

A QUESTÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO ENSINO DE QUÍMICA

QUESTION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN CHEMICAL TEACHING

Fernando Martins Ayres

Universidade Cruzeiro do Sul, fbcayres.ayres@modulo.edu.br

Carmem Lúcia Costa Amaral

Universidade Cruzeiro do Sul, carmem.amaral@cruzeirodosul.edu.br

Resumo

Embora sustentabilidade ambiental seja um conceito bastante discutido na literatura, torna-se cada vez mais evidente o avanço da degradação ambiental, juntamente com o consumo excessivo de recursos naturais por consequência do comportamento humano. A Química aplicada de forma inconsequente, geralmente é uma das causadoras da degradação ambiental, mas, ao mesmo tempo, quando utilizada de forma responsável, pode ser uma solução, ou seja, pode ser uma aliada à sustentabilidade ambiental. Pensando na importância desse tema, foi realizada uma revisão da literatura com o objetivo de investigar como a sustentabilidade ambiental está sendo discutida no ensino química, principalmente no ensino superior. Para isso realizamos uma busca na web por Instituições de Ensino Superior (IES) que ofereciam cursos de química nas regiões sudeste e sul do país. Selecionamos as públicas federais e estaduais mais antigas. Em algumas IES entramos em seus sites com o objetivo de verificar se essas ofereciam alguma disciplina relacionada ao meio ambiente e/ou desenvolviam em seus campi alguma ação de gerenciamento de resíduos químicos. Os resultados dessa revisão apontam que a sustentabilidade ambiental é uma das preocupações dos professores e pesquisadores que lecionam nos cursos de química de IES públicas federais e estaduais dessas regiões.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Química Sustentável, Ensino de química.

Abstract

Although environmental sustainability is a concept widely discussed in the literature, it becomes increasingly evident the rapid advancement of environmental degradation due the excessive consumption of natural resources as a result of human behavior. When the chemistry is applied of the inconsequential form is usually one of the causes of environmental degradation, but if used with responsibility, may be the solution of this and many other problems. She can be an ally to environmental sustainability. Due the importance of this issue, a literature review was conducted in order to investigate how environmental sustainability is being discussed in chemistry teaching, especially in higher education. For this we performed a web search of the Higher Education Institutions offering chemistry courses in the south and southeast regions of the country. We selected the institutions federal and state public oldest. In some institutions, we enter into their sites in order to verify if these offer some discipline related to the environment and/or develops on their campi some management of chemical waste. The results of this review indicate that environmental sustainability is one of the concerns of teachers and researchers who teach in chemistry courses of these higher education institutions.

Keywords: Sustainability, sustainable Chemistry, Chemistry Teaching.

1 Introdução

Os produtos químicos são considerados pelo público em geral, poluidora do meio ambiente devido aos seus efeitos, que em alguns casos geram consequências desastrosas ao meio ambiente. Um exemplo desse produto são aqueles gerados na síntese de compostos orgânicos utilizados na formação de adubos que auxiliam no aumento da produção agrícola. Esses compostos formam sais indesejáveis, responsáveis pelo aumento da salinidade dos solos e águas superficiais, interferindo em vários fatores físicos e químicos como o pH. É o aumento da acidez de rios e oceanos que perturbam os ecossistemas aquáticos e é uma consequência direta do aumento dos níveis de dióxido de carbono na atmosfera.

A salinidade, por sua vez, diminui a qualidade do solo e da água gerando uma forte degradação do ambiente natural. Além disso, o aumento da toxicidade do meio ambiente devido a resíduos químicos em águas, solos e ar é a maior preocupação em termos da sustentabilidade ambiental. Por outro lado, essa imagem destrutiva da química vem se revertendo e atualmente, vem sendo citada como de fundamental importância na transição para a sustentabilidade ambiental.

Essa transição leva a desafios significativos para o ensino de química, uma vez que não só os profissionais dessa área, mas também os estudantes e pesquisadores devem aprender e praticar química dentro de uma perspectiva de sustentabilidade, ou seja, uma química direcionada não só para o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas, mas também a conservação do meio ambiente. E essa aprendizagem e prática tem que ser iniciada na escola, desde a educação básica até a pós-graduação.

