

# ACESSIBILIDADE A GRÁFICOS EM TEXTOS DE MATEMÁTICA PARA PESSOAS COM CEGUEIRA

---

## **AILTON BARCELOS DA COSTA**

Doutor em Educação Especial pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, [ailton.barcelos@ufscar.br](mailto:ailton.barcelos@ufscar.br);

## **ALESSANDRA DANIELE MESSALI PICHARILLO**

Doutoranda em Educação Especial. Programa de Pós-Graduação em Educação Especial. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar [alessandrapicharillo@estudante.ufscar.br](mailto:alessandrapicharillo@estudante.ufscar.br) ;

## **NASSIM CHAMEL ELIAS**

Docente do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, [nchamel@terra.com.br](mailto:nchamel@terra.com.br).

## RESUMO

Este estudo teve o objetivo de levantar como ocorreu o acesso de pessoas com cegueira a gráficos contidos em livros didáticos de matemática, no período de 2010 a 2020. Para tanto foram pesquisados artigos em periódicos especializados em deficiência visual, que foram: 'Journal of Visual Impairment & Blindness' e 'British Journal of Visual Impairment', além do periódico brasileiro 'Revista Benjamin Constant'. Nos periódicos internacionais foi realizada a mesma pesquisa com os descritores representativos da temática de investigação foram (blindness) and (mathematics) and (graphics). No periódico brasileiro, foi buscado o termo 'gráfico'. Depois de aplicados os critérios, foram selecionados dez artigos, sendo seis entrevistas e quatro sobre procedimento de ensino. De maneira geral, tanto as entrevistas como os estudos que objetivaram desenvolver estratégias de ensino, indicaram o desafio de conseguir realizar uma descrição adequada das imagens e gráficos matemáticos, indicando a necessidade da utilização de recursos diversos nas adaptações das atividades que apresentem conteúdos por imagens.

**Palavras-chave:** Educação Especial, Deficiência Visual, Matemática Inclusiva, Gráficos.

## INTRODUÇÃO

A matemática é uma disciplina escolar de grande dificuldade por parte dos alunos com desenvolvimento típico, conforme dados oficiais do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SEAB), que mostram que 84,5% dos alunos na faixa etária dos 10 anos de idade (5º ano do Ensino Fundamental) não tinham atingido o aprendizado adequada para esta disciplina (BRASIL, 2018).

No entanto, de maneira geral, um desafio persistente, quando se trata da educação de pessoas com deficiência visual (DV), é a criação de conteúdos acessíveis para este público (ZHOU et al., 2011). Educadores e pesquisadores têm observado que a matemática é especialmente difícil para alunos com DV (MCDONNALL; GEISON; CAVENAUGH, 2009). Segundo Smith e Smothers (2012), os desafios à aprendizagem de habilidades matemáticas por este público podem provocar o atraso na compreensão de um determinado conteúdo, que pode ter um impacto negativo sobre a capacidade desses alunos de realizar operações matemáticas e compreender informações gráficas. Para os autores, dentre as habilidades matemáticas, a álgebra em particular, como aritmética, frações e equações, são identificadas como um dos principais problemas de aprendizagem para os alunos com DV. Vale esclarecer que, dificuldades de aprendizagem em álgebra por estes alunos os levam a não se qualificarem para programas de estudo que conduzem à ciência ou carreiras ligados a áreas como engenharia, e os levando também a enfrentarem limitações de emprego (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2013).

Quando se fala dos desafios à aprendizagem de habilidades matemáticas por pessoas com DV, a legislação brasileira, conforme o artigo 28 da Lei nº 13.146/2015 (Lei Brasileira de Inclusão), vem garantir a inclusão plena e a acessibilidade em todos os níveis, de modo a afiançar as condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem para o Público Alvo da Educação Especial (PAEE, que se refere a estudantes com deficiência, transtornos globais de desenvolvimento e altas habilidades/ superdotação), obtidas pela oferta de serviços e de recursos de acessibilidade que eliminem todo tipo de barreiras e promovam a inclusão e acessibilidade plenas (BRASIL, 2015). No mesmo sentido, a Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas), pressupõem, dentre outras medidas, assegurar a educação inclusiva para garantir um desenvolvimento equitativo e sustentável da população, ou seja, a perspectiva inclusiva na educação, segundo a UNESCO

(2003), atinge todas as crianças, como dever do ensino regular, atendendo as necessidades de conteúdo, abordagens, estrutura e estratégias apropriados para as características de cada estudante.

