



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA
NATUREZA
CURSO: LICENCIATURA EM QUÍMICA**

MARCELLA FERREIRA ALVES DE LIMA

**USO DA QUÍMICA VERDE COM ENFOQUE EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE (CTSA) NAS
AULAS DE QUÍMICA AMBIENTAL**

**CAJAZEIRAS-PB
2017**

MARCELLA FERREIRA ALVES DE LIMA

**USO DA QUÍMICA VERDE COM ENFOQUE EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE (CTSA) NAS
AULAS DE QUÍMICA AMBIENTAL**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura Plena em Química, da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Formação de Professores, como requisito para obtenção do título de licenciada em Química, sob a orientação da professora: Geovana do socorro Vasconcelos Martins.

**CAJAZEIRAS-PB
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)

Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764

Cajazeiras - Paraíba

L732u Lima, Marcella Ferreira Alves de.

Uso da Química Verde com enfoque em ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA) nas aulas de química ambiental.

e meio ambiente (CTSA) nas aulas de química ambiental / Marcella Ferreira Alves de Lima. - Cajazeiras, 2017.

35f.: il.

Bibliografia.

Orientadora: Profa. Ma. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins.

Monografia (Licenciatura em Química) UFCG/CFP, 2017.

MARCELLA FERREIRA ALVES DE LIMA

**USO DA QUÍMICA VERDE COM ENFOQUE EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE (CTSA) NAS
AULAS DE QUÍMICA AMBIENTAL**

Aprovada em ____/____/____

Local: _____

Média: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M. Geovana do Socorro Vasconcelos Martins
Orientadora – UFCG

Prof. Dr. Fernando Antônio Portela
UFCG

Prof. Dr. Gilberto Fernandes Vieira
UFCG

Com muito carinho à minha mãe, a meu marido, aos meus filhos, irmãos e amigos que sempre me incentivaram na realização deste sonho, **dedico**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu pai, amigo e companheiro de todas as horas, que sempre me deu força e coragem para enfrentar os obstáculos da vida.

À minha mãe, Selma, que sempre valorizou muito a educação, eu agradeço por tudo que me ensinou. Sem ela, nada disso estaria acontecendo.

Ao meu marido Jonhnata, pela paciência e compreensão.

Aos meus filhos, Ana Júlia e Arthur Felipe. Tudo o que faço é por vocês.

A minhas irmãs, Maraísa e Michelle que sempre me incentivaram a perseverar nos meus objetivos.

Aos meus mestres e mestras, meus professores, que me guiaram muito além das teorias, possibilitando-me novas lições de vida, minhas considerações.

À querida professora Geovana, orientadora deste trabalho, meus sinceros agradecimentos pela orientação.

Aos meus colegas da monitoria de tópicos em química ambiental, minha gratidão pela colaboração.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho, obrigada.

“Toda ação humana, quer se torne positiva ou negativa, precisa depender de motivação”.

Dalai Lama.

RESUMO

A Química Verde, também conhecida como química limpa é um tipo de prevenção de poluição causada por atividades na área de química. Visando, incluir esta temática na disciplina de tópicos em química ambiental, aplicou-se questionário prévio e uma cruzada para avaliar a aprendizagem dos alunos sobre a Química Verde. Buscando introduzir Química Verde nas aulas de tópicos em química ambiental, de modo a contemplar aspectos que levam em conta a saúde humana e o meio ambiente. Foi aplicada uma aula que começou com a história da “Química Verde” mostrando tópicos relacionados como, conceitos, evolução, princípios, aplicações e o uso dos catalisadores, foram aplicados questionários e uma palavra cruzada. Da análise dos resultados, pode-se concluir que a maioria dos alunos conceituou a Química Verde, mostrando ter uma compreensão sobre o contexto e sua utilização, assim como também pode-se melhorar a aprendizagem dos mesmos. O desenvolvimento do aspecto lúdico facilita a aprendizagem, o desenvolvimento pessoal, social e cultural, quanto às palavras cruzadas os alunos mostraram bastante interesse.

Palavras-chave: Química Verde; ensino de química; resultados; química; Aprendizagem;

ABSTRACT

Green Chemistry, also known as clean chemistry is a type of pollution prevention caused by activities in the field of chemistry. Aiming to include this subject in the discipline of topics in environmental chemistry, applied a previous questionnaire and a crusade to evaluate students' learning about Green Chemistry. Seeking to introduce Green Chemistry in classes of topics in environmental chemistry, in order to contemplate aspects that take into account human health and the environment. It was applied a class that began with the history of "Green Chemistry" showing related topics such as concepts, evolution, principles, applications and the use of catalysts, questionnaires and a cross word were applied. From the analysis of the results, it can be concluded that the majority of the students conceptualized the Green Chemistry, showing an understanding about the context and its use, as well as it can improve the learning of the same ones. The development of the ludic aspect facilitates learning, personal, social and cultural development, as for the crossword puzzle students showed a lot of interest.

Keywords: Green Chemistry; chemistry teaching; results; chemistry; Learning;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura do TAML	24
Figura 2- Estrutura do TAML	24
Figura 3- Cruzada	26
Figura 4- Gráfico da cruzada	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Os 12 princípios da Química Verde	17
Tabela 2: O que conhece sobre a Química Verde	28

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

EPA Environmental Protection Agency (Agência Americana de Proteção Ambiental).

PGCC Programa Geral do Componente Curricular.

CTSA Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

CTS Ciência, Tecnologia e Sociedade.

TALM Catalisador molecular planejado.

IUPAC União Internacional da Química Pura e Aplicada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1. Breve histórico e evolução da química verde	15
3.2. O conceito de química verde	15
3.3. Os princípios da química verde	16
3.4. Movimentos ciência tecnologia sociedade e meio ambiente (CTSA)	18
3.5. Inserção do tema química verde nas aulas de química no ensino superior	20
3.6. As aplicações da química verde os usos de catalisadores TAMs	23
4. METODOLOGIA	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7. REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A Química Verde, também conhecida como química limpa é um tipo de prevenção de poluição causada por atividades na área de química. Visa desenvolver metodologias e processos que usem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos e inflamáveis: assim os riscos seriam minimizados e, uma vez que o processo fosse implantado os resíduos seriam menores, diminuindo a poluição. SILVA, *et al.* (2005).

