

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**NANOTECNOLOGIA VERDE EM UMA PERSPECTIVA CTSA:
ANÁLISE DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA WEBQUEST PARA A
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Silvia Bernardinelli*

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM QUÍMICA, área de concentração: QUÍMICA.

Orientadora: Prof^a Dr^a Vânia Gomes Zuin

*** bolsista CAPES**

**São Carlos - SP
2014**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B523nv Bernardinelli, Silvia.
Nanotecnologia verde em uma perspectiva CTSA :
análise de uma proposta didática *WebQuest* para a
alfabetização científica na educação básica / Silvia
Bernardinelli. -- São Carlos : UFSCar, 2014.
85 f.

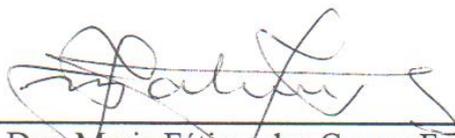
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2014.

1. Química - estudo e ensino. 2. Nanotecnologia. 3.
WebQuest. 4. Alfabetização científica. 5. Relações CTSA. I.
Título.

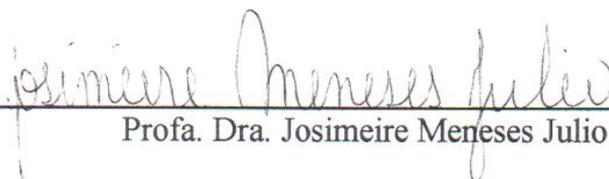
CDD: 540.7 (20^a)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
Curso de Mestrado Acadêmico

*Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de dissertação de mestrado acadêmico da candidata **Silvia Bernardinelli**, realizada em 15 de setembro de 2014:*



Profa. Dra. Maria Fátima das Graças Fernandes da Silva



Profa. Dra. Josimeire Meneses Julio



Profa. Dra. Renata Colombo

Aos meus pais

José Luiz Bernardinelli e

Maria Aparecida Bernardinelli

que nunca mediram esforços para dar estudo aos filhos.

Aos meus irmãos Cíntia Paula e Luiz Fernando

AGRADECIMENTOS

- ✓ A Deus.
- ✓ Ao Programa de Pós-Graduação em Química da UFSCar pela oportunidade e às secretárias Cristina, Luciane e Ariane pelas orientações nas questões burocráticas.
- ✓ À CAPES pelo auxílio financeiro.
- ✓ À Prof^a Dr^a Vânia Gomes Zuin pela orientação e à Prof^a Dr^a Maria Fátima das Graças Fernandes Silva pela co-orientação.
- ✓ Às Prof^{as} Dr^{as} Josimeire Meneses Julio e Dr^a Karina Omuro Lupetti pelas contribuições no exame de qualificação.
- ✓ À Direção da Instituição participante, ao professor regente e aos alunos que desenvolveram as atividades propostas pela pesquisa.
- ✓ Ao Grupo GPQV, principalmente ao Fábio e à Sandra que contribuiu de forma significativa para a conclusão do trabalho, além de ter se tornado uma grande amiga.
- ✓ Ao pessoal do RMN pela convivência e amizade, em especial Tati, Lyege e Sérgio.
- ✓ Aos amigos Sérgio Scherrer e Giovana Fagnoli pelo apoio, incentivo, acolhimento e amizade constantes durante mais esta etapa. Se não fosse por eles este trabalho não teria sequer começado.
- ✓ À minha família que sempre acreditou em mim em todos os momentos.
- ✓ À amiga Talita Simonato Santolin pela amizade e pelas discussões e contribuições que foram fundamentais do início ao fim deste trabalho.
- ✓ A todos os amigos que estiveram por perto compartilhando os bons momentos e também os difíceis. Em especial agradeço aos amigos de sempre: Nádia Biavati, Afrânio Moraes, Liete Resende, Elcinéia Mendes de Souza, Cleocir José Dalmaschio, Mara Silva e Gilberto Silva.

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Percepções dos alunos em relação à Química e às relações CTSA.....	60
TABELA 3.2 – Finalidade do uso do computador pelos alunos.....	61
TABELA 3.3 – Nanocápsulas criadas pelos alunos e suas finalidades.....	65
TABELA 3.4 – Distribuição dos assuntos abordados pelos alunos.....	66
TABELA 3.5 – O que os alunos mais e menos gostaram na atividade.....	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Professores e aparelhos celulares nas salas de aula.....	26
FIGURA 1.2 – Esboço das partes de uma <i>WebQuest</i>	34
FIGURA 1.3 – Níveis de domínio cognitivo característicos de uma <i>WebQuest</i>	35
FIGURA 1.4 – Aumento da área superficial de acordo com a diminuição das dimensões do cubo.....	37
FIGURA 1.5 – Mudança de cor do ouro de acordo com o tamanho das partículas.....	38
FIGURA 1.6 – Aplicações da nanotecnologia, uma área de conhecimento multidisciplinar.....	39
FIGURA 1.7 – Representação artística de nanocápsulas poliméricas.....	42
FIGURA 1.8 – Nanocápsulas de óleo de Neem.....	43
FIGURA 2.1 – Tela de Introdução da <i>WebQuest</i> proposta	51
FIGURA 2.2 – Tela da Tarefa da <i>WebQuest</i> proposta	52
FIGURA 2.3 – Tela de Recursos da <i>WebQuest</i> proposta	53
FIGURA 2.4 – Tela de Processo da <i>WebQuest</i> proposta	54
FIGURA 2.5 – Tela de Avaliação da <i>WebQuest</i> proposta	55
FIGURA 2.6 – Tela de Conclusão da <i>WebQuest</i> proposta	55

