León, León, Castilla-León, España. Autor correspondiente: jllamp00@estudiantes.unileon.es

²Universidad de León, Facultad de Educación, León, Castilla-León, España

Resumo: O objetivo deste trabalho é examinar o conhecimento de matemática em estudantes com deficiência visual, por meio de uma revisão sistemática, propondo análises sobre a relação da matemática com o uso das TIC e sua adaptação à educação, por intermédio de 416 artigos, com uma seleção final de 37 artigos, no período de 1998 a 2020. O estudo foi realizado utilizando-se nove bases de dados: ScienceDirect, 1Findr, Dialnet, Eric, Redalyc, Scopus, Google Scholar, Teacher Reference e Web of Science. Na metodologia, a revisão sistemática foi efetuada com o gerenciador Mendeley, para o armazenamento das referências. Os resultados mostram a necessidade de cooperação família e escola, e a integração das disciplinas no modelo STEM. A discussão e a conclusão destacam a importância do desenvolvimento matemático entre os estudantes para melhorar o processamento do pensamento e a resolução de problemas.

Palavras-chave: Deficiente da visão; Educação matemática; Ciência; Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte; Revisão de literatura.

Abstract: The objective of this paper is to provide an analysis of mathematics knowledge among visually impaired students, by using a systematic review - proposing analyses on the relation of mathematics and the use of ICT and its adaptation to education - of 416 articles, with a final selection of 37 articles published between 1998 and 2020. The study was conducted using nine databases: ScienceDirect, 1Findr, Dialnet, Eric, Redalyc, Scopus, Google Scholar, Teacher Reference, and Wos. In the methodology, a systematic review was performed, using the manager Mendeley to store the references. The results show the need for family/school cooperation and for the integration of the subjects in the STEAM model. The discussion and conclusion highlight the importance of mathematical development among students in order to improve thought processing and problem solving.

Keywords: Vision impaired; Mathematics education; Science, Technology, Engineering, Arts e Mathematics; Bibliographic review.

Recebido em: 02/08/2020

Aprovado em: 12/12/2020



e-ISSN 1980-850X. Todo o conteúdo deste periódico está sob uma licença Creative Commons (CC Atribuição 4.0 Internacional), exceto onde está indicado o contrário.

Introdução

Nos dias de hoje, o número de estudantes cegos que focam suas carreiras acadêmicas na Matemática está aumentando notavelmente (ARZOUMANIAN; DALIBARD, 2015), exigindo um maior grau de disciplina e de orientação, assim como maior assistência do corpo docente.

Entretanto, o número de estudantes cegos que atingem o nível universitário é consideravelmente reduzido, e um número ainda menor opta pela Ciência. Isto se deve, em parte, à falta de conhecimento sobre novas melhorias e implementações didáticas, bem como à ausência de uma aplicação real dos atuais planos escolares inclusivos para a transmissão e a conversão da notação em Matemática (SAUER, 2020; WHITE, 2020).

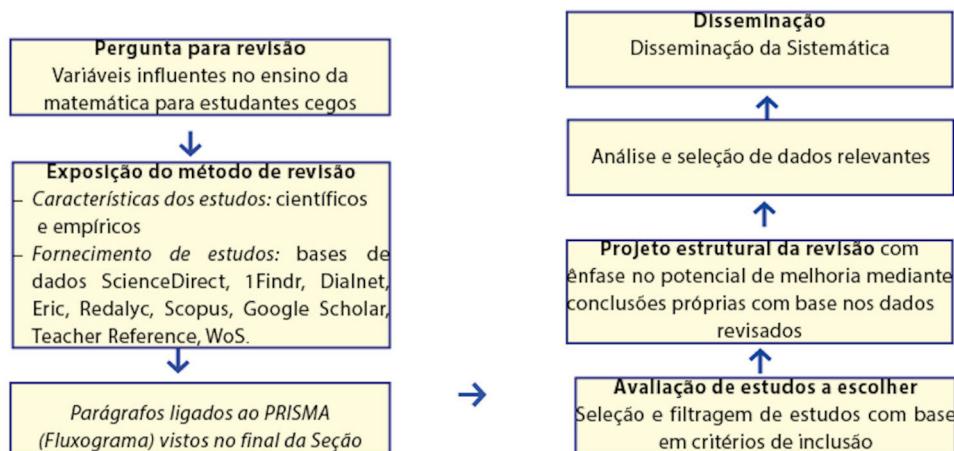
O potencial da inter-relação de elementos como a aplicabilidade do STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte) na educação começa a ser exposto, uma vez que a matemática tem grande importância em nossas vidas, juntamente com a aprendizagem da escrita e da leitura. Trata-se de um pilar essencial na formação e aquisição de conhecimento e é indispensável associar o ensino da matemática, um elemento chave do STEAM, com outras disciplinas como física, química, e disciplinas tecnológicas. Tendo como função a melhoria da educação a partir da inclusão de todas as pessoas, acreditamos que a Matemática tem um papel integrador e crucial no aprendizado de hoje; por isso, estimamos o interesse deste estudo, que analisa o ensino da matemática para pessoas com deficiência visual desde os estágios iniciais da educação escolar.

Parte da compreensão matemática é baseada na abstração, como é o caso da álgebra, e outra parte essencial é baseada na visualização, como a geometria e a topologia, sendo fundamental o ensino destes elementos aos estudantes, já que suas bases serão utilizadas em diversas disciplinas, como é o caso da Física.

O objetivo principal desta pesquisa é a revisão sistemática dos estudos disponíveis, propondo uma estrutura teórica sobre a relação da Matemática com o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e sua adaptação à educação, fornecendo avaliações pessoais. Destacamos os possíveis usos das inovações e sua incorporação nos espaços escolares para favorecer a real inclusão de deste grupo em qualquer série ou área específica dentro da oferta acadêmica.

Metodologia

Realizamos uma revisão sistemática de artigos publicados em revistas científicas sobre o Ensino da Matemática para estudantes com deficiência visual. Para autores como Munn *et al.* (2018) trata-se de um projeto de pesquisa baseado na recapitulação de informações sobre um tema específico, com o objetivo de resolver uma questão de investigação. Assim, baseado em uma questão a ser resolvida, o conhecido PRISMA (Principais Itens para Relatar revisões Sistemáticas e Meta-análises) foi utilizado para sintetizar a pesquisa realizada (MOHER *et al.*, 2009). Portanto, o gráfico que segue (Figura 1) expressa, de forma reduzida, a forma de proceder no estudo bibliográfico realizado.

Figura 1 – Procedimento de estudo

Fonte: elaborado pelos autores.

