

Referências Bibliográficas sobre Ensino de Química Verde: análise por meio de rede social

Bibliographic References about Green Chemistry Teaching: analysis from social network

Juliana Barreto Brandão

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
juliana.brandao@cefet-rj.br

Júlia Damazio Bouzon

Colégio Pedro II
juliabouzon@gmail.com

Suyane David Sá de Alvarenga

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
suyane.alvarenga@cefet-rj.br

Alvaro Chrispino

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
alvaro.chrispino@gmail.com

Resumo

Abordar a preservação ambiental é cada vez mais importante no ambiente escolar e, desta forma, ensinar sobre Química Verde tem se tornado fundamental, pois incentiva os estudantes a serem mais críticos e terem hábitos mais sustentáveis. Entretanto, para promover pesquisas nessa área, acredita-se necessária a formação de profissionais com aporte teórico bem fundamentado. Nesse sentido, conhecer as bibliografias mais utilizadas neste tema pode ser de grande contribuição. Sendo assim, este estudo buscou o mapeamento das referências bibliográficas em ensino de Química Verde, dentro da base de periódicos nacionais até o ano de 2017, através da análise de Rede Social. As leis brasileiras de educação, bem como as obras de Lenardão *et al.* (2003), Anastas e Warner (1998), Freire (1997) e Santos e Mortimer (2000) foram as cinco referências com as maiores relevâncias, evidenciando que os pesquisadores têm considerado importante recorrer tanto ao aporte teórico em Química Verde quanto em Educação.

Palavras-chave: Química Verde, Referências Bibliográficas, Grafo.

Abstract

When talking about the environment it becomes extremely important to do so in classrooms, and teaching green chemistry has become an alternative to the fact that enhances students to be more critical, and to have more sustainable habits. However, to promote researches about this area, it is known that is necessary to train professionals and to achieve this goal, it is

recommended that they have an adequate theoretical approach. In this way, it is important using the most studied references in this theme. Therefore, this work sought to map that references in teaching green chemistry inside the data of brazilians journals until 2017. The study was done through social network analysis. The Brazilian laws, Lenardão *et al.* (2003), Anastas & Warner (1998), Freire (1997) and Santos & Mortimer (2000) were the five most relevant references. They indicate that is very important to use theoretical frameworks on Green Chemistry as well as in Education.

Keywords: Green Chemistry, Bibliographic References, Graph.

Introdução

A discussão sobre a preservação ambiental é uma realidade nas escolas de Ensino Médio e se justifica não só pela depleção dos recursos naturais, mas pela quantidade de resíduos gerados tanto na produção de bens de consumo quanto no seu descarte. De acordo com Zuin (2013, p. 559),

dadas as demandas contemporâneas em todo o globo, especialmente aquelas relacionadas às questões socioambientais, faz-se necessário refletir sobre formas mais adequadas para a produção de conhecimentos científicos e tecnológicos que reduzam ou eliminem a geração de resíduos e efluentes tóxicos.

Nesse sentido, destaca-se o ensino sobre Química Verde, que pode ser definida como “o desenho, o desenvolvimento, a produção e o uso de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente” (CGEE, 2010, p.16).

Esse conceito teve origem a partir dos programas de incentivo a processos mais limpos, financiados por instituições internacionais, preocupadas com a poluição ambiental (LENARDÃO *et al.*, 2003), e foi sistematizado em doze princípios por Anastas e Warner (1998): (1) prevenção, (2) economia de átomos, (3) síntese de produtos menos perigosos, (4) desenho de produtos seguros, (5) solventes e auxiliares mais seguros, (6) busca pela eficiência de energia, (7) uso de fontes renováveis de matéria-prima, (8) evitar a formação de derivados, (9) catálise, (10) desenho para a degradação, (11) análise em tempo real para a prevenção da poluição e (12) química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes.