Por habilidades matemáticas entende-se que estas são os comportamentos com probabilidade de serem emitidos em contingências que envolvam números falados ou escritos, numerosidades, dígitos, problemas matemáticos e de cálculo etc. (CARMO, 2000).

Quando se fala de DV (cegueira e baixa visão), esta tem diversas definições. A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2003), baseando-se nos parâmetros da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10, 1998), emprega parâmetros de medida da acuidade e campo visual e do uso funcional. Os documentos afirmam que uma pessoa com baixa visão é aquela que apresenta acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, e os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que  $10^\circ$  ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores, porém usa ou é potencialmente capaz de usar a visão para o planejamento e/ou execução de uma tarefa. Entretanto, a pessoa tem cegueira quando a acuidade visual é igual ou menor do que 0,05, sempre no melhor olho, após correção óptica (OMS, 2003). O Conselho Internacional de Oftalmologia (2002) associou critérios da CID-10 e da CIF (Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde) e propôs uma classificação em Categorias de Deficiência Visual, revista em 2003 pela OMS. Sugere-se que o termo cegueira deve ser usado somente para perda total da visão nos dois olhos e quando o indivíduo necessita de auxílios especiais para substituir as suas habilidades visuais.

Uma discussão relevante sobre o ensino de habilidades matemáticas está na análise dos recursos empregados em sala de aula regular, quando se trata de ensinar simultaneamente alunos com e sem DV. Na sala de aula, os professores costumam recorrer a informações visuais, empregando apresentações de desenhos e exercícios na lousa, ou mesmo nos livros didáticos, o que torna o acesso à informação inviável para alunos com DV, principalmente para as disciplinas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM) (BECK-WINCHATZ; RICCOBONO, 2007).

Para Emerson e Anderson (2018a), muito esforço vem sendo feito para tornar as habilidades matemáticas acessíveis para alunos com DV, se concentrando na leitura de equações e no acesso a imagens, como gráficos de equações ou de estatística. Segundo os autores, os alunos com DV podem

ter dificuldade em dar sentido às informações destes gráficos, uma vez que o sistema sensorial tátil, que é a maneira mais comum de acessá-los, se engaja de maneira diferente que a informação recebida pela via visual.

Para alunos com DV acessarem as informações contidas em imagens encontradas em livros didáticos, sites ou qualquer outros materiais de ensino e aprendizagem de STEM, uma das alternativas usadas atualmente pode ser por meio de descrição verbal, feito pelo próprio docente; por meio da chamada “sonificação”, quando um arquivo de áudio é reproduzido no lugar de uma imagem; por meio de gráfico tátil (via matemática braile, código Nemeth ou Código Matemática Unificado, ou produzido por materiais concretos pelo próprio docente); ou usando mudanças de tom e volume para representar a imagem, que é de uso particular para gráficos de equações ou gráficos de estatística (EMERSON; ANDERSON, 2018a).

Vale observar que o Código Nemeth é um código braile para a codificação de notação matemática e científica em língua inglesa, usando células de seis pontos do código braile padrão para leitura tátil (MCDONNALL; CAVENAUGH; GIESEN, 2012). Já o Código Matemático Unificado (CMU) é um código braile para a codificação de notação matemática em língua portuguesa (BRASIL; 2006). Tais códigos possibilitam aos alunos com cegueira ler o texto matemático anteriormente inacessível e é amplamente utilizado em muitas partes do mundo para ensinar matemática para crianças cegas (MANI et al., 2005).

A capacidade de ler e compreender gráficos matemáticos são necessários porque a informação está cada vez mais sendo apresentada em formatos não verbais, que são apresentados ao estudante que aprende matemática desde a Educação Infantil, fazendo parte da alfabetização matemática, e é uma competência esperada de adultos instruídos nesta sociedade atual (SMITH; SMOTHERS, 2012).

A introdução de materiais concretos seria condição necessária para o ensino de habilidades matemáticas para todos os estudantes. Para os alunos com DV, apenas o uso da linguagem é insuficiente no processo de ensino-aprendizagem de matemática. A estratégia de manipulação de objetos associada ao uso da linguagem (COSTA; GIL; ELIAS, 2020) parece frutífera para todos os estudantes. No caso da deficiência visual, a linguagem, para Lewis (2003) e Batista (2005), poderia ser introduzida progressivamente para a discriminação dos objetos e ações, usando-a para integração das informações provenientes dos sentidos.

