

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS FIGURATIVOS DA QUÍMICA VERDE E SUSTENTÁVEL EM BRAILLE

Jaelson Marques Martins¹, José G. G. Queiroz², Daiane D. da Silva³, Lucas de S. Batista⁴, Carlos Eduardo Nicioli⁵, Gizllayne dos Anjos Pereira⁶, Carlos Alberto da Silva Júnior⁷.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus Sousa, Paraíba, Brasil.

¹jaelson.martins@academico.ifpb.edu.br ²queiroz.guilherme@academico.ifpb.edu.br

³dantas.daiane@academico.ifpb.edu.br ⁴batista.sa@academico.ifpb.edu.br

⁵carlos.nicioli@academico.ifpb.edu.br ⁶gizllayne.anjos@academico.ifpb.edu.br

⁷carlos.alberto@ifpb.edu.br

Palavras-Chave: Inclusão; Braille; Educação Química.

Introdução

A Química Verde (QV) no Brasil tem se destacado como uma área emergente e promissora, impulsionada pelas práticas sustentáveis e pela necessidade crescente de ensino para a alfabetização científica da nova geração (ANDRADE; ZUIN, 2023; DA SILVA JÚNIOR et al., 2022; 2024; VELOZO et al., 2022, 2023). Em 1998, Paul T. Anastas e John C. Warner propuseram doze princípios que norteiam uma Química mais sustentável, diminuindo ou eliminando processos e produtos químicos nocivos à saúde humana e ao ambiente (ANASTAS; WARNER, 2000). Neste contexto, o objetivo central da QV é a redução dos impactos ambientais e o aumento da eficiência dos recursos (ANASTAS; WARNER, 2000; LENARDÃO et al., 2003; SOUSA et al., 2020). Quanto mais princípios forem contemplados, maior será a contribuição para a diminuição dos impactos negativos gerados pela Química (ALMEIDA et al., 2019).

Incorporar a QV no currículo educacional é fundamental para preparar futuros profissionais que aprendam a aplicá-la de forma sistêmica, incorporando elementos críticos ou propondo abordagens inovadoras (SANDRI; SANTIN FILHO, 2019; DA SILVA JÚNIOR et al., 2023). Isso resulta em indivíduos alfabetizados para a sustentabilidade de forma conceitual, contextual e crítica (ANDRADE; ZUIN, 2023). Ao expor os estudantes aos princípios e práticas da QV, promovemos a conscientização ambiental, permitindo que compreendam os impactos das atividades humanas e a importância de práticas sustentáveis. Além disso, desenvolvemos habilidades críticas, incentivando a resolução de problemas complexos e a inovação através do estudo de casos e projetos práticos (ANDRADE; ZUIN, 2023).

A incorporação da QV nos currículos de Química auxilia no desenvolvimento de tecnologias e processos que minimizam a poluição, através de pesquisas voltadas para a formulação de solventes menos nocivos, catálise e desenvolvimento de processos que utilizam matérias-primas renováveis (SANTOS; ROYER, 2018). Jacob et al. (2022) concluíram que a integração da QV nos currículos é crucial para formar estudantes mais críticos e reflexivos, capazes de utilizar o conhecimento para resolver problemas e questões ambientais.

No ano de 2019, em comemoração ao 150º aniversário da Tabela Periódica dos Elementos Químicos (TPEQ), os pesquisadores Paul T. Anastas e Julie B. Zimmerman propuseram *The Periodic Table of the Elements of Green and Sustainable Chemistry* (ANASTAS, ZIMMERMAN, 2019). No Brasil, pesquisadores no ano de 2022 realizaram a tradução do inglês para o português dessa tabela, passando a ser referida como Tabela Periódica

dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável (TPQVS), proporcionando novas abordagens, na tríade ensino, pesquisa e extensão, para introduzir essa filosofia verde na educação (DA SILVA JÚNIOR et al., 2022). Da Silva Júnior et al. (2022) sugeriram que a TPQVS é uma proposta audaciosa, a qual não se limita apenas aos doze princípios da QV, abordando também aspectos humanitários, sociopolíticos e educacionais. Mais recentemente, Da Silva Júnior et al. (2024) concluíram que a TPQVS é um recurso interdisciplinar que auxilia no processo de ensino e aprendizagem sobre e para a QV.