Para um ensino de química sustentável é necessário o aprimoramento de técnicas que levem a menor geração de resíduos e efluentes tóxicos e em seus conteúdos sejam abordados, de acordo com Zandonai et al., (2014) termos e conceitos como “economia de átomos”, “redução de resíduos”, “eficiência energética”, “economia de matéria prima”, “controle de qualidade” e “gestão da segurança”.

Atualmente, há várias definições de química sustentável, por exemplo, a International Union for Pure and Applied Chemistry (IUPAC), a define como "invenção, projeto e aplicação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso e geração de substâncias perigosas" (SANGHI; SINGH; SHARMA, 2012 p. 7). Para a IUPAC a química sustentável é denominada Química Verde.

Embora os termos Química Verde e química sustentável sejam muitas vezes utilizadas como sinônimos, para Machado (2004) há uma diferença sutil em seus entendimentos. Para esse autor, química sustentável tem conotação de produção industrial, ou seja, processos químicos com alta utilização de insumos, eficiência, margem de lucro e, então sim, menos impactos e poluentes, ao passo que Química Verde sugere reações químicas ecológicas, “ecoeficientes”, menos impactante devido a ações mitigadoras, sem necessariamente um caráter de produção industrial.

De acordo com Nudelman (2010) na União europeia, onde é conhecida como “*Sustainable Chemistry*” (nome adotado pela Organização Europeia para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento desde 2003), sua definição é:

O projeto de produtos para aplicações sustentáveis, e sua produção, mediante transformações químicas que sejam energeticamente eficientes, minimizem ou preferencialmente eliminem a formação de resíduos e o uso de solventes e reagentes tóxicos ou perigosos e utilizem fontes renováveis de matéria-prima sempre que possível (NUDELMAN, 2010, p.18)

O grupo de estudos e pesquisa em química verde, sustentabilidade e educação da Universidade Federal de São Carlos (Brasil)¹ definem a química sustentável ou química verde como o desenho, desenvolvimento e implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente.

A partir dessas definições, no ano de 2010, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), órgão que subsidia a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação no país colocou em seu *site* um livro intitulado "Química Verde no Brasil 2010-2030"², como parte de uma ação do Ministério de Ciência e Tecnologia. Nesse documento é sugerida a produção limpa de bens, reciclagem e Química Sustentável. Nesse documento, o CGEE considera que o país deve se adequar aos novos paradigmas da economia da sustentabilidade baseada no uso de matérias-primas renováveis, ou seja, materiais derivados de plantas e outras fontes biológicas como biocombustíveis, energias alternativas e recursos naturais da flora (TORRESI, PARDINI, FERREIRA, 2010).

Atualmente, a química sustentável está baseada em doze princípios que precisam ser seguidos quando se pretende implementá-la em uma indústria ou instituição de ensino e/ou pesquisa na área de química. Esses princípios são:

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.
12. Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes (NEUMANN et al., 2005, p.9-10).

Entretanto, para utilizar esses princípios, não só a indústria, mas também a escola deve partir de uma mudança de paradigmas do ensino de Química, desde o Ensino Médio até a pós-graduação.

A UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e a IUPAC declararam 2011 o Ano Internacional da Química (AIQ) e estabeleceram

¹ <http://www.ufscar.br/gpqv/gpqv/2011/05/o-que-e-quimica-verde/>

² http://www.cgее.org.br/publicacoes/quimica_verde.php

um roteiro para o seu futuro definindo uma série de temas com a intenção de resolver problemas críticos enfrentados pela humanidade no século 21. Esse roteiro teve como tema principal a sustentabilidade ambiental.

Segundo Oliveira, Marinho e Fumagali (2015), existe uma conexão entre os objetivos do ensino da química e as atividades humanas, o que torna coerente o trabalho da escola com os temas do AIQ. Entretanto, questiona-se: será que as Instituições de Ensino Superior estão desenvolvendo ações pensando na sustentabilidade ambiental? pois para desenvolver em seus alunos a preocupação com o meio ambiente, ela precisa não só oferecer disciplinas com enfoque ambiental, mas também dar exemplos de ações em suas unidades. Para responder a essa questão desenvolvemos uma pesquisa bibliográfica e mostrar o resultado dessa pesquisa é objetivo desse trabalho.

