

Proposta de uma Tabela Periódica adaptada com vistas à acessibilidade de estudantes com deficiência visual: um recurso didático para o ensino inclusivo

Proposal of an adapted Periodic Table regarding visual impaired students accessibility: a didactic resource for inclusive education

Propuesta de una Tabla Periódica adaptada con vistas a la accesibilidad para alumnos con discapacidad visual: un recurso didáctico para la educación inclusiva

Graziele Del Sent da Silva (grazibbs26@gmail.com)
Instituto Federal do Paraná – IFPR, Brasil.

João Paulo Stadler (joao.stadler@ifpr.edu.br)
Instituto Federal do Paraná – IFPR, Brasil.

Resumo: Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de uma proposta de adaptação da tabela periódica para estudantes com deficiência visual. Na primeira etapa da pesquisa, foi realizada uma revisão sistemática de literatura, na qual buscou-se, em anais dos eventos ENPEC e ENEQ, artigos que fossem relacionados à confecção da Tabela Periódica adaptada para esses estudantes, encontrando um total de nove artigos. Foram analisadas as limitações e potencialidades desses materiais, para que, então, fosse elaborado o material adaptado descrito no artigo, seguindo as especificações da NBR 9050. Primeiramente, foi realizada a confecção de uma tabela em acrílico com marcação em laser e escrita em Braille no formato da Tabela Periódica, mantendo o menor tamanho possível, de modo a superar uma das limitações dos modelos analisados. Como material auxiliar, foram criadas placas em Braille de cada elemento químico que complementa as informações omitidas em virtude da redução do tamanho da tabela produzida. Espera-se contribuir com a análise das características dos materiais adaptados e que o recurso aqui apresentado possa superar as limitações encontradas para que complemente o estudo da classificação periódica dos elementos e, em maior âmbito, para a inclusão dos alunos com deficiência visual.

Palavras-chave: educação inclusiva; educação especial; braille; impressão 3D; marcação a laser.

Abstract: This paper aims to present the development of a Periodic Table adaptation for students with visual impairment. In the research first stage, a systematic literature review was conducted, in which articles related to the production of adapted Periodic Tables for these students were sought in ENPEC and ENEQ events records, finding a total of nine articles. The limitations and potential of these materials were analyzed, so that the adapted material described in the article could be manufactured, following the NBR 9050 specifications. First, an acrylic table was made with laser marking and writing in Braille in the format of the Periodic Table, keeping the smallest possible size to overcome one of the founded limitations. As an auxiliary material, Braille cards were created for each chemical element that

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

complements the information omitted due to the reduction in the size of the table produced. It is expected to contribute to the analysis of adapted materials characteristics and that the didactic resource presented here can overcome the limitations found so that it complements the study of the periodic classification of elements and, in a greater scope, contributes to the inclusion of visually impaired students.

Keywords: inclusive education; special education; braille; 3D printing; laser marking

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo presentar el desarrollo de una propuesta de adaptación de la Tabla Periódica para estudiantes con discapacidad visual. En la primera etapa de la investigación se realizó una revisión sistemática de literatura, en la que se buscaron artículos relacionados con la elaboración de la Tabla Periódica adaptada para estos estudiantes en las actas de los eventos ENPEC y ENEQ, encontrándose un total de nueve artículos. Se analizaron las limitaciones y potencialidades de estos materiales, para que se pudiera preparar el material adaptado descrito en el artículo, siguiendo las especificaciones de la NBR 9050. Primero, se elaboró una tabla acrílica con marcado láser y escritura en Braille en el formato de la Tabla Periódica, manteniendo el menor tamaño posible para superar una de las limitaciones encontradas. Como material auxiliar, se crearon placas en braille para cada elemento químico que complementa la información omitida por la reducción del tamaño de la tabla producida. Se espera contribuir al análisis de las características de los materiales adaptados y que el recurso aquí presentado pueda superar las limitaciones encontradas. Así, pretendiese que complemente el estudio de la clasificación periódica de elementos y, en un mayor alcance, contribuye para la inclusión de estudiantes con discapacidad visual.

Palabras llave: educación inclusiva; educación especial; braille, impresión 3D, marcado láser.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Educação Especial nem sempre esteve relacionada ao conceito de inclusão, como uma perspectiva de Educação Inclusiva. É possível perceber que, durante o desenvolvimento de políticas voltadas àquela modalidade de ensino que, no País, ocorreram marcos importantes, que contribuíram para a forma como a Educação Especial é entendida atualmente. Até o ano de 1960, aconteceram somente iniciativas de instituições privadas para o atendimento de pessoas com deficiência visual, nas quais a perspectiva vinda da medicina era forte, marcando as ações por um caráter corretivo/adaptativo. A partir de 1961, tem início a atuação governamental com a instituição de Leis e práticas educativas para inclusão de pessoas com deficiência visual. A perspectiva médica, então, começa a perder espaço para a Educação, abrindo espaço para visões diferenciadas (BRASIL, 2001).

Em 1994, houve a Conferência Mundial de Educação Especial, na qual foi sancionada a Declaração de Salamanca, que assegura que toda criança tem direito

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

fundamental à educação, e a escola ou instituição de ensino deve oportunizar à criança a desenvolve-se de maneira integral (BRASIL, 1997). Desde então, várias políticas têm sido elaboradas para proporcionar o desenvolvimento educativo dos estudantes com deficiência visual na perspectiva da Educação Especial e Inclusiva (BRASIL, 1996; 2001; 2008; 20011; 2018).

Dentre as possibilidades de adaptação que podem ser utilizados na Educação Especial, estão as Tecnologias Assistivas, que estão presentes em vários ambientes e setores da sociedade (MANZINI, 2005). Esse é um termo novo, constantemente utilizado para identificar recursos e serviços que proporcionam ou ampliam as habilidades das pessoas com deficiência e, por consequência, possibilitam uma vida independente e a inclusão social (BERSCH, 2017).