Assim, acreditamos que a inserção destes preceitos na indústria química passa pelo desenvolvimento de novas tecnologias de processo, a serem desenvolvidos. Muito se sabe que as indústrias lançam bastante “lixo tóxico” o que é nocivo à saúde humana, e se espera dessas indústrias a conscientização para que as mesmas sintetizem produtos menos perigosos que tenha pouca ou quase nenhuma toxicidade.

Segundo Lenardão (2003), a utilização da Química Verde sendo incorporada ao meio acadêmico, na qual problemas ambientais causados por processos químicos são substituídos por alternativas menos poluentes ou não poluentes, muitos países apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes. Tecnologia limpa, prevenção primária, redução na fonte, química ambientalmente benigna, ou ainda “*green chemistry*”, são termos importantes para definir essa ideia que é cada vez mais buscada pelo homem moderno. Neste sentido, a Química Verde, introduzida no final dos anos noventa, do século passado, e difundida de maneira pronunciada desde então, tem como base doze princípios, sendo um dos principais, a prevenção da poluição.

A prevenção da poluição significou uma grande mudança no modelo de gestão ambiental. Baseado na retenção dos poluentes após sua produção, visando privilegiar a alteração do processo químico e o aumento da sua eficiência para reduzir a quantidade de poluentes e resíduos formados nas indústrias. MACHADO, (2011).

Os 12 princípios da Química Verde têm como ponto central a minimização do risco causado pela poluição, através da diminuição do perigo intrínseco do processo e das substâncias relacionadas a ele de modo a implicar uma mudança de paradigma sobre a gerência do risco químico.

De maneira geral, a Química Verde tem sido introduzida nas instituições de ensino brasileiras, especialmente as de nível superior, na forma de experimentos. A

questão ambiental é uma preocupação cada vez mais presente em toda a sociedade e é uma realidade com a qual o ser humano precisa aprender a conviver. Isso implica na necessidade de um ensino voltado para essa temática, que venha contribuir para a formação de sujeitos críticos que busquem a preservação da vida do planeta e melhores condições sociais para a existência humana.

Dessa forma, priorizou-se abordar, Química Verde, de forma que possibilite aos discentes estabelecer relações do uso da química com ênfase em (CTSA), fazendo com que os mesmos comecem a pensar “verde”.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Avaliar o ensino e aprendizagem sobre a Química Verde com abordagem em ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, o interesse dos alunos matriculados na disciplina tópicos em química ambiental, na Universidade Federal de Campina Grande Campus de Cajazeiras-PB quanto a inserção dessa temática nas aulas.

2.2 Objetivos específicos:

- Analisar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos sobre atuação da química verde no ensino de química ambiental.
- Apontar a importância dessa tecnologia limpa nos dias atuais.
- Ensinar os 12 princípios dessa química.
- Conhecer a atuação dos catalisadores e as enzimas sobre a Química Verde com ênfase em CTSA

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – Breve histórico e evolução da química verde

A Química Verde foi introduzida no ano de 1991, quando a agência ambiental norte-americana lançou um programa de “Rotas Sintéticas Alternativas para Prevenção de Poluição”. Uma linha de financiamento para projetos de pesquisa que incluíssem a prevenção de poluição em suas rotas sintéticas, assim caracterizando o nascimento da Química verde. (LENARDÃO, *et al.*, 2003)

No ano de 1995 o Governo Americano instituiu um programa de premiação, que tinha como objetivo premiar inovações tecnológicas. Anualmente são premiados trabalhos em cinco categorias: acadêmico, pequenos negócios, rotas sintéticas alternativas, condições alternativas de reação e desenho de produtos mais seguros. Em 1997 foi criado o “*Green Chemistry Institute*” que atua em parceria com a Sociedade Americana de Química desde 2011.

A primeira conferência Internacional em “*green chemistry*” aconteceu ainda no ano de 1997, desde então são dezenas de eventos anuais abordando a Química Verde. Muitos países estão implantando políticas de incentivo a tecnologias verdes, o que se tornou uma tendência mundial em reduzir as emissões industriais.

Por esse motivo, foram criados esses programas e centros de pesquisas, que visam o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis, o número desses centros de pesquisa vem se multiplicando a cada ano.

3.2 – O conceito de química verde

Química verde pode ser definida 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. Este conceito, que pode também ser atribuído à tecnologia limpa, já é relativamente comum em aplicações industriais, especialmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes e vem, gradativamente, sendo

incorporado ao meio acadêmico, no ensino e pesquisa. Esta ideia, ética e politicamente poderosa, representa a suposição de que processos químicos que geram problemas ambientais possam ser substituídos por alternativas menos poluentes ou não poluentes. Tecnologia limpa, prevenção primária, redução na fonte, química ambientalmente benigna, ou ainda “*green chemistry*”, são termos que surgiram para definir esta importante ideia. “Green chemistry”, o termo mais utilizado atualmente, foi adotado pela IUPAC, talvez por ser o mais forte entre os demais, pois associa o desenvolvimento na química com o objetivo cada vez mais buscado pelo homem moderno: o desenvolvimento auto-sustentável. (LENARDÃO, *et al.*, 2003)

3.3 - Os princípios da química verde

A Agência Americana de Proteção Ambiental, nos anos 90 oficializou o termo *Green Chemistry* ou Química Verde com o seguinte objetivo: desenvolver tecnologias químicas inovadoras para reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias nocivas, na concepção, produção e utilização de produtos químicos. Esse termo acabou gerando uma nova cultura, voltada para a sustentabilidade, expressa em doze princípios, enunciados por Anastas e Warner. HENRIQUE, (2015).