Considerando-se a metodologia deste estudo, os artigos selecionados cobrem o período de 1998 a 2020. Diferentes padrões de busca foram utilizados para coletar as informações por meio de nove bancos de dados: ScienceDirect, 1Findr, Dialnet, Eric, Redalyc, Scopus, Google Scholar, Teacher Reference e WoS.

As palavras booleanas "e/ou" e "or/o" foram usadas para procurar artigos como os seguintes, para Web of Science (WoS), Scopus, 1Findr, Google Scholar e Teacher Reference: TI= ("cego" OU matemática OU TIC OU deficiência) e TI= ("cego" OU "educação inclusiva" OU "deficiência"). Para o banco de dados da Dialnet, Eric e Redalyc foi utilizada a seguinte sintaxe: TI= (Deficiência OU matemática OU ensino OU ICT OU educação) e TI= ("educação inclusiva").

Os seguintes critérios de inclusão foram considerados na seleção dos estudos:

- Somente foram considerados artigos que tratam de matemática, ensino de matemática e tecnologias que melhoram a educação de acessibilidade por meio do uso da matemática.
- Artigos em inglês, italiano, português, francês, tagalo e espanhol, respectivamente, foram considerados.

Para a gestão dos recursos bibliográficos usamos a ferramenta Mendeley. Foi realizado um processo indutivo: uma primeira leitura da pesquisa foi feita; em seguida, o texto contendo as diversas variáveis foi marcado, e associações foram feitas de acordo com o conteúdo (por exemplo, se a variável encontrada tinha a ver com o ensino da matemática e o uso da matemática através da tecnologia). Uma vez feitos os agrupamentos, foi realizada uma segunda leitura para verificação e, se necessário, modificar a classificação final.

Amostra de Artigos

Nos dez bancos de dados utilizados foram encontrados 416 estudos e todos foram armazenados na biblioteca Mendeley. Dos 416 estudos, 189 foram eliminados por duplicação e 198 foram selecionados para a leitura do resumo. Após a leitura, 107 foram eliminados, pois não estavam relacionados com o tema da pesquisa.

A seleção final foi formada de 91 artigos de pesquisa, dos quais 54 foram excluídos por critérios como, por exemplo, exames sistemáticos não focalizados no assunto do estudo ou interpretação do assunto principal (Figura 2). Assim, o universo sobre os quais desenvolve-se a presente revisão sistemática é de 37 artigos.

Foi também realizada a análise do conteúdo do resumo e do corpo dos 37 artigos, pois estes forneceram informações para identificar dados relevantes sobre o Ensino da Matemática e sua aplicabilidade às disciplinas para cegos.

Experiência no Ensino de Matemática para Cegos

Os processos de ensino de estudantes cegos são limitados no campo da Matemática e nas disciplinas científicas, que exigem habilidades espaciais, difíceis de adquirir por estudantes com cegueira (MARTÍN ANDRADE, 2010). Por esta razão, é necessário estudar em profundidade o atual estado científico da educação matemática para cegos, bem como as ferramentas utilizadas para facilitar a sua aquisição de conhecimentos.

Os precedentes da educação matemática para cegos podem ser encontrados no diálogo de Molyneux, entre Locke e um filósofo, sobre a premissa das situações de uma pessoa que recupera sua visão, se ela nasceu cega, na relação com o novo ambiente, as figuras da geometria, os cubos, as esferas, que reconheceu anteriormente pelo toque (MACHO, 2013).

Ainda hoje, a educação em matemática para alunos cegos nos ciclos do Ensino Fundamental e Ensino Médio é desenvolvida através do aprendizado de vários conteúdos baseados na descoberta, na criação de recursos didáticos, bem como de vários exemplos práticos, utilizando origami e fluxograma (FLORENTINO PINO, 2010).

O cientista Florentino Pino (2010) define os tipos de exigências em didática matemática em pessoas cegas em três tipos: (1) estrutura matemática: ligação com as tarefas diárias, avaliação do sistema tátil, avaliação das representações tridimensionais, bidimensionais, e uso de uma linguagem adequada na expressão do conhecimento adquirido que melhora a forma de expressão e a aquisição desse conhecimento; (2) estrutura psicológica geral: aprendizagem gradual, autodescoberta, conformação de esquemas empíricos, desde o concreto até o abstrato; (3) adaptação às necessidades do grau de deficiência visual, utilizando exploração visual sistemática em casos leves de baixa visão ou, normalmente, comunicando conteúdo matemático através do sistema tátil, professores com treinamento didático que aplicam recursos táteis para adaptar seu ensino de forma coerente.

É importante situar as experiências desenvolvidas pelos estudantes como um pilar no desenvolvimento do ensino, como o refletido no trabalho de Beltrán, Cerón e Pineda (2012), em que várias experiências conjuntas sobre a educação inclusiva em matemática para estudantes cegos são sistematizadas, com a descrição e a caracterização dos processos nos planos de ensino, e o treinamento prático de professores em matemática para estudantes cegos. Dentro do conteúdo, há a possibilidade de desenvolvimento do pensamento espacial e numérico, assim como as várias relações com os sistemas numérico e geométrico, através de uma metodologia adaptada, típica dos processos de sistematização das experiências educacionais. Os resultados do estudo refletiram as vantagens do professor como mediador dos

processos de inclusão e ensino, facilitando o conhecimento matemático a seus alunos, com exemplos táteis, de maior aquisição por alunos com baixa visão ou cegueira total.

Assim, a criação de material educativo em sala de aula pelos professores não só melhora a aquisição de conceitos, mas também facilita a participação dos alunos.

Tecnologias que Melhoram a Educação

A tecnologia nos ajuda a comunicar, a entender problemas complexos e a ter acesso à informação. No caso do ensino da matemática, devemos destacar o uso de modelos de treinamento educacional na instrução da matemática inclusiva, vale destacar, a Metodologia Bar (MBRP), por meio do uso de material pictórico, aplicado pelo teórico Energici Sprovera (2014) a alunos cegos do ensino fundamental. A MBRP tem como base um jogo de educação reversa com ferramentas TIC, usadas pelos alunos ao desenvolver tarefas com tabuletas, exercitando problemas matemáticos e gerando representações gráficas traduzidas por vibrações e sons. Os resultados não mostraram mudanças notáveis, ocorrendo semelhanças entre eles. Foi demonstrado que os sons são mais importantes quando associados a lugares ou ações concretas, do que apenas o som em si.

