



SEÇÃO DOSSIÊ TEMÁTICO

Uma revisão sistemática da literatura internacional: gráficos estatísticos e estudantes cegos

A systematic literature review at an international level: statistical graphs and blind students

Mayra Darly da Silva¹

Liliane Maria Teixeira Lima de Carvalho²

RESUMO

Este artigo busca analisar, na perspectiva do Letramento Estatístico, artigos publicados em inglês, no período de 2015 a 2022, sobre o acesso a gráficos estatísticos para estudantes/pessoas cegas. Leva-se em conta que a familiaridade com dados apresentados por meio de textos (escritos ou orais) e por representações gráficas ou tabulares constitui uma das importantes questões do conhecimento estatístico e é parte de habilidades de Letramento Estatístico requeridas pelos cidadãos conforme modelo de Iddo Gal. A pesquisa é parte do desenvolvimento de um estudo de doutorado que considerou realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) a partir da planificação de um protocolo que guiou buscas de dados no portal de periódico da Capes publicados em inglês. Identificamos 178 artigos, mas apenas 8 foram incluídos para análise e discussão por atenderem aos critérios previamente definidos no protocolo de busca. Os estudos envolveram estudantes, professores e pessoas com deficiência visual para o acesso a informações representadas por gráficos em meio computacional. Os trabalhos com estudantes focaram avaliações do desempenho deles em atividades voltadas para a leitura de gráficos. Com os professores, os artigos consideraram a fala e a descrição dos docentes sobre formas de apresentação de gráficos para alunos com deficiência visual, além de aspectos da utilização de recursos táteis no processo de ensino. Os estudos envolvendo o ambiente computacional atribuem importância à participação do usuário na validação e contribuição para o desenvolvimento de acessibilidade tecnológica. O resultado da RSL, de uma maneira geral, mostrou que os estudos priorizam os elementos de conhecimento; no entanto, alguns também consideram os elementos de disposição, sendo possível, portanto, estabelecer conexões com aspectos do Letramento Estatístico.

Palavras-chave: Estudantes Cegos. Gráficos Estatísticos. Revisão Sistemática da Literatura. Letramento Estatístico.

ABSTRACT

This article seeks to analyse, from the Statistical Literacy perspective, articles published in English, from 2015 to 2022, on access to statistical graphs for students/blind people. It is taken into account that familiarity with data presented through texts (written or oral) and through graphic or tabular representations constitutes one of the important issues of statistical knowledge and is part of Statistical Literacy skills required by citizens according to the model of Iddo Gal. The research is part of a doctoral study development that considered carrying out a Systematic Literature

¹ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Mestra em Educação Matemática e Tecnológica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

E-mail: mayra.darly@ufpe.br

² Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Doutora em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: liliane.lima@ufpe.br



Review (SLR) based on the planning of a protocol that guided data searches on the portal of Capes journals published in English. We identified 178 articles, but only 8 were included for analysis and discussion because they met the criteria previously defined in the search protocol. The studies involved students, teachers and people with visual impairments to access information represented by graphics in a computational environment. The work made with students focused on evaluating their performance in activities aimed at reading graphs. With the teachers, the articles considered the speech and description of the teachers about ways of presenting graphics to visually impaired students, in addition to aspects of the use of tactile resources in the teaching process. Studies involving the computational environment attributes importance to the user's participation in the validation and contribution to the development of technological accessibility. The RSL result, in general, showed that the studies prioritize the elements of knowledge; however, some also consider the elements of disposition, making it possible, therefore, to establish connections with aspects of Statistical Literacy.

Keywords: Blind Students. Statistical Graphs. Systematic Literature Review. Statistical Literacy.

Introdução

Este artigo é um recorte da pesquisa de doutorado de Silva a ser defendida no segundo semestre de 2023. Seu objetivo geral é analisar desafios e possibilidades para o estabelecimento de relações entre aspectos visuais e conceituais no trabalho com gráficos para estudantes cegos na perspectiva do Letramento Estatístico (LE). O modelo de LE de Gal (2002) é utilizado como suporte teórico para guiar as análises por considerar não apenas o conhecimento de Estatística enquanto conteúdo técnico a ser aprendido e reproduzido, mas também sua constituição como uma ferramenta importante na análise de dados e na formação da cidadania.

No desenvolvimento da pesquisa de doutorado, compreendemos ser necessário realizar um levantamento da literatura disponível para conhecer o cenário de estudos e discussões acerca de gráficos estatísticos para estudantes/pessoas cegas. Dessa forma, antes da escrita deste artigo, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) disponível em âmbito nacional de teses e dissertações defendidas e publicadas de 2015 a 2022, que retornou seis pesquisas, as quais lemos e analisamos na íntegra. As análises das pesquisas (dissertações e teses) estão discutidas em Silva e Carvalho (2023, no prelo) e mostraram que as mediações e o uso de recursos táteis, associados ao sentido da audição, podem auxiliar estudantes cegos no ensino e aprendizagem de Estatística. Aqui ampliamos a RSL, buscando analisar, na perspectiva do LE, artigos publicados em inglês no período de 2015 a 2022 sobre o acesso a gráficos estatísticos para estudantes/pessoas cegas.

Além desta introdução, este artigo é composto por discussões acerca do LE, apresentadas na seção a seguir. Na sequência, delineamos o método, os resultados e discussões. Por último, tecemos as considerações finais.