Segundo Anastas e Kirchoff (2002), essa nova concepção de processos fomentou a necessidade de formar novos profissionais inseridos nessa perspectiva. Desta forma, apesar desses princípios terem emergido num contexto industrial, seu estudo tem se difundido para outras áreas, como a Educação, em especial, no ensino de Química. Os conceitos relacionados a Química Verde pressupõem um olhar diferente sobre o meio ambiente, no qual são valorizadas práticas e atitudes mais sustentáveis, e a escola, que é considerada um lugar de construção do conhecimento pode ser, então, o lugar de início dessa transformação.

Sendo assim, estudar sobre os conceitos da Química Verde significa estudar os conhecimentos tecnocientíficos, mas, principalmente, compreender de que modo eles podem ser aplicados na realidade de cada indivíduo, ou seja, pode ser uma forma de o estudante se perceber como parte integrante do meio ambiente. Seja como profissional da área ou um consumidor leigo, todos somos atores sociais e, portanto, responsáveis por nossas escolhas e decisões.

Entretanto, o ensino de Química Verde é uma vertente ainda em expansão e pouco presente nos currículos dos cursos de formação inicial para professores (ALMEIDA *et al.*, 2019), e por isso, é esperado que possua uma baixa representatividade no cenário de publicações. Nesse sentido, considera-se importante investir em pesquisas nessa temática, e conhecer os principais referenciais utilizados pode contribuir para aqueles que buscam aporte teórico nessa área. Desta forma, este estudo tem como objetivo a apresentação do mapeamento das referências bibliográficas sobre o Ensino de Química Verde em periódicos nacionais até o ano de 2017.

Metodologia

Para realização do trabalho, foi feita uma busca em periódicos nacionais publicados até o primeiro semestre de 2017, indexados com Qualis A1, A2 e B1, na base de dados da

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES), obtendo-se um universo de 260 revistas. Em seguida, a busca foi refinada utilizando-se o termo “Química Verde” entre as palavras-chave, resumo e/ou texto, resultando em 31 artigos, que foram posteriormente estudados.

O método utilizado no trabalho foi o de Análise de Rede Social que, possibilita entender as interações resultantes, a partir das múltiplas conexões estabelecidas entre os objetos estudados, que neste caso, foram as referências bibliográficas, totalizando 610 entes. Esta metodologia nos permite realizar um tratamento quantitativo de um número elevado de dados e os desdobramentos qualitativos destes de valores.

Para gerar a rede deste trabalho foi utilizado o *software* de código aberto NodeXL¹, que produziu um grafo. Este é formado basicamente por duas variáveis fundamentais: vértices e arestas. De acordo com Souza *et al.* (2014, p. 672), “cada vértice ou nodo representa um ator e cada aresta representa a relação existente entre dois atores integrantes da rede.” Além disso, o *software* permite calcular medidas de centralidade, que representam a importância de cada vértice dentro da rede. “A centralidade é, então, a posição de um indivíduo em relação aos outros, considerando-se como medida a quantidade de elos que se colocam entre eles.” Marteleto (2001). Vale ressaltar que os indivíduos denominados pela autora representam os vértices, ou seja, as referências bibliográficas. Neste trabalho, foram calculadas as seguintes medidas de centralidade: de grau e de intermediação (*betweenness*).

A medida de centralidade de grau de entrada mostra quantas ligações (arestas) existem entre os vértices da rede. Sendo assim, na rede produzida, esse valor indica quantos artigos se utilizaram da mesma referência bibliográfica, o que denota maior relevância para a obra de maior medida. Já a centralidade de intermediação (*betweenness*)

Calcula o quanto um ator atua como “ponte”, facilitando o fluxo de informação em uma determinada rede. Um sujeito pode não ter muitos contatos, estabelecer elos fracos, mas ter uma importância fundamental na mediação das trocas. O papel de mediados traz em si a marca do poder de controlar as informações que circulam na rede e o trajeto que elas podem percorrer (MARTELETO, 2001, p. 79).

É válido acrescentar que, a fim de obtermos uma rede mais homogênea, todas as bibliografias que remetiam a alguma resolução de lei brasileira voltada para a educação foram agrupadas em uma única referência, representando apenas um ator da rede social como um todo.