No campo da representação de dados matemáticos para cegos, um dos problemas é que não existem muitos dados sobre a realização de desenhos, métodos, ferramentas ou informações para a realização gráfica dos exercícios. Em seu trabalho, Xu (2013) analisa, por meio da criação de um sistema utilizado como ferramenta, estudantes que desenham com o movimento dos dedos em dispositivos com software Braille utilizando tablets. O resultado é que os cegos podem desenhar sobre o contorno e ter um bom senso de espaço e forma tridimensionais. Por meio do sistema de coleta de informações, os dados XML são gerados através do desenho, e são facilmente acessados pelos serviços web, sendo este o primeiro sistema automático para coletar e acessar tais dados.

No campo da percepção, Konecki *et al.* (2017) analisam o uso de tiques na resolução de problemas para estudantes cegos, expondo a necessidade de avaliar dois aspectos-chave: primeiro, a necessidade de substituir a informação sensorial visual por outro tipo, como auditiva ou tátil, e, segundo, tentar melhorar ou reabilitar partes da capacidade cognitiva, já que a deterioração visual não só afeta parte da informação sensorial, mas também leva à deterioração espacial e cognitiva. Conclui-se que, embora existam várias ferramentas acessíveis, apenas algumas são utilizadas na representação de equações, gráficos e meios para melhorar a navegação.

Portanto, no caso das tecnologias utilizadas, sua implementação no ensino também deve ser avaliada, para conhecimento e utilização das melhores ferramentas para cada representação na escola.

Inovação Pedagógica

No campo da inovação do ensino em educação, vale destacar o *Projeto de Formação de Professores para o Ensino Acessível em Matemática* de Ochoviet e López (2014), realizado através de unidades específicas: (1) didática da Matemática, como especialidade científica; (2) representações e linguagens em relação à matemática; (3) processo de ensino e debate científico; (4) aprendizagem de equações lineares

com duas incógnitas; e, finalmente, (5) obtenção de matemática acessível. Entre os resultados do estudo foram apontadas as limitações na implementação de projetos de tarefas em relação às equações lineares com duas incógnitas por meio do geoplano. Foi necessário levar em conta as variáveis didáticas, como: o tipo de numeração (decimais, fracionários, inteiros), e equações complexas (sinal de coeficiente variável, com ou sem denominadores).

No campo internacional, no ensino da matemática, vale destacar a colaboração entre a Ásia e os EUA no aperfeiçoamento dos professores e sua instrução em matemática inclusiva evidenciado no manual *Matemática facilitada para crianças com deficiência visual* (OSTERHAUS, 2006). Por um lado, distinguem os métodos gerais de ensino de matemática e ensino de cegos, e, por outro, os métodos de preparação de material didático, aprendendo com as próprias características e procedimentos de avaliação das crianças, apostando na criatividade matemática, e incluindo o uso do ábaco.

Com relação ao uso do ábaco nos EUA e Canadá, o trabalho de Rosenblum, Hong, e Amato (2013) analisou a instrução adequada no uso do ábaco e as habilidades adquiridas com ele, por meio de pesquisas de opinião online de 196 professores de cegos nesses países, que acompanharam durante vários anos. Mais de 80% dos resultados melhoraram em subtração e adição através do ensino de habilidades de informática no ábaco desde a pré-escola até a segunda série.

Com relação ao uso de métodos de ensino em matemática para cegos, também vale a pena notar o trabalho de Brawand e Johnson (2016), que diferenciam o uso do ábaco, braile, materiais concretos e gráficos táteis. Rosenblum e Smith (2012) investigaram o aprendizado ideal das variáveis acima no campo universitário no Canadá e nos EUA.

Portanto, no processo de pensamento matemático em pessoas cegas, os resultados do trabalho de pesquisa qualitativa de Syafitri, Subanji e Dwiyana (2016) na área de Tunanetra, na Indonésia, com estudantes da 9^a série em 2015, mostraram que o pensamento dos sujeitos cegos parte do estímulo; este estímulo, dado na forma de um problema matemático é percebido através da audição e do tato, assim como na memória em curto prazo, após passar por uma fase de percepção e atenção seletiva. Na memória de curto prazo, a informação pré-existente está na forma de conceitos necessários na resolução de problemas e ligados à memória de longo prazo (*recall*). Quando a informação deixa a memória de curto prazo há duas alternativas para que a informação passe para a memória de longo prazo (codificação) e, ou seja, reenviada para o ambiente na forma de respostas dos estudantes.

Hidayati (2018) reafirma em sua pesquisa os preceitos acima, com a análise do processo de pensamento dos estudantes na solução de problemas matemáticos com base na teoria do processamento de informações, em sua experiência em Suribaya, Indonésia, em 2017. Este trabalho descriptivo qualitativo utilizou a coleta de dados, a entrevista e o método de reflexão em voz alta. Os resultados mostraram que a atenção ocorre após a leitura do problema e na percepção. Além disso, durante a percepção, os estudantes recuperam os conceitos necessários da memória de longo prazo para resolver o problema. Portanto, para estudantes com baixa capacidade matemática, os conceitos necessários para a memória de curto prazo não são bem armazenados na memória de longo prazo; desta forma, os estudantes muitas vezes experimentam erros e esquecem.

Na pesquisa sobre as metodologias em matemática e sua instrução em cegos, o estudo de Malasig e Zhang (2016) aprofundou as habilidades da matemática básica e sua aplicação na resolução de problemas da vida diária. Dentro da comparação feita sobre a implementação de material sonoro para o ensino é evidente que quando as faixas de áudio são implementadas em tecnologia com livros digitais ou computadores, há uma melhoria notável com a ajuda do áudio gerando um maior número de sucessos em problemas matemáticos através da resolução de um maior número de equações.

Desta forma, o aperfeiçoamento dos projetos traz consigo a necessidade de implementar a atual tecnologia de apoio, para a aquisição de conhecimentos dos estudantes cegos.

Tecnologia de Assistência

No caso de ferramentas de tecnologia assistiva para cegos, a pesquisa de Kelly e Kapperman (2011) aborda a carência de instrução apropriada, específica e regulamentada pelos educadores para as necessidades específicas, por meio de várias avaliações e diagnósticos contínuos. Esta instrução é direcionada para objetivos próprios, com base no desenvolvimento de habilidades acadêmicas, profissionais e independentes. No caso da diversidade de notas em baixa visão, os educadores devem ser altamente treinados, não apenas em suas competências, mas também na nova e aprimorada implementação educacional para este tipo de estudante.