Por alfabetização matemática, para Galvão e Nacarato (2013), esta se refere à capacidade de aprender a ler e a escrever códigos, sistemas, noções básicas de lógica, aritmética e geometria, tendo como forma de registro a linguagem da matemática. No mesmo sentido, para Lourenço, Baiocchi e Teixeira (2012), ser alfabetizado em matemática significa compreender e interpretar as primeiras noções de lógica, aritmética e geometria, tidas como básicas para a construção do conhecimento matemático.

Para Mani et al. (2005), o ensino de estudantes com DV requer o uso da Tecnologia Assistiva (TA) e/ou material adaptado à inspeção tátil. De acordo com esses autores, o termo material adaptado à inspeção tátil refere-se à adaptação dos elementos visuais ao tato. A TA pode ser utilizada “para identificar todos os recursos e serviços que contribuem para trabalhar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e promover vida independente e inclusão” (BERNARDO; DIAS, 2020, p. 11). Em Brasil (2007, p. 3):

A 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.

Para Zhou et al. (2011), vários estudos descobriram que muitos alunos com DV nos Estados Unidos não usam TA em sala de aula, apesar de seu benefício para a aprendizagem, entretanto seu uso vem aumentando. Para os autores, seu uso em salas de aula muitas vezes requer instruções extensas e treinamento, podendo ser difícil sua utilização em países em desenvolvimento pelo seu alto custo financeiro. No Brasil, não há informações sobre o uso de TA para a educação de crianças com DV, apesar do desenvolvimento de programas específicos, como o Geoplano Computacional (COSTA; GIL; ELIAS, 2020). No entanto, há empresas brasileiras especializadas em TA para pessoas com DV (como a TecnoVisão), que vendem tais equipamentos especializados e oferecem cursos e treinamentos.

Ainda se tratando do uso da TA, para Hahn, Mueller e Gorlewicz (2019), o estudo do uso de dispositivos com toque multimodal, como Tablets, como ferramentas educacionais, ainda está apenas iniciando. Para estes autores, as vantagens desta tecnologia incluem sua portabilidade e capacidade de executar várias tarefas ao mesmo tempo, capacidade de fornecer recursos visuais, auditivos e táteis simultâneos, adoção dentro da educação com

configurações tradicionais, ampla adoção em comparação com dispositivos específicos. Vários estudos ilustraram o potencial do uso desta tecnologia com gráficos simples por meio de entradas multimodais para pessoas com DV, por exemplo, Goncu e Marriott (2011) e Tennison e Gorlewicz (2016).

Bernardo e Dias (2020) vem dizer que as representações em relevo (chamadas de gráfico tátil ou grafo-táteis) são utilizadas na adaptação de imagens, como de tabelas e gráficos, em uma leitura acessível à pessoa com DV. Para os autores, a confecção desses materiais deve ser feita usando cores contrastantes e diferentes texturas, linhas enceradas com diferentes espessuras (adquiridas em lojas de aviamentos), pérolas, espuma, cola e tesoura, além do uso de materiais reciclados.

Os gráficos táteis fornecem aos leitores informações críticas incluídas na impressão em tinta de figuras, tabelas, gráficos, diagramas ou mapas, com a finalidade de comunicar uma ideia ou informações, não para replicar uma representação visual em uma forma tátil (ROSENBLUM; HERZBERG, 2015).

O estudo de Smith e Smothers (2012), teve o objetivo de determinar como gráficos táteis utilizados em livros de matemática e ciências do ensino secundário do Alabama/ EUA são fidedignos aos gráficos impressos em braile. Foram analisados 598 gráficos de 10 livros didáticos. Como resultados, foram encontradas discrepâncias entre a gráficos dos livros didáticos e o gráfico tátil em 12,5% da amostra, sendo que as discrepâncias mais comuns eram as diferenças das linhas e pontos dos gráficos táteis. As descobertas demonstraram que, embora a maioria dos gráficos táteis tivessem boas correlações com suas contrapartes impressas, ainda havia espaço para melhorias.