Tabela 1: Os 12 princípios da Química Verde

1	Prevenção: é melhor evitar a geração de efluentes do que ter que trata-los ou limpá-los depois.
2	Economia de átomos: os métodos sintéticos devem maximizar a incorporação de todos os materiais empregados no processo, dentro do produto final.
3	Procedimentos e metodologias seguras: sempre que possível, os métodos de síntese devem utilizar e gerar substâncias com baixa toxicidade ou risco à população e ao meio ambiente.
4	Reagentes químicos seguros: os produtos químicos devem ser projetados para serem eficientes e com menor toxicidade possível.
5	Solventes e coadjuvantes químicos seguros: o uso de coadjuvantes químicos, como solventes e agentes de separação, deve se tornar desnecessário, sempre que possível, ou, então, não apresentar risco.
6	Maior eficiência energética: as necessidades energéticas dos processos químicos devem ser consideradas em termos dos impactos econômicos ou ambientais e devem ser minimizados. Sempre que possível, os procedimentos de síntese devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambiente.
7	Uso de matérias-primas renováveis: sempre que for tecnicamente e economicamente viável, as matérias-primas devem ser renováveis, em vez de exauridas.
8	Redução de etapas ou derivações: deve-se minimizar ou evitar, se possível, o uso de etapas de modificação ou derivação de reagentes, como o uso de agentes de bloqueio/proteção/desproteção, pois elas requerem novos reagentes e podem gerar dejetos.
9	Catálise: os processos que envolvem catálise, com a maior seletividade possível, são melhores que os alternativos, baseados em reagentes estequiométricos.
10	Autodegradação: os produtos químicos devem ser idealizados para, após terem cumprido seu papel, sofrerem degradação em espécies inócuas, que não persistam no meio ambiente.
11	Análise em tempo real para prevenir a poluição: metodologias analíticas devem ser aprimoradas para possibilitar a monitoração e o controle dos processos em tempo real, antes da geração de substâncias nocivas.
12	Química mais segura para evitar acidentes: as substâncias e as formas com que são utilizadas em um processo químico devem ser escolhidas para minimizar o potencial para acidentes, incluindo liberações, explosões e incêndios.

Fonte: HENRIQUE E. TOMA. Coleção de Química Conceitual, vol.5 Editora Blucher, 2015.

3.4 Movimentos ciência tecnologia sociedade e meio ambiente (CTSA)

Atualmente, uma das marcas mais relevantes do CTSA é a busca por uma participação mais significativa dos diversos setores sociais nas decisões relacionadas ao desenvolvimento, investimento e aplicações de ciência e tecnologia. O CTSA é um:

Movimento que deve visar, entre outras coisas, a democratização dos processos decisórios de forma que “[...] um dos objetivos centrais desse movimento consistiu em colocar a tomada de decisões em relação à ciência e tecnologia num outro plano. Reivindicam-se decisões mais democráticas (mais atores sociais participando) e menos tecnocráticas” (AULER, 2003, p. 71).

A democratização para a sociedade como um todo repercute também nos processos relacionados ao Ensino de Ciências.

Por esse motivo, o movimento CTSA também possui uma vertente educacional muito forte, centrada na educação científica com um enfoque CTSA; preocupação essa que também já estava presente na formação do movimento, uma vez que como educar os cidadãos para que agissem de maneira mais crítica na realidade em que estão inseridos foi uma questão sempre presente e discutida pelo movimento (AIKENHEAD, 2003). Leite e Ferraz (2011) argumentam, nesse sentido, que: O movimento CTS, ao priorizar a compreensão da ciência e tecnologia como produto da atividade humana fornece subsídios para a transformação dos conceitos e práticas no contexto educativo.

A busca por um ensino capaz de formar cidadãos cômicos de seu papel na sociedade proporciona o rompimento de barreiras para o desenvolvimento científico, tecnológico e social (LEITE; FERRAZ, 2003). Sendo assim, o CTSA voltado para a educação pode ser considerado, conforme defendem Santos e Mortimer (2002, p.135), como uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos. Um dos argumentos que incentivam o Ensino de Ciências com enfoque CTSA dentro da realidade atual é, de acordo com as ideias apresentadas por Pedretti e Hodson (1995, p. 463), o fato de ele ser capaz de auxiliar os estudantes a adaptarem-se às rápidas e vertiginosas mudanças existentes no mundo que fazem referência à ciência e tecnologia. Nesse sentido é que

“nos últimos 20 anos, uma educação CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade -- Ambiente) tem sido defendida como uma forma de avançar na alfabetização científica” (BARRETT; PEDRETTI, 2006, p. 237, tradução nossa). Sendo assim, devemos ter em mente que para uma Educação em Ciências com enfoque CTSA “parte-se da premissa de que a sociedade seja analfabeta científica e tecnologicamente e que, numa dinâmica social crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamental” (AULER e DELIZOICOV, 2001, p. 18).

O que se espera com esse tipo de Ensino de Ciências é que ele consiga “[...] propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção, mas, principalmente, na definição de parâmetros em relação ao desenvolvimento científico tecnológico” (AULER, 2003, p. 72).

Uma educação com enfoque CTSA deve ser considerada como um importante aliado na busca pelos múltiplos objetivos pretendidos hoje pelo Ensino de Ciências, mas seu papel principal deve ser o de educar para a participação cívica nas decisões tecnocientíficas (ACEVEDO; *et al.*, 2005, p. 121, 122).

O objetivo da educação CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 136). Uma educação CTSA deve se articular em torno de temas que envolvam ciência e tecnologia e que são potencialmente problemáticos do ponto de vista social. Esse ‘problema social’ deve fazer referência a algo que possua diferentes possibilidades associadas a diferentes conjuntos de crenças e valores (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 141). Nessa perspectiva, consideramos que o CTSA deve caracterizar as relações entre ciência e tecnologia como “um processo não neutro, impossível de ser separado de sua interação social, onde os elementos não técnicos envolvidos possuem papel fundamental na sua gênese e consolidação” (LÓPEZ CERESO, 2004, p. 15).