Embora a química engloba outras áreas importantes, como a metalúrgica, mineral, borracha, têxtil, açúcar e álcool, petroquímica, farmacêutica e de tratamentos, principalmente de águas e afluentes, neste trabalho nos focamos na área de seu ensino.

Assim, para apoiar a indústria química que há algum tempo se dedica ao tema sustentabilidade, existe a necessidade da mudança de paradigmas que levem as IES a se preocuparem com um ensino de química de qualidade, que abordem também a química sustentável, na busca de práticas sustentáveis que visem como resultado um setor industrial mais fortalecido, que gaste menos energia e gere menos resíduos e emissões, o que fortalece um desenvolvimento sustentável.

2 Sustentabilidade ambiental

Embora a sustentabilidade seja um termo contemporâneo, utilizado em diversos setores da sociedade como o empresarial, o social e o educacional, gerando conceitos como crescimento e gerenciamento sustentável, ainda é sistêmico e abstrato, de difícil definição, pois depende do contexto que é utilizado. Muitas vezes é tratado como sinônimo de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Boff (2012, p.1) sustentabilidade é:

toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da geração presente e das futuras de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução e co-evolução.

Para esse autor, essa definição fornece um embasamento para entendermos a necessidade de conservar a natureza e focar na capacidade humana em melhorar as condições ambientais, privilegiando seus descendentes. Desta forma, esse conceito pode ser utilizado como um critério de avaliação quanto ao progresso humano rumo à sustentabilidade.

Freitas (2012, apud CARVALHO, 2015, p.1) define sustentabilidade como “o princípio constitucional, imediata e diretamente vinculante, que determina, [...] a eficácia dos direitos fundamentais de todas as dimensões, não somente os de terceira dimensão”.

Dessa forma, temos um enfoque jurídico onde sustentabilidade é caracterizada como princípio que gera obrigações e ‘determina’ o direito ao futuro das próximas gerações. Como um valor ‘constitucional’ supremo, pretende garantir a dignidade humana e de todos os seres vivos em geral. Portanto, sustentabilidade vista na forma de princípio constitucional, adquire uma relação vinculante de equilíbrio ecológico.

A sustentabilidade ambiental abrange diferentes dimensão que segundo Sachs (1993 apud SOUZA, 2013, p. 73) são:

- ✓ Dimensão social: Processo baseado na distribuição de renda sejam eles igual ou desigual;
- ✓ Dimensão ecológica: Produz soluções ecológicas e economicamente viáveis, com o uso de tecnologia fontes de energia alternativas;
- ✓ Dimensão cultural: Modelo que valorize a continuidade e tradição dos povos;
- ✓ Dimensão espacial: Sugere um dimensionamento espacial, com equilíbrio entre as populações rural e urbana;
- ✓ Dimensão econômica: Tem o intuito de promover mudanças estruturais, sem comprometer o meio ambiente natural.

Essas dimensões são interdependentes, ou seja, não é possível isolá-las. Como descreve Mendes (2009) se uma das dimensões é enfatizada em detrimento das outras, pode conduzir a um desequilíbrio nos outros aspectos.

Vieira e Weber (2002) propuseram que a manifestação mais significativa de sustentabilidade ambiental está na “gestão sustentável dos recursos naturais” (GSRN), que se correlaciona com um esforço humano para um ambiente sustentável. Além disso, GSRN possui muitas dimensões onde uma das mais importantes é a científica na qual a química, em particular a química ambiental, está incluída.

De acordo com esses autores, a base de uma gestão sustentável dos recursos naturais abrange várias dimensões, incluindo social, política, científica, tecnológica, econômica, pesquisa, inovação e desenvolvimento e, a mais importante, educação e ensino, principalmente o ensino das Ciências da Natureza. Assim, o ensino das Ciências da Natureza, em particular o de química, é fundamental na educação para a sustentabilidade, uma vez que muitas substâncias, principalmente aquelas desenvolvidas pela indústria, estão diretamente relacionados a impactos ambientais.

Dessa forma, sustentabilidade ambiental representa, essencialmente, uma mudança de paradigma na relação entre a humanidade e o meio ambiente, bem como o reconhecimento de que as atuais exigências excessivas e desenfreadas perante os recursos naturais, juntamente com a ampla geração de poluentes, constituem um insustentável e ameaçador futuro ambiental.