O sistema Braille é um bom exemplo de tecnologia assistiva, e se configura como um sistema de leitura e escrita baseado em símbolos em alto relevo criado em 1825 pelo francês Louis Braille, após sua perda de visão causada por um acidente com uma ferramenta pontiaguda, enquanto imitava seu pai na oficina onde trabalhava. Braille perfurou seus olhos acidentalmente, causando uma hemorragia denominada oftalmia simpática, infeccionando ambos os olhos, que causou sua perda de visão aos cinco anos de idade (SILVA, 2013). Em 1854, foi adotado o Sistema Braille no Brasil, seguindo a criação do Instituto Benjamin Constant e, anos depois, o sistema passou por algumas adaptações, acatando as novas determinações ortográficas do País provenientes da reforma ortográfica da Língua Portuguesa de 1942 (SILVA, 2013).

Cada cela Braille é composta por seis pontos em alto relevo organizados em duas colunas contendo três pontos cada, o que possibilita 63 combinações diferentes para obter os sinais necessários para a escrita: letras, sinais de pontuação, maiúsculas, minúsculas, símbolos matemáticos e de Física e de Química, por exemplo (BRASIL, 2000). Esse sistema pode ser redigido das seguintes formas: conjunto manual de reglete e punção, máquina de escrever Perkins Braille e por meio de tecnologias informatizadas como impressoras e *displays* Braille. Segundo Farrell (2007), o leitor de Braille lê mais lentamente em comparação ao leitor vidente e, por isso, o indivíduo com deficiência visual que utiliza esse sistema não consegue explorar tão rapidamente os textos escritos, mesmo em Braille, algo importante ao pensar na inclusão desses estudantes no processo de educativo.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Nesse sentido, a fim de motivar a inclusão escolar dos estudantes, o desenvolvimento de pesquisas e materiais didáticos na área da Educação Especial é extremamente relevante, embora existam poucas pesquisas relacionadas com a produção de materiais didáticos adaptados para o ensino de Química (JORGE, 2010). Cerqueira e Ferreira (2000) apontam que os recursos didáticos são muito importantes para os estudantes com deficiência visual, pois eles necessitam do contato tátil e do acesso a materiais diferenciados, que permitam sua participação nas atividades em sala de aula, contribuindo para a aprendizagem. Nesse contexto, é importante salientar que a adaptação de materiais de Química para estudantes com deficiência visual deve ser pautada na Grafia Química Braille: sistema desenvolvido em conjunto com especialistas no sistema Braille e pesquisadores em Química, que apresenta de maneira sistemática a versão das representações oficiais da linguagem química para esse sistema de escrita (BRASIL, 2017).

Tendo em vista a importância da adaptação de materiais didáticos com base na Grafia Química Braille, este artigo tem por objetivos: apresentar os resultados de uma revisão sistemática de literatura acerca das características de Tabelas Periódicas adaptadas a partir dos trabalhos publicados em eventos científicos na área de ensino de Ciências/Química, a fim de elencar os pontos de melhoria que se fazem relevantes; e, a partir deles, descrever o processo de produção, em impressora 3D e gravadora a *laser*, de uma proposta de adaptação de Tabela Periódica reduzida, acompanhada de material auxiliar que permita complementar as informações omitidas em função da redução do tamanho da tabela produzida.

O ENSINO DE QUÍMICA PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL NOS CONTEXTOS NA EDUCAÇÃO ESPECIAL E INCLUSIVA

Entende-se que a deficiência visual é característica de pessoas cegas ou com visão subnormal (baixa visão), que pode ser causada por questões genéticas, durante o desenvolvimento fetal ou até durante o nascimento, além de poder ocorrer durante a infância até os três anos de idade (FARREL, 2008). Dessa forma, os estudantes com deficiência visual são, segundo relata Hontangas (2010), elegíveis para serem atendidos pela modalidade da Educação Especial, que se caracteriza como uma modalidade de ensino exclusivamente para pessoas com necessidades educacionais específicas,

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

originadas por razões físicas, sensoriais, mentais ou múltiplas, quer de características como altas habilidades, superdotação ou talentos específicos.

Em termos legais, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, BRASIL, 1996) observa-se que há preferência para o atendimento desses estudantes da rede regular de ensino, devendo ser oferecido, quando necessário, serviços de apoio especializado. Esse processo educacional é caracterizado com Educação Inclusiva, a qual segundo Mendonça (2015), é uma disposição da escola ou instituição de ensino em atender não somente os estudantes com necessidades específicas, mas sim de todos os estudantes, englobando as necessidades de todos, diferente de processos que segreguem os estudantes em função de suas deficiências.

O momento fundamental para que a Educação Inclusiva se concretizasse como objetivo educacional foi a Conferência Mundial de Educação Especial, em 1994, que culminou na Declaração de Salamanca (BRASIL, 1997), cujo objetivo é assegurar que toda criança tenha acesso ao direito fundamental da educação e, nesse sentido, escola ou instituição de ensino deve oportunizar ao estudante possibilidades de atingir e manter o nível adequado de aprendizagem. A Declaração exige, também, que os governos atribuam alta prioridade política e financeira às instituições de ensino, de forma que possam incluir todos os indivíduos, independentemente de suas diferenças ou dificuldades individuais (BRASIL, 1997). De acordo com a Declaração de Salamanca (BRASIL, 1997), as escolas que são centradas no aluno com necessidades especiais têm por responsabilidade modificar todo ambiente escolar, eliminando atitudes discriminatórias, fazendo com que a inclusão seja permanente e permeie o processo educativo.

Nesse sentido, de acordo com o Art. 8º das Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica (BRASIL, 2001), as escolas da rede regular de ensino devem prever: professores das classes comuns e da educação especial capacitados e especializados para o atendimento às necessidades educacionais dos alunos, além de promover condições para reflexão e elaboração teórica da educação inclusiva, com protagonismo dos professores, articulando experiência e conhecimento com as necessidades/possibilidades surgidas na relação pedagógica, inclusive por meio de colaboração com instituições de ensino superior e de pesquisa. Assim, segundo a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

(BRASIL, 2008), deve haver colaboração entre professores da Educação Especial e do Ensino Regular que como requisito essencial para a efetivação da Educação Inclusiva.

Pensando na qualificação profissional do professor, as Diretrizes para Educação Especial na Educação Básica (BRASIL, 2011), em seu artigo 18, declaram que são considerados professores capacitados aqueles que consigam comprovar que, na sua formação, estão incluídos conteúdos sobre Educação Especial. Ainda nesse artigo, é explicitado que os professores devem perceber as necessidades educacionais dos estudantes e devem valorizar valorizando a inclusão, por meio da evolução contínua do desenvolvimento do processo educativo que ocorre para o atendimento de necessidades educacionais específicas (BRASIL, 2001). Dessa maneira, o professor necessita estar preparado para o trabalho em equipe, a fim de desenvolver práticas e ações pedagógicas articuladas, e de compartilhar conhecimentos com outros profissionais da Educação.