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1 – Posse de alguns bens duráveis (%) no Brasil.....	30
GRÁFICO 1.2 – Percentual de estudantes que acessaram a internet na população de 10 anos ou mais de idade.....	30
GRÁFICO 3.1 – Perfil dos alunos.....	62

RESUMO

NANOTECNOLOGIA VERDE EM UMA PERSPECTIVA CTSA: ANÁLISE DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA WEBQUEST PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA - Este trabalho teve o objetivo de avaliar o recurso didático *WebQuest* e a temática da nanotecnologia verde para a promoção da alfabetização científica e tecnológica no contexto da educação básica. Especificamente, procuramos identificar as percepções dos estudantes sobre nanotecnologia; analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) estabelecidas pelos estudantes ao pesquisar sobre nanotecnologia; verificar a apropriação de conteúdos escolares de química pelos estudantes no entendimento das nanocápsulas de liberação controlada; e por último, verificar a aceitação da *WebQuest* proposta pelos alunos. Os resultados mostram que a nanotecnologia é uma temática com grande potencial para promover a alfabetização científica na educação básica, assim como o recurso da *WebQuest*. Por meio dessa temática, os estudantes foram levados a refletir sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), desenvolvendo o pensamento crítico, necessário à formação cidadã. A abordagem dessa temática também demonstrou ser possível a aproximação de conteúdos básicos escolares de química (pH, solubilidade, equilíbrio químico, deslocamento de equilíbrio etc.) a conteúdos relacionados à nanotecnologia, apesar de os alunos terem demonstrado certa dificuldade na apropriação de conteúdos escolares para a compreensão das nanocápsulas de liberação controlada. A *WebQuest*, recurso didático já consagrado em atividades de pesquisa orientada na internet, também se mostrou uma ferramenta bastante adequada para a promoção da alfabetização científica, desde que a tarefa seja orientada para tal objetivo.

ABSTRACT

GREEN NANOTECHNOLOGY IN A STES PERSPECTIVE: ANALYSIS OF A WEBQUEST TEACHING PROPOSAL FOR SCIENTIFIC LITERACY IN BASIC EDUCATION – The objective of this work was to evaluate the teaching resource *WebQuest* and the topic of green nanotechnology in order to promote scientific and technological literacy in basic education. Specifically, we tried to identify the perceptions of students of nanotechnology; analyze the relationships among science, technology, environment and society (STES) established by the students when researching into nanotechnology; verify the learning of school content of chemistry by the students when it comes to nanocapsules of controlled release; and finally, check the acceptance of the *WebQuest* proposal by the students. The results showed that nanotechnology and the *WebQuest* resource are of great potential to promote scientific literacy in basic education. The students were guided to reflect on the relationships among science, technology, environment and society (STES); thus, developing the critical thought necessary to good citizenship. The approach also showed it is possible to relate basic school content of chemistry (pH, solubility, chemical equilibrium, equilibrium shift, etc.) to contents regarding nanotechnology, even though the students showed certain difficulty learning the school contents in order to understand the nanocapsules of controlled release. *WebQuest*, a teaching resource already successful for oriented online research activities, was also shown to be a very adequate tool to promote scientific literacy, as long as the task is oriented for such purpose.

SUMÁRIO

Introdução.....	12
Capítulo 1 – Fundamentação Teórica.....	16
1.1 Tecnologia, alfabetização científica e ensino de ciências.....	16
1.2 <i>WebQuest</i> como estratégia didática para promoção da alfabetização científica.....	25
1.3 Nanotecnologia na Educação Básica.....	36
Capítulo 2 – Metodologia.....	46
2.1 Metodologia de coleta de dados.....	46
2.1.1 – Construção da <i>WebQuest</i>	47
2.2 Metodologia de análise de dados.....	56
Capítulo 3 - Resultados e discussões	59
3.1 - Perfil dos alunos.....	60
3.2 - Análise da tarefa.....	63
3.2.1 - Percepções dos alunos sobre os avanços tecnológicos.....	63
3.2.1.1 - Assuntos de interesse.....	64
3.2.1.2 – Entendimentos em relação à tecnologia.....	67
3.2.2 – Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.....	68
3.2.3 – Apropriação de conceitos científicos fundamentais.....	71
3.3 - Aceitação da atividade pelos alunos.....	73
Considerações finais.....	78
Referências bibliográficas.....	81
Apêndices:	
Apêndice 01 – Questionário I	
Apêndice 02 – Questionário II	
Apêndice 03 – Texto: “Como funcionam as nanocápsulas de liberação controlada”	

Introdução

As políticas educacionais da atualidade, assim como as pesquisas da área de ensino de ciências/química e o cotidiano das salas de aula apontam para a necessidade de reforma na educação básica. A ideia do professor que transmite aos estudantes o conhecimento acumulado pela humanidade torna-se cada vez mais ultrapassado na medida em que a velocidade de produção de conhecimento se faz de forma cada vez mais rápida. Será possível dominar todo o conhecimento científico produzido até hoje?

Percebemos que os novos conhecimentos científicos e as novas tecnologias não são discutidos nas aulas de ciências/química. O que parece é que continuamos a discutir os mesmos velhos conceitos que não fazem sentido concreto para o estudante, fazendo-o perceber a ciência como algo distante do seu cotidiano, algo que ele estuda somente para prestar exames e ser promovido para a série seguinte na escola ou ter acesso à universidade. As principais metodologias utilizadas por professores nas aulas de ciências ainda são aquelas que seguem a tradicional fórmula em que o professor escreve a matéria no quadro, explica o assunto (aula expositiva) e passa exercícios de fixação (uma repetição do que, não necessariamente, foi aprendido), tudo isso seguindo um livro didático. Esta fórmula parece não estimular os estudantes a estudar ciências. Uma evidência disso está na baixa procura dos pré-universitários por cursos de graduação que envolvam a área de ciências exatas e tecnológicas.