2 Letramento Estatístico

Diariamente, a mídia divulga informações estatísticas quase instantaneamente e, por vezes, apresenta distorções que podem induzir a erros de interpretação. Nesse sentido, nossa sociedade, imersa em informações, requer desenvolvimento de habilidades de Estatística nas escolas, pautadas em análises críticas de informações, em vez da ênfase apenas em procedimentos. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) recomenda que estudantes da Educação Básica, desde os anos iniciais do Ensino Fundamental, desenvolvam habilidades relacionadas à coleta, organização, tratamento, interpretação e análise de dados (BRASIL, 2018). Particularmente para o nono ano, esse documento normativo destaca a importância da análise dos gráficos estatísticos veiculados pela mídia, considerando os problemas relacionados a informações distorcidas que podem ter impacto na leitura.

Assim, o ensino de Estatística requer o desenvolvimento de situações baseadas em aspectos sociais a fim de possibilitar aos cidadãos habilidades para lidar com informações envolvendo dados estatísticos em diferentes contextos. Essas habilidades, segundo Gal (2002, p. 1) [tradução nossa], podem ser definidas como “competências para interpretar, avaliar criticamente e comunicar informações e mensagens estatísticas”. Esse autor destaca que essas habilidades se associam a “competência de revisar ou comunicar reações a essas informações estatísticas, compreensão do significado das informações, opiniões sobre as implicações dessas informações ou preocupações em relação à aceitabilidade de certas conclusões.” (GAL, 2002, p. 3) [tradução nossa].

Dessa forma, para que uma pessoa não seja enganada por informações duvidosas ou falsas, é necessário que possua um conjunto de *elementos de conhecimento* (conhecimento de Estatística, Matemática, contexto, habilidades de leitura e questões críticas) juntamente com *elementos de disposição* (crenças, atitudes e posturas críticas das pessoas). Esses elementos precisam ser considerados de forma inter-relacionada, contribuindo para caracterizar o LE.

Cabe destacar que esse modelo do LE de Gal (2002), que nós utilizamos como suporte em nosso estudo, relaciona-se “com a capacidade de as pessoas atuarem como eficientes ‘consumidores de dados’ em diversos contextos da vida.” (GAL, 2002, p. 4) [tradução nossa]. Isto é, diariamente nos meios de informação e comunicação, estamos expostos a informações acessadas e consumidas. Por vezes, essas informações são necessárias para que estejamos conscientes de tendências e fenômenos de importância pessoal e social, conforme propõe Gal (2002). Esse é o caso, por exemplo, da situação de pandemia que vivemos recentemente com a propagação do vírus SARS-Cov-2 (Covid-19). O volume de informações envolvendo dados estatísticos durante esse período sobre as consequências e prevenções relacionadas à doença colocou em evidência a necessidade de instrumentalizar os cidadãos para o LE.



É fundamental que estudantes e cidadãos em geral desenvolvam essas habilidades para não se tornarem vítimas das armadilhas das desinformações. Dessa forma, aprofundar estudos voltados a uma perspectiva inclusiva, que considere o trabalho com gráficos estatísticos para estudantes cegos, é crucial, sendo esse o propósito da RSL que fizemos, cujo método descrevemos a seguir.

3 Método

A RSL, conforme afirmam De-La-Torre-Ugarte-Guanilo, Takahashi e Bertolozzi (2011, p. 1261), tem como objetivos “identificar os estudos sobre um tema em questão, aplicando métodos explícitos e sistematizados de busca; avaliar a qualidade e validade desses estudos”, entre outros. Além disso, é caracterizada pelos autores como uma metodologia que exige um planejamento a partir de um protocolo que busca responder a uma pergunta pontual, bem como possibilita uma síntese de um tema. O planejamento e descrição das etapas confere a outros pesquisadores a possibilidade de reprodução e verificação dos resultados.

Com base em De-La-Torre-Ugarte-Guanilo, Takahashi, Bertolozzi (2011), elaboramos inicialmente nosso protocolo de pesquisa da RSL (Quadro 1).

Quadro 1. Protocolo da Revisão Sistemática da Literatura internacional

Questão norteadora	Como artigos em âmbito internacional caracterizam o ensino e/ou a aprendizagem de Estatística para estudantes cegos?
Objetivo	Analisar, na perspectiva do LE, artigos publicados em inglês, no período de 2015 a 2022, sobre o acesso a gráficos estatísticos para estudantes/pessoas cegas.
Tempo	Sete anos (2015 a 2022).
Local de busca	Portal de Periódico da Capes.
Critérios de exclusão	(1) Repetição; (2) Temática, estudos que não possuam como foco o objeto de estudo.
Critério de inclusão	Artigos que discutem a leitura e interpretação de gráficos estatísticos por estudantes e/ou pessoas cegas.
Descritores em inglês	Inclusion; Inclusive; Inclusive education; Special education; Inclusive Mathematics Education; Blindness; blind student; blind students; Visual impairment; braille; adapted books; Statistic; Statistical; Graphic; Graphics; teaching statistics; graph interpretation.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

As informações expostas no Quadro 1 foram utilizadas no Portal de Periódico da Capes, acessando a opção busca avançada, na qual realizamos a associação de dois ou três termos e/ou descritores com correspondência indicada apenas nos títulos. Cabe destacar que refinamos a busca para contemplar apenas artigos em inglês revisados por pares com o intervalo de publicação de 2015 a 2022.