Santos e Vianna (2017) tiveram o objetivo de verificar como são adaptados tabelas e gráficos estatísticos em livros didáticos de matemática em Braille, produzidos pelo Instituto Benjamin Constant (IBC), no Brasil. Os participantes foram sete profissionais que trabalham, com coleta de dados feita através de observação da revisão do processo de adaptação de livros didáticos. A adaptação dos livros é feita utilizando o programa Braille Fácil, que é um programa com a função de criar impressões em Braille, de forma fácil e rápida. Os resultados evidenciam que alguns aspectos podem influenciar a adaptação, como o diálogo entre profissionais (adaptador, revisor e transcritor) envolvidos nas diferentes funções do processo de adaptação. No entanto, apesar de haver padronização na adaptação, não há descrição e registro dessa mesma, o que poderia ser útil para estudantes ou docentes realizarem adaptações.

## OBJETIVO

Levantar como ocorreu o acesso de pessoas com cegueira a gráficos contidos em livros didáticos de matemática, no período de 2010 a 2020.

## METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática de literatura baseada em trabalhos nacionais e internacionais, em bases de dados de livre acesso (COSTA; ZOLTOWSKI, 2014).

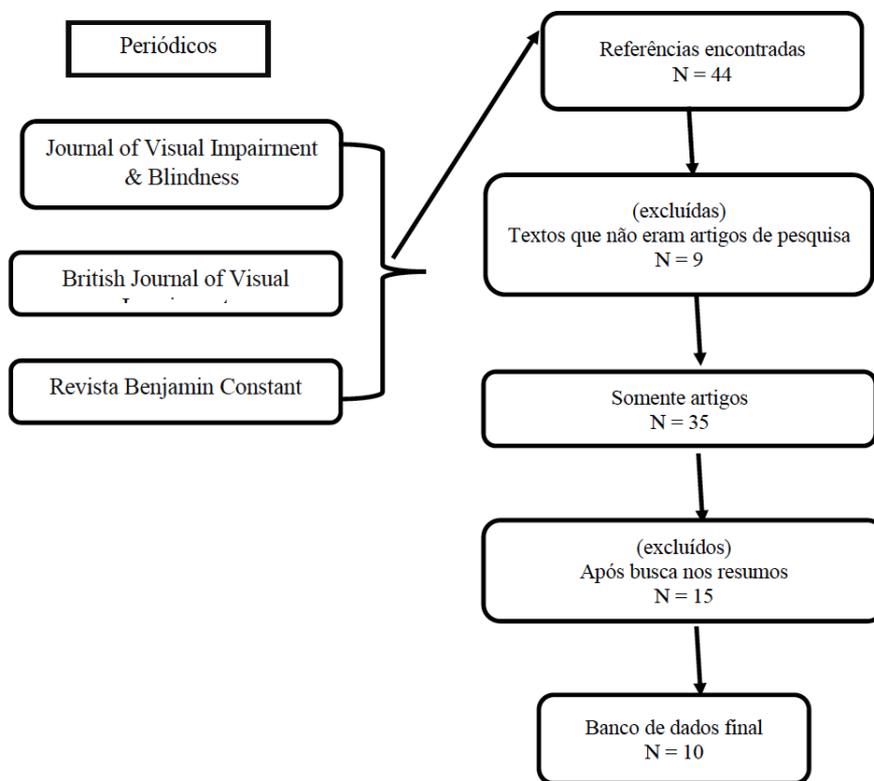
A busca dos artigos foi realizada entre 2010 e 2020. A pesquisa foi realizada em única fase, em que foram pesquisados artigos em periódicos especializados em deficiência visual, que foram: 'Journal of Visual Impairment & Blindness' e 'British Journal of Visual Impairment', além do periódico brasileiro 'Revista Benjamin Constant'. Nos periódicos internacionais foi realizada a mesma pesquisa com os descritores representativos da temática de investigação foram (blindness) and (mathematics) and (graphics). No periódico brasileiro, foi buscado o termo 'gráfico'.

A 'Revista Benjamin Constant' retornou apenas um artigo. No 'Journal of Visual Impairment & Blindness' e 'British Journal of Visual Impairment', cuja busca foi feita em conjunto com na base de dados 'Sage Journals', foram encontrados um total de 42 trabalhos. Em seguida, selecionando apenas artigos de pesquisa, foram encontrados 33 artigos. Após a leitura do título e resumo de todos, foram selecionados 16 artigos para serem baixados e lidos na íntegra.