Essa mudança de paradigma vem se acentuando nas últimas décadas, consolidando a conscientização sobre as consequências do aquecimento global, as quais incluem extinção de inúmeras espécies animais e vegetais, alteração na frequência e intensidade de chuvas, tempestades severas, inundações, vendavais, ondas de calor, secas prolongadas, entre outras. O aquecimento global é provocado pela intensificação do

efeito estufa que, por sua vez, é consequência do excesso da concentração de determinados gases na atmosfera, como o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso (WALTER, 2007).

Embora haja uma série de iniciativas globais, cuja finalidade mais importante é a de reduzir as emissões desses gases, existe em contrapartida nas escolas de uma maneira geral, uma limitação de projetos voltados ao ensino da sustentabilidade ambiental. Segundo Branco (2008), um dos fatores que pode contribuir para a baixa quantidade de pesquisas sobre esse tema é a falta de um quadro teórico abrangente que auxilie o pesquisador na compreensão do chamado desenvolvimento sustentável e suas complexidades multidisciplinares.

Podemos conceber assim que a sustentabilidade ambiental requer uma nova postura do profissional da química, tanto aquele que trabalha na indústria, quanto aquele que desenvolve ensino e pesquisa e que, em muitos casos, são os mesmos. A relação desse profissional com a sustentabilidade ambiental é íntima, uma vez que este é responsável pelo aprimoramento de processos que minimizem a produção de resíduos, efluentes tóxicos e gases causadores do efeito estufa.

Assim como a indústria é o grande cenário da prática de processos, a escola é a principal responsável pelo aprimoramento e disseminação de conhecimentos, bem como na preparação de profissionais para o exercício de suas atividades, e, para uma mudança de paradigma, é necessário que se desenvolva conhecimentos sólidos de Química Sustentável ou, como também conhecida, Química Verde.

3 Metodologia

Inicialmente realizamos uma busca na web por universidades que ofereciam cursos de química. Devido ao grande número de universidades, limitamos essa busca para as principais universidades públicas da região sudeste e sul do país. Em seguida realizamos uma busca utilizando as palavras chave universidade e sustentabilidade ambiental, universidade e Química Verde, universidade e desenvolvimento sustentável, química sustentável e ensino de química, química verde e Ensino de Química. Em algumas universidades entramos em seus sites com o objetivo de verificar se essas ofereciam alguma disciplina relacionada ao meio ambiente como química ambiental, química e meio ambiente ou química verde e se essas universidades desenvolviam em seus campi ou campus alguma ação de gerenciamento de resíduos químicos.

4 Resultados e análise da revisão

Para responder a nossa questão inicialmente realizamos uma revisão das IES que oferecem em sua grade curricular disciplinas voltadas ao meio ambiente, pois consideramos que esse é um passo para a sua discussão, embora o tema sustentabilidade ambiental deve ser discutida em todas as disciplinas do curso. Em seguida realizamos uma revisão das ações das IES quanto ao tema. Assim, nossos resultados estão divididos em dois itens, os quais estão descritos a seguir.

4.1 O Ensino de química voltado à sustentabilidade ambiental

O conhecimento de química por si só não é suficiente para encontrar soluções eficientes para as questões ambientais como, por exemplo, a produção, destino e tratamento de lixo ou o tratamento das águas. Mas, pode ser um aliado na solução de problemas que envolvem essas e outras questões relacionadas ao tratamento da água e de resíduos, seja de origem química ou não.

Além disso, quando relacionamos o conhecimento químico com a produção industrial, devemos associa-lo aos materiais existentes no ambiente utilizados para essa produção, mencionando os impactos causados pela busca e utilização inadequada desses materiais. Isso só ocorre quando a escola, do Ensino Médio ao superior, conscientiza seus alunos quanto a importância da química na sustentabilidade ambiental.

Uma escola que se preocupa com a sustentabilidade ambiental possui objetivos pedagógicos progressistas, cujas metas precisam ser estabelecidas. Para Snyders (1988), objetivos progressistas são os que compreendem as finalidades sociais e políticas do ensino e a luta de professores ao lado de outras práticas sociais na implementação de uma gestão sustentável.