Assim, percebemos que é preciso renovar, atualizar as aulas de ciências e, para tanto, não podemos ignorar o fato de estarmos vivendo cada vez mais imersos em tecnologia. A internet, por exemplo, facilitou o acesso a uma quantidade incontável de informação; por meio dela, podemos ter acesso aos novos conhecimentos científicos na mesma velocidade em que são produzidos. Porém, a escola ainda não consegue utilizá-la como ferramenta aliada ao processo de ensino e aprendizagem. Pelo contrário, aparelhos eletrônicos,

principalmente celulares que possibilitam o acesso à internet, têm se transformado em inimigo dos professores nas salas de aula.

Essas inquietações nos conduziram à leitura de trabalhos preocupados com a promoção da alfabetização científica como um dos objetivos do ensino de ciências. As pesquisas realizadas neste âmbito, a grosso modo, procuram esclarecer quais os conhecimentos científicos básicos necessários para a formação de estudantes capazes de atuar ativamente nas sociedades democráticas, ou seja, com a formação para a cidadania. A afinidade com essas leituras levou a reflexões acerca da possibilidade de aproximação dos conteúdos científicos escolares das inovações tecnológicas com a finalidade de promover a alfabetização científica. De acordo com essas reflexões e com a necessidade de estratégias didáticas que aproveitem o potencial da internet e que, ao mesmo tempo, desenvolvam uma postura ativa e autônoma do aluno frente ao processo de ensino e aprendizagem, pretendemos responder à seguinte questão de pesquisa e atingir os seguintes objetivos:

Questão de pesquisa: “Quais as potencialidades e limitações da utilização da *WebQuest*, como recurso didático, e da nanotecnologia, como temática, na promoção da alfabetização científica e tecnológica no contexto da educação básica?”

Objetivo geral: identificar o potencial de uma estratégia didática *WebQuest*, que trata de assuntos relacionados a nanotecnologia verde, para a promoção da alfabetização científica e tecnológica na educação básica.

Objetivos específicos:

- Identificar as percepções dos estudantes sobre nanotecnologia;
- Analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) estabelecidas pelos estudantes ao pesquisar sobre nanotecnologia;

- Verificar a apropriação de conteúdos escolares de química pelos estudantes no entendimento das nanocápsulas de liberação controlada;
- Verificar a aceitação da *WebQuest* proposta – “Química das Nanocápsulas” – pelos alunos.

A fim de contemplar os objetivos propostos e responder à questão de pesquisa, primeiramente, buscamos na literatura referenciais teóricos que se encontram descritos no primeiro capítulo.

De maneira mais precisa, no primeiro capítulo procuramos esclarecer o que entendemos por alfabetização científica e quais os critérios utilizados na identificação de um estudante cientificamente alfabetizado. Discorreremos ainda sobre a possibilidade de se usar a *WebQuest* como recurso didático, para melhor aproveitamento da internet em ambiente escolar e, ao mesmo tempo, visando a promover a alfabetização científica. Para finalizar o capítulo, esclarecemos pontos fundamentais sobre a nanotecnologia, suas aplicações e possibilidades de abordagem na educação básica.

No segundo capítulo focamos a metodologia de coleta e análise dos dados, explicitando as categorias de análise.

No terceiro capítulo, analisamos os dados coletados e, por último, nas considerações finais, são expostas reflexões a partir dos dados coletados e do referencial teórico que levou à conclusão de que as temáticas relacionadas a avanços tecnológicos (neste trabalho, especificamente, a nanotecnologia) e o recurso didático da *WebQuest* podem ser capazes de promover a alfabetização científica, entendendo que um sujeito cientificamente alfabetizado é aquele capaz de utilizar os conteúdos científicos escolares para compreender o mundo ao seu redor, além de estar apto a fazer uma leitura crítica, considerando as relações CTSA.

A nanotecnologia é um assunto atual, faz parte do cotidiano dos alunos e, através dessa temática, os estudantes foram levados a refletir sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), desenvolvendo o pensamento crítico necessário à formação cidadã. A abordagem dessa temática também demonstrou ser possível a aproximação de conteúdos básicos escolares de química (pH, solubilidade, equilíbrio químico, deslocamento de equilíbrio etc.) a conteúdos relacionados à nanotecnologia, apesar de os alunos terem demonstrado certa dificuldade na apropriação de conteúdos escolares para a compreensão das nanocápsulas de liberação controlada.

A *WebQuest*, recurso didático já consagrado em atividades de pesquisa orientada na internet, também se mostrou uma ferramenta eficiente na promoção da alfabetização científica, desde que a tarefa seja orientada para tal objetivo.

Capítulo 1 – Fundamentação teórica

1.1 – Tecnologia, alfabetização científica e ensino de ciências

Uma das características marcantes da sociedade atual é a crescente dependência da ciência e da tecnologia; de modo especial, desta tecnologia que interfere diretamente na vida cotidiana. Se em meados do século passado costumes e valores foram influenciados pelo surgimento da televisão, o que dizer hoje da internet, telefones celulares, *iPhones*, alimentos geneticamente modificados, tecnologias relacionadas à estética que permitem às pessoas modificarem seus corpos, cabelos etc.? De acordo com ACEVEDO (1996), a sociedade cria demandas por tecnologias que aprimorem a qualidade de vida das pessoas e, ao mesmo tempo, essa sociedade vai sendo moldada por essas novas tecnologias.