No que se refere à organização do currículo escolar, as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica (BRASIL, 2001) estabelecem que o processo educativo deve considerar as particularidades e dificuldades de cada indivíduo que participa do processo ensino e aprendizagem, e que a inclusão é algo necessário e que deve acontecer naturalmente. Ainda de acordo com as Diretrizes, qualquer pessoa em idade escolar tem o direito de acesso à escola, sem ser inseridas em turmas especiais, e acesso equivalente ao dos outros alunos (BRASIL, 2001).

Bertalli, Ramos e Siqueira (2010), contudo, considera que há um problema na assistência e na maneira como a escola aprova seus alunos com necessidades educacionais específicas simplesmente pelo fato de não saber como trabalhar com eles. É dever, portanto, das instituições escolares garantir que a aprendizagem seja sólida para todos os alunos, em todas as áreas do conhecimento. Porém, segundo Almeida (2007), Torres e Mendes (2018) e Brandl *et al.* (2021), formar o professor excede a tarefa de informar e repassar conceitos sobre deficiências e educação especial e inclusiva. Para além disso, deve-se prepará-lo para um novo modo de educar, que irá alterar sua relação com o conteúdo da disciplina e com o educando. Para Rodrigues (2006), refletir sobre educação para todos resulta em pensar nas relações entre os alicerces da Educação em geral e da especial, com formação geral e especial dos professores.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Nesse contexto, o professor de Química, ao organizar o conteúdo em sala de aula, precisa se atentar aos três níveis de representação do conhecimento químico, que Mortimer, Machado e Romanelli (2000) consideram necessariamente importantes para aprendizagem da Química: o macroscópico, o microscópico e o simbólico, pois representam diferentes maneiras de se abordar os conceitos químicos. Conforme Santos e Greca (2005), o nível macroscópico representa fenômenos que podem ser observados; o microscópico permite acessar os processos químicos que não se pode visualizar, por meio de modelos científicos e teorias; e o simbólico são símbolos, números, fórmulas, equações e estruturas, que tem por função representar os conceitos químicos.

Esses níveis devem ser compreendidos pelos estudantes de maneira articulada, até mesmo os estudantes com deficiência visual, pois é por meios dos níveis, que os conceitos químicos são representados, descritos e relacionados com a realidade concreta. Tais aquisições consistem, segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), no convívio com a linguagem da Química e na apropriação de conceitos e teorias que permitem que o estudante explique relações entre conceitos da Química e fenômenos que acontecem na realidade.

Considerando esta particularidade, as Tecnologias Assistivas se mostram como recursos importantes para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de estudantes com deficiência visual, pois são um meio de contato entre ambiente físico e o mundo simbólico, além de contribuir para a inclusão com os outros estudantes. Dentre as Tecnologias Assistivas utilizadas para o ensino de Química, podemos citar a adaptação de materiais didáticos já existentes nas instituições de ensino, a elaboração de materiais inovadores e o uso de outras tecnologias. Carvalho e Raposo (2005) acreditam a adaptação de materiais didáticos e a procura por instrumentos que auxiliem no processo de aprendizagem desses alunos são compatíveis com as aquisições e o desenvolvimento de habilidades e competências pertinentes aos diversos componentes curriculares, com vistas à formação acadêmica, pessoal e profissional dos estudantes. A complexidade do currículo e o gradual aumento quantitativo e qualitativo das aprendizagens exigem linguagens e recursos específicos nas áreas de conhecimento contempladas, a exemplo de Física, Química e Matemática (RAPOSO; CARVALHO, 2010).

Pensando no ensino de Química, em 2005, a Comissão Brasileira do Braille (CBB), da Secretaria de Educação Especial, percebeu a necessidade do estudo e

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

atualização da Grafia Química Braille. A CBB organizou um grupo de especialistas em Braille e com conhecimentos em Química da Universidade de Brasília e do Instituto Benjamin Constant (BRASIL, 2017). Atualmente, a grafia Química Braille utilizada no Brasil “dispõe de símbolos representativos para transcrição em Braille do componente curricular de Química, suas entidades em diferentes posições, diagramas, notações específicas, determinadas figuras e estruturas.” (BRASIL, 2017, p. 14).

A Grafia Química Braille tem importante relação com o nível representacional, bastante característico da Química, que contém simbologias específicas, como os símbolos de elementos químicos, a representação das substâncias e a indicação propriedades e transformações (BRASIL, 2017). Nesta perspectiva, a Grafia Química Braille possibilita que o estudante com deficiência visual consiga compreender e utilizar simbologia utilizada pelos químicos na representação de fenômenos e substâncias químicas. A atual versão da Grafia no Brasil, apresenta uma variedade de fórmulas, símbolos, equações, diagramas, notações específicas, moléculas em várias posições, dentre outros exemplos diversificados e ilustrados em Braille, como visualizado. Por meio da Grafia Química Braille, é possível tornar acessível aos estudantes com deficiência visual os símbolos utilizados na linguagem química de forma que possam compreender textos e se comunicar, também, de forma escrita.

No Brasil, a transcrição de textos e livros para o Braille é realizada por softwares como Braille Fácil, Winbraille e Duxbury. Os núcleos de produção de materiais especializados estão localizados por todos os estados brasileiros e realizam essa transcrição, assim como as imprensas Braille do Instituto Benjamin Constant (IBC) no Rio de Janeiro e a Fundação Dorina Nowill para Cegos em São Paulo (OKA; NASSIF, 2010). A transcrição de textos pode ser realizada por impressoras Braille, é um recurso de acessibilidade tecnológica que permite a utilização de um software que transforma textos comuns em Braille, a impressora irá produzir relevos próprios desta linguagem sobre a folha de papel.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS TABELAS PERIÓDICAS ADAPTADAS PARA ESTUANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Neste item, estão descritos os procedimentos e resultados obtidos por meio de uma pesquisa qualitativa de revisão de literatura com o intuito de evidenciar os

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

trabalhos que apresentavam adaptações da Tabela Periódica para alunos com deficiência visual. Esta etapa do trabalho foi desenvolvida seguindo a abordagem da pesquisa qualitativa, por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), cujo objetivo é compreender para um corpus documental, em especial, constatando características e relações em determinados contextos (GALVÃO; RICARTE, 2019). Neste estudo, optou-se pela realização da RSL meta-etnográfica, a qual é apropriada revisões que visam integrar a pesquisa qualitativa, com o objetivo de localizar temas, conceitos ou teorias-chave de forma a salientar suas características (GALVÃO; RICARTE, 2019). Com a RSL empreendida, foi possível evidenciar as características das Tabelas Periódicas adaptadas apresentada em eventos de importância nacional para o ensino de Química.