Foram excluídos artigos conceituais e de revisão. Após a leitura na íntegra dos artigos, seis foram eliminados por não se encaixarem no tema proposto, restaram 10 artigos para análise. A Figura 1 apresenta esse caminho.

Para análise dos dados, foram produzidas categorias sobre características e conteúdos presentes nos estudos, explorando suas similaridades e diferenças, utilizando descrição e síntese (HOHENDORFF, 2014).

Figura 1 - Resultados encontrados



Fonte: Autoria própria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos dez estudos selecionados, seis eram entrevistas realizadas com alunos com DV e ou professores de alunos com DV (ROSENBLUM; HERZBERG, 2015; ROSENBLUM; CHENG; BEAL, 2018; ROSENBLUM et al., 2020; ZEBEHAZY; WILTON, 2014a; ZEBEHAZY; WILTON, 2014b; ZEBEHAZY; WILTON, 2014c). Quatro estudos descrevem avaliações sobre estratégias de ensino e ou utilização de tecnologia digital (BEAL; ROSENBLUM, 2015; EMERSON; ANDERSON, 2018b; GEROFKY; ZEBEHAZY, 2020; HAHN et al, 2019). A seguir será feita a discussão em dois blocos: 'Entrevistas com Alunos e Professores' e 'Procedimentos de Ensino'.

## Entrevistas com Alunos e Professores

Os estudos realizados por Rosenblum et al. (2020), Rosenblum, Cheng e Beal (2018) e Zebehazy e Wilton (2014b; 2014c) entrevistaram professores de alunos com DV. Iniciaremos pelos estudos dos primeiros autores citados.

Rosenblum, Cheng e Beal (2018) realizaram entrevistas com 11 professores de alunos com DV durante encontros de grupo focal. O objetivo foi compreender como eles auxiliavam e forneciam suporte para seus alunos nos momentos nos quais os gráficos matemáticos eram utilizados. Os professores destacaram a relevância da instrução ser individualizada, visando um ensino sistemático e garantindo que as informações dos gráficos estejam claras. Os autores discutem que essas medidas são essenciais para que alunos com DV consigam compreender os gráficos. Os resultados concordam com Costa, Gil e Elias (2020), no que se refere ao uso da linguagem para fornecimento de instruções associada à manipulação de objetos.

Rosenblum et al. (2020) realizaram entrevistas com 10 professoras, sendo oito professoras itinerantes e duas professoras de escolas para alunos com DV. O objetivo foi avaliar a adoção de elementos chave indicados pelo National Center for Accessible Media (NCAM) nas descrições de gráficos realizadas pelas professoras. Os elementos que deveriam indicar em gráficos nos 12 gráficos de barras eram a quantidade de barras, o título do gráfico, os rótulos das barras, o que as barras representam e o que cada rótulo de barra representa. Os resultados demonstraram variações entre professoras tanto na quantidade de dicas quanto na qualidade. Os autores descreveram que metade das professoras conheciam o NCAM, mas não estavam familiarizadas e outras duas professoras não tinham conhecimento das diretrizes, o que pode explicar a variabilidade das ações pedagógicas.

Zebehazy e Wilton (2014b; 2014c) analisaram qualitativamente respostas de questionários realizados com professores dos Estados Unidos e Canadá. Os autores buscaram compreender pelas análises dessas respostas, quais desafios eles encontravam para auxiliar os alunos com DV no uso de gráficos impressos táteis e se os professores consideram importantes o uso de instruções para auxiliar os alunos, bem como a qualidade destas instruções. De maneira geral, de acordo com os autores, os professores apresentaram como principal desafio o tempo insuficiente para adaptar os gráficos e elaborar instruções adequadas. Também destacaram que apesar das instruções serem fundamentais para a compreensão dos alunos, a qualidade destas está distante da ideal.

O estudo realizado por Zebehazy e Wilton (2014a) teve como objetivo analisar as respostas de alunos com DV dos Estados Unidos e Canadá, sobre o uso de gráfico impresso tátil e as instruções fornecidas. Para estes alunos, o uso do gráfico e acesso a ferramentas para auxiliar a interpretação, auxiliam na compreensão do conteúdo. Entretanto, de acordo com os autores, os alunos destacam como desafio a complexidade dos gráficos.