A implementação de gestão sustentável vem ocorrendo em algumas Instituições de Ensino Superior (IES) que oferecem o curso de graduação em Química. Essa gestão pode ser observada a partir da implementação de disciplinas voltadas a sustentabilidade ambiental como química verde, química ambiental ou química do meio ambiente e dos exemplos práticos incorporados na operação de seus *campi*.

De acordo com Martins e Amaral (2015) no Estado de São Paulo, até o ano de 2013, das 47 IES públicas e privadas que ofereciam o curso de Graduação em Química – Bacharelado e Licenciatura, somente 21 apresentavam, nas suas matrizes curriculares, a disciplina de química ambiental, e 7 ofereciam a disciplina denominada de química do Meio Ambiente. Ainda de acordo com essa autora, esse resultado não indica que nos cursos onde essas disciplinas não são oferecidas a questão ambiental não seja discutida.

No Rio Grande do Sul, para introduzir a ideia da Química Verde aos futuros profissionais dos cursos de Química Industrial, Química - Bacharelado e Licenciatura, a Universidade Federal de Pelotas implantou em sua grade curricular a disciplina Química Verde, além de disponibilizar um *site* sobre química verde na indústria, na pesquisa e no ensino.

De acordo Vaz et al. (2010) a maioria das IES introduziram também em seus cursos, seja de graduação, especialização e/ou de pós-graduação, a disciplina de Gestão Ambiental, na qual tratam de assuntos, como o gerenciamento e sustentabilidade ambiental, aspectos e impactos da gestão ambiental, princípios e conceitos do desenvolvimento sustentável.

Algumas IES oferecem cursos voltados a química sustentável ou criaram grupos de pesquisa. Por exemplo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro criou a Escola Brasileira de Química Verde (EBQV) cujo objetivo é o de promover o avanço das pesquisas e formar pessoal de alto nível técnico e gerar conhecimentos para a indústria química nacional. A EBQV vem divulgando e utilizando como metodologias experimentos simples com materiais

cotidianos com o intuito de difundir os conceitos da química sustentável a alunos do ensino médio e superior.

Com essas atividades, a Universidade Federal do Rio de Janeiro vem formando parcerias da EBQV com algumas escolas do ensino médio como, por exemplo, as escolas do SESC. O objetivo dessa parceria é consolidar programas de ciência para os primeiros anos, métodos de ensino e ambientes de aprendizagem multiculturais, promovendo assim novos conhecimentos, mentes curiosas e novas estratégias de geração de conceitos fundamentais que, interligados, possam chegar a resultados significativos.

Em São Paulo, a Universidade Federal de São Carlos desde 2010 criou um Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação (QPQV), constituído a partir do Programa de Pós-Graduação em Química e cujo objetivo é investigar a produção, emprego e avaliação de materiais, técnicas e processos voltados à Química Sustentável. O foco é a interdisciplinaridade para desenvolver e aplicar conhecimentos científicos relacionando assim química, formação Ambiental, educação e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTSA). Esse grupo também já realizou várias parcerias científicas em nível nacional e internacional.

Quanto aos exemplos práticos incorporados na operação de seus campi, algumas universidades como por exemplo, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade de São Paulo, a Universidade Estadual de Campinas, Universidade Federal de Lavras, Universidade Federal de Alfenas, Universidade Federal do Rio Grande, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Regional de Blumenau, e a Universidade Estadual de Londrina, Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal do Estado de São Paulo, Universidade Federal de Minas Gerais desenvolvem programas de gerenciamento de resíduos químicos.

Embora essas ações praticadas por essas universidades evidenciam a preocupação das IES em relação a questão ambiental, devido ao grande número de universidades da região sudeste e sul que possuem o curso de graduação em química (cerca de 128 entre públicas e privadas) é importante esclarecer que essas universidades não refletem a totalidade das instituições preocupadas com a questão ambiental.

4.2 Ações que auxiliam no ensino de química sustentável

O sucesso dos projetos das universidades citadas anteriormente, o apelo da educação estadual em diversas regiões do país, bem como a necessidade crescente de um conhecimento ambiental dos profissionais das indústrias levaram o governo federal, por meio do Ministério da Educação, a elaborar as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (DCNEA), que passou a integrar o marco legal da Educação Ambiental no Brasil e uma referência para a promoção da Educação Ambiental em todos os níveis e modalidades do ensino formal.