Essa crescente e incessante dependência dos avanços tecnológicos criou uma demanda por conhecimentos científicos e tecnológicos básicos, para que as pessoas possam tomar decisões cotidianas como, por exemplo, optar por certo tipo de alimento, o que pode afetar a saúde individual, ou tomar decisões que possam afetar a sociedade como um todo, como optar por uma determinada fonte de energia (CAJAS, 2001).

Diante de tal situação, muitos pesquisadores da área de educação em ciências (ACEVEDO, 1995; CAJAS, 2001; AULER e DELIZOICOV, 2001; MAIZTEGUI *et al.*, 2002; CACHAPUZ *et al.*, 2005) defendem a alfabetização científica e tecnológica, de fundamental importância para todas as pessoas, para que possam participar efetivamente da sociedade a que pertencem. SASSERON e CARVALHO (2011), após uma extensa revisão bibliográfica sobre alfabetização científica, chamam a atenção para o fato de encontrarmos na literatura os termos “letramento científico”, “alfabetização científica” e “enculturação científica”, todos usados em referência ao ensino de ciências que

visa formar estudantes/cidadãos aptos a dominar e a utilizar os conhecimentos científicos nos mais variados contextos. De acordo com SASSERON e CARVALHO (2011, p.60),

Podemos perceber no cerne das discussões levantadas pelos pesquisadores que usam um termo ou outro estão as mesmas preocupações com o ensino de Ciências, ou seja, motivos que guiam o planejamento desse ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio-ambiente.

Ainda neste trabalho, as autoras propõem três eixos estruturantes da alfabetização científica, que seriam a convergência das habilidades encontradas na literatura para caracterizar uma pessoa cientificamente alfabetizada. Segundo as pesquisadoras, esses três eixos podem ser utilizados como referência na elaboração e no planejamento de propostas didáticas que almejem a alfabetização científica. O primeiro eixo refere-se à **compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais** e trata da construção de conhecimentos científicos de modo que o aluno seja capaz de aplicar esses conhecimentos em situações diversificadas, inclusive no seu cotidiano. O segundo eixo trata da **compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**, ou seja, da compreensão do caráter transitório da ciência, de que os saberes têm origem em um processo de aquisição e análise de dados. Além disso, deve-se considerar as relações da ciência com a sociedade, criando situações nas quais o aluno possa refletir e analisar o contexto para tomar decisões. O terceiro eixo compreende o **entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente** e se refere à identificação e inter-relação entre essas esferas.

Segundo CAJAS (2001), apesar da notória e ascendente dependência de ciência e tecnologia que vivemos atualmente, falta, para a grande maioria das pessoas, o conhecimento tecnológico necessário para compreender e transformar a realidade. O autor aponta como possíveis causas para esse fato a ausência de educação em tecnologia e a negligência das relações

Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) na educação formal. ACEVEDO (1995) destaca a importância de investigações em educação em ciência para a elaboração de uma didática capaz de promover a educação tecnológica em conexão com ciência e sociedade, a fim de ampliar a tradicional visão da tecnologia, mais ligada à engenharia, para uma concepção mais ampliada, que contribuiria para a alfabetização científica dos cidadãos. Vários países, compartilhando dessa preocupação, vêm, desde as décadas de 80 e 90 do século XX, buscando políticas educacionais capazes de inserir a tecnologia na educação básica, vinculada com a ciência e com as conseqüências socioambientais de seu avanço, para que os estudantes tenham conhecimentos e habilidades necessárias para viver neste mundo cada vez mais tecnológico. Na Espanha, por exemplo, a tecnologia se estabeleceu na educação básica separadamente das disciplinas de ciências, como disciplina isolada.

No Brasil, a reforma curricular iniciada nos anos 1990 dividiu o conhecimento em três áreas, sendo que a tecnologia faz parte de todas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias. No ensino fundamental, a presença da tecnologia no currículo objetiva que o aluno familiarize-se com o manuseio e com a nomenclatura das novas tecnologias. Já no Ensino Médio, o objetivo é interligar os conteúdos escolares com suas aplicações tecnológicas. Os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCNEM) destacam a importância da tecnologia no novo currículo:

A presença das Tecnologias em cada uma das áreas merece um comentário mais longo. A opção por integrar os campos ou atividades de aplicação, isto é, os processos tecnológicos próprios de cada área do conhecimento, resulta da importância que ele adquire na educação geral – e não mais apenas na profissional -, em especial no Ensino Médio. Neste, a tecnologia é o tema por excelência que permite contextualizar os conhecimentos de todas as áreas e disciplinas no mundo do trabalho (BRASIL, 2002, p. 106).

Ainda de acordo com o referido documento, a proposta curricular deverá incorporar tendências do século XXI, por exemplo, a crescente presença de Ciência e Tecnologia nas atividades produtivas e nas relações sociais. Reforçando essa ideia, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (BRASIL, 2010) preveem, como uma das finalidades do Ensino Médio, a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos presentes na sociedade contemporânea, relacionando teoria e prática (art. 26, inciso IV). Além da importância dada aos fundamentos tecnológicos, as Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2010, Capítulo II, art. 14, §3º) ainda pontuam a importância de se incorporar os avanços da tecnologia da informação e comunicação à execução da proposta pedagógica:

A base nacional comum e a parte diversificada não podem se constituir em dois blocos distintos, com disciplinas específicas para cada uma dessas partes, mas devem ser organicamente planejadas e geridas de tal modo que as tecnologias de informação e comunicação perpassem transversalmente a proposta curricular, desde a Educação Infantil até o Ensino Médio, imprimindo direção aos projetos político-pedagógicos.