Houve a possibilidade de localizar descritores a partir de um radical seguido por um asterisco (*), substituindo múltiplas letras, conforme podemos observar nos seguintes casos: blind* – blind, blindness; statistic* – statistic, statistics, statistical; graph* – Graphic, Graphics, graph; inclu* – Inclusion, Inclusive. Considerando os refinamentos e as estratégias de busca, realizamos as associações de dois ou mais termos usando o conectivo “E”, por exemplo: inclu* E graph* E blind*; Inclu* E statistic* E blind*; blind* student* E graph*; blind* student* E statistic*.

O trabalho de pesquisa foi concluído em novembro de 2022. A partir do levantamento dos dados, categorizamos os artigos encontrados, conforme apresentamos a seguir na seção de resultados e discussão.

4 Resultados e discussões

Seguindo o protocolo de busca (Quadro 1), listamos 178 títulos de artigos. Após a leitura e análise desses títulos, selecionamos 22 pesquisas para a leitura do resumo. Ao final, obtivemos 8 artigos elegíveis para a leitura na íntegra provenientes dos periódicos *Journal of Visual Impairment & Blindness* e *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, que identificamos por (1) e (2), respectivamente, conforme detalhamento no Quadro 2.

Quadro 2. Publicações elegíveis para leitura na íntegra

Autor(es) / Ano	Título do Artigo	Periódico
Rosenblum e Herzberg (2015)	“Braille and Tactile Graphics: Youths with Visual Impairments Share Their Experiences”	(1)
Watanabe <i>et al.</i> (2016)	“Development of Tactile Graph Generation Web Application Using R Statistic Software Environment”	(2)
Rosenblum, Cheng e Beal (2018)	“Teachers of Students with Visual Impairments Share Experiences and Advice for Supporting Students in Understanding Graphics”	(1)
Hahn, Mueller e Gorlewicz (2019)	“The Comprehension of STEM Graphics via a Multisensory Tablet Electronic Device by Students with Visual Impairments”	(1)
Rosenblum <i>et al.</i> (2020)	“Teachers’ Descriptions of Mathematics Graphics for Students with Visual Impairments: A Preliminary Investigation”	(1)
Zebehazy e Wilton (2021)	“Graphic Reading Performance of Students with Visual Impairments and Its Implication for Instruction and Assessment”	(1)
Jung <i>et al.</i> (2022)	“Communicating Visualizations without Visuals: Investigation of Visualization Alternative Text for People with Visual Impairments”	(2)
Zebehazy, Wilton e Velugu (2022)	“Graphics Out Loud: Perceptions and Strategic Actions of Students With Visual Impairments When Engaging With Graphics”	(1)

Fonte: Acervo da pesquisa.

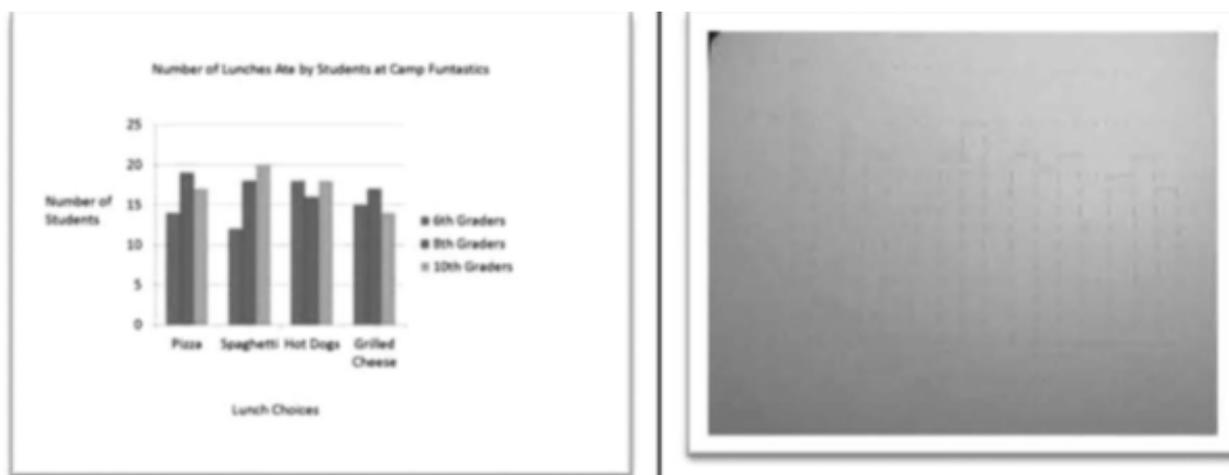
Conforme o Quadro 2, as publicações envolvem estudos realizados com estudantes, professores e pessoas com deficiência visual para acesso a gráficos a partir de computadores. Após uma breve descrição dos artigos, apresentaremos conexões com aspectos do LE.

4.1 Estudos com estudantes

Rosenblum e Herzberg (2015, p. 174) [tradução nossa] realizaram uma pesquisa com o objetivo de “coletar informações diretamente de jovens que leem em braille sobre suas experiências com gráficos táteis e os materiais em braille que recebem nas aulas de Matemática e Ciências”. Cabe destacar que os autores entendem que o propósito de uma ilustração tátil não é replicar uma representação visual, mas comunicar uma ideia ou informação.