Em seu primeiro capítulo, artigo 6º, essa Diretriz descreve que:

A Educação Ambiental deve adotar uma abordagem que considere a interface entre a natureza, a sociocultura, a produção, o trabalho, o

consumo, superando a visão despolitizada, acrítica, ingênua e naturalista ainda muito presente na prática pedagógica das instituições de ensino (BRASIL, 2012).

A dimensão sociocultural da educação química, mencionada na diretriz, se apresenta de grande importância e as culturas locais possuem influências marcantes nas transições para a sustentabilidade, e, neste contexto, o ensino de química sustentável desempenha um papel significativo.

Desta forma, o ensino de química sustentável envolve diferentes metodologias para a compreensão de conceitos fundamentais como economia de átomo e sustentabilidade. Esses conceitos podem ser compreendidos quando, por exemplo, se estuda os sistemas químicos que envolvem múltiplas reações para ilustrar o princípio da eficiência química.

Quando se trata do estudo de processos e fabricação de materiais, por exemplo, é necessário discutir a Termodinâmica, um dos temas envolvidos nesse processo, em termos de eficiência energética e não somente abordar a espontaneidade das reações. O ensino de Cinética, outro exemplo, deve abordar a utilização de catalisadores seletivos, que maximizam o rendimento de produtos, diminuindo a formação de rejeitos. Essas discussões interligam conhecimentos básicos de química com a sustentabilidade e formam a base sobre a qual a sustentabilidade da empresa química progride.

Da mesma forma, uma discussão sobre “recursos energéticos renováveis” deve ser precedida por uma discussão dos atuais recursos energéticos primários com o intuito de incentivar o combate às alterações climáticas e estimular no estudante a iniciativa de tentar substituir progressivamente as atuais fontes primárias por fontes mais limpas como a energia solar.

Química sustentável também envolve intuitivamente compromisso com a geração de novos materiais chamados inteligentes, como por exemplo, os desenvolvidos por nanotecnologia. O rápido avanço nanoquímico é talvez o exemplo mais significativo da vanguarda química sustentável. Com seu foco no desenvolvimento de novos materiais inteligentes para armazenamento, produção e transformação de energia, no avanço da produtividade agrícola, purificação e dessalinização da água, no processamento de alimentos, na construção civil, no controle de pragas, entre tantos outros, torna-se a grande esperança na redução da utilização de combustíveis fósseis.

Destas aplicações, um rápido avanço na produção de dispositivos fotovoltaico e nanotubos de carbono estão acelerando a indústria de geração elétrica a partir de energia solar. Do mesmo modo, o desenvolvimento de nanocatalisadores para a produção de hidrogênio, cujo sistema de armazenagem seja baseado em nanotubos de carbono, vem promovendo essa substância como uma fonte de energia limpa alternativa cada vez mais viável (RIBEIRO; BOTELHO; COSTA, 2015). Assim, química sustentável por meio da nanoquímica se envolve diretamente com a sustentabilidade ambiental, fornecendo processos e produtos que beneficiam diretamente a humanidade, sem prejudicar, ou com os mínimos impactos ao ambiente.

É de se esperar então que todas essas dimensões da química sustentável apresentem grandes desafios para o ensino de química e vise novas tendências para o futuro. Não se deve ter a ideia de abordar química sustentável como um único curso

acadêmico, mas o conceito e filosofia da sustentabilidade devem ser progressivamente introduzidos em todos os níveis de ensino de química.

Além disso, a complexidade do estudo de química sustentável e a diversidade inerente, demanda uma implementação de metodologias de ensino flexíveis, baseadas em pesquisas, ancoradas por ferramentas multimidiáticas, levando a resultados de aprendizagem que podem e devem ser cuidadosamente projetados.

A química sustentável deve ter caráter multidimensional, envolvendo disciplinas não correlatas, como economia, contabilidade, ciências humanas, sociologia, estudos culturais, entre outras. Por isso, o envolvimento do seu ensino está intimamente ligado com o desenvolvimento de parcerias com outras disciplinas para formar uma plataforma educacional unida e focada na sustentabilidade ambiental.

Fundamentalmente, a educação química sustentável é uma ferramenta poderosa na integração da química com o “futuro sustentável” e oferece oportunidades educacionais desafiadoras para alcançar resultados sustentáveis identificáveis.