Para isso a ciência deve ser considerada como uma atividade humana altamente complexa, sofrendo grande influência de seus elementos não técnicos, e não como processos autônomos e isolados da sociedade em que estão inseridos, como um corpo autônomo de conhecimento objetivo (SANTOS; ICHIKAWA, 2004). A utilização do CTSA na educação precisa incluir o estímulo à reflexão e à ação crítica dos alunos. Isto implicaria menor passividade com relação ao que lhes é apresentado pela sociedade, comportamento que pode começar a ser demonstrado já dentro da própria sala de aula, com o questionamento do caráter dominante na educação atualmente, onde se aceita um ‘controle externo’, vertical, e, geralmente imposto, em que as atividades e os planejamentos vêm de cima e devem ser aceitos e utilizados pelos professores em sua prática docente geralmente de forma acrítica, fazendo com que a educação acabe se transformando em um meio de reprodução social.

3.5. Inserção do tema química verde nas aulas de química no ensino superior

Embora as indústrias e os pesquisadores reconheçam o significado da química verde, muito pouco se tem discutido sobre este assunto dentro do currículo da química. É preciso que os professores percebam a importância de trazer este tema para dentro das salas de aula, para que os futuros químicos sejam ensinados a “pensar verde” (LENARDÃO; *et al.* 2003). A Química Verde ou a Química Benéfica ao meio ambiente é o desenvolvimento de produtos ou processos químicos que reduzem ou eliminam o uso e geração de substâncias perigosas.

Para se conseguir uma adoção voluntariosa da Química Verde pela Indústria Química e pelas escolas, o ensino da química terá de incluir ideias mais amplas e profundas sobre a sustentabilidade e as suas implicações no domínio da química, quer básica (compostos e sua síntese) quer tecnológica (design e gestão dos processos) – e o embutimento ativo na mente dos estudantes de modos de pensar e agir compatíveis com a sustentabilidade. Presentemente, dado o conhecimento sobre a química verde ser ainda difuso, o seu ensino passa, talvez mais do que por mudanças de estratégias globais do ensino da química pela instilação nas matérias ensinadas no ensino médio, dos princípios da química verde, exemplificando a sua necessidade, possibilidades e

vantagens da sua aplicação, bem como na apresentação de ferramentas para a sua implementação, de casos de sucesso, etc. É também importante a inclusão de temas que alarguem a compreensão pelos estudantes das realidades ambientais, por exemplo: sustentabilidade, monitorização e detecção ambiental, transporte e destino ambiental dos compostos químicos, toxicologia, política e legislação ambiental etc.

O ensino da Química Verde deve, sobretudo, imbuir nos alunos novas maneiras de pensar e executar – é, sobretudo, fundamental deixar bem interiorizada a ideia de que se tem de atender a objetivos múltiplos. Por exemplo, no que respeita ao modo de realizar a síntese de compostos, a ideia que se tem de maximizar não só rendimentos e seletividades, como também, a incorporação dos átomos no material desejado, o embutimento de benignidade intrínseca nos compostos e respectivos processos de fabricação etc. Também deve-se atender à importância econômica da legislação e regulamentação ambiental. Por exemplo, o uso de reagentes perigosos e sujeitos a regulamentação numa síntese industrial exige precauções que custam dinheiro e a sua substituição por reagentes inócuos tem vantagens econômicas – nos tempos que correm, muitas vezes, são os componentes regulamentares e ambientais que decidem se uma via de síntese é ou não economicamente viável.

O interesse no uso da química verde nos processos químicos tradicionais tem sido estendido internacionalmente para a prevenção da poluição nos países desenvolvidos. Esta evolução é marcada por significantes contribuições de instituições que procuram o desenvolvimento alternativo e sustentável da química (MATLACK, 1999).

Muitas escolas de ensino médio apresentam a química ambiental em seus currículos. Porém, poucos apresentam os conceitos laboratoriais sobre a prevenção da geração de subprodutos indesejáveis e tóxicos ao ambiente (CANN, 1999), que é o princípio fundamental da química verde, assim como no desenvolvimento de práticas de laboratório de ensino adaptadas a este novo conceito da química (WARNER; SUCCAW; HTCHISON, 2001). A implementação da química verde nos currículos escolares está começando no mundo, e o interesse em seus materiais educacionais vem crescendo, sendo que muitos recursos educacionais em química verde têm sido desenvolvidos ou estão em pleno desenvolvimento (KIRCHHOF, 2001).

O código de conduta da American Chemical Society (2001), afirma:

“Os químicos têm a responsabilidade profissional de servir ao interesse público e ao bem-estar, através dos seus conhecimentos científicos. Os químicos deverão ter cuidados com a saúde e o bem-estar dos companheiros de trabalho, consumidores e da comunidade; deverão compreender e antecipar as consequências ambientais do seu trabalho. Os químicos têm a responsabilidade de evitar a poluição e proteger o meio ambiente”.

Tal código mostra a preocupação das entidades científicas com uma química responsável, e corrobora os princípios da chamada química verde (WARE, 2001).

Logo, um dos mais importantes desafios que os professores do sistema educacional brasileiro estão enfrentando é o de se manterem atualizados e instrumentalizados para a atuação diária, já que a preocupação com a qualidade da vida e com a sustentabilidade das gerações futuras passou a ser tema central em quase todas as profissões existentes. Outrossim, assuntos que não faziam parte de nosso cotidiano (como por exemplo, ciência e tecnologia) passam a ser cada vez mais populares (CLARCK, 1999), principalmente porque se sabe que a sociedade moderna mundial é movida pela geração e pela troca de informação, em altíssima velocidade. No entanto, no Brasil uma grande parte das instituições de ensino superior encontram-se ainda à margem dessa transformação universal promovida pelo turbilhão digital.