Entre as dificuldades que os estudantes cegos têm em adquirir informações em sala de aula, o pesquisador Lowenfeld (1973 apud LUGONE, 2018) definiu três tipos de problemas: acesso à informação, viagens independentes posteriores e ausência de experiências significativas. A tecnologia assistiva permite tanto o acesso à informação quanto o desenvolvimento profissional dos estudantes, a fim de alcançar tanto o sucesso acadêmico quanto profissional. Atualmente, o desafio se baseia em conseguir eficiência na diversidade dos programas de assistência, adaptando-os ao grau de perda de visão, à aplicabilidade de avaliações individualizadas e ao acompanhamento dos estudantes no que diz respeito ao uso da tecnologia.

Neste campo, o desenvolvimento de métodos de ensino *e-learning* permite uma educação adequada, resolvendo o problema da distância e da acessibilidade, embora neste último ponto apenas em certa medida. Maćkowski, Brzoza e Spinczyk (2014), reestruturaram os exercícios matemáticos em função de sequências com subexercícios elementares, possibilitando uma resolução interativa das atividades matemáticas para sua avaliação. Os resultados confirmam uma boa compreensão das fórmulas matemáticas descritas e, independentemente do nível de complexidade das fórmulas, o nível de compreensão na estrutura é maior nas descrições alternativas. Além disso, as descrições alternativas são muito úteis para estudantes de baixa visão ao utilizar lutas e funções sonoras adicionais.

Há alguma controvérsia sobre como o tema da matemática deve ser implementado mais eficientemente na educação, como gerar novas estratégias de ensino e materiais para o ensino da matemática na educação especial.

Por sua vez, a pesquisa de Spinczyk *et al.* (2019) analisa os fatores que influenciam o processo de aprendizagem de estudantes cegos em matemática e o grau de aperfeiçoamento que o uso da tecnologia implica. Desenvolvendo uma análise na instrução e na compreensão da matemática com computadores,

os estudantes são avaliados por meio de sete categorias de fatores: emocional, comportamental, social, cognitivo, moderação, motivação e distração. Usando o método de ensino alternativo, obtiveram resultados significativamente melhores em seis das sete categorias de avaliação propostas, mostrando uma melhoria significativa no ensino da matemática usando a tecnologia.

No ensino da matemática, a aplicabilidade da geometria é de especial interesse, especialmente na didática com estudantes cegos, tanto na concepção de estruturas como na concepção de formas. Portanto, temos que abordar a geometria como uma rede de conceitos que nos ajudam a representar e descrever nossos ambientes físicos (BATTISTA, 2007 apud BABAI; LAHAV, 2020). Os conceitos de espaço e forma são frequentes no desenvolvimento de muitos assuntos, especialmente quando falamos de pessoas cegas. Portanto, é importante saber como os estudantes podem compreender e interpretar o espaço e suas formas, assim como, poder ajudá-los a ter esse conhecimento prévio na leitura do braile em diferentes disciplinas.

Pensamento Geométrico

No estudo de Klingenberg (2012) sobre a compreensão conceitual do espaço e da forma, são analisadas as maneiras pelas quais estudantes noruegueses cegos conseguiram completar tarefas geométricas e a representação mental da forma. Usando a metodologia do estudo de caso para comparar dois estudantes de dez anos com habilidades matemáticas, aponta-se que o movimento e as posturas das múltiplas explorações manuais nos estudantes cegos correspondiam às características das formas dos próprios objetos. A partir das conclusões obtidas, é apontada a necessidade de utilizar o corpo humano como um elemento de exploração. Quanto aos professores, estes devem fornecer aos alunos objetos e formas, não apenas protótipos para este fim, desafiando-os a verbalizar as percepções e sensações sobre dimensões, como um elemento anterior ao estudo das unidades de medida padrão.

No processo de aprendizagem na disciplina de matemática, o pesquisador Radford (2014) delimita-a como objetivação, distinguindo a capacidade de aprender – como tornar algum elemento objetivo –, e a aprendizagem, o ato no qual o sujeito intencionalmente converte o objeto matemático em consciente, mediante o conhecimento adquirido.

A estreita conexão entre movimento e percepção endossa os resultados das diversas investigações neurocientíficas e a implicação dos neurônios-espelho, como as citadas por Del Zozzo (2010), Gentilucci (2003), Goldin-Meadow (2003) e Rizzolatti (2006), enfatizando as funções gestuais e cognitivas. Rizzolatti (2006 apud DEL ZOZZO, 2010) examina as funções sensoriais motoras e perceptivas nas áreas dos hemisférios, destacando dois tipos notáveis de neurônios em relação à percepção do objeto: um primeiro tipo ligado à visão, fornece informações sobre os elementos – tamanho, forma e peso – mesmo antes de agarrá-lo, permitindo a resposta da interação calibre a força e a localização de nossa mão para atingir nosso objetivo; e, o segundo tipo, ligado à observação direta de uma ação realizada por outra pessoa, ativando os neurônios espelho para observar a execução da ação, e tentar imitá-la.

Seguindo a premissa sobre a compreensão do espaço e a forma do pensamento geométrico, Fischbein e Nachlieli (1998 apud ROTH, 2020) desenvolvem uma investigação baseada na relação entre o aspecto figurativo e o aspecto conceitual. As

formas, em geometria, são caracterizadas pelas propriedades sensoriais e conceituais das figuras. A figura é uma entidade mental abstrata na percepção – a própria ideia – cujo significado está subordinado a uma definição. Ao mesmo tempo, a figura é uma imagem que possui magnitude, especialidade e forma. No raciocínio geométrico, as duas categorias de propriedades devem ser totalmente combinadas com os elementos sensoriais que proporcionam a dinâmica da invenção, e o componente conceitual que garante o progresso do processo matemático.

Ladel e Kortenkamp (2013) abordam a aplicabilidade de ferramentas multi-toque em matemática, a partir da perspectiva da teoria da atividade, capturando situações complexas que acontecem na sala de aula, analisando as interações dos alunos com objetos virtuais tátteis, e a relação dos objetos com o conteúdo matemático das aulas com as ferramentas multi-toque.

Estas ferramentas abarcam mais atividades do que os modelos tradicionais, sendo adequadas para o aprendizado colaborativo. A avaliação da progressão do aluno pode ser focalizada no objeto ou no próprio processo, por meio do estudo informatizado de operações, como eventos capazes de identificar ações típicas dos níveis de competência, que são diferentes em estudantes que trabalham com operações numéricas.

No caso das melhorias desenvolvidas no campo da matemática, hoje se busca a incorporação da metacognição, que é a base da pesquisa *Matemática crítica para sociedades inovadoras: o papel das pedagogias cognitivas*. (MEVARECH; KRAMARSKI, 2017).