Considerações Finais

Percebemos, no decorrer dessa revisão bibliográfica, que algumas IES da região sudeste que oferecem cursos de graduação em Química incluem em seu currículo disciplinas e ações voltadas a sustentabilidade ambiental, principalmente as estaduais e federais mais antigas. Entretanto, devido ao grande número de IES (cerca de 128 segundo dados do e-mec), esse resultado não é conclusivo, ele apenas aponta que a sustentabilidade ambiental é uma das preocupações dos professores e pesquisadores que lecionam nos cursos de química dessas IES.

Referências

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é, o que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

BRANCO, S. M. **O Meio Ambiente em Debate**. São Paulo: Moderna, 2008.

BRASIL. **Ministério da Educação**. Conselho Nacional de Educação. RESOLUÇÃO Nº 2, DE 15 DE JUNHO DE 2012. Disponível em:

http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=10988-rcp002-12-pdf&category_slug=maio-2012-pdf&Itemid=30192. Acesso:11/2015.

CARVALHO, S.A. **A definição ampliada e integrada de sustentabilidade**. 2015. Disponível em: <http://emporiododireito.com.br/a-definicao-ampliada-e-integrada-de-sustentabilidade-por-sonia-aparecida-de-carvalho/>. Acesso: 11/2015.

MACHADO, A. A. S. C. Química e Desenvolvimento Sustentável - QV, QUIVES, QUISUS, Química, **Bol. Soc. Port. de Quim.**, Boletim n.95, 59-67, 2004.

MARTINS, F.; AMARAL, C.L.C. Diagnóstico da Disciplina Química Ambiental nos Cursos de Graduação em Química do Estado de São Paulo. **Pesquisa em Educação Ambiental, 2015 (no prelo)**.

- MENDES, J.M.G. Dimensões da Sustentabilidade. **Revista das Faculdades Santa Cruz**, v. 7, n. 2, p.49-59, 2009.
- NEUMANN, F. et al., Química Verde. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p.103-110, 2005.
- NUDELMAN, N. E. S. A Química Sustentável. **Revista de Química Industrial**, n.727, p.16-19, 2010.
- OLIVEIRA, L. P. S.; MARINHO, M. E.; FUMAGALI, E.O., E. Nanowastes Riscos para Saúde Humana e Meio Ambiente: Diálogos entre o Princípio da Precaução e a Sociedade de Risco. **Araucária. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades**, v. 17, n. 33, p.183-209, 2015.
- RIBEIRO, B.; BOTELHO, E. C.; COSTA, M. L. Estudo das Propriedades Elétricas e Térmicas de Compósitos Nanoestruturados de Poli (Sulfeto de Fenileno) Reforçados com Nanotubos de Carbono. **Polímeros**, v. 25, n. 1, p. 94-100, 2015.
- SHANGHI, R., SINGH, V., SHARMA, S.K. Environmental and the Role of Green Chemistry. In: SANGHI, R.; SINGH, V. **Green Chemistry for Environmental Remediation**. Willey. 2012.
- SNYDERS, G. **A Alegria na Escola**. São Paulo: Manole LTDA, 1988.
- SOUZA, I.B.B. Práticas de Sustentabilidade: um convite à reflexão, conscientização e preservação ambiental. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.2 n.2, p. 72-82, 2013.
- TORRESI, S. I. C.; PARDINI, V. L.; FERREIRA, V. F. Química Sustentável. **Quím. Nova**, v.33 n.7, p.1433-1433, 2010.
- VAZ, C.R. et al. Sistema de Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: uma revisão. **GEPROS, Gestão de Produção, Operações e Sistemas**, ano 5, n.3, p.45-58, 2010.
- VIEIRA, P. F. V.; WEBER, J. **Gestão de Recursos Naturais Renováveis e Desenvolvimento: novos desafios para pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 2002.
- ZANDONAI, D. P. et al., Química Verde e Formação de Profissionais do Campo da Química: relato de uma experiência didática para além do laboratório de ensino. **Rev. Virtual Quim.**, v.6, n.1 p.73-84, 2014.
- WALTER, M.K.C. Mudanças Climáticas: uma verdade inconveniente. **Revista Multiciência** n. 8, p.169 -172, 2007.

Submissão: 03/10/2016

Aceite: 09/12/2016