Na entrevista realizada por Rosenblum e Herzberg (2015) com 12 alunos com DV, o objetivo foi conhecer as experiências com o uso de gráficos impressos táteis e materiais em braile utilizados nas aulas de matemática e ciência. Os alunos responderam que ocasionalmente eles não têm acesso aos materiais adaptados ao mesmo tempo que seus pares. Também relataram a preocupação com a falta de materiais, considerando o atraso para concluir atividades e até mesmo a impossibilidade de concluí-las. Os alunos indicaram a necessidade de os elementos gráficos serem distintos ao tato.

Os resultados mostram que o uso da linguagem para fornecimento de instruções associada à manipulação de objetos é uma estratégia importante, e que seu uso poderia ser introduzido progressivamente para a discriminação dos objetos e ações, usando-a para integração das informações provenientes dos sentidos (COSTA; GIL; ELIAS, 2020; LEWIS, 2003; BATISTA, 2005).

A dificuldade em manipulação e reconhecimento dos elementos dos gráficos pela via tátil vem concordar com Barraga (1997), que elenca a hierarquia de dificuldade de manipulação destes.

## Procedimentos de Ensino

Hahn, Mueller e Gorlewicz (2019) investigaram a eficácia do *tablet* com tela de toque multimodal para transmitir gráficos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática por meio de vibrações e sons para indivíduos com DV, comparando com gráficos semelhantes apresentados em um formato em relevo. Os participantes foram 22 alunos com DV de um curso de verão em uma escola especializada. Depois de passarem por treinamento com o *tablet*, os alunos exploraram seis tipos de gráficos e responderam três questões sobre o conteúdo de cada gráfico. Os resultados demonstraram que a compreensão dos alunos foi semelhante quando utilizado materiais táteis, indicando a possibilidade da adoção deste recurso como forma de ampliação de oferta de materiais e estratégias.

Beal e Rosenblum (2015) avaliaram a viabilidade do uso de um aplicativo para matemática em conjunto com materiais em braile e gráficos

acessíveis. Participaram deste estudo 29 alunos com DV e 19 professores que supervisionaram os alunos, sendo que todos passaram pelo treinamento para uso do aplicativo. De acordo com as autoras, alunos e professores utilizaram o aplicativo com sucesso, obtendo uma taxa de 80% de acerto nas atividades realizadas. Destacam ainda, que os alunos fizeram indicações de modificações para aprimorar o recurso.

Gerofsky e Zebehazy (2020) realizaram um estudo qualitativo explorando o potencial do uso de metáforas, gestos, movimentos e vocalizações (multimodais) no auxílio da compreensão dos conteúdos matemáticos. Participaram deste estudo dois alunos com DV. Foram realizadas diversas atividades multimodais e aplicada a avaliação de pré e pós-testes. Os resultados demonstraram melhora tanto na capacidade de aquisição do conteúdo como na comunicação destes conteúdos por parte dos alunos com DV. Para as autoras, a utilização de estratégias multimodais melhorou a qualidade da apresentação do conteúdo, facilitando a aprendizagem. Ainda indicam que a colaboração de professores de outras áreas, como dança e educação física, pode auxiliar no planejamento dos meios multimodais.

Emerson e Anderson (2018b) investigaram quanto a descrição é suficiente para comunicar o conteúdo matemático de diversos tipos de imagem. Participaram 44 estudantes com DV. O material foi preparado pelos dois pesquisadores e dois alunos de pós-graduação, codificando as imagens contidas nos livros didáticos. Os participantes receberam a codificação deste material e foi solicitado que respondessem sobre o conteúdo. Os resultados, de acordo com os autores, foram positivos com compreensão do conteúdo de imagem com descrição. Entretanto, pontuaram que há imagens nas quais apenas a descrição não é suficiente para a compreensão. Este resultado está de acordo com Costa, Gil e Elias (2020) e Lewis (2003), que dizem que apenas o uso da linguagem é insuficiente para a descrição de elementos matemáticos, mas sim que esta deve ser inserida juntamente com a manipulação tátil e o uso de outros sentidos.

Os resultados de Hahn, Mueller e Gorlewicz (2019), Gerofsky e Zebehazy (2020) Emerson e Anderson (2018b) mostram o potencial do uso da TA com gráficos simples por meio de entradas multimodais para pessoas com DV, apesar do pouco uso em instituições de ensino, tanto dos EUA quanto no Brasil (GONCU; MARRIOTT, 2011; ZHOU et al., 2011; TENNISON; GORLEWICZ, 2016; BERNARDO; DIAS, 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os estudos encontrados, pode-se concluir que independente da natureza, ou seja, de entrevista ou de procedimento de ensino, os resultados são coerentes entre si.