Por se tratar de um recurso ainda novo, há uma escassez de trabalhos que abordem a TPQVS no Ensino da Química Verde - EQV (DA SILVA JÚNIOR et al., 2023; 2024). No contexto da inclusão, a falta de pesquisas é ainda mais acentuada. O recurso criado por Anastas e Zimmerman (2019) apresenta 90 elementos figurativos, distribuídos em 18 colunas e 7 linhas, agrupados em 4 blocos: Elementos Humanitários, Elementos da Química Verde e da Engenharia Verde, Elementos de Habilitação das Condições de Sistema e Elementos Nobres (DA SILVA JÚNIOR et al., 2022).

De uma perspectiva mais abrangente, é possível implementar práticas pedagógicas que integrem pesquisa, ensino e extensão (CORRÊA; ZUIN, 2012; EILKS; RAUCH, 2012; ERYTHROPEL et al., 2018; HURST, 2020; SOUSA et al., 2020; DA SILVA JÚNIOR et al., 2024). Portanto, é relevante que esta tabela alternativa seja disseminada e abordada em sala de aula de forma inclusiva, já que a ciência deve ser acessível a todos.

Nesse sentido, a criação de uma versão da TPQVS em Braille não só preenche uma lacuna educacional na literatura, mas também representa um avanço significativo em direção a um futuro mais justo, inclusivo e equitativo. De acordo com Cerqueira e Ferreira (2000), em nenhuma outra modalidade de educação os recursos didáticos são tão importantes quanto na educação especial de pessoas com deficiência. O Braille possibilita a alfabetização de alunos com deficiência visual, impactando positivamente suas vidas ao promover independência e socialização (ROSSITER, 2020).

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi a criação da TPQVS em Braille, que não apenas apresenta uma solução tangível para a escassez de tecnologias assistivas, mas também potencializa a forma como estudantes com deficiência visual acessam e compreendem os conceitos de QV.

Material e Métodos

A presente pesquisa é de natureza qualitativa exploratória (CRESWELL, 2007). De acordo com Creswell (2007), essa abordagem é adequada para tópicos novos e originais, o que se aplica ao presente estudo. Caracteriza-se como qualitativa devido à sua flexibilidade e adaptabilidade (MOL, 2017).

A criação da TPQVS em Braille baseou-se nos pressupostos teóricos da Metáfora da Bipirâmide Triangular (DA SILVA JÚNIOR, 2023), que permite a elaboração de recursos numa perspectiva inclusiva no Ensino de Química.

Para a criação e organização da TPQVS em Braille, utilizou-se o software *Canva*, que está disponível gratuitamente (www.canva.com), embora algumas funcionalidades adicionais sejam acessíveis por meio de um plano pago. Cada elemento figurativo foi representado por uma figura geométrica de 3,17 cm de largura por 3,06 cm de altura. As imagens das marcações em Braille para o número do elemento e seu símbolo foram obtidas diretamente do *Canva*.

A intenção foi criar uma versão acessível que facilitasse a introdução e compreensão dos elementos figurativos dessa tabela, promovendo o conhecimento sobre a QV entre estudantes deficientes visuais que utilizam o Braille.

Resultados e Discussão

Na Figura 1, observa-se a TPQVS em Braille, que pode ser considerada uma inovação significativa no ambiente escolar para o ensino e a aprendizagem dos conceitos de QV, proporcionando uma oportunidade de inclusão para alunos com algum grau de deficiência visual.

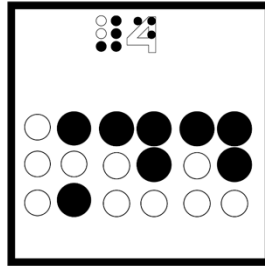
Figura 1: Tabela Periódica da Química Verde e Sustentável (TPQVS) em Braille.

Fonte: Autoria própria (2024)

O uso desse material potencialmente inclusivo (DA SILVA JÚNIOR, 2023) é fundamental para a participação efetiva de estudantes com deficiência visual. De acordo com Fernandes et al. (2019), através dessa grafia é possível representar substâncias e equações, permitindo que o discente usuário de Braille tenha acesso ao nível representacional da Química. Existe, entretanto, uma carência de materiais adaptados para o Ensino de Química que considerem tanto a deficiência visual quanto outras especificidades educacionais (D'AGOSTINO, 2022; ALI et al. 2024). Portanto, o estudo sobre a necessidade do desenvolvimento desse tipo de material didático é tão relevante (PASTORIZA et al., 2020).