Esta didática permite aos estudantes desenvolver seus próprios pensamentos durante o processo de aprendizagem. Não apenas para melhorar o desempenho escolar, mas também em processos afetivos, com maior motivação, autoconhecimento e redução da ansiedade. Esta correlação entre os resultados da escolaridade e a metacognição tem implicações na educação e aos responsáveis diretos pela formulação de políticas. A matemática metacognitiva é mais eficiente em ambientes colaborativos e tem sua eficácia aumentada quando engloba o aspecto cognitivo e emocional do aprendizado, por isso é uma possibilidade a ser considerada na aplicabilidade da inteligência emocional e sua inter-relação com as diversas disciplinas que compõem o currículo escolar.

No contexto internacional destaca-se o Método de Cingapura, que focaliza o desenvolvimento de habilidades que preparam os alunos para a resolução de problemas da vida real, exigindo que os próprios professores participem na compreensão, desenho e desenvolvimento dos próprios problemas, conseguindo melhorias significativas em habilidades como inovação, resolução de problemas e gerenciamento de preocupações e inseguranças.

Entretanto, o Método de Cingapura não considera os estudantes cegos dentro de sua metodologia e acreditamos que precisa ser melhorado se quisermos uma educação igual e internacionalmente referenciada. Da mesma forma, outro ponto de melhoria é poder analisar a aplicabilidade e as vantagens da capacidade criativa na resolução de problemas, podendo combinar o ensino das artes com as áreas matemáticas ou científicas. Acreditamos que, tanto no campo da inclusão quanto no campo da inovação educacional, a capacidade de implementar estas áreas é essencial para a adaptação do programa.

Vale a pena mencionar vários modelos internacionais de inclusão do ensino de matemática no ensino secundário, como os implementados pela França, República Tcheca, Bangladesh, África do Sul, Polônia e Brasil.

No país francês, no estudo sobre *Educação Secundária em Matemática para Cegos* de Lewi-Dumont, Arneton e Puustinen (2016), afirma-se que a situação mais usual é a inclusão individual na própria classe de referência. A partir dos resultados do estudo, fica evidenciado que certos estudantes na França não conseguem dominar completamente técnicas – de locomoção, digitação, braile – ou adquiri-las posteriormente como resultado de habilidades em um ambiente comum e com menos apoio, no nível público. São os próprios professores do ensino médio que estão envolvidos em projetos individuais, juntamente com vários profissionais, a fim de minimizar o impacto e a desigualdade nas aulas comuns, utilizando modelos e técnicas de aprendizagem adaptadas. Os professores principiantes dão uma perspectiva mais psicoemocional ou se concentram em aspectos materiais, ao contrário dos professores mais experientes, que discernem entre seu próprio aprendizado e a dificuldade física.

Na República Tcheca, o trabalho da Vojtech (2015), realizado em 11 escolas com alunos cegos, também é relevante para os alunos do ensino médio. Como resultado, apenas 27% dos professores pesquisados sabiam como utilizar ferramentas para a melhoria educacional da escrita de expressões matemáticas, devido ao acesso ineficaz ou inexistente a informações e produtos, pelos próprios professores e conselheiros das escolas de cegos, que utilizam métodos ineficientes no ensino, ou mesmo eliminam conteúdos relacionados à percepção visual.

Por isso é tão importante melhorar continuamente o corpo docente, a fim de assegurar o conhecimento adequado para todos os tipos de alunos, por meio do uso de técnicas e ferramentas que facilitam o ensino; e apostando na participação ativa tanto do corpo docente, quanto dos conselheiros no uso do código Braille para a notação direta das expressões matemáticas.

Na área de Bangladesh, a pesquisa de Chakraborty, Khan e Alim Al Islam (2017) analisou as limitações no acesso à educação aritmética nos estudantes cegos, tentando resolver esse problema em áreas com dificuldades econômicas, por meio da criação de materiais fáceis de usar e de baixo custo. A avaliação dos usuários na pesquisa confirma a capacidade adaptativa e o potencial dos estudantes na realização das tarefas. Assim, os pesquisadores apontam a ajuda que ela representa na remoção de barreiras com relação a desafios similares em áreas de regiões próximas.

A colaboração entre pares e o corpo docente é essencial para comunicar eficientemente o conteúdo do ensino. No trabalho realizado por Fajardo e Archambault (2014 apud WHITE, 2020) destaca-se a implementação de uma interface com o uso de imagens, braile e áudio. A pesquisa mostrou que ela facilita a comunicação, a manipulação de elementos e a escrita. Uma segunda modalidade de testes em instrução cognitiva foi realizada com professores de matemática com experiência em alunos cegos, para contrastar a relevância das características em termos de aspectos didáticos. Os dados foram relevantes para o nível de instrução, mas outras alternativas devem ser consideradas para os níveis superiores.

Na África do Sul, a pesquisa de Maguvhe (2015) determinou os vários fatores que influenciam a participação de estudantes cegos em Matemática e em Ciências. Considerou-se o papel dos professores como mediadores do conhecimento na

educação primária e a participação dos estudantes dentro e fora da sala de aula, através do estudo de caso, permitindo a aquisição de conhecimento sobre os vários elementos didáticos que aproximam os estudantes do estudo da Ciência e o papel ativo dos professores. Os resultados refletiram a falta de motivação e tutoria dos professores, que apareceram não ter as habilidades necessárias para expressar a paixão pela matemática e pelas ciências, gerando uma didática ineficaz e inadequada.

No caso do Brasil, a pesquisadora Silva (2016) analisa o campo da geometria com a adequação do uso de materiais de fácil manuseio, investigando as reflexões dos profissionais, a criação específica de materiais didáticos e sua avaliação. Como outros pesquisadores, Uilina (2013) e Braz, Braz e Borba (2014 apud SILVA, 2016) abordaram a criação de material tátil para o ensino matemático, com materiais de várias texturas e tamanhos, usando a metodologia do estudo de caso, com entrevistas semiestruturadas. Entre os resultados, destacam que os professores têm pouco interesse em técnicas e ferramentas que favoreçam o aprendizado. Portanto, devem ser consideradas as melhores ferramentas para a adaptação da pedagogia com a implementação de métodos estruturados eficientes nas práticas de ensino.

O trabalho de Viginheski *et al.* (2017) sobre adaptação e técnicas utilizadas na matemática em nível primário em Ponta Grossa, Brasil, indica que, nos ajustes metodológicos no ensino da matemática para cegos, os professores devem utilizar os recursos disponíveis, promovendo ajustes necessários nos materiais, e desenvolvendo novos elementos, que exigem a aquisição de conhecimentos previamente. Os resultados do estudo refletem que as técnicas de produção também podem ser desenvolvidas com estudantes cegos, fazendo as adaptações apropriadas no material e ajustando-o ao grau de perda de visão.