Na primeira etapa, elaborou-se as quatro questões norteadoras, que estão inteiramente relacionadas entre si e dirigiram a leitura do material a fim de alcançar o objetivo proposto: Q1: Qual tipo de material suporte foi produzido?; Q2: Houve validação do material produzido?; Q3: Qual foi a percepção de quem utilizou o material?; Q4: Quais são as limitações e potencialidades do material?.

Em seguida, foi realizada a seleção de trabalhos por meio do acesso das plataformas dos anais dos eventos Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ) e atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), por serem eventos voltados para Educação em Ciências principalmente em Química e ter abrangência nacional. Para a realização das buscas, utilizou-se na base de pesquisa as palavras tabela periódica e classificação periódica, sendo selecionados os trabalhos que se relacionavam com práticas envolvendo estudantes com deficiência visual. O período de seleção dos trabalhos relacionados foi a de 2010 a 2020, e foram encontrados total de 9 trabalhos publicados.

Após finalização da busca pelos trabalhos, realizou-se leitura dos seus resumos seguindo a ordem dos anos selecionados, a fim de identificar o critério para a inclusão nesta pesquisa: descrição de material didático adaptado para o ensino da Tabela Periódica. Com os trabalhos já selecionados, foi realizado o detalhamento, por meio de planilhas do *software* Excel, a fim de coletar informações para responder as questões norteadoras da pesquisa. Após a conclusão da planilha, foi realizada a discussão dos

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

resultados encontrados, tendo como perspectiva a produção de um novo material que pudesse suprir as limitações desses materiais.

Como primeiro resultado da RSL empreendida (Quadro 1), encontrou-se nove artigos relacionados com a temática da pesquisa no período recortado. Isso pode se dever ao fato de a Educação Especial e Inclusiva ser um assunto pouco tratado nas pesquisas e/ou a não preocupação com a divulgação das práticas inclusivas realizadas nas escolas. Isso é perceptível quando olhamos os artigos publicados pelo ENEQ a partir de 2014 onde começa a ter um número maior de publicações, porém ainda assim são poucas publicações visto o grande número de outras áreas nos eventos.

Quadro 1 – Artigos que abordam a criação de Tabela Periódica para estudantes com deficiência visual no Ensino de Química

Título	Referência	Descrição
Construção de Tabela Periódica e Modelo Físico do Átomo Para Pessoas com Deficiência Visual	Quadros et al. (2011)	Tabela Periódica adaptada a partir de materiais alternativos e impressão em Braille com texturas diferentes para que o estudante possa diferenciar os grupos e períodos e em grande escala. Houve a validação do material com estudantes com deficiência visual.
Estudo da evolução da tabela periódica a partir de jogos de cartas com inclusão social no ensino de Química	Araújo, Barbosa e Pires Neto (2012)	Material confeccionado como jogo de cartas a fim de compreender a tabela periódica. A validação se deu com estudantes com deficiência visual.
Tabela Periódica portátil em Braille: Sem limitações a uma aprendizagem significativa para deficientes visuais.	Silva, Perini e Lázare (2014)	A Tabela Periódica foi produzida com parasol de painel de automóveis, feito de papelão e pintado com tinta spray, utilizando-se barbantes e outros materiais para demarcar os grupos e períodos. Houve validação com dois estudantes com deficiência visual.
Tabela Periódica para deficientes visuais usando o sistema computacional DOSVOX.	Moraes et al. (2014)	Criou-se uma Tabela Periódica virtual a partir do software DOSVOX. A validação se deu com estudantes com deficiência visual.
Instrumento didático para o ensino da tabela periódica à deficientes visuais.	Souza, Pereira e Sá (2016)	Tabela Periódica adaptada a partir de materiais alternativos. Desenvolvido como proposta, não houve validação, pois, trata-se de uma proposta.
Construção de uma	Sousa et al.	Tabela Periódica confeccionada manualmente

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Tabela Periódica com material de baixo custo utilizada como recurso didático para o Ensino de Química aos deficientes visuais	(2016)	a partir de materiais alternativos com a grafia em língua portuguesa e com cores dos grupos. Houve validação com alunos videntes e não videntes.
---	--------	--

Fonte: autores, 2022.

Quadro 1 – Artigos que abordam a criação de Tabela Periódica para estudantes com deficiência visual no Ensino de Química (cont.)

Título	Referência	Descrição
Recursos Acessíveis ao Ensino de Química: Diagrama Tátil de Linus Pauling e Tabela Periódica	Bastos et al. (2016)	Tabela Periódica adaptada em Lona, acessíveis para videntes e não videntes, contém também <i>QRCode</i> que a partir de aplicativo é possível ouvir o áudio do texto. Não houve validação, pois, trata-se de uma proposta.
Construindo uma Tabela Periódica sob a Perspectiva da Educação Inclusiva	Carvalho et al. (2016)	Tabela Periódica adaptada com materiais alternativos do cotidiano para suporte pedagógico de estudantes videntes e não videntes. Houve validação com um estudante com deficiência visual
Um modelo tátil da tabela periódica: o ensino de química para alunos cegos num contexto inclusivo	Franco-Patrocínio, Fernandes e Freitas-Reis (2017)	Utilizou-se uma Tabela adaptada de trabalhos anteriores produzidos pelos autores confeccionada manualmente em grande escala. Houve validação com dois estudantes com deficiência visual.

Fonte: autores, 2022.