Encontramos na literatura várias maneiras pelas quais a tecnologia tem sido introduzida em aulas de ciências, por exemplo: citar alguma inovação tecnológica somente para motivar os estudantes; ensinar os conceitos científicos e a importância destes para a tecnologia; centralizar a aula em um tema referente à tecnologia, ensinando os conceitos científicos relacionados e discutindo outras possíveis aplicações no cotidiano etc.

A proposta defendida neste trabalho é de utilizar as inovações tecnológicas como temática para se discutir conceitos científicos escolares e quais as possíveis implicações dessas inovações na sociedade e no ambiente (relações CTSA), de modo a promover a alfabetização científica.

MILARÉ, RICHETTI e ALVES FILHO (2009) analisaram os temas propostos nos artigos da seção *Química e Sociedade* da revista *Química Nova na Escola*, discutindo as relações entre as finalidades da alfabetização

científica e o uso de temas no ensino de química que têm por objetivo a promoção da alfabetização científica dos estudantes. Os temas tratados nos artigos apresentaram potencial para o desenvolvimento da alfabetização científica, uma vez que aproximar conhecimentos escolares de química dos temas propostos pode favorecer aos alunos a construção de ideias acerca dos aspectos históricos, sociais, culturais e tecnológicos relacionados aos temas, contribuindo para a educação voltada para a cidadania. Os autores lembram ainda que fatores como o interesse e a importância dos temas para os alunos, assim como a compatibilidade daqueles com os conteúdos químicos escolares a serem desenvolvidos são muito importantes e, por isso, não devem ser desconsiderados em atividades que visem à alfabetização científica.

MAIZTEGUI *et al.* (2002) chamam a atenção para a pouca importância dada à tecnologia por aqueles que defendem a alfabetização científica na educação básica. Segundo esses autores, é preciso romper com a concepção dominante de que a tecnologia é simplesmente aplicação da ciência, atribuindo-lhe, assim, um baixo *status* em relação à ciência. Defendem ainda que integrar a tecnologia à educação básica pode enriquecer o ensino de ciências e contribuir para a compreensão da dimensão social e humana da ciência e da tecnologia, promovendo a alfabetização científica e tecnológica tão necessárias para os nossos tempos.

De acordo com POZO e CRESPO (2009), existe uma crise antiga na educação científica que se manifesta pela falta de interesse e pouco aproveitamento do aprendizado dos alunos. Os autores defendem que a maioria dos alunos não aprende a ciência que lhe é ensinada por várias dificuldades que são consequências das próprias práticas escolares centradas em tarefas com pouco significado científico. Este crescente desinteresse dos jovens por matérias ligadas às ciências, está criando um déficit de cientistas e tecnólogos, além de levar a uma precariedade da alfabetização científica básica que possibilite uma

tomada de decisão fundamentada em questões primordiais e cotidianas dos nossos tempos. No Brasil, o Ministério da Educação, preocupado com esse fato, anunciou em 18/09/ 2013 o programa “Quero ser professor, quero ser cientista”, cuja proposta é despertar vocações docentes e científicas, com ênfase em matemática, química, física e biologia.

Uma boa parte desse desinteresse pode estar na forma como são conduzidas as aulas de ciências na educação básica, produtos de concepções dos docentes sobre a natureza da ciência e da tecnologia. Segundo CACHAPUZ *et al.* (2005, p. 38), “visões empobrecidas e distorcidas que criam o desinteresse, quando não a rejeição, de muitos estudantes e se convertem num obstáculo para a aprendizagem”. Dentre as sete possíveis visões deformadas da ciência e da tecnologia apontadas pelos autores – visão descontextualizada; concepção individualista e elitista; concepção empírico-indutiva e atórica; visão rígida, algorítmica; visão dogmática; visão exclusivamente analítica; visão acumulativa, de crescimento linear –, daremos destaque à visão descontextualizada de ciência e tecnologia.

Uma visão descontextualizada de ciência e tecnologia ignora as relações CTSA, transmitindo uma visão de ciência neutra e que não causa impacto no meio natural nem social da mesma forma que não é influenciada pela sociedade. Segundo FERREIRA-GAUCHÍA, VILCHES e GIL-PÉREZ (2012), muitos estudos têm defendido a incorporação das relações CTSA na educação em ciências sem, contudo, explicitar essas relações, o que leva ao entendimento de que as relações entre ciência e tecnologia são óbvias, não precisando de atenção especial. Este fato constitui um obstáculo para a compreensão da educação científica e tecnológica. Grande parte do material didático faz uma referência simplista à abordagem CTSA, apenas enumerando aplicações tecnológicas de conhecimentos científicos.

De acordo com FERREIRA-GAUCHÍA, VILCHES e GIL-PÉREZ (*op. cit.*), existe uma crescente necessidade de alfabetização tecnológica, juntamente com a científica, bem como de uma introdução de assuntos de tecnologia no currículo básico no ensino de ciências. Mas para que isso seja efetivado, é preciso que professores e alunos superem as concepções distorcidas de ciência e tecnologia, além de considerarem, de forma adequada, as relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

A tecnologia não deve ser vista como uma mera aplicação de conhecimentos tecnológicos, visto que a ela se desenvolveu por milênios sem a ciência propriamente dita. Ciência e tecnologia devem ser consideradas em uma relação de interdependência, uma vez que a tecnologia se apoia na ciência ao mesmo tempo em que o desenvolvimento científico depende de avançados aparatos tecnológicos para testar hipóteses, constituindo-se, assim, um requisito da própria ciência.