Os trabalhos de Oliveira (2012), Sanches (2012), Walichinski (2012), Semmer (2013) e Pereira (2013) citados por Viginheski *et al.* (2017) baseiam-se nas técnicas atuais no ensino da matemática e exemplificam as diretrizes a serem seguidas na sala de aula para um ensino adequado, apontando a importância da participação dos próprios alunos, o tempo de desenvolvimento das atividades, e o uso de adaptações pelos professores, que possibilitem a inclusão real.

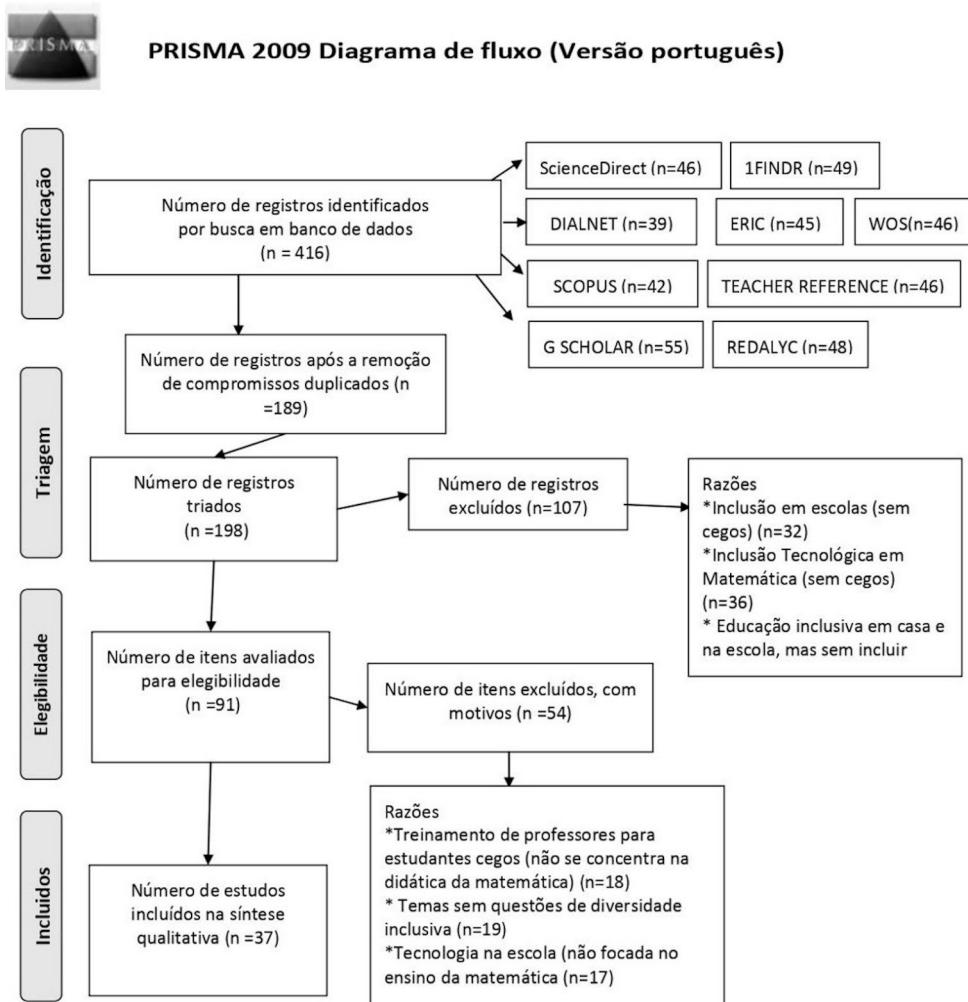
Considerando as necessidades educacionais refletidas na pesquisa, é possível estimular estratégias didáticas adequadas para melhorar a educação. Estes parâmetros também são observados nas pesquisas de Pinho *et al.* (2016), sobre a educação matemática em estudantes cegos no Brasil, apontando a necessidade do desenvolvimento de estratégias didáticas para o ensino e o desenvolvimento de uma educação de qualidade. Com relação aos resultados dos estudos analisados, fica claro que no ensino da matemática para estudantes cegos há dificuldades na tradução da teoria para a prática na sala de aula. É necessário favorecer o desenvolvimento do corpo docente e fornecer materiais para a melhoria da qualidade do ensino, bem como que as pesquisas também mostrem a diferenciação entre graus de visão entre estudantes com visão baixa e cegueira total.

Análise dos Resultados

Para realizar a análise dos resultados foi realizada a codificação das variáveis.

Os estudos selecionados são caracterizados por seu escopo internacional ($n=80,56\%$), com pouca presença de estudos no contexto espanhol ($n=19,44\%$). Nos 37 estudos selecionados foram encontradas diversas variáveis que afetam a relação entre matemática, seu ensino, as ferramentas utilizadas para ensiná-la, e o uso da tecnologia para chegar a todos os alunos (Figura 2).

Figura 2 – diagrama de fluxo do PRISMA



Fonte: elaborado pelos autores com base em Moher *et al.* (2009).

Dentro dos critérios de exclusão, os artigos não relacionados com a inclusão em escolas com cegos foram posteriormente descartados ($n=32$), seguidos pelos estudos que não continham participantes cegos em relação à inclusão tecnológica da matemática ($n=36$), concluindo com os artigos que tratavam da educação inclusiva em casa e na escola, mas sem incluir a matemática ($n=39$). Posteriormente, entre os selecionados, foram descartados aqueles que analisaram a formação de professores para alunos cegos, mas não enfocaram o ensino da matemática ($n=18$), também pesquisas sobre temas sem questões de diversidade inclusiva ($n=19$) e, para concluir, as pesquisas que se baseiam na tecnologia na escola, mas não enfocam o ensino da matemática ($n=17$).

No caso dos estudos sobre a prática do ensino da matemática em estudantes cegos, deve-se afirmar que as informações obtidas das entrevistas com pessoas com conhecimento direto do ensino em sala de aula não são suficientes para coletar todos

os dados necessários sobre as experiências dos estudantes com cegueira total e visão reduzida. O trabalho conjunto entre professores e famílias, assim como pesquisadores e técnicos de educação especial, é necessário para obter dados ideais, assim como para facilitar o desenvolvimento da adaptação de materiais para melhores resultados, e para adquirir conhecimentos de uma forma mais eficiente e instrutiva. Da mesma forma, uma comparação entre as formações em diferentes países proporcionaria uma perspectiva sobre várias políticas educacionais, para saber o que funciona e o que não funciona, promovendo o intercâmbio de informações, a fim de proporcionar melhorias nos currículos escolares. Desta forma, o estudo de STEM e a interconectividade com outras matérias escolares poderia não apenas melhorar o modelo de ensino atual, mas também estimular os leitores e participantes com deficiência visual a se interessarem por Matemática e Ciências.