Assim, para poder iniciar uma verdadeira transformação da sociedade, temas com ciência e sustentabilidade devem passar a fazer parte de nosso cotidiano e a maioria dos cidadãos deve conseguir acompanhar as transformações que ocorrem no mundo. Cada vez mais, é necessário introduzir na polêmica social cotidiana a questão da importância dos temas de pesquisa. Na região Norte-Sul, devemos quebrar a clara distinção existente entre dois modelos. Isto é, parece inaceitável que enquanto os países dominantes pesquisam as questões que irão gerar conhecimento para o domínio tecnológico futuro, os países pobres ou emergentes preocupam-se apenas com as questões triviais, submetendo-se à posição de prestadores de serviço e aplicadores de tecnologias de propriedade de países ricos (BRESSON, 2000). Assim, uma mudança no paradigma de desenvolvimento econômico implica a necessidade de construção de uma nova maneira de crescer e distribuir riquezas, em conjunto com uma reversão das estratégias Norte-Sul para garantir a sobrevivência e a sustentabilidade de nossa sociedade.

3.6- As aplicações da Química Verde: os usos de catalisadores TAMLs

Os catalisadores são substâncias que aceleram as velocidades das reações. Inúmeros processos e reações ocorrem através da presença dos catalisadores. No meio ambiente, um grupo de pesquisadores do Carnegie Mellon University's Institute for Green Oxidation chemistry (Colin Baird diretor do Instituto), desenvolveram um grupo de catalisadores moleculares planejados chamados de ativadores TAML que agem com o peróxido de hidrogênio e outros oxidantes para quebrar uma variedade de poluentes resistentes. Os TAMLs se mostraram eficiente no combate de perigosos pesticidas, corantes e outros contaminantes.

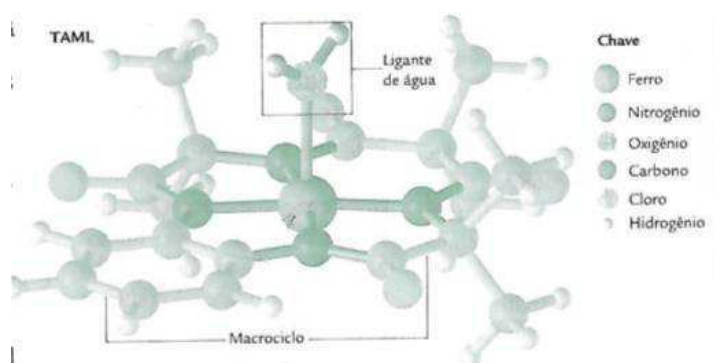
Além do mais os TAMLs realizam essas tarefas imitando as enzimas do nosso corpo que evoluíram com o tempo para combater compostos tóxicos tais como o pentaclorofenol, um composto tóxico usado para tratamento da madeira.

A invenção do catalisador TAML é somente uma de muitas realizações da Química Verde, que luta para desenvolver produtos e processos que reduzem ou eliminam o uso de geração das substâncias perigosas tais como as aplicações dos projetos (investir em novos métodos para produzir sertrallina, o ingrediente chave do antidepressivo Zoloft), substituir solventes tóxicos à base de petróleo por dióxido de carbono, métodos de síntese orgânica que pode produzir drogas, plásticos e outros compostos químicos de forma mais eficiente e com menos resíduos, além do mais descobrir sínteses de reações que permitem aos fabricantes substituir vários solventes orgânicos comuns com água.

Assim como delineado pelo “*Green Chemistry*” o primeiro princípio desta comunidade que diz que é melhor prevenir resíduos do que tratá-los, pesquisadores têm feito descobertas que prometem métodos de custo-efeito para purgar muitos poluentes persistentes dos efluentes líquidos.

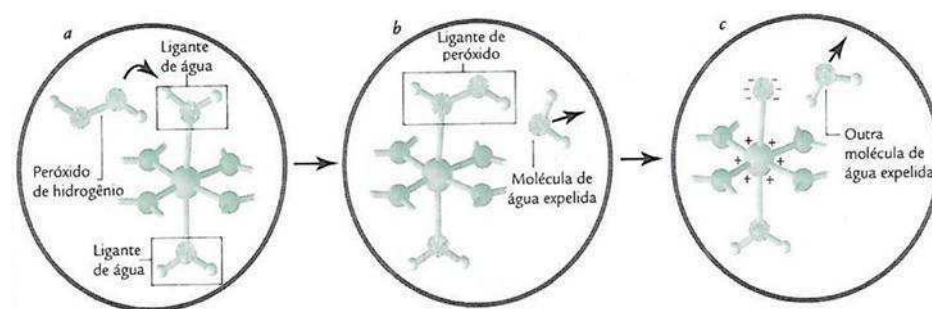
Quanto à estrutura do TAML, os átomos de nitrogênio estão conectados a um átomo de ferro ainda maior por ligações covalentes, o que significa que eles dividem pares de elétrons. Os átomos menores e os grupos ligados que cercam o átomo central de metal são chamados de ligantes. Em seguida, são conectados os ligantes para formar um grande anel por fora, chamado de macrociclo, como mostram as Figuras 1 e 2.

Figura 1: Estrutura do TAML (BAIRD; CANN et al 2011)



Fonte: BAIRD, C.; CANN, M. Química ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p

Figura 2: Estrutura do TAML (BAIRD; CANN et al 2011)



Fonte: BAIRD, C.; CANN, M. Química ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p

Esses ligantes tem um sistema de conexão forte o suficiente para suportar as violentas reações que os TALMs causam, esses ligantes se tornam um tipo de parede que resiste ao fogo líquido.

Desenvolver essa parede de ligantes, não foi fácil. Foi necessário desenvolver um esmerado processo de modelo de quatro etapas em que primeira etapa, imaginou e sintetizou as construções desses ligantes que esperava que mantivesse a parede no lugar. Segunda etapa, submeteu o catalisador a um estresse oxidativo até que a parede se

desintegrasse. Terceira etapa, procurou a localização exata onde a quebra se iniciou (a degradação do ligante sempre começa no local mais vulnerável). E na etapa final, tendo encontrado a ligação mais fraca, substituiu por um grupo de átomos que acreditava que iria suportar por mais tempo. Então, iniciou todo o ciclo de desenvolvimento novamente. Assim após 15 anos de pesquisas, finalmente foi criado o primeiro TAML funcional.

4. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa onde foram entrevistados os alunos matriculados na disciplina de química ambiental, semestre 2017.1 da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Cajazeiras-PB. Os participantes da pesquisa foram 07 alunos. Elaborou-se questionários sobre a Química verde.

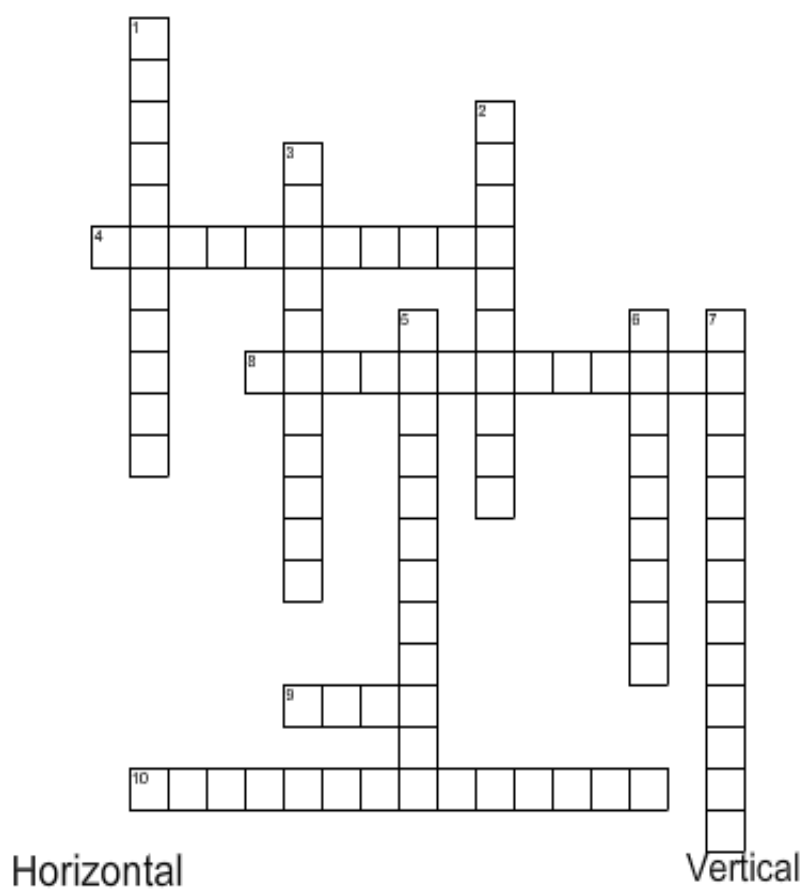
Elaborou-se as palavras cruzadas como ferramenta didática, procurando criar oportunidades onde o desafio e a curiosidade são favorecidos, facilitando o trabalho de construção e o conhecimento.

Inicialmente, aplicou-se um questionário prévio, com a finalidade de avaliar o conhecimento dos alunos sobre Química Verde, os doze princípios e os catalisadores. Logo em seguida, realizou-se uma aula sobre a temática da Química Verde com ênfase em CTSA, aplicou-se a palavra cruzada como mostra a Figura 3, que tinha como intuito avaliar a aprendizagem dos alunos. Por fim, aplicou-se outro questionário para avaliar o interesse pela temática assim como a aprendizagem dos mesmos.

Figura 3: Cruzada

Química Verde

Tópicos em Química Ambiental



4. Uso de catálise natural (ex. enzimas, microrganismo) para fazer reações químicas.	1. A reação química ganha velocidade, gerando menos resíduos.
8. Projeto de produtos e processos químicos que reduzem ou eliminam o uso e geração de substâncias nocivas.	2. Tratamento adequado do resíduo gerado.
9. Os princípios da prática química guiada	3. É uma reação química que é induzida

pela preocupação com a qualidade de vida e com o meio.	por luz.
10. Reações de eliminação, Friedel-Crafts, reação de Wittig, reações estequiométricas de uma maneira geral.	5. Uma reação com total economia atômica, já que toda a massa dos reagentes é incorporada ao produto.
	6. É melhor prevenir a formação de subprodutos do que tratá-los posteriormente.
	7. Uso de reagentes bloqueadores, de proteção ou desproteção, modificadores temporários.

Fonte: Monitora da disciplina tópicos em química ambiental. (Thalita 2017).

Para Vianna (2007), a perspectiva participativa observacional é muito adotada por pesquisadores que utilizam a abordagem qualitativa. Essa metodologia permite o pesquisador de vivenciar o cotidiano dos sujeitos, buscando compreender uma situação e trabalhar com várias fontes de dados, como a observação, conversas, anotações, gravações de vídeo e de áudio etc.

Para (Benedetti Filho *et al*, 2009) a palavra cruzada consiste em um esquema, onde cada linha (vertical ou horizontal) deve ser preenchida por uma palavra, descoberta através de dicas que acompanham as cruzadas. Ao se preencher uma das linhas, automaticamente, se preenche alguns quadrados das outras linhas que a cruzam, tornando mais fácil a resolução das mesmas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as questões levantadas nos questionário prévio tiveram por objetivo identificar os conhecimentos dos alunos sobre a Química Verde e os doze princípios da química verde, na disciplina tópicos em química ambiental (TQA).

De acordo com as respostas dos alunos ao questionário prévios sobre Química Verde, verificou-se que 33% dos alunos conceituaram sobre Química Verde, enquanto 66% afirmaram não sabia sobre a temática. As respostas dos alunos estão descritas conforme a Tabela 1.