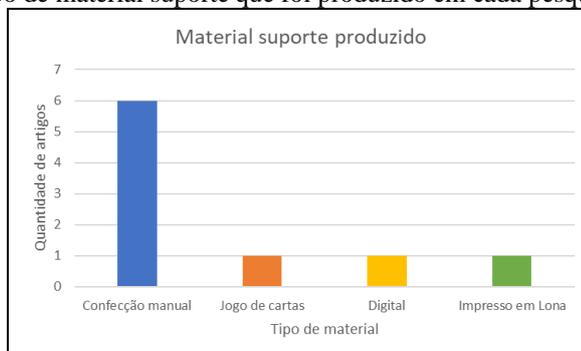
Pode-se observar no Quadro 1 que maior parte deles utilizou para a confecção materiais alternativos e em grande escala o que pode ser um empecilho para sua utilização recorrente. Além disso, foi possível perceber que os materiais que tiveram bastante aceitação pelos estudantes com deficiência visual envolvidos, em função da validação realizada. Um material que teve destaque foi o produzido por Moraes et al. (2014) e consistiu em uma Tabela Periódica virtual elaborada por meio do *software* DOSVOX, sistema bastante utilizado pelos estudantes com deficiência visual no ambiente escolar, e que se mostrou bastante eficaz e positivo para os estudantes que validaram.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Em relação ao tipo de material de suporte que foi produzido nas pesquisas analisadas, a leitura dos trabalhos permitiu classificá-los de acordo com quatro principais categorias elencadas na Figura 1, em função do modo de produção e do tipo de material utilizado.

Figura 1 – Tipo de material suporte que foi produzido em cada pesquisa selecionada.



Fonte: autores, 2022.

Conforme apresentado na Figura 1, a maior parte dos recursos didáticos apresentadas foram produzidos por confeção manual e com materiais de fácil acesso, o que pode influenciar negativamente em sua durabilidade. Além disso, com a leitura das pesquisas, pode-se perceber que tais materiais eram de grande escala e/ou com a ausência de informações importantes. Por exemplo, no trabalho de Quadros et al. (2011) foi confeccionada uma tabela utilizando materiais como chapa de compensado, cartolina, folhas de papel, entre outros materiais. Contudo, o recurso apresenta um tamanho grande, com um material mais pesado que o usual, que com o tempo pode ser danificado. Por outro lado, no trabalho de Moraes et al. (2014) foi utilizado o sistema computacional DOSVOX, que é um sistema especificamente para pessoas com deficiência visual. Essa adaptação da Tabela Periódica foi criada como um programa de perguntas, via áudio, que estudantes videntes e não videntes conseguem utilizar, evidenciando aspectos de inclusão. Assim, observa-se que para que esses materiais sejam eficientes e significativos, alguns critérios devem ser levados em consideração, como: tamanho adequado, significação tátil, cores fortes e contrastantes para alunos com baixa visão, maior fidelidade possível ao modelo original, facilidade no manuseio, resistência e segurança (CERQUEIRA; FERREIRA, 2000; NUEMBERG, 2010) e, com face nesses quesitos, os materiais apresentam as limitações supracitadas.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Quando há a produção de material didático, é importante considerar seu processo de validação por especialistas e/ou pelo público-alvo. Considerando esse aspecto, após a leitura detalhada, foi possível perceber que em 78% dos artigos analisados foi realizado algum processo de validação, o que indica preocupação, por partes dos autores, em compreender se o material produzido estava adequado às necessidades do público-alvo. Tais processos podem ser efetuados de algumas formas como: como estudantes videntes e não videntes, para analisar a usabilidade do material; por meio da verificação da adequação dos pontos Braille pelo estudante com deficiência visual; e se não há omissão de informações no material, por parte dos especialistas, estudantes e professores. Assim, indicando pontos positivos e negativos do material e apontando limitações. Nesse caminho, Franco-Patrocínio, Fernandes e Freitas-Reis (2017) defendem que materiais criados e validados por pessoas com deficiência visual representam um recurso didático significativo para professores, que em suas turmas, possuem estudantes com deficiência visual. Desse modo destaca-se a importância da validação de materiais didáticos adaptados, em especial com estudantes com deficiência visual.

De modo geral, nos artigos analisados, percebeu-se que os estudantes videntes e não videntes que usaram os materiais tiveram dificuldades no início das aplicações, até que começassem a compreender o que estava contido no material, o que denota a importância de um guia com instruções e/ou um momento de contato inicial com o material com indicações do professor. Destacando o material produzido por Franco-Patrocínio, Fernandes e Freitas-Reis (2017), um dos alunos que validou o material comentou que o material foi muito importante para a compreensão do conteúdo, porém, seria melhor se ele tivesse uma tabela igual à dos demais estudantes para ter consigo sempre que quisesse, em menor escala.

Por fim, analisando as limitações, de modo geral, os materiais confeccionados manualmente apresentam limitações de tamanho, pelo fato de a tabela ser muito grande, e, em alguns casos, mais pesadas ou com materiais que não são resistentes. Encontram-se dificuldades na versão de textos para o Braille no que se refere ao tamanho necessário para a reprodução das informações que provoca tanto a omissão de informações ou a confecção de materiais em maior escala (OKA; NASSIF, 2010).

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Por outro lado, devem ser levadas em consideração as potencialidades desses materiais, pois mais da metade deles foram validados por estudantes com deficiência visual, algo que é muito importante quando se trata de um material didático adaptado sendo bastante significativo no âmbito educacional inclusivo (FRANCO-PATROCÍNIO, FERNANDES E FREITAS-REIS, 2017). Enfatizando o material confeccionado por Araújo, Barbosa, Neto (2012), que consistiu em um jogo de cartas a respeito da Tabela Periódica para os estudantes videntes e não videntes. Segundo Cunha (2012), a produção de jogos didáticos se torna potencialmente muito importante no processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, materiais como esse são muito importantes para uma Educação Inclusiva, sendo utilizados não somente os estudantes com deficiência visual, mas também os videntes, promovendo um ambiente escolar inclusivo.

PROPOSTA DE TABELA PERIÓDICA ADAPTADA POR MEIO DE IMPRESSÃO EM 3D E MARCAÇÃO EM LASER

Com a análise de trabalhos já existentes, pensou-se em diminuir ao máximo a tabela para obter-se um material com tamanho reduzido, de qualidade e de fácil manuseio. Buscou-se manter o formato da tabela periódica para possibilitar o estudo de periodicidade das propriedades, além do reconhecimento da organização em grupos e períodos. Além da tabela, foi elaborado um material auxiliar que permitiu complementar as informações omitidas em virtude da redução do tamanho da tabela produzida. Espera-se que seja um material inovador, para ser utilizado como um recurso didático para o estudo de estudantes com deficiência visual, baixa visão e videntes.