Na análise dos estudos, todos apresentam uma pequena amostra de participantes, a ausência de comparações com estudos internacionais no mesmo campo, e a falta de comparação dos resultados com outros estudos, o que poderia dar variedade e inovação desejável para o estado da arte.

Discussão e Conclusão

Após os resultados obtidos na revisão e análise podemos concluir que a maioria das pesquisas tem um baixo número de participantes em seu trabalho de intervenção educacional, devido a vários fatores que alguns pesquisadores destacaram como fatores limitantes, como por exemplo, a dispersão na situação geográfica ou a ausência de políticas inclusivas realizadas nos diferentes países dos estudos, bem como a ausência na diferenciação entre estudantes com cegueira total em relação aos estudantes com visão reduzida, estudantes com cegueira adquirida (por lesão ou deficiência), ou cegueira congênita (desde o nascimento).

Além disso, na grande maioria dos países analisados, os professores carecem de qualificações específicas e não mostram vontade de adquiri-las, e não sabem como instruir eficientemente os alunos quanto à abordagem de assuntos específicos ou essenciais. Da mesma forma, falta um currículo aberto que torne possível a implementação de melhorias educacionais internacionais na área da inclusão. Também não há ênfase na colaboração com outros profissionais qualificados que possam aconselhar e instruir professores, ou colaboração entre escolas, exigindo, na grande maioria dos casos, professores itinerantes que têm que se deslocar para cada área, com considerável dispersão, o que relega a qualidade da educação ou a sua eficácia, gerando a segregação de alunos sem deficiência, quando falamos de centros específicos de educação especial sem inclusão. A partir dos estudos analisados sobre o corpo docente, os pesquisadores sobre educação na América Latina, Europa Oriental, Ásia e África alegam a ausência de recursos para o ensino inclusivo correto.

O ensino escolar não deve se basear apenas na aquisição de meios materiais para a inclusão de pessoas com deficiência, mas sim, em grande parte, na formação dos professores, que precisam saber como realizar práticas pedagógicas apropriadas e projetadas para incentivar os alunos, tanto na criação de seu próprio material, como com a própria agenda, não devem se limitar aos roteiros pré-estabelecidos do livro padronizado, o que, muitas vezes, é o grande erro de alguns profissionais do ensino.

Além disso, as escolas devem ser capazes de implementar os meios mais apropriados, eficientes e necessários na educação atual, como o uso da criatividade e da inteligência emocional, que encontramos todos os dias em um maior número de escolas, inter-relacionando matérias, ou o uso de diferentes idiomas no ensino das matérias escolares, como é o caso das escolas bilíngues e trilíngues.

Os vários aspectos da Matemática no campo da educação devem ser revalorizados desde o início da fase escolar, focalizando-a por meio do aprendizado por brincadeira, facilitando a aquisição de conceitos matemáticos que possam, posteriormente, ser aplicados em outras disciplinas, e desenvolver o conhecimento no uso e nas funções da matemática com aplicabilidade prática.

Os professores devem considerar que os modelos clássicos de ensino enfatizados na mnemônica estudantil não são adequados, já que o conhecimento, quando é adquirido apenas para passar em uma disciplina, é perdido porque não está relacionado a outras disciplinas. Por esta razão, devemos apostar nos modelos educacionais atuais que conectam as disciplinas para gerar um conhecimento muito mais efetivo e prático que promove o pensamento crítico, a reflexão e a curiosidade de aprender. No caso do ensino para cegos, a união do modelo clássico e do modelo interconectado é uma vantagem, pois favorecer a didática na educação inclusiva com elementos da ciência mnemônica significa influenciar o ponto mais importante do estudante cego: sua excelente memória, exercida diariamente para se inter-relacionar com seu ambiente, bem como a geração de conceitos e ideias através da lembrança de elementos do passado.

Referências

ARZOUMANIAN, P.; DALIBARD, É. Cedre 2014: mathématiques en fin de collège: une augmentation importante du pourcentage d'élèves de faible niveau. *Note d'Information DEPP*, Paris, n. 19, p. 1-4, 2015.

BABAI, R.; LAHAV, O. Interference in geometry among people who are blind. *Research in Developmental Disabilities*, Dordrecht, n. 96, e103517, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.103517>.

BELTRÁN LUNA, D. A.; CERÓN, L. E.; PINEDA CORTÉS, P. A. *Aproximación a algunos aspectos curriculares en relación con la formación docente y la enseñanza de las matemáticas a estudiantes con limitación visual*. 2012. 119 h. Trabajo de grado (Licenciatura en Educación Básica) – Universidad del Valle, Santiago de Cali, 2012.

BRAWAND, A.; JOHNSON, N. Effective methods for delivering mathematics instruction to students with visual impairments. *JBIR Journal of Blindness Innovation and Research*, Baltimore, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5241/6-86>.

CHAKRABORTY, T.; KHAN, T. A.; ALIM AL ISLAM, A. B. M. Towards devising a low-cost and easy-to-use arithmetic learning tool for economically less-privileged visually-impaired children. *ACM Transactions on Accessible Computing*, New York, n. 11, p. 21-31, 2018.

DEL ZOZZO, A. *Percezione aptica e apprendimento in geometria: immagini mentali, ostacoli e misconcezioni in presenza di deficit visivo*. 2010. 169 f. Tesi (Laurea in Didattica della Matematica) – Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturale, Università di Bologna, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/11806158.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2021.

ENERGICI SPROVERA, I. J. *Construcción de un juego educativo para el aprendizaje de las matemáticas en niños con discapacidad visual*. 2014. Memoria de grado (Ingeniería Civil en Computación) – Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, 2014.

FLORENTINO PINO, A. J. Enseñar matemáticas a los discapacitados visuales. *Innovación y Experiencias Educativas*, Granada, n. 34, p. 1- 12, 2010.

HIDAYATI, N. *Analisis proses berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah matematika berdasarkan teori pemrosesan informasi*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, 2018.

KLINGENBERG, O. G. Conceptual understanding of shape and space by braille-reading Norwegian students in elementary school. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, New York, v. 106, n. 8, p. 453-465, 2012.

KONECKI, M.; LOVRENČIĆ, S.; SEO, J.; LAPIERRE, C. The role of ICT in aiding visually impaired students and professionals. In: MULTIDISCIPLINARY ACADEMIC CONFERENCE, 11., 2017. Proceedings [...]. Prague: EBSCO, 2017. p. 148-154.