De maneira geral, as entrevistas indicaram o desafio de conseguir realizar uma descrição adequada das imagens e gráficos matemáticos, dado também mencionado nos resultados dos estudos que objetivaram desenvolver estratégias de ensino.

Tanto alunos com DV como seus professores entendem a necessidade da busca por alternativas que melhorem as condições de apresentação do conteúdo por imagem, possibilitando uma compreensão efetiva. Isto pode significar não ficar sob controle de apenas uma forma de adaptação, seja ela descritiva ou tátil, mas considerar as especificidades das imagens apresentadas e dos alunos.

Diante dos resultados de adaptação dos conteúdos apresentados por imagens, podemos inferir que o recurso de Tecnologia Assistiva é uma das maneiras de gerar acessibilidade, entretanto não a única, mas é uma ferramenta que se mostram promissora. Os dois estudos que apresentaram maneiras alternativas ao recurso digital (EMERSON; ANDERSON, 2018b; GEROFISKY; ZEBEHAZY, 2020), também demonstraram resultados promissores. As ferramentas de adaptação dos gráficos, sejam pelo uso da Tecnologia Assistiva ou de adaptações tradicionais são poderosos meios de promover a acessibilidade plena dos alunos com DV ao currículo escolar, contribuindo para a eliminação de todo tipo de barreiras e promovam a inclusão desses alunos na escola regular.

Como limitação, se faz necessário ampliar a busca dos estudos para outras bases de dados que englobem periódicos da área de deficiência visual, de educação especial e de educação.

Como sugestão de futuros estudos, se poderia replicar os estudos do uso de TA com gráficos para a realidade brasileira, além de se testar com gráficos mais complexos, como os de conteúdo do Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS

BARRAGA, N. **Textos reunidos de la doctora Barraga**. Madrid: ONCE, 1997.

BATISTA, C. G. et al. Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, 2005.

BEAL, Carole R.; ROSENBLUM, L. Penny. Use of an accessible iPad app and supplemental graphics to build mathematics skills: feasibility study results. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 109, n. 5, p. 383-394, 2015.

BECK-WINCHATZ, Bernhard; RICCOBONO, Mark A. Advancing participation of blind students in science, technology, engineering, and math. **Advances in Space Research**, v. 42, n. 11, p. 1855-1858, 2008.

BERNARDO, F.; DIAS, C. **Desafios e possibilidades no ensino de matemática para alunos com deficiência visual**. 1ª Ed., Rio de Janeiro: Associação Nacional dos Professores de Matemática na Educação Básica, 2020.

BRASIL, Ministério da Educação. **Portal de ajudas técnicas**. Brasília, MEC, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão (Secad). **Educação infantil: saberes e práticas da inclusão - dificuldades acentuadas de aprendizagem e deficiência múltipla**. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. INEP. **SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica: Evidências da Edição de 2017**. Brasília, DF: 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.146 de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Brasília, DF, 2015.

CARMO, João Dos Santos. O conceito de número como rede de ligações. In: KERBAUY, R. R. (Org.). **Sobre comportamento e cognição: conceitos, pesquisa e aplicação, a ênfase no ensinar, na emoção e no questionamento clínico**. vol. 5, p. 97-113. Santo André: SET, 2000.

COSTA, A. B.; GIL, M. S. C. A.; ELIAS, N. C. Ensino de matemática para pessoas com deficiência visual: uma análise de literatura. **Revista Educação Especial**, v. 33, p. 1-22, 2020.

COSTA, A. B.; ZOLTOWSKI, A. P. C. Como escrever um artigo de revisão sistemática. In: KOLLER, Sílvia H.; DE PAULA COUTO, Maria Clara P.; HOHENDORFF, Jean Von (Org.) **Manual de Produção Científica**. Porto Alegre: Penso Editora Ltda., 2014, p. 39-54.

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

EMERSON, Robert Wall; ANDERSON, Dawn. What mathematical images are in a typical mathematics textbook? Implications for students with visual impairments. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 112, n. 1, p. 20-32, 2018a.