Tabela 1: O que conhece sobre a Química Verde

Alunos	Respostas dos alunos
A 1	Química Verde é o estudo de processos e produtos químicos que tem como objetivo reduzir o uso de substâncias nocivas.
A 2	Química Verde é um novo ramo da química que visa a redução dos impactos ambientais através de materiais ecologicamente corretas.
A 3	Muito pouco basicamente que é um ramo da química voltada para o meio ambiente, ou melhor, para como a química pode ajudar a preservar o meio ambiente.
A 4	Não estudei ainda sobre o assunto.
A5, A6 e A7	Deixaram em branco, pois não responderam nada.

Analisando as respostas dos alunos na tabela 1, percebe-se que os alunos A1, A2 e A3, que todas as respostas foram voltadas para a temática do meio ambiente, mas de acordo com a agência de proteção ambiente (EPA) dos EUA. Logo, analisando a definição sobre a Química Verde, segundo Mahantan (2013), a química verde é definida, como a prática da química e a condução da produção de maneira sustentável,

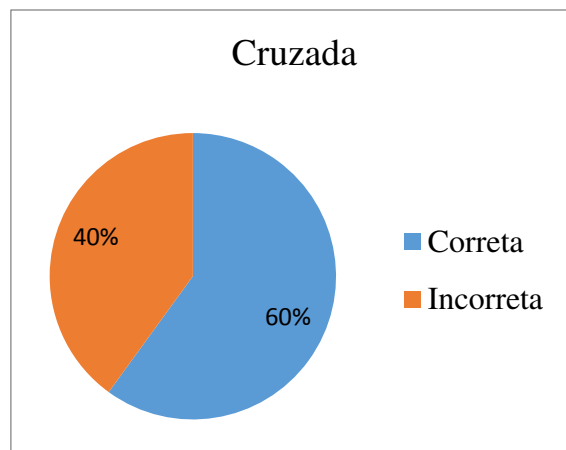
segura e não poluente, com consumo mínimo de materiais e energia ao mesmo tempo em que pouco ou nenhum resíduo é gerado. Em palavra, a química verde é a química sustentável.

Analisando, as respostas percebe-se que as definições são relacionadas mais para os doze princípios da Química Verde, visto que estão voltadas para diminuir ou eliminar a prevenção da poluição e eliminação de substâncias perigosas, reduções dos impactos ambientais ficaram mais voltadas para os princípios. Segundo Antonin, *et al* (2011) Química Verde pode ser definida 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. Enquanto que para Neumann, *et al.* (2003), Química Verde consiste na utilização de um conjunto de princípios que reduzem ou eliminam o uso ou a geração de substâncias perigosas durante o planejamento, manufatura e aplicação de produtos químicos

Enquanto, os alunos A4 a A7 não responderam sobre o que trata a química verde, provavelmente deve-se ter faltado no início das aulas do semestre, já que os alunos afirmaram não ter ouvido falar sobre a química verde. Logo, no início do semestre foram apresentados o plano de curso, e os projetos de monitoria que foram trabalhados com os alunos da disciplina de tópicos de química ambiental ao longo do semestre 2017.1.

Na análise das palavras cruzadas (Figura 2), observou-se que os 07 alunos participantes responderam toda a cruzada, sendo que houve 60% de acertos e apenas 40% de erros.

Figura 2 Jogos das palavras cruzadas



De acordo com Cabrera; Salvi (2005), aprender e ensinar brincando, enriquece as visões do mundo e as possibilidades de relacionamento e companheirismo, de socialização e troca de experiências, de conhecimento do outro e respeito às diferenças e de reflexão sobre as ações. Este tipo de atividade permitiu que os alunos revisassem e exercitassem conceitos e definições a respeito da Química Verde, estas atividades possuem a função de despertar o interesse dos alunos, devido ao desafio que lhes impõem. Este desafio imposto pelos jogos atrai a atenção dos discentes, instigando o raciocínio para encontrar a resolução das questões, favorecendo o processo de ensino-aprendizagem. BENEDETTI FILHO *et al.* (2009).

O jogo é um instrumento que desperta o interesse, devido ao desafio que ele impõe ao aluno. O aluno desafiado busca com satisfação a superação de seu obstáculo, pois o interesse procede a assimilação. (BENEDETTI FILHO *et al.* 2009).

Em seguida, os alunos foram questionados se a temática Química Verde deve ser inserida na disciplina Tópicos em Química Ambiental. De acordo com as respostas do questionário, percebe-se que todos os alunos foram unânimes em afirmar que a Química Verde deveria ser inserida como conteúdo da ementa das disciplinas de química ambiental e/ou tópicos em química ambiental. Visto que, em muitas universidades brasileiras nos cursos de química foram criadas como disciplinas teóricas e experimentais nas aulas no ensino superior (ZANDONAI *et al.*, 2014).

“Segundo Leite e Rodrigues (2011), é mais importante problematizar os aspectos ambientais no ensino de química do que priorizar as questões legais, pois isso propicia uma verdadeira contextualização do conceitos e coloca o meio ambiente na práxis real da sala de aula”.

Após a aula sobre a Química Verde com abordagem CTSA, verificou-se que todos os alunos afirmaram serem capazes de identificar alguns dos doze princípios, e suas aplicações da química verde. Deste modo podemos dizer que houve um grande aproveitamento da aula.

De acordo com Lenardão *et al.* (2003), deve ser guiado pela preocupação com a qualidade de vida e com o meio ambiente envolvendo a prática da química, a filosofia da Química Verde está baseada em doze princípios.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de Química Verde pode ser definido 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. Logo, percebe-se, que os alunos conhecem superficialmente essa nova vertente da Química, não conhecendo os doze princípios nem os catalisadores. Entretanto verificou-se um grande interesse dos alunos quanto à abordagem do tema nas disciplinas ministradas na Instituição e sua inclusão nos currículos escolares, como uma forma de contribuir para a formação dos mesmos, formando assim profissionais mais responsáveis e tecnicamente capazes na definição de processos químicos que incorporem a variável ambiental.