Participaram da pesquisa 12 estudantes do sexto ano do Ensino Fundamental ao terceiro ano do Ensino Médio. Para a coleta de dados, foram disponibilizados um gráfico de barras múltiplas verticais impresso em braille, um de linhas em forma térmica (material grafo-tátil reproduzido em *Thermoform*), um mapa com microcápsula e um violão (com colagem). Foram propostas duas atividades: uma com um gráfico de barras múltiplas impresso em braille (Figura 1)³ e outra com um gráfico de linhas em *Thermoform* (Figura 2).

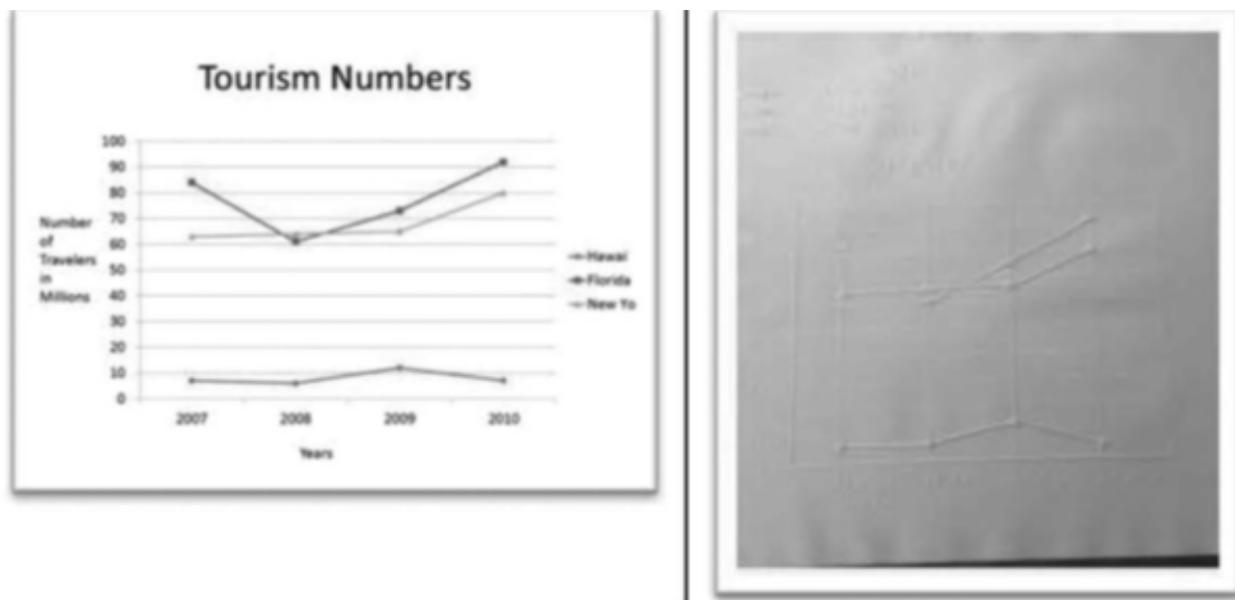
Figura 1. Gráfico de barras múltiplas impresso em tinta e correspondente em braille



Fonte: Rosenblum e Herzberg (2015, p. 176).

³ Conforme é possível observar, a resolução da imagem da impressão em braille não está nítida no artigo de Rosenblum e Herzberg (2015).

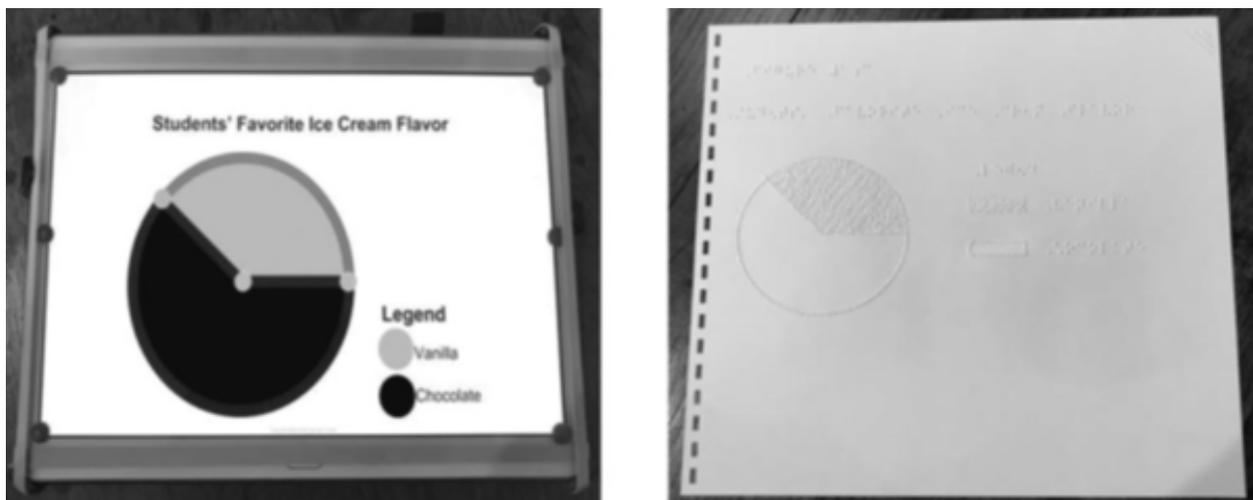
Figura 2. Gráfico de linhas impresso em tinta e correspondente em *Thermoform*



Fonte: Rosenblum e Herzberg (2015, p. 177).