LADEL, S.; KORTENKAMP, U. An activity-theoretic approach to multi-touch tools in early maths learning. *The International Journal for Technology in Mathematics Education*, London, v. 20, n. 1, p. 3-8, 2013.

LEWI-DUMONT, N.; ARNETON, M.; PUUSTINEN, M. Comment des professeurs de mathématiques s'adaptent-ils aux besoins des élèves déficients visuels? *Carrefours de l'Éducation*, Paris, v. 42, n. 2, p. 119-132, 2016.

LUGOME, G. G. Academic performance impediments among students with visual impairment in inclusive secondary schools in Tanzania. 2018. 176 p. Dissertation (Master of Arts in Education) – The University of Dodoma, Dodoma, Tanzania, 2018. Disponível em: <http://repository.udom.ac.tz/handle/20.500.12661/1740>. Acesso em: 22 mar. 2021.

MARTÍN ANDRADE, P. *Alumnos con discapacidad visual: necesidades y respuesta educativas*. [S.I.]: Organización Nacional de Ciegos de España (ONCE), 2010. Disponível em: <https://cutt.ly/Xxx9Xsu>. Acesso em: 22 mar. 2021.

MACHO, M. *El problema de William Molyneux*. ZTFNews, 2013. Disponível em: <https://xurl.es/4hn7k>. Acesso em: 20 jun. 2020.

MAGUVHE, M. Teaching science and mathematics to students with visual impairments: reflections of a visually impaired technician. *African Journal of Disability*, Cape Town, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2015.

MAĆKOWSKI, M. S.; BRZOZA, P. F.; SPINCZYK, D. R. Tutoring math platform accessible for visually impaired people. *Computers in Biology and Medicine*, Elmsford, USA, v. 95, p. 298-306, 2018.

MALASIG, J. A.; ZHANG, D. A Review of Literature: Mathematics Instruction for Students with Visual Impairments. *Journal of Childhood & Developmental Disorders*, London, v. 2, n. 1, p. 1-4, 2016.

MEVARECH, Z.; KRAMARSKI, B. *Matemáticas críticas para las sociedades innovadoras: el papel de las pedagogías metacognitivas*. México, D.F: OECD, 2017.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, San Francisco, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.

MUNN, Z.; PETERS, M. D. J.; STERN, C.; TUFANARU, C.; MCARTHUR, A.; AROMATARIS, E. Systematic review or scoping review?: guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, London, v. 18, n. 1, p. 143-150, 2018.

OSTERHAUS, S. A. Book review: mathematics made easy for children with visual impairment. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, New York, v. 100, n. 8, p. 495-496, 2006.

OCHOVIET, C.; LÓPEZ, A. B. Capacitación a docentes para enseñanza accesible de la matemática: una experiencia en Universidades de América Latina. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON QUALITY AND ACCESSIBILITY OF VIRTUAL TRAINING, 5., 2014, Guatemala. *Actas [...]*. Guatemala: CAFVIR, 2014. p. 67-72.

PINHO, T. M. M.; CASTRO, H. C.; ALVEZ, L.; LIMA, N. R. W. Mathematics and blindness: let's try to solve this problem? *Scholedge International Journal of Multidisciplinary & Allied Studies*, India, v. 3, n. 10, p. 215-225, 2016.

RADFORD, L. *Towards an embodied, cultural, and material conception of mathematics cognition*. ZDM, Heidelberg, n. 46, n. 3, p. 349-361, 2014.

REGEĆ, V. Mathematics in inclusive education of blind students in secondary schools in the Czech Republic. *Procedia: social and behavioral sciences*, New York, v. 174, p. 3933-3939, 2015.

ROSENBLUM, P.; HONG, S.; AMATO, S. The abacus: teachers' preparation and beliefs about their abacus preservice preparation. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, New York, v. 107, n. 4, p. 274-285, 2013.

ROSENBLUM, L. P.; SMITH, D. Instruction in specialized braille codes, abacus, and tactile graphics at universities in the United States and Canada. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, New York, v. 106, n. 6, p. 339-350, 2012.

ROTH, W-M. Interdisciplinary approaches in mathematics education. In: LERMAN, S. (ed.). *Encyclopedia of mathematics education*. Cham: Springer, 2020. p. 415-419.

SAUER, L. *Mathematics for visually impaired students: increasing accessibility of mathematics resources with LaTeX and Nemeth MathSpeak*. 2020. Honor thesis (Graduation) – College of Arts and Sciences, Liberty University, Lynchburg, USA, 2020.

SILVA, M. D. Conhecimentos de professores sobre o ensino de geometria com material manipulável para estudantes cegos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 20., 2016, Curitiba. *Atas [...]*. Curitiba: UFPR, 2016. p. 1-9.

SMITH, D. W.; KELLY, S. M.; KAPPERMAN, G. *Assistive technology for students with visual impairments: a position paper of the Division on Visual Impairments*, Council for Exceptional Children. Arlington, VA, Council for Exceptional Children, 2011.

SPINCZYK, D.; MAĆKOWSKI, M.; KEMPA, W.; ROJEWSKA, K. Factors influencing the process of learning mathematics among visually impaired and blind people. *Computers in Biology and Medicine*, Elmsford, USA v. 104, p. 1-9, 2019.

SYAFITRIM, I.; SUBANJI, S.; DWIYANA, D. O. Processo de pensamento dos estudantes cegos na resolução de problemas matemáticos é visto a partir da teoria do processamento da informação. *Journal Pendidikan: teori, penelitian, dan pengembangan*, v. 1, n. 7, p. 1265-1278, 2016.

ULIANA, M. R. Inclusão de estudantes cegos nas aulas de matemática: a construção de um kit pedagógico. *Bolema*, Rio Claro, v. 27, n. 46, p. 597-612, 2013.

VIGINHESKI, L. V.; AIRES, J. P.; SILVA, S. C. R.; PILATTI, L. A.; FRASSON, A. C.; SHIMAZAKI, E. M. Análise de produtos desenvolvidos no mestrado profissional na área de matemática: possibilidades de adaptações para o uso com estudantes cegos. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba, v. 17, n. 51, p. 223-249, 2017.

WHITE, J. J. The accessibility of mathematical notation on the web and beyond. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, Rochester, v. 23, n. 1, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14448/jsesd.12.0013>.

XU, H. *A graphics support system for visually impaired people*. 2013. Dissertation (Master of Science) – School of Graduate and Postdoctoral Studies, University of Western Ontario, London, Canada, 2013.