Como ilustrado na Figura 2, a representação de cada elemento figurativo incluiu o número correspondente à sua posição na tabela e o seu símbolo em Braille. Durante o desenvolvimento desta TPQVS, que é potencialmente inclusiva, acessível e gratuita, foram realizados testes para ajustar o espaço dos quadrantes dos elementos figurativos. Inicialmente, foram incluídos apenas os números e os símbolos dos elementos. Atualizações futuras serão necessárias para aprimorar a experiência dos estudantes com essa nova tecnologia assistiva.

Figura 2: Elemento figurativo “design para evitar dependência”, cujo símbolo é Dd.



Fonte: Autoria própria (2024)

No Brasil, é imprescindível divulgar os pressupostos da QV, considerando a escassez dessa área no cenário educacional (ALMEIDA et al. 2019, VAZ et al. 2024). Portanto, a criação da TPQVS em Braille potencializa a inclusão e o acesso equitativo aos princípios da QV para alunos com deficiência visual. Essa tecnologia assistiva visa facilitar a compreensão dos elementos figurativos, removendo barreiras linguísticas que podem dificultar o aprendizado. Ademais, esse recurso didático contribui para a construção de uma sociedade mais inclusiva e consciente da relevância da acessibilidade em todas as áreas do conhecimento.

Por fim, destaca-se que a TPQVS em Braille pode ser empregada em diversas situações para promover e facilitar a inclusão de discentes com deficiência visual ou baixa visão. Ela pode ser utilizada em escolas e universidades durante aulas sobre e para a QV, auxiliando na compreensão desses estudantes. Além disso, é útil em aulas experimentais, ajudando esses estudantes a melhor aplicar os conceitos da QV nas práticas laboratoriais.

Conclusões

Este trabalho objetivou apresentar a Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável (TPQVS) em Braille, uma iniciativa inovadora, pois, conforme nossa pesquisa na literatura, não existe material que trate dessa tabela alternativa sob uma perspectiva inclusiva para a comunidade com deficiência visual. Assim, além de preencher uma lacuna educacional no Brasil e no mundo, busca-se também contribuir para um futuro mais equitativo, inclusivo e justo.

A criação de materiais gratuitos e de fácil acesso para estudantes com algum grau de perda visual aprimora o processo de ensino e aprendizagem, além de promover a inclusão desses educandos. A TPQVS em Braille foi desenvolvida para servir como um instrumento didático capaz de ampliar a inclusão e divulgar os conceitos de QV para pessoas que utilizam o Braille, contribuindo também para a formação de professores.

Agradecimentos

Ao IFPB, ao Green Maker Lab - Grupo de Pesquisa e Inovação em Química Verde e à FAPESQ pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas aos estudantes pesquisadores C.E.N e J.M.M.