Os *feedbacks* dos estudantes revelam que o gráfico em braille foi de difícil acesso ao tato e que haveria a necessidade de utilização de texturas diferentes. Já no gráfico em *Thermoform*, metade dos participantes identificaram corretamente a quantidade de linhas e o consideraram de fácil percepção. A outra metade achou difícil distinguir e associar as linhas às respectivas quantidades que representavam. Houve uma sugestão de apresentação dos dados em um gráfico de barras. Um último elemento a ser destacado no trabalho de Rosenblum e Herzberg (2015) é que, ao serem perguntados sobre dados pontuais de um gráfico, os participantes associavam intervalos a respostas, demarcando dificuldades em localizar dados no eixo y.

Hahn, Muller e Gorlewicz (2019) realizaram um estudo para comparar o acesso à informação por pessoas com deficiência visual (cegueira ou baixa visão) a partir de gráficos. Os gráficos eram impressos em braille e apresentados em tablet (Figura 3) pelo fato de os autores considerarem que este consiste em dispositivo multissensorial de tela sensível ao toque com vibrações e emissão de sons.

Figura 3. Aplicativo *Samsung Galaxy Tab S/VITAL* e gráfico em relevo

Fonte: Hahn, Muller e Gorlewicz (2019, p. 408).

Participaram do estudo 22 estudantes com deficiência visual de 10 a 22 anos, sendo a maioria leitores de braille com experiência na leitura de gráficos impressos. Inicialmente, foi realizado um treinamento de 30 minutos sobre como explorar gráficos por meio de um tablet. Após esse momento, foram disponibilizados gráficos a partir de tablet e impressão em relevo, juntamente com três questões para avaliar a compreensão dos estudantes e obter *feedbacks*, como: “qual é o valor mais alto do eixo y no gráfico de barras?” (HAHN; MULLER; GORLEWICZ, 2019, p. 410) [tradução nossa].

Hahn, Muller e Gorlewicz (2019) evidenciam que estudantes com deficiência visual apresentaram desempenhos semelhantes, independentemente do tipo de problema e do nível de deficiência, sendo apenas 6% mais assertivos em responder perguntas sobre um gráfico em relevo em comparação aos apresentados em tablet. Eles também consideraram que esse resultado nos desempenhos era inesperado, pois os participantes tinham experiência com os gráficos em relevo e foram apresentados aos gráficos em tablet no dia da realização da investigação.

Zebehazy e Wilton (2021) analisam o desempenho de estudantes com deficiência visual em atividades que envolvem gráficos. Participaram da pesquisa 40 alunos com deficiência visual do quarto ano do Ensino Fundamental ao terceiro ano do Ensino Médio. Vinte alunos tiveram acesso a gráficos táteis; para os demais, foi disponibilizada impressão padrão ou ampliada.

Um gráfico de barras foi explorado a partir de tarefas com três níveis de dificuldades: elementar, intermediário e avançado. Apenas dois estudantes que utilizaram gráficos táteis responderam corretamente a todas as perguntas, demonstrando que a maioria apresenta dificuldades com as atividades de compreensão do gráfico.



Para Zebehazy e Wilton (2021), pessoas com deficiência visual devem participar de práticas com diferentes tipos de gráfico desde cedo e com frequência para que aprendam a resolver problemas bem como a interpretar os dados. Tendo isso em vista, Zebehazy, Wilton e Velugu (2022) realizaram um estudo utilizando um protocolo que consiste na reflexão em voz alta para examinar estratégias dos alunos na leitura e interpretação de gráficos. Para isso, gravaram, transcreveram e analisaram as verbalizações com base no Modelo de Interpretação Gráfica (MoGI) e na análise de desempenhos. Esse modelo considera cinco critérios principais na leitura e interpretação de gráficos: qualidade; familiaridade com o gráfico e conteúdo; confiança do aluno e motivação para acessar o tipo de gráfico; ferramentas; e estratégias do aluno. Cabe destacar que as atividades e os participantes do estudo de Zebehazy, Wilton e Velugu (2022) são comuns ao estudo de Zebehazy e Wilton (2021).

Como procedimento para coleta de dados, os alunos responderam individualmente a perguntas de múltipla escolha relacionadas a gráficos e “foram solicitados a ‘pensar em voz alta’ – verbalizar o que pensavam e faziam para responder à pergunta – e, ao final, a responder a perguntas sobre a dificuldade das tarefas para cada tipo de gráfico.” (ZEBEHAZY; WILTON; VELUGU, 2022, p. 186) [tradução nossa].

Os alunos de anos mais avançados eram mais propensos a apresentar sugestões de melhoria dos gráficos. Essas sugestões se relacionavam aos tamanhos e diferenciação dos elementos dos gráficos, conforme relato de um estudante: “faria um diagrama um pouco maior apenas para que você pudesse dizer, com certeza, em quais pontos estão os limites de cada círculo. [...] Você pode descobrir, mas parece um pouco pequeno. Então, fica tudo meio que junto. Às vezes, parece que é tudo uma coisa só.” (ZEBEHAZY; WILTON; VELUGU, 2022, p. 187) [tradução nossa]. Outra sugestão se relaciona a poder realizar a leitura em papel, em vez de fazê-la na impressão em plástico, pois nesta os dedos não deslizavam com facilidade. Por fim, sugeriu-se também estabelecer a relação entre o elemento do gráfico e seu rótulo para não haver ambiguidade. Alguns gráficos não apresentavam clareza entre a variável e sua respectiva representação, conforme pode ser identificado a partir do seguinte relato: “está em uma caixa de quatro linhas um pouco mais próxima do... lado direito da caixa ou sei lá, mas, tipo, pode facilmente ser o de cima, o de baixo ou o esquerdo [suspiros]. Isso é o que estou tentando dizer: [há] ambiguidade.” (ZEBEHAZY; WILTON; VELUGU, 2022, p. 187) [tradução nossa].