A aula mostrou-se motivadora, pois houve um grande aproveitamento que pode ser visto a partir dos resultados obtidos da palavra cruzada, pode-se afirmar que a introdução de atividades lúdicas no processo de ensino e aprendizagem é um passo para dinamizar e tornar mais fácil e agradável o ensino, uma vez que, chamou atenção dos alunos. É uma ferramenta útil para o professor, na utilização de metodologias inovadoras, que diverte sem deixar de lado o foco educativo.

Portanto, percebe-se que a proposta de ser inserida Química Verde com enfoque em CTSA nas aulas de Química Ambiental dá uma melhor qualidade de vida aos seres

humanos e que o ensino dessa disciplina não pode estar restrito apenas em conceitos científicos, mas, sobretudo, promova o processo que permita ao aluno interagir melhor com o meio em que ele vive.

7. REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MARTÍN, M.; OLIVA, J. M.; ACEVEDO, P.; PAIXÃO, M. F.; MANASSERO, M. A. **Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana**. Una revisión crítica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, v. 02, n. 02, p. 121 – 140, 2005.

AIKENHEAD, G. S. STS Education: A Rose by Any Other Name. In: CROSS, R. (Ed.). **A Vision for Science Education: Responding to the Work** of Peter J. Fensham. Routledge Press, 2003.

AULER, D. **Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”?** Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 05, n. 01, p. 69-83, março de 2003.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científico-tecnológica para quê?** ENSAIO. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 03, n. 02, p. 17-29, junho de 2001.

ANTONIN, V.S.; MORASHASHI, A.C.; MALPASS, G. R. P.; **Compreensão de Alunos de Graduação Sobre Conceitos de Química Verde**, São Paulo, 2011.

BAIRD, C.; CANN, M. Química ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p

BARRETT, S.; PEDRETTI, E. **Contrasting Orientations: STSE for Social Reconstruction or Social Reproduction?** *School Science and Mathematics*, v. 106, n. 05, p. 237 – 247, may 2006.

BENEDETTI FILHO, E.; FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI, L. P. S.; CRAVEIRO, J.A. **Palavras Cruzadas como Recurso Didático no Ensino de Teoria Atômica.** *Revista Química Nova na Escola*, V. 31, n. 2, p. 88-95, 2009. <http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_2/05-RSA-1908.pdf>.

BRESSON, C.; MENU, M.J.; DARTIGUENAVE, M.; DARTIGUENAVE, Y. J.; **Environ. Monit.** Vol. 2, 2000.

CABRERA, W.B.; SALVI, R. **A ludicidade no Ensino Médio: Aspirações de Pesquisa numa perspectiva construtivista.** In: Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências, 5. Atas, 2005.

CANN, M. C. **Bringing state-of-the-art, applied, novel, green chemistry to the classroom by employing the presidential green chemistry challenge awards.** *Journal of Chemical Education*. Vol. 76, p. 1639, 1999.

CLARK, J. H. **Green Chemistry: challenges and opportunities.** *Green Chem.* VI. 1 1999.

KIRCHHOFF, M.M.; **origins, current status, and future challenges of green chemistry.** *Journal of Chemical Education*, vol. 78, 2001.

LEITE, A. C. O.; FERRAZ, M. C. C. **Educação CTS: Reflexões sobre os conteúdos curriculares e as metodologias de ensino e aprendizagem.** In MACHADO, W. A. *Ciência, tecnologia e sociedade: desafios da construção do conhecimento.* São Carlos: EdUFSCar, 2011. p. 39 – 50.

LEITE, A. C. O.; FERRAZ, M. C. C. **Educação CTS: Reflexões sobre os conteúdos curriculares e as metodologias de ensino e aprendizagem.** In LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J. *et. al.* *Quim. Nova* 2003.

HENRIQUE E. TOMA. **Coleção de Química Conceitual**, vol.5 Editora Blucher, 2015.

LEITE R. F.; RODRIGUES M. A. **educação ambiental: reflexões sobre a prática de um grupo de professores de química**, Revista Ciência & Educação, v. 17, n. 1, p. 145-161, 2011.

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, 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** *et. al.* Quím. Nova vol.26 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2003

LÓPEZ CERESO, J. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: o estado da arte na Europa e nos Estados Unidos**. In: SANTOS, L. W. et al (org.) **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**. Londrina: IAPAR, 2004. p. 11 – 46.

MACHADO, A. S. C.; **Da gênese ao ensino da Química Verde**. Quim. Nova, Vol. 34, No. 3, 535-543, 2011.

MATLACK, A.; **Green chem.** 1999, 1, G19

NEUMANN, F.; PAIVA, I. L.; ARAÚJO, P.; MORAES, P. I. R.; LOPES, R.; **Química verde**, Química nova, vol.26, nº 5. 738-744, 2003.

PEDRETTI, E.; HODSON, D. **From Rhetoric to Action: Implementing STS Education through Action Research**. **Journal of Research in Science Teaching** v. 32, n.05, p. 463 – 485, 1995.

SANTOS, L. W.; ICHIKAWA, E. Y. CTS e a participação pública na ciência. In: SANTOS, L. W. et al (org.) **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da interação**, Londrina: IAPAR, 2004. p. 241 – 273. SANTOS, W. L. P, SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

SANTOS; MORTIMER. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. ENSAIO. Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 02, n. 02, p. 133-162, dezembro de 2002.

SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B.; JUNIOR, J. J.; **Desenvolvimento sustentável e química verde**, Quím. Nova vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005

VIANNA, H. M. **Pesquisa em educação: a observação**. Brasília: Liber Livro Editora, 2007.

WARE, S. A. **Greening the curriculum. american chemical society education programs.** Pure Appl. Chem. 2001

WARNER, M. G.; SUCCAW, G.L.; HTCHISON, J.E. **Green Chem.** Vol. 3, 2001

ZANDONAI, D. P.; SAQUETO, K. C.; ABREU, S. C. S. R.; LOPES, A. P. **Química Verde e Formação de Profissionais do Campo da Química: Relato de uma Experiência Didática para Além do Laboratório de Ensino,** revista virtual, Química, 2014, 6 (1), 73-84.