Assim, foi decidido propor um material composto de uma Tabela Periódica em acrílico com marcação em *laser* e escrita em Braille com caneta impressora 3D complementada com cartas impressas em 3D com as informações em Braille de cada elemento. Para a confecção da tabela em acrílico, foi elaborado um arquivo em .cdr no software CorelDraw 2020 ® com a reprodução das celas Braille de acordo com a NBR 9050 (BRASIL, 2015). Essa cela foi reproduzida para a escrita dos textos e a construção do quadro de cada elemento conforme Figuras 2 e 3.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

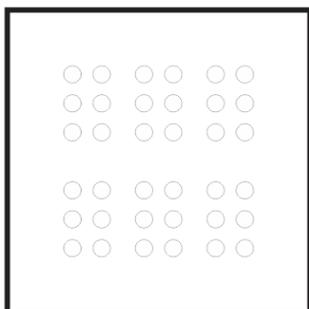


Figura 2 – Modelo base de cela Braille segundo a NBR 9505

Figura 3 – Imagem do arquivo .cdr com a tabela periódica para marcação em impressora a laser

Fonte: autores, 2022.

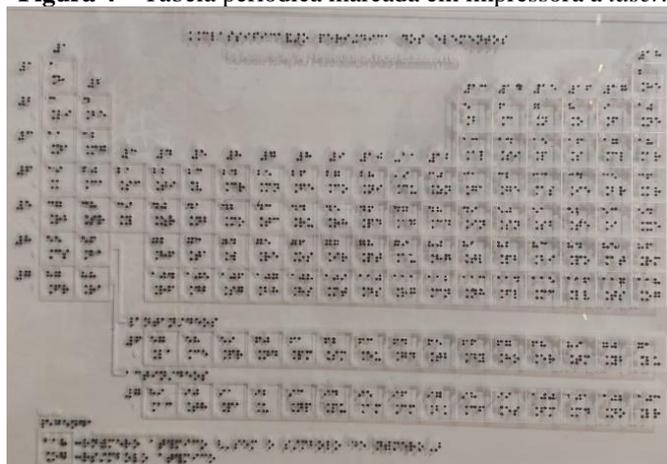
Para reduzir o tamanho final da tabela em termos de largura, optou-se por não representar o símbolo de número antes do número atômicos dos elementos, de modo que os números de três dígitos pudessem ser representados na cela apresentada na Figura 5. Essa informação foi adicionada na legenda da tabela e deve ser comunicada ao estudante com deficiência visual. Com essa escolha, foi possível construir a tabela com 550 x 365 mm. Além da adaptação referente ao sinal de número, optou-se com colocar transcrição para a grafia em língua portuguesa para possibilitar o uso com estudantes videntes, estimulando a inclusão. Por fim, para a marcação a laser, o arquivo foi convertido para o formato .dxf e inserido no software da cortadora e gravadora a laser marca modelo CMK-1390D com velocidade de impressão de 350 mm/s, que marcou os pontos em Braille que foram preenchidos com a caneta impressora 3D utilizando o PLA (ácido polilático) como polímero (Fig. 4).

Como mencionado anteriormente, com o intuito de manter o formato da tabela periódica em menor tamanho possível, a tabela proposta (Figs. 2 e 3) contém apenas o número atômico e o símbolo do elemento químico. Assim, propôs-se um material complementar, em formato de placas, com mais informações sobre cada elemento. Na primeira etapa, houve a construção de um documento .txt com as características principais dos elementos químicos: número atômico, símbolo, nome, grupo, período, tipo de elemento (hidrogênio, metais, ametais e gases nobres), estado de agregação e último subnível mais energético.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

Figura 4 – Tabela periódica marcada em impressora a laser.



Fonte: autores, 2022.

A segunda etapa consistiu na transferência das informações para a ferramenta de versão para Braille gratuito disponibilizado Text2Braille3d disponível em <https://cta-ifs.github.io/Text2Braille3d/> para a geração dos arquivos .stl que representa um modelo tridimensional das cartas de cada elemento. Para a geração dos modelos, foram utilizadas as configurações padrão da ferramenta, sem a produção das bases de apoio e marcação para letra maiúscula (Fig. 5). Para que todas as cartas ficassem do mesmo tamanho, um ponto foi adicionado na 12 coluna da última linha;

Na terceira etapa, por fim, houve construção do arquivo .gcode com base no arquivo .stl no software Creality Slices 1.2.3 para alterar a disposição espacial da placa para a posição horizontal. Essa adaptação foi necessária por as placas produzidas apresentam grandes dimensões e, desse modo, a base da placa que fica em contato com a mesa aquecida se distancia do bico injetor e as camadas superiores não se fundem propriamente. Esse problema resulta em peças quebradiças que seriam impróprias para o uso proposto. Em seguida, estabeleceu-se os critérios de impressão 3D (Fig. 6). As variáveis de impressão foram sendo alteradas de acordo com os resultados obtidos, a fim de determinar o melhor caso. As configurações padrão foram: temperatura da base em 110 °C, altura da camada em 0,15 mm e densidade de preenchimento de 50 % e a temperatura de extrusão de 222 a 225 °C, a depender da cor do ASB (acrilonitrila butadieno estireno), material escolhido para impressão. Optou-se por fazer placas de diferentes cores para que o material pudesse ser utilizado com referência às cores da tabela da tabela periódica para os estudantes videntes (Fig. 9).

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

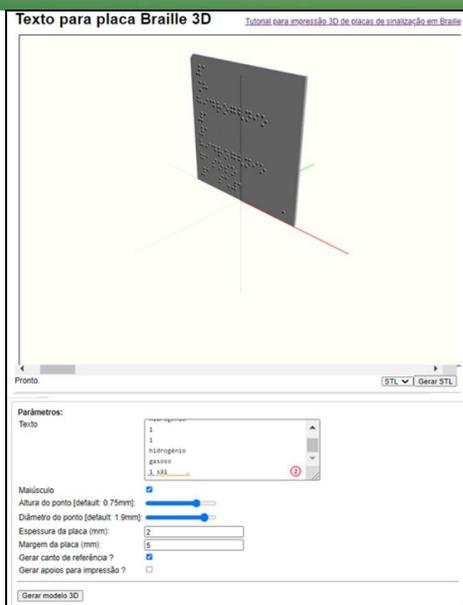


Figura 5 – Versão das informações sobre o átomo de hidrogênio na ferramenta Text2Braille3d para geração do arquivo .stl

Fonte: autores, 2022.