Os alunos de melhor desempenho forneceram mais opiniões e *feedbacks* relacionados aos gráficos. Sobre a qualidade e a clareza, os gráficos táteis em relevo em plástico não foram considerados agradáveis, visto que, segundo os participantes, o dedo não desliza, fica “preso”. Eles também solicitaram clareza nas informações/rótulos que, por vezes, demonstravam ambiguidades.



Os autores identificam que o aumento do desempenho dos alunos refletia em auto-percepção positiva, sendo estes mais propensos a perseverar em perguntas mais desafiadoras. Contudo, havia alunos que não demonstravam confiança e precisavam de auxílio do pesquisador para iniciar e prosseguir nas atividades. Um participante apresentou auto-percepção negativa, ao verbalizar um “eu não posso”, e, com os direcionamentos, conseguiu realizar a atividade.

Os usuários dos gráficos táteis tiveram maior facilidade de “pensar em voz alta”. Os autores atribuem isso ao canal sensorial de acesso à informação associado à recorrência em relembrar elementos da atividade, o que pode facilitar no registro da estratégia.

Cabe destacar que os autores evidenciam que o conjunto dos critérios do MoGI são mobilizados no processo de leitura e interpretação dos gráficos. Quanto mais critérios estiverem presentes na atividade, maior a possibilidade de um bom desempenho. Para os autores, “pensar em voz alta” possibilita comunicar os pensamentos e percepções como uma parte valiosa da aprendizagem dos alunos.

4.2 Estudos com professores

Rosenblum *et al.* (2020) entendem que professores de estudantes com deficiência visual são responsáveis por auxiliar esses estudantes no desenvolvimento de habilidades de interpretação de gráficos. Porém, afirmam que pouco se sabe sobre a prática desses professores. Assim, desenvolveram um estudo inicial com 10 professores, solicitando que descrevessem 12 gráficos para 2 estudantes hipotéticos: um com baixa visão e outro com cegueira. A descrição foi realizada a partir do seguinte questionamento e instrução: “ao orientar um aluno a explorar este gráfico, o que você diria a ele? Suponha que seja um aluno que precisa de orientação para interpretar o gráfico. Faça uma gravação de áudio explicando o gráfico.” (ROSENBLUM *et al.*, 2020, p. 232) [tradução nossa]. As descrições para o estudante cego continham apenas informações que podiam ser acessadas por um leitor de braille.

Houve uma variação considerável entre os professores na forma como eles descreviam os gráficos, bem como nas sugestões e perguntas sobre localizar e interpretar as informações e sobre as dificuldades dos gráficos. Os autores fornecem apenas um exemplo de descrição que contempla o tipo de gráfico, o título, a quantidade de barras e o que representam, bem como os rótulos numéricos correspondentes a cada barra, conforme segue: “Há um gráfico de barras intitulado ‘Comprimentos de cinco tubarões brancos’. Cinco barras azuis rotuladas como A, B, C, D e E mostram os comprimentos de cinco tubarões brancos em metros. A é 2,5, B é 3, C é 4, D é 5,5 e E é 6,5.” (ROSENBLUM *et al.*, 2020, p. 232) [tradução nossa]. Os resultados evidenciam a necessidade de trabalho na formação dos professores de estudantes com defi-



ciência visual para eles se familiarizarem com as diretrizes existentes e desenvolverem práticas a partir de perguntas que ultrapassassem os limites de apenas localizar a informação no gráfico.

Rosenblum, Cheng e Beal (2018) realizaram um estudo com 11 professores de estudantes cegos que lecionavam em turmas do quinto ao sétimo ano, com experiência, de pelo menos 3 anos na docência. O artigo busca identificar desafios enfrentados por estudantes com deficiência visual no uso de gráfico a partir de estratégias dos professores.

Os professores participantes enfatizaram a importância de ter elementos táteis apresentados de forma clara, possibilitando a identificação de texturas e linhas, e de evitar, inclusive, o cruzamento de linhas. Eles também sugerem que os problemas sejam disponibilizados ao lado dos gráficos ou que os estudantes cegos tenham acesso a todas as perguntas para que não precisem mover a mão para a leitura do texto de modo a perder os pontos/dados que tateiam. Além disso, destacaram que há a necessidade de simplificar os gráficos, sendo possível, inclusive, dividi-los ou convertê-los; por exemplo, um gráfico com duas linhas poderia ser convertido em dois gráficos com uma linha. Consideraram importante que, antes de explorar um gráfico, os estudantes conheçam o conteúdo; e, a fim de ajudar no direcionamento do que seria procurado no gráfico, pode-se solicitar que os alunos falem ou descrevam as informações necessárias para resolver um problema. Sobre isso, uma professora indicou que apresentava o problema a seus alunos e solicitava que descrevessem o que seria necessário procurar no gráfico. Essa estratégia, segundo ela, direcionaria o estudante a buscar informações de forma mais específica.