FERREIRA-GAUCHÍA, VILCHES e GIL-PÉREZ (2006) pontuam as considerações necessárias para uma concepção adequada de CTSA que contribua para a alfabetização científica e tecnológica:

- A tecnociência¹ atua tanto positiva como negativamente sobre as formas de organização social e sobre as condições de vida das pessoas;
- A sociedade, de acordo com os seus interesses, interfere no desenvolvimento tecnocientífico, limitando-o ou impulsionando-o;
- A tecnociência não é a única responsável pelos graves problemas que a humanidade enfrenta. Empresários,

¹Os autores consideram que, atualmente, ciência e tecnologia estabelecem uma relação de mão dupla; a tecnologia se apóia na ciência ao mesmo tempo que se constitui em um requisito da própria ciência, fazendo sentido o termo tecnociência.

economistas, políticos e consumidores de tecnologia são igualmente responsáveis pelos problemas advindos do desenvolvimento tecnocientífico;

- A tecnociência, sozinha, não pode resolver os graves problemas enfrentados pela humanidade. Cabe a todas as pessoas posicionarem-se em torno dessas problemáticas;
- Deve-se considerar o princípio da precaução ou cautela antes de generalizar o uso de uma determinada tecnologia. O objetivo desse princípio é evitar o uso de inovações tecnológicas antes que se conheçam as consequências a médio e a longo prazo.

No Brasil, CUNHA e GIORDAN (2012) destacam a necessidade do conhecimento de percepções de ciência e tecnologia dos alunos no contexto escolar, pois é na escola que os conhecimentos científicos e os conhecimentos cotidianos têm uma interação maior. De acordo com CUNHA *et al.* (2013, p.16),

(...) é necessário que a escola considere as percepções apresentadas pelos estudantes quando desenvolvemos os conceitos científicos em sala de aula, pois as percepções apresentadas pelos estudantes influenciam na formação destes conceitos, pois estas fazem parte do pensamento humano. Além disso, percepções equivocadas ou distorcidas devem ser discutidas pelos professores no sentido de melhorar a relação dos jovens com a ciência e tecnologia.

Em seu trabalho de doutorado, CUNHA (2009) investigou as percepções de estudantes brasileiros do ensino médio sobre ciência e tecnologia e obteve, como resultados, indicativos que consideram a influência dessas percepções nos processos de significação, para intervenção em aulas de ciências. De acordo com esse estudo, elencamos abaixo alguns aspectos relacionados à percepção dos estudantes sobre ciência e tecnologia (CT):

- Ciência, tecnologia e cotidiano: os estudantes percebem a tecnologia como algo que faz parte do cotidiano e que lhes proporciona melhor qualidade de vida. Relacionam a tecnologia a computadores, ao avanço e ao conforto. Já a ciência, para eles, está distante do cotidiano, situado no contexto escolar.
- Significado em relação a ciência e tecnologia: para os estudantes, a tecnologia é fascinante, encantadora e prática. Já a ciência é vista como fruto de descobertas e não de um trabalho de pesquisa, o que contribui para o distanciamento do cotidiano, pois somente gênios fazem descobertas, não pessoas comuns que trabalham na pesquisa.
- Sentimento em relação a ciência e tecnologia: os estudantes afirmam ter medo do poder da ciência e da tecnologia. O que mais causa medo é a incerteza do futuro, devido ao grande avanço da CT. Outras causas do medo são a dependência do homem da CT, os impactos ambientais causados pelos avanços da CT e os impactos sociais, como guerras (armamento bélico de alta tecnologia).
- Conceito de ciência e tecnologia: os estudantes relacionam tecnologia ao dia-a-dia, à inovação, ao progresso, ao conforto e à comodidade, porém não conseguem formular um conceito sobre tecnologia; não demonstram a necessidade de um elemento conceitual. Ao contrário, a ciência está totalmente desligada do cotidiano, vinculada ao contexto escolar e, portanto, conceitual.

De acordo com CUNHA e GIORDAN (2012, p.122), os estudantes apresentam imagens de ciência e tecnologia bem distintas, até antagônicas:

A tecnologia é algo transmitido aos estudantes pela mídia, e desde muito cedo, e está presente na vida das pessoas seja por meio das propagandas, seja pela utilidade prática em suas vidas, dispensando um entendimento ou um questionamento do que ela representa. Assim podemos verificar que os estudantes percebem a Ciência como algo que faz parte de uma educação formal (escola), de um local específico para o seu estudo e discussão, já a tecnologia é percebida como algo muito familiar, como algo que já foi incorporado ao convívio social, não necessitando de um questionamento mais aprofundado, porque é prática e soluciona os problemas diários.

Considerando o que foi exposto até agora, podemos dizer que é importante, para a promoção de alfabetização científica e tecnológica em contexto escolar, a existência de propostas didáticas que sejam capazes de desenvolver nos alunos concepções adequadas das relações CTSA, que façam o estudante compreender conceitos científicos básicos, além de evidenciarem as percepções desses alunos sobre ciência e tecnologia e discuti-las de modo que o estudante não tenha uma visão tecnofóbica nem deslumbrada da tecnologia, mas que consiga posicionar-se criticamente frente às questões relacionadas à tecnologia.

1.2 - *WebQuest* como estratégia didática para promoção da alfabetização científica

A tecnologia modifica as relações sociais, fato que pode ser comprovado por inúmeros exemplos que vão desde o domínio do fogo até o advento da internet. O fogo passou a ser utilizado pelo homem para cozinhar alimentos, para se aquecer em noites frias, para fabricar armas, além de ser usado em variados rituais por diferentes povos.