A divisão em cores foi adaptada, para os estudantes com deficiência visual por meio de marcações no verso da carta com a caneta em 3D localizadas do canto superior esquerdo, lado contrário ao canto de referência (Fig. 7). Além disso, foi colocada no verso da placa uma etiqueta com as informações condidas na placa (Fig. 8), para que os estudantes videntes pudessem trabalhar em conjunto com os estudantes com deficiência visual.

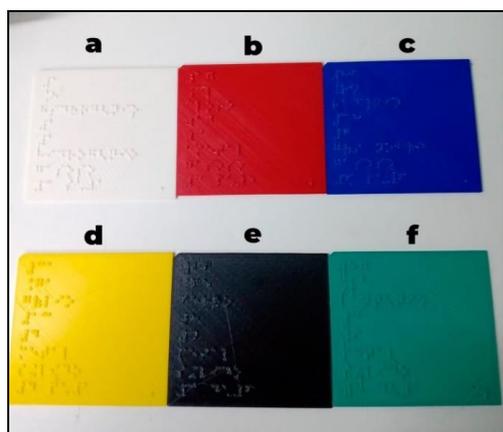


Figura 7 – Representação cores utilizadas na confecção das placas por tipo de elemento para os tipos a) hidrogênio. b) ametais. c) gases nobres. d) metais representativos. e) metais transição

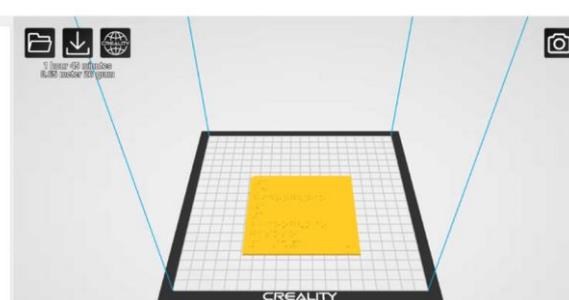


Figura 6 – Tela para a configuração do arquivo. gcode no programa Crealty 1.2.3

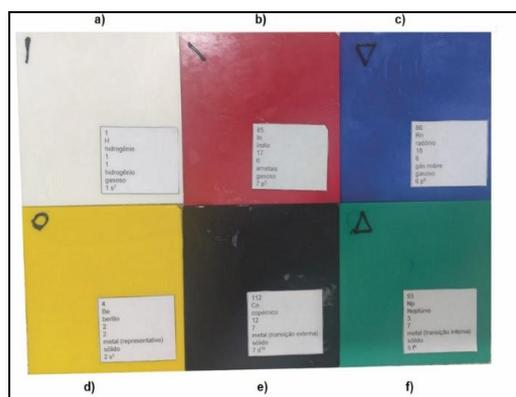


Figura 8 – Representação dos símbolos de identificação e etiquetas em grafia da língua portuguesa para a) hidrogênio. b) ametais. c) gases nobres. d) metais representativos. e) metais transição interna. f) metais transição externa.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

interna. f) metais transição externa.

Fonte: autores, 2022.

Assim, com esta proposta de material, validado por duas especialistas e ensino de Química, uma delas voltadas ao ensino de estudantes com deficiência visual. A validação pelas especialistas foi realizada por meio da apreciação do material durante a defesa de trabalho de conclusão de curso da primeira autora, durante a qual foram ressaltadas as possibilidades de utilização por estudantes videntes e não videntes, bem como a necessidade em se marcar o canto de referência na Tabela Periódica em acrílico, não foram apontados erros conceituais ou de escrita nos materiais.

Contudo, a versão com canto de referência ainda está por ser validada por estudantes com e sem deficiência visual. Esse processo, contudo, é moroso em função da aprovação do protocolo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição. Também, espera-se a validação por meio dos servidores lotados no Centro de Atendimento Especializado na Área de Deficiência Visual (CAEDV) da região.

Ainda assim, espera-se possibilitar novos instrumentos didáticos para a aprendizagem da classificação periódica dos elementos na Educação Básica. Por fim, com as cartas, ainda é possível o exercício de montar a tabela periódica para se perceber a relação entre a posição dos elementos e as famílias. Como forma de estimular o uso do material didático, foi disponibilizado¹ os arquivos .stl, .cdr e .dxf, além do arquivo com as etiquetas dos elementos e um guia didático em grafia da língua portuguesa e a fim de que possam ser utilizados para a produção de outras cópias. Todo o desenvolvimento do material foi feito em parceria com o Laboratório IFLab do campus Palmas do Instituto Federal do Paraná.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os trabalhos aqui analisados, pode-se identificar as principais limitações e potencialidades na adaptação da tabela periódica mais recorrentes foram: o tamanho aumentando em função da característica da escrita Braille; a vontade dos

¹ Link de acesso:

<https://drive.google.com/drive/folders/1x179rJRGi6XsmBtQunCTtfyX81Lzd1le?usp=sharing>

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

estudantes com deficiência visual em utilizar uma tabela menor e similar a dos demais estudantes e as possibilidades de fomentar a Educação Inclusiva com a integração dos estudantes videntes e não videntes em torno do estudo da classificação periódica dos elementos. Levou-se, então, em consideração tais limitações para a produção de um novo material, de modo a tentar superá-las com a elaboração do material apresentado.

Na Tabela Periódica produzida pensou-se em incluir todas as possibilidades para o ensino inclusivo, em especial do ponto de vista do estudante com deficiência visual, construindo uma tabela transcrita para o Braille no formato original para que se possa compreender a organização da tabela em períodos e grupos, em ordem crescente de número atômico e, principalmente, evidenciar a periodicidade das propriedades dos elementos químicos. Como uso indicado dos materiais, pode-se citar a montagem de uma tabela periódica em grande escala com as placas, a fim de aprimorar conhecimentos sobre os pontos supracitados, evidenciando o caráter sistemático e relacional entre os grupos e os períodos dos elementos, além de destacar a distribuição dos tipos de elementos em número crescente de número atômico e em função de propriedades semelhantes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Dulce Barros de et al. **Política educacional e formação docente na perspectiva da inclusão. Educação. CE/USFM.** Santa Maria (RS), v. 32, n.2, 2007.