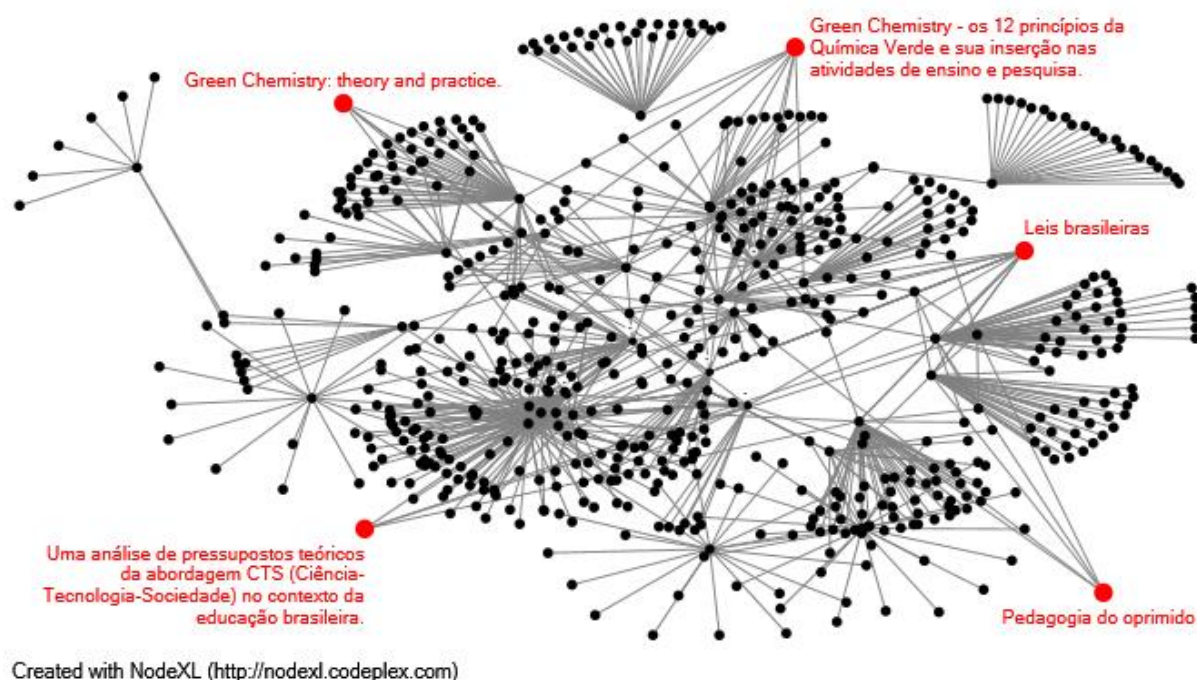
Com a rede estabelecida, foram extraídos cinco vértices das referências citadas nos periódicos que apresentaram maior centralidade de grau de entrada, a fim de analisá-las. Além desses valores, também foram comparadas e analisadas as outras medidas de centralidade, organizadas em uma tabela (Tabela 1).

Resultados e discussão

A partir da organização de todos os dados levantados na catalogação das obras, obteve-se o grafo representado na Figura 1:

¹ A versão utilizada está disponível no site <http://nodexl.codeplex.com>

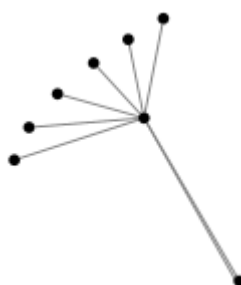
Figura 1: Grafo confeccionado com as referências bibliográficas.



Fonte: NodeXL, confeccionado pelos autores.

Os vértices que estão representados em cor vermelha foram aqueles que apresentaram os cinco maiores valores de medidas de centralidade de grau, possuindo uma maior relevância na rede social e, por isso, estão destacados. É interessante pontuar que houve um recorte no resultado obtido pelo software, já que era esperado que as obras que apresentariam maiores valores de centralidade de grau seriam os próprios artigos de pesquisa na área de Química Verde. Isso era aguardado, pois quanto mais referências forem citadas nesses trabalhos, maior vai ser o grau de entrada para eles, como pode ser observado na subrede da Figura 2.

Figura 2: Exemplo de subrede.