Rosenblum, Cheng e Beal (2018) demarcam que alguns estudantes preferem realizar a leitura de cima para baixo e da esquerda para a direita, e acrescentam que outros estudantes preferem ler o gráfico compreendendo seu todo para, posteriormente, explorar suas partes. Os autores recomendam que pessoas com deficiência visual comecem o trabalho com gráficos desde cedo para que desenvolvam habilidades e estratégias, a fim de encontrarem informações como o título, a determinação do tipo de gráfico e as legendas, e de decidirem o que procurar.

4.3 Estudos com pessoas com deficiência visual para acesso a gráficos a partir de computadores

Watanabe *et al.* (2016, p. 2151) [tradução nossa] desenvolveram e lançaram na *web* “um software que usa o ambiente de software de Estatística R para gerar automaticamente gráficos táteis, ou seja, gráficos que podem ser lidos por pessoas cegas usando o sentido do tato”, e que conseguia gerar gráficos de dispersão, de linhas, de barras e de setores. Assim, o



artigo objetiva descrever “as funções da aplicação web, os procedimentos operacionais e os resultados de experimentos de avaliação.” (WATANABE *et al.*, 2016, p. 2151) [tradução nossa].

Para a avaliação da capacidade de geração de gráficos, foi realizado um levantamento de gráficos em livros disponíveis comercialmente sobre a análise de dados usando o R e/ou o Excel. O *software* apresenta potencial para a geração de gráficos, pois, de 48 gráficos construídos no R, 39 foram reproduzidos corretamente.

Sobre a análise da usabilidade dos gráficos na *web*, não houve consistência nos resultados devido a travas durante a realização das atividades. Da terceira avaliação, referente à legibilidade dos gráficos táteis, participaram 7 pessoas cegas com idades entre 21 e 26 anos, com experiência diária no uso de leitores de tela e no uso de gráficos táteis. Nessa etapa, foram entregues gráficos criados no *software* R, impressos, acompanhados com perguntas sobre valores de máximo e mínimo e a tendência dos dados. Obteve-se uma alta taxa de respostas corretas, considerando gráficos de barras, de linhas, de dispersão e de setores produzidos pelo aplicativo. Percebemos que, embora o artigo não seja na área de Educação, apresenta a proposta de possibilitar que pessoas cegas também tenham acesso a gráficos, visto que são uma ferramenta comumente utilizada em nosso cotidiano de forma mais imediata.

Jung *et al.* (2022) realizaram um estudo sobre o acesso à informação de notícias on-line a partir de textos alternativos para pessoas cegas que fazem o uso de leitores de tela. Os autores destacam que recursos visuais, como gráficos, são meios eficientes para resumir dados complexos, conferindo credibilidade a conteúdos apresentados em artigos ou os complementando. Dessa forma, tornaram-se comuns nas mídias, nas comunidades acadêmicas e nas agências governamentais. Esses autores, assim como nós, defendem que pessoas com deficiência visual têm o direito de acessar informações disponibilizadas por meio de representações visuais para terem autonomia para pensar e exprimir conclusões próprias sobre os dados.

O estudo, embora seja voltado para área da Computação, foi incluído para leitura na íntegra após nossas buscas, dadas as contribuições relacionadas ao entendimento de como pessoas cegas compreendem informações a partir de gráficos. Ele foi conduzido em três momentos; especificamente, vamos nos deter no segundo momento do estudo, que incluiu entrevistas com 21 pessoas cegas e 1 pessoa com baixa visão com idades entre 20 e 46 anos sobre aspectos relacionados ao acesso à informação por meio de gráficos estatísticos e mapas, sobre o papel das visualizações em notícias on-line para pessoas com deficiência visual, bem como sobre propriedades/características de bons textos alternativos.

Os participantes destacaram a importância do acesso ao ensino de gráficos para auxiliar os estudantes a construírem, ao longo de sua vida escolar, conceitos como eixos e escalas, dada a importância deles para a compreensão das representações visuais e a realização



de leituras e interpretações de forma autônoma. Como principal resultado e contribuição, o estudo demarca que os participantes expressam o desejo de ter acesso às visualizações que pessoas que enxergam têm para poder interpretar as representações, reforçando, portanto, a importância do acesso a dados estatísticos apresentados em gráficos.

4.4 Conexões entre a literatura e o Letramento Estatístico

Percebemos que os estudos apresentam uma preocupação em possibilitar o acesso a gráficos estatísticos por pessoas com deficiência visual, de modo que possam acessar dados e informações disponíveis a partir dessas representações. No artigo de Jung *et al.* (2022), os participantes demarcam o interesse em ter acesso às mesmas informações que pessoas videntes possuem. Nessa perspectiva, Gal (2002) discute que devemos ser “consumidores de dados” eficientes para não sermos vítimas de desinformação ou reféns da mídia. Consideramos que, para isso, todos devem ter acesso à formação escolar numa perspectiva que leve em conta os elementos de conhecimento e de disposição. Rosenblum e Herzberg (2015), Rosenblum, Cheng e Beal (2018), Zebehazy e Wilton (2021) e Jung *et al.* (2022) entendem que o trabalho com gráfico para pessoas com deficiência visual deve ser iniciado desde cedo para que elas tenham a possibilidade de desenvolver habilidades de conhecimento.