Referências

- ALMEIDA, Q. A. R. DE et al. Química Verde nos cursos de Licenciatura em Química do Brasil: mapeamento e importância na prática docente. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 15, n. 34, p. 178–187, 2019. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v15i34.6971>
- ALI, Z. A. et al. Science Camp for Middle School Blind and Visually Impaired Students. **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 3, p. 1078–1085, 2024. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01122>
- ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 2000.
- ANASTAS, P. T.; ZIMMERMAN, J. B. The periodic table of the elements of green and sustainable chemistry. **Green Chemistry**, v. 21, n. 24, p. 6545–6566, 2019. <https://doi.org/10.1039/C9GC01293A>
- ANDRADE, R. DA S.; ZUIN, V. G. A Alfabetização Científica em Química Verde e Sustentável. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 7, 2023.
- CERQUEIRA, J O. B. S.; FERREIRA, E. M. B. Recursos didáticos na educação especial. Revista Benjamin Constant, Rio de Janeiro: IBCENTRO, n. 6, abr. 2000.
- CORRÊA, A. G.; ZUIN, V. G. **Química Verde: fundamentos e aplicações**. 1ª ed. São Carlos: EdUFSCar, 2012.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2007.
- D'AGOSTINO, A. T. Accessible Teaching and Learning in the Undergraduate Chemistry Course and Laboratory for Blind and Low-Vision Students. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 1, p. 140–147, 2022. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00285>
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. Triangular Bipyramid Metaphor (TBM), an Imagetic Representation for the Awareness of Inclusion in Chemical Education (ICE). **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 10567–10578, 2023. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-112>
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Química Verde e a Tabela Periódica de Anastas e Zimmerman: Tradução e Alinhamentos com o Desenvolvimento Sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 1010–1019, 2022. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170893>
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Challenges and successes: online and inclusive teaching of green chemistry in Brazil in the time of Covid-19. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 12, p. 106–118, 2022. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss12.4012>
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. A Tabela Periódica da Química Verde e Sustentável na Perspectiva da Formação de Professores de Química: O que, como e por que ensinar? *In*: SANDRI, M. C. M.; MARQUES, C. A.; MARCELINO, L. V.; MAGALHÃES, C. G. **Química Verde: Propostas, Experiências de Ensino e Reflexões para a Formação de Professores**. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2023. p. 97–127.
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável (TPQVS): Tradução para a língua portuguesa do Brasil. Em: Anais do(a) Anais do 21 Encontro Nacional de Ensino de Química, 8., 2023, Recife, Brasil. [...]. Recife, Brasil: Even3, 2023. <https://doi.org/10.29327/1290523.1-26>
- DA SILVA JÚNIOR, C. A. et al. The Role of the Periodic Table of the Elements of Green and Sustainable Chemistry in a High School Educational Context. **Sustainability**, v. 16, n. 6, p. 2504, 2024. <https://doi.org/10.3390/su16062504>
- EILKS, Ingo; RAUCH, Franz. Sustainable development and green chemistry in chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 2, p. 57–58, 2012. <http://dx.doi.org/10.1039/C2RP90003C>
- ERYTHROPEL, Hanno C. et al. The Green ChemisTREE: 20 years after taking root with the 12 principles. **Green Chemistry**, v. 20, n. 9, p. 1919–2160, 2018. <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1039/C8GC00482J>

- FERNANDES, J. M. et al. Possibilidades para o fazer docente junto ao aprendiz cego em aulas de Química: uma interface com a história da Tabela Periódica. **História da Ciência e Ensino**, v. 18, p. 181-199, 2018.
- HURST, G. A. Systems thinking approaches for international green chemistry education. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, [S. l.], v. 21, p. 93–97, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.004>.
- JACOB, R. G. et al. (2022). Educação Ambiental nos cursos de Química da UFPel através da Química Verde. **Química Nova na Escola**, 44(2), 173 – 182.
- LENARDÃO, E. J. et al. “Green chemistry” - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, p. 123–129, 2003.
- MOL, G. S. Pesquisa Qualitativa em Ensino de Química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 495–513, 2017. <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/140>
- PASTORIZA, B. et al. A produção de materiais didáticos adaptados a alunos com deficiência visual. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 3, n. 2, 2019.
- ROSSITER, H. G. L. A importância das pesquisas em educação inclusiva para deficientes visuais: uma análise bibliométrica sobre o Braille no Brasil. **Educação Ambiental**, v. 1, n. 2, p. 64-74, 2020.
- SANDRI, M. C. M.; SANTIN FILHO, O. Os modelos de abordagem da Química Verde no ensino de Química. **Educación Química**, v. 30, n. 4, p. 34, 2019.
- SANTOS, D. M.; ROYER, M. R. Análise da percepção dos alunos sobre a química verde e a educação ambiental no ensino de química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 2, 2018.
- SOUSA, A. C. et al. **Química Verde para a Sustentabilidade**: natureza, objetivos e aplicação prática. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2020.
- VAZ, C. R. et al. A Adoção da Química Verde no Ensino Superior Brasileiro. **Química Nova**, v. 47, n. 3, p. 1–10, 2024. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230117>
- VELOZO, M. C. S. et al. An inclusive approach to incorporating green chemistry in a post-pandemic world. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 12, p. 140–153, 2022. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss12.4017>
- VELOZO, M. C. S. et al. Creation and Validation of Bilingual Educational Videos about Environmental Education, Green Chemistry and Sustainable Development Goals for Deaf People in Brazil. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 11, n. 1, p. 46–62, 2023. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol11.iss1.4043>