Fonte: NodeXL, confeccionado pelos autores

Nesta imagem, o vértice central simboliza um dos artigos catalogados, sendo cada vértice ao seu redor uma de suas referências bibliográficas, totalizando sete obras. Sabendo que as ligações referência-artigo representam as arestas da subrede e que cada aresta é uma unidade de grau de entrada, então, para este artigo da subrede, o grau de entrada é igual a sete. Dessa forma, pode se observar que dos trinta e um artigos analisados, trinta possuíam um número de referências elevado, apresentando, então, os maiores graus de entrada da rede. No entanto,

como o objetivo do trabalho é analisar a relevância das obras citadas e não as suas quantidades, optou-se por fazer um recorte de pesquisa a partir da primeira referência citada com maior grau de entrada.

Os valores das medidas de centralidade obtidos das cinco referências mais relevantes estão contidos na Tabela 1 e serão analisados em seguida.

Tabela 1: Valores das medidas de centralidade obtidos a partir do grafo

REFERÊNCIA	CENTRALIDADE DE GRAU	CENTRALIDADE DE INTERMEDIÇÃO
Leis brasileiras de educação	8	17007,58
LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUD, M. J.; BATISTA, A. C. F.; SILVEIRA, C. C. “Green Chemistry” – Os 12 princípios da Química Verde, e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. <i>Química Nova</i> , v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.	8	19745,16
ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. <i>Green Chemistry: theory and practice</i> . New York: Oxford University Press, 1998.	5	5011,70
FREIRE, P. <i>Pedagogia do oprimido</i> . 24. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.	5	3913,26
SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. <i>Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências</i> , Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.	4	3890,18

Fonte: confeccionada pelos autores.

A partir da análise da tabela, pode se dizer que os valores das medidas de grau de entrada das três primeiras obras não causaram surpresa, pois referem-se às bases legais da Educação e fundamentação teórica sobre Química Verde.

Em relação às leis, acredita-se que sua relevância se justifica pelo fato de os autores buscarem amparo legal para as suas pesquisas e abordagens no ensino. No entanto, colocar em prática as orientações e diretrizes previstas nos textos nem sempre é simples, levando-se em conta as especificidades de cada nicho educacional. Nesse sentido, destaca-se a presença das outras duas obras de maior grau de centralidade e que não são da área de Química Verde. Essas referências possuem pressupostos teóricos que, provavelmente, podem orientar abordagens de ensino para a inserção dos conceitos de Química Verde e, por isso, apresentam altos graus de relevância na rede. Além disso, é importante destacar que os autores não devem se pautar apenas nos textos legais, pois

[...] é preciso ampliar as discussões para além das proposições contidas nos documentos curriculares oficiais, o que necessariamente envolve uma análise acerca do currículo e do planejamento constituídos sócio-historicamente, ou seja, em tempos e espaços específicos. As discussões no contexto das escolas, tendo como pano de fundo pressupostos teóricos sobre o currículo, planejamento, políticas públicas, e as práticas docentes, a nosso ver, tendem a contribuir com a dinâmica de implantação das novas propostas, em uma perspectiva crítica e inovadora (STRIEDER *et al.*, 2016, p. 101)

Sobre as referências específicas de Química Verde (linhas 2 e 3 da Tabela 1), destaca-se que são obras que tratam da origem e definição da Química Verde, bem como, dos doze princípios. O livro *Green Chemistry: theory and practice* é uma fonte primária de referência, sendo considerado um dos marcos teóricos da área. No entanto, verifica-se que sua relevância para a rede é menor do que o artigo de Lenardão *et al.* (2003), possivelmente devido a alguns fatores: o artigo é de livre e fácil acesso, além de possuir um número reduzido de páginas frente ao livro, que é uma obra de acesso restrito e escrita em língua estrangeira, o que pode causar certa dificuldade para os pesquisadores que não dominam outro idioma.