GALVÃO, E. S.; NACARATO, A. M. O letramento matemático e a resolução de problemas na Provinha Brasil. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 7, n. 3, p. 81-96, 2013.

GEROFSKY, Susan; ZEBEHAZY, Kim T. Enhancing mathematical noticing of graphs through movement, voice, and metaphor: An intervention with two students with visual impairment. **British Journal of Visual Impairment**, p. 0264619620963516, 2020.

GONCU, Cagatay; MARRIOTT, Kim. GraVVITAS: generic multi-touch presentation of accessible graphics. In: **IFIP Conference on Human-Computer Interaction**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 30-48.

HAHN, Michael E.; MUELLER, Corrine M.; GORLEWICZ, Jenna L. The Comprehension of STEM Graphics via a Multisensory Tablet Electronic Device by Students with Visual Impairments. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 113, n. 5, p. 404-418, 2019.

HOHENDORFF, Jean Von. Como escrever um artigo de revisão de literatura. In: KOLLER, Sílvia H.; DE PAULA COUTO, Maria Clara P.; HOHENDORFF, Jean Von (Org.) **Manual de Produção Científica**. Porto Alegre: Penso Editora Ltda., 2014, p.39-54.

LEWIS, V. **Development and Disability**. Oxford: Blackwell Publishing, 2003.

LOURENÇO, E. M. S.; BAIOSCHI, V. T.; TEIXEIRA, A. C. Alfabetização matemática nas séries iniciais: o que é? Como fazer? **Revista da Universidade Ibirapuera**, v. 4, p. 32-39, jul./dez. 2012.

MANI, M. N. G. et al. **Mathematics made easy for children with visual impairment**. Philadelphia, PA: Towers Press, Overbrook Scholl for the Blind, 2005.

MCDONNALL, M.; GEISEN, J. M.; CAVENAUGH, B. **School climate, support and mathematics achievement for students with visual impairments**. Poster presented at the annual conference of the Institute of Education Sciences Research, Washington, 2009.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, NATIONAL CENTER FOR SCIENCE AND ENGINEERING STATISTICS. **Women, minorities, and persons with disabilities in science and engineering**. Special Report. Arlington, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE [OMS]. **Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionadas à Saúde - Décima Revisão**. 10ª rev. São Paulo: EDUSP, 2003.

ROSENBLUM, L. Penny et al. Teachers' Descriptions of Mathematics Graphics for Students with Visual Impairments: A Preliminary Investigation. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 114, n. 3, p. 231-236, 2020.

ROSENBLUM, L. Penny; CHENG, Li; BEAL, Carole R. Teachers of students with visual impairments share experiences and advice for supporting students in understanding graphics. **Journal of visual impairment & blindness**, v. 112, n. 5, p. 475-487, 2018.

ROSENBLUM, L. Penny; HERZBERG, Tina S. Braille and tactile graphics: Youths with visual impairments share their experiences. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 109, n. 3, p. 173-184, 2015.

SMITH, Derrick W.; SMOTHERS, Sinikka M. The role and characteristics of tactile graphics in secondary mathematics and science textbooks in braille. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 106, n. 9, p. 543-554, 2012.

TENNISON, Jennifer L.; GORLEWICZ, Jenna L. Toward non-visual graphics representations on vibratory touchscreens: Shape exploration and identification. In: **International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications**. Springer, Cham, 2016. p. 384-395.

UNESCO. **Overcoming exclusion through inclusive approaches in education: A challenge and a vision; conceptual paper**. Paris, 2003.

VIANNA, Claudia Coelho Segadas; SANTOS, Rodrigo Cardoso. Observação da revisão de gráficos e tabelas de Estatística adaptados em livros didáticos de Matemática em Braille produzidos pelo Instituto Benjamin Constant. **Benjamin Constant**, v. 1, n. 60, p. 29-54, 2017.

ZEBEHAZY, Kim T.; WILTON, Adam P. Charting Success: The experience of teachers of students with visual impairments in promoting student use of

graphics. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 108, n. 4, p. 263-274, 2014b.

ZEBEHAZY, Kim T.; WILTON, Adam P. Quality, importance, and instruction: The perspectives of teachers of students with visual impairments on graphics use by students. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 108, n. 1, p. 5-16, 2014c.

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

ZHOU, Li et al. Assistive technology for students with visual impairments: Challenges and needs in teachers' preparation programs and practice. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 105, n. 4, p. 197-210, 2011.