ARAÚJO, Robson, Fagner Santos; BARBOSA, Fabrícia de Lima; PIRES NETO, João Pessoa. Estudo da evolução da tabela periódica a partir de jogos de cartas com inclusão social no ensino de Química. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 16, **Anais...**, Salvador, 2012.

BASTOS, Amélia Rota Borges de et al. Construção de uma Tabela Periódica com material de baixo custo utilizada como recurso didático para o Ensino de Química aos deficientes visuais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18, **Anais...**, Florianópolis, 2016.

BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva.** Porto Alegre. 2013.

BERTALLI, Jucilene Gordin; RAMOS, Edivaldo da Silva; SIQUEIRA, Onofre Salgado. Braille alternativo para o ensino de ciências. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 15, **Anais...**, Brasília, 2010.

BRANDL, C.; PEREIRA, A.; SILVA MALHEIROS, L.; MEDEIROS, D. O Ensino de Ciências em um contexto de inclusão escolar: um estudo de caso. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 4, 2021.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

BRASIL. Lei n. 9394/96, de 20 de dez. de 1996. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília. 1996.

BRASIL. **Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais** 2. ed. Brasília, DF: Corde, 1997.

BRASIL. **Deficiência visual**. Brasília: MEC. Secretaria de Educação a Distância, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica**. Brasília: MEC/SEESP, 2001.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. **Grafia Química Braille para uso no Brasil**. Brasília: SECADI, 2017.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Inclusão**. Brasília: Ministério da Educação; 2008.

CARVALHO, Alexandra Souza de et al. Construindo uma Tabela Periódica sob a Perspectiva da Educação Inclusiva. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18, **Anais...**, Florianópolis, 2016.

CERQUEIRA, Jonir Bechara; FERREIRA, Elise de Melo Borba. **Recursos didáticos na educação especial**. Instituto Benjamin Constant. Rede Saci, 2000.

CUNHA, Marcia Borin da. Jogos no Ensino de Química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na escola**, v. 34, n. 2, 2012

FARRELL, Michael. **Guia do Professor: Deficiências sensoriais e incapacidades físicas**. Porto Alegre: Atmed, 2008.

FERNANDES, Jomara M.; FREITAS-REIS, Ivoni. Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino dos conceitos de balanceamento de equações químicas e de estequiometria para o ensino médio. **Química nova na escola**, v. 39, n. 2, 2017.

FRANCO-PATRICÍNIO, Sandra; FERNANDES, Joamara Mendes; FREITAS-REIS, Ivoni. Um modelo tátil da tabela periódica: o ensino de química para alunos cegos num contexto inclusivo In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11, **Atas...**, Florianópolis, 2017.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa. RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão Sistemática da Literatura: Conceituação, Produção e Publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, 2019.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

HONTANGAS, Natividad Araque. PUENTE, José Luis Barrio de la. Atención a la diversidad y desarrollo de procesos educativos inclusivos. **Prisma Social: revista de ciências sociais**, Madrid, n.4, 2010.

JORGE, Viviane Loureiro. **Recursos didáticos no Ensino de Ciências para alunos com deficiência visual no Instituto Benjamin Constant**. 2010. 46 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MANZINI, Eduardo José. Inclusão e Acessibilidade. **Revista da Sobama**. Vol. 10, n.1, 2005.

MENDONÇA, Ana Abadia dos Santos. Educação Especial e Educação Inclusiva: Dicotomia de Ensino dentro de um mesmo processo educativo. In: Encontro de Pesquisa em Educação, 8, Congresso Internacional trabalho docente e processos educativos, 3, **Anais...**, Uberaba, 2015.

MORAES, Marco Dias de et al. Tabela Periódica para deficientes visuais usando o sistema computacional DOSVOX. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 17, **Anais...**, Ouro Preto, 2014.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, 2000.

NUERNBERG, Adriano Henrique. Ilustrações táteis bidimensionais em livros infantis: considerações acerca de sua construção no contexto da educação de crianças com deficiência visual. **Revista Educação Especial**. v. 26, n. 36, 2010.

OKA, C. M.; NASSIF, M. C. M. Recursos escolares para o aluno com cegueira. In: SAMPAIO, M. W. et. al. **Baixa visão e cegueira: os caminhos para a reabilitação, a educação e a inclusão**. Rio de Janeiro: Cultura Médica; Guanabara Koogan, 2010. RAPOSO, Patrícia Neves; CARVALHO, Elenice Natália Soares de. A pessoa com deficiência visual na escola. Brasília: Editora UNB, 2010.

QUADROS, Luiza; et al. Construção de tabela periódica e modelo físico do átomo para pessoas com deficiência visual. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8, **Atas...**, Campinas, 2011.

RODRIGUES, David. Dez Idéias (mal) feitas sobre a Educação Inclusiva. In: RODRIGUES, David. (Org.). **Inclusão e educação: doze olhares sobre a educação inclusiva**. São Paulo: Summus, 2006.

SANTOS, Flávia M. T., GRECA, Ileana M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 1, 2005.

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda; ZANON, Lenir Basso. **A experimentação no ensino de Ciências**. Piracicaba: CAPES/UNIMEP, 2013.

Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022

SILVA, Monique Pirola da; PERINI, Thiago Perini; LÁZARE, Débora. Tabela Periódica portátil em Braille: Sem limitações a uma aprendizagem significativa para deficientes visuais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 17, **Anais...**, Ouro Preto, 2014.

SOUZA, Hélvio Silvester Andrade et al. Construção de uma Tabela Periódica com material de baixo custo utilizada como recurso didático para o Ensino de Química aos deficientes visuais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18, **Anais...**, Florianópolis, 2016.

SOUZA, Mayara Letícia de, PEREIRA, Sidmar Santos; SÁ, Roberto Araújo. Instrumento didático para o ensino da tabela periódica à deficientes visuais. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 18, **Anais...**, Florianópolis, 2016.

TORRES, J.; MENDES, E. Formação de professores de ciências exatas numa perspectiva inclusiva. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 1, n. 3, 2019.



Recebido em: 13/04/2022

Aceito em: 29/07/2022