Hoje, dificilmente nos reunimos ao redor de uma fogueira, mas estamos todos conectados pela internet. Quem viveu antes do advento da internet sabe, por experiência, que essa ferramenta ampliou nossos horizontes. Nos dias atuais, facilmente obtemos informações sobre cursos, vagas de

trabalho, concursos etc., espalhados por todos os lugares. Isso, aliado às facilidades de locomoção, aumentou as chances de realização pessoal e profissional das pessoas. Porém, no tempo presente, os indivíduos dificilmente “criam raízes” em um lugar, o que leva ao estabelecimento de relacionamentos superficiais e de curta duração, fato que para alguns é sinônimo de liberdade, ao passo que, para outros, significa solidão.

Se as tecnologias modificam as relações sociais, como exemplificado acima, também interferem no ambiente e nas relações escolares, bem como no processo de ensino e aprendizagem. É fato que os recursos de mídia, principalmente a internet, disponibilizam um mundo de informações de fácil acesso. É de se esperar, também, que contribua imensamente no processo ensino/aprendizagem, sendo um aliado na facilitação da prática docente. Contudo, criou hoje uma verdadeira “disputa” entre professores e aparelhos eletrônicos (principalmente os que têm acesso à internet), pela atenção dos alunos durante as aulas, como ilustra a figura 1.1.

FIGURA 1.1 – Professores e aparelhos celulares nas salas de aula



Fonte: Antônio More/Gazeta do Povo. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?tl=1&id=1471036&tit=Professores-disputam-atencao-de-alunos-com-redes-sociais>. Acesso: maio/2014.

A proibição de aparelhos celulares nas escolas mostra que os professores vêm perdendo essa “guerra”, uma vez que os estímulos audiovisuais dos aparelhos eletrônicos podem ser mais sedutores para os estudantes que a imagem do professor (ZUIN e ZUIN, 2011). Estes mesmos autores alertam para o fato de que o acesso ao vasto mundo de informações da internet, de forma rápida e superficial, pode trazer consequências para a concentração e para o processo formativo de professores e alunos, faltando-lhes o tempo necessário para a reflexão e formação de pensamento crítico. Segundo ZUIN e ZUIN (2011, p.222),

Atualmente é inegável o fascínio dos agentes educacionais diante das facilidades de acesso a informações obtidas por meio de clicar o *mouse*. Porém, parte-se do pressuposto de que a velocidade de reposição e de absorção de tais informações, difundidas nos mais variados sites, provoca consequências não só na capacidade de concentração, como também no processo formativo. Pois dificilmente as informações são elaboradas para que possam produzir novos significados, uma vez que a concentração é focada num determinado conteúdo para, logo em seguida, ser triturada assim que um novo *link* é acessado. Falta, portanto, o tempo necessário para a reflexão desses mesmos conteúdos, sendo esta a condição fundamental para o desenvolvimento de consciências críticas, tanto por parte dos professores quanto por parte dos alunos

O processo formativo do estudante é prejudicado na medida em que a relação que ele estabelece com a internet não o estimula a pensar criticamente sobre as informações que obtém e são rapidamente esquecidas. Daí é possível perceber a contradição do mundo atual, em que as novas tecnologias facilitaram o acesso a um volume cada vez maior de informações, porém os usuários não conseguem se concentrar o suficiente para construir representações mentais que durem o tempo necessário para a formação de conceitos (ZUIN e ZUIN 2011).

Não se trata de defender a não utilização das tecnologias, principalmente na escola, no entanto, é preciso que se encontrem maneiras de utilizá-las de forma a contribuir para o processo formativo e não ao contrário, como vem acontecendo. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura -UNESCO- publicou no ano de 2013 (versão em português

publicada em 2014) diretrizes para a aprendizagem móvel, documento que aponta possibilidades de utilização da internet e, de forma mais ampla, das tecnologias móveis em benefício do processo ensino aprendizagem. O texto defende a ideia de que as tecnologias móveis podem ser um meio eficiente para ampliar espaços educacionais a alunos sem acesso a ensino de boa qualidade e cita como exemplo, um projeto subsidiado pelo governo da Colômbia que distribui aparelhos móveis baratos, equipados com programas educacionais a 250 mil pessoas com a finalidade de ajudar no combate ao analfabetismo. Outro exemplo é a iniciativa BridgeIT, atuante na Ásia e América Latina que leva conteúdos atualizados a escolas geograficamente isoladas por meio de aparelhos celulares com acesso a internet, sendo assim, é possível levar a internet para instituições que não têm conexões por linhas fixas. De acordo com esta publicação (UNESCO, 2014, p. 8):