Ainda convém demarcar o estudo de Zebehazy, Wilton e Velugu (2022), sobre o “pensar em voz alta”, que possibilitou identificar crenças dos estudantes sobre a autopercepção de ser capaz ou não de realizar leituras de dados em gráficos estatísticos. Gal (2002) discute que as crenças recaem sobre o desenvolvimento de uma visão sobre si mesmo diante de diversas situações, consistindo em um interesse e disposição apresentado pelo leitor. Além das crenças, os elementos de disposição contemplam uma postura crítica, que também se associa à mobilização de conhecimentos formais aprendidos (GAL, 2002). Assim, destacamos o trabalho de Rosenblum *et al.* (2020), em que professores mencionam que é necessário desenvolver uma proposta com perguntas que ultrapassem os limites de apenas localizar informação no gráfico.

Rosenblum, Cheng e Beal (2018) também realizaram um estudo com professores e obtiveram resultados relacionados à possibilidade de desenvolver estratégias com os estudantes para que busquem informações de forma focada. Pensamos que essas estratégias podem estar relacionadas a questionamentos críticos propostos por Gal (2002), que devem emergir a partir de um acervo em mente de uma lista de questões sobre as informações comunicadas ou exibidas, de modo a permitir a análise da confiabilidade e validade dos dados.



Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo analisar, na perspectiva do LE, artigos publicados em inglês no período de 2015 a 2022 sobre o acesso a gráficos estatísticos para estudantes/pessoas cegas. A partir das buscas, foram analisados oito artigos de estudos desenvolvidos com estudantes e pessoas com deficiência visual, bem como com professores, sobre o acesso a gráficos a partir de computadores.

Nos estudos desenvolvidos com estudantes, o interesse centrava-se em avaliações de atividades desempenhadas pelos estudantes na leitura de gráficos. Os estudos com professores focam as formas de apresentação de gráficos para estudantes com deficiência visual, considerando não só a fala de forma geral e a descrição dos docentes, mas também a utilização de recursos táteis no processo de ensino.

Por fim, os estudos com pessoas com deficiência visual para acesso a gráficos a partir de computadores evidenciam preocupações em disponibilizar gráficos a partir de telas, considerando elementos táteis, mas também sonoros, como descrições. Paralelamente a isso, fica evidente a importância que os estudos atribuem à participação do usuário na validação e contribuição para o desenvolvimento de acessibilidade tecnológica.

Na perspectiva do LE, proposto por Gal (2002), identificamos que os estudos priorizam os elementos de conhecimento relacionados a um trabalho cognitivo; no entanto, alguns consideram os elementos de disposição associados à subjetividade dos participantes, como a forma de o estudante se perceber na realização de leitura de gráficos e o quanto a sua confiança em relação ao conteúdo afeta as respostas e posicionamentos. Assim, demarcamos que há possibilidade do trabalho com gráficos a partir de diferentes estratégias e recursos.

Apesar de reconhecer a importância do investimento em recursos destinados à leitura e interpretação de gráficos por estudantes/pessoas cegas, percebemos que os estudos se limitam à avaliação desses materiais sem evidenciar o contexto das atividades. Além disso, eles relacionam os materiais a aspectos mais procedimentais, em detrimento de questionamentos críticos que possibilitem o LE.

Agradecemos à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe) pelo financiamento.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Curricular Comum*. Brasília, DF: MEC, 2018.

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, Mônica Cecília; TAKAHASHI, Renata Ferreira; BERTOLOZZI, Maria Rita. Systematic review: general notions. *Revista da escola de Enfermagem da USP*, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011.



GAL, Iddo. Adults' Statistical Literacy: meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, Netherlands, v. 70, n. 1, p. 1-51, 2002.

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*, [s. l.], v. 113, n. 5, p. 404-418, 2019.

JUNG, Crescentia *et al.* Communicating Visualizations without visuals: investigation of visualization alternative text for people with visual impairments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 1-11, jan. 2022.

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*, [s. l.], v. 112, n. 5, p. 475-487, sep./oct. 2018.

ROSENBLUM, L. Penny *et al.* Teachers' descriptions of mathematics graphics for students with visual impairments: a preliminary investigation. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, [s. l.], v. 114, n. 3, p. 231-236, 2020.

ROSENBLUM, L. Penny; HERZBERG, Tina S. Braille and Tactile Graphics: youths with visual impairments share their experiences. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, [s. l.], v. 109, n. 3, p. 173-184, may/jun. 2015.

SILVA, Mayra Darly da; CARVALHO, Liliane Maria Teixeira Lima de. Educação Estatística para estudantes cegos: uma Revisão Sistemática da Literatura. *Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática*, São Cristóvão, SE, 2023. No prelo.

WATANABE, Tetsuya *et al.* Development of Tactile Graph Generation web application using R Statistics Software environment. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, [s. l.], v. E99-D, n. 8, p. 2151-2160, aug. 2016.

ZEBEHAZY, Kim T.; WILTON, Adam P. Graphic Reading Performance of students with visual impairments and its implication for instruction and assessment. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, [s. l.], v. 115, n. 3, p. 215-227, 2021.

ZEBEHAZY, Kim T.; WILTON, Adam P.; VELUGU, Bhagyalaxmi. Graphics out loud: perceptions and strategic actions of students with visual impairments when engaging with graphics. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, [s. l.], v. 116, n. 2, p. 183-193, 2022.

Recebido em: 20.3.2022

Revisado em: 12.4.2023

Aprovado em: 25.4.2023