A respeito das medidas de centralidades de intermediação observa-se que há uma coerência entre os valores que diminuem ao longo da tabela, com exceção da primeira para a segunda referência. Como a intermediação representa a ponte entre duas ou mais referências de subredes distintas, quanto mais entes uma subrede tiver, maior é a chance de haver intermediações com outras, ou seja, quanto maior for a centralidade de grau de entrada, provavelmente, o mesmo acontecerá com a centralidade de intermediação. Entretanto, este fato não é observado com as duas obras de maior relevância. Como dito anteriormente, todos os itens relacionados a legislação brasileira de educação foram unificados em um único ator social: leis brasileiras. Por isso, quando um artigo cita mais de uma lei, sua centralidade de grau aumenta, porém isso não significa que haverá mais intermediações entre os entes.

Conclusão

Tendo em vista o que foi discutido ao longo do trabalho, resgata-se a importância de discutir o protagonismo do estudante na tomada de decisões perante o meio ambiente. Dessa forma, a Química Verde se torna uma possibilidade que contribui com um ensino pautado em um viés de prevenção e discussão de práticas mais sustentáveis.

Para os professores interessados em abordar essa temática é essencial a busca por aporte teórico. Nesse sentido, acredita-se que conhecer as obras de maior relevância pode contribuir com a pesquisa e consequente fundamentação, sendo este trabalho uma fonte de análise das principais obras referenciadas em artigos contidos em periódicos nacionais, catalogados até o ano de 2017.

Como observado, o livro de Anastas e Warner (1998) e o artigo de Lenardão *et al.* (2003) aparecem como as bibliografias específicas de maior destaque na rede, pois configuram-se como base para os conceitos de Química Verde e seus doze princípios. No entanto, trabalhar de forma aprofundada os doze princípios no ensino, não é tarefa fácil, uma vez que, inicialmente estes foram desenhados para os processos industriais.

Dessa forma, buscar aporte teórico no campo da Educação torna-se necessário, para que novas concepções metodológicas sejam propostas pelos docentes. Por isso, percebe-se uma coerência ao se constatar a presença da obra de Paulo Freire (1997) que é consenso na área. Além disso, ressalta-se também o artigo de Santos e Mortimer (2000), que traz a tona os pressupostos da abordagem CTS, que é uma possível abordagem de ensino para a inserção dos conceitos da Química Verde no ensino médio, possibilitando ao aluno ser mais consciente e crítico de suas ações em relação ao meio ambiente.

Referências

ALMEIDA, Queli Aparecida Rodrigues de; SILVA, Bianca Bassetti; SILVA, Geovani Aristeu Lima; GOMES, Suelen Stutz; GOMES, Thaina Nascimento da Conceição. Química Verde nos

cursos de licenciatura em Química do Brasil: Mapeamento e importância na prática docente. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 15, n. 34, p. 178-187, 2019.

ANASTAS, Paul T.; KIRCHHOFF, Mary M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. **Acc. Chem. Res**, v. 35, n. 9, 686-694, 2002.

ANASTAS, Paul T.; WARNER, John C. **Green Chemistry: theory and practice**. New York: Oxford University Press, 1998.

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **Química Verde no Brasil: 2010-2030**. Ed. rev. e atual. Brasília, 2010.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 24. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

LENARDÃO, Eder João; FREITAG, Rogério Antônio; DABDOUD, Miguel J.; BATISTA, Antônio C. Ferreira; SILVEIRA, Cláudio da Cruz. “Green Chemistry” – Os 12 princípios da Química Verde, e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Quím. Nova**, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

MARTELETO, Regina Maria Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação. **Ciência da Informação**, v.30, n.1, p.71-81, 2001.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

SOUZA, Cristina Gomes de; BARBASTEFANO, Rafael Garcia; LIMA, Leonardo Silva de. Redes de colaboração científica na área de Química no Brasil: um estudo baseado nas coautorias dos artigos da revista Química Nova. **Quím. Nova**, v. 35, n. 4, p. 671-676, 2012.

STRIEDER, Roseline Beatriz; SILVA, Karoline Martins Almeida e; SOBRINHO, Marcos Fernandes e SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. A educação CTS possui respaldo em documentos oficiais brasileiros? **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 87-107, 2016.

ZUIN, Vânia Gomes. A inserção da Química Verde nos programas de pós-graduação em Química do Brasil: tendências e perspectivas. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 10, n. 21, p. 557-573, 2013.