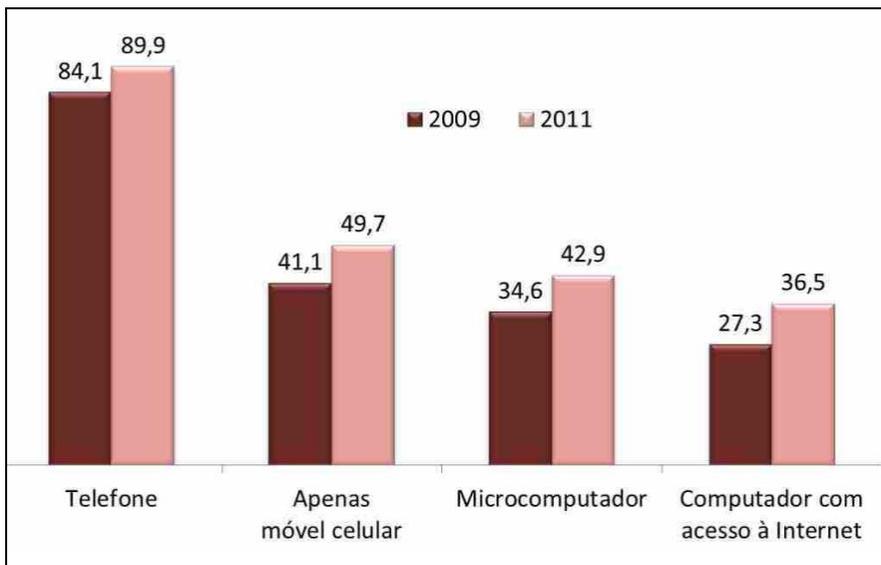
A aprendizagem móvel envolve o uso de tecnologias móveis, isoladamente ou em combinação com outras tecnologias de informação e comunicação (TIC), a fim de permitir a aprendizagem a qualquer hora e em qualquer lugar. A aprendizagem pode ocorrer de várias formas: as pessoas podem usar aparelhos móveis para acessar recursos educacionais, conectar-se a outras pessoas ou criar conteúdos, dentro ou fora da sala de aula. A aprendizagem móvel também abrange esforços em apoio a metas educacionais amplas, como a administração eficaz de sistemas escolares e a melhor comunicação entre escolas e famílias.

O documento destaca ainda que a tecnologia móvel está próxima da onipresença. O celular é a TIC mais usada no planeta. Estima-se que até 2017 metade da população dos países em desenvolvimento terá uma assinatura de celular, enquanto que nos países desenvolvidos quatro em cada cinco pessoas possuem celular. A previsão da indústria é de que até 2016 as vendas de tablets será maior que a venda de computadores pessoais. Dados estatísticos do relatório “Medindo a Sociedade da Informação” - Índice de Desenvolvimento das TICs, divulgado pela União Internacional de Telecomunicações (UIT, 2012) corroboram as expectativas supracitadas, além de indicarem que, em breve, computadores pessoais darão lugar a tecnologias móveis (celulares, tablets etc)

com acesso a internet. De acordo com este estudo, o acesso a serviços de banda larga móvel -3G- cresce rapidamente, nos países em desenvolvimento, a banda larga móvel cresceu 160% entre 2009 e 2010, ao contrário da internet discada que vem diminuindo desde 2007 tendendo a extinção do uso. Outro dado interessante é que os países que registraram aumento no uso das TIC são, na maioria, aqueles que alcançaram aumento nas assinaturas de banda larga móvel. Apesar desse aumento no acesso aos serviços de internet, a qualidade do serviço deixa a desejar principalmente nos países em desenvolvimento onde a velocidade da banda larga fixa e móvel é frequentemente mais baixa que a velocidade recomendada.

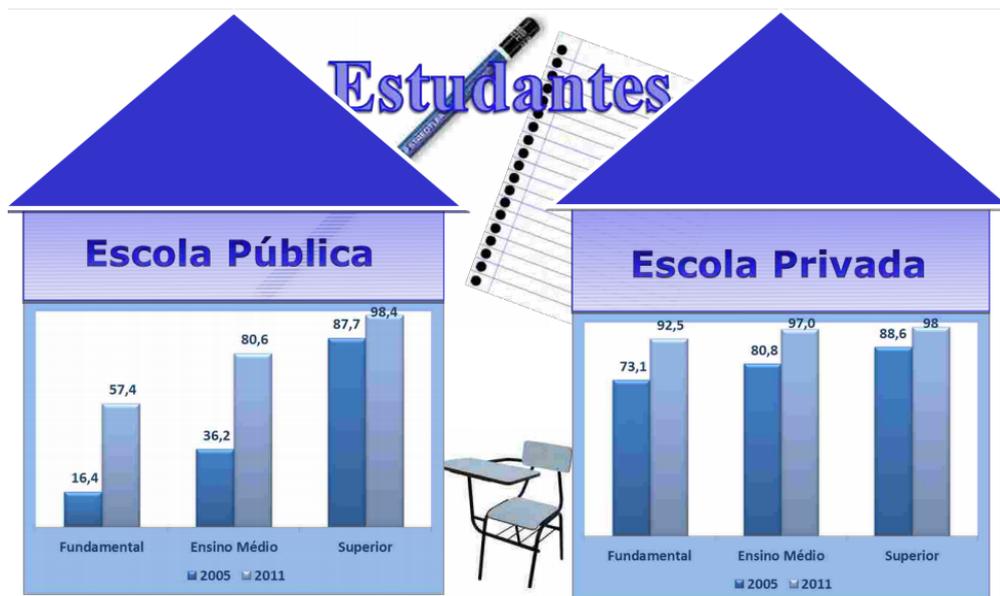
Dados da última Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (BRASIL, 2013) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – no período de 2009 e 2011 mostram que, no Brasil, apesar do aumento constante, ainda é baixo o número de domicílios com computadores com acesso a internet, dados que podem ser observados no gráfico 1.1. Do mesmo modo, apesar do aumento, também é baixo o acesso de estudantes do ensino fundamental e médio de escolas públicas, dados apresentados no gráfico 1.2, o que dificulta a realização de atividades *on line*. Porém, como a tendência é o aumento de acesso à internet é viável que encontremos metodologias de ensino que incorporem essa tecnologia a favor do processo ensino aprendizagem.

GRÁFICO 1.1 - Posse de alguns bens duráveis (%) - Brasil



Fonte: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000012962305122013234016242127.pdf>. Acesso: julho/2014.

GRÁFICO 1.2 - Percentual de estudantes que acessaram a Internet na população de 10 anos ou mais de idade.



Fonte: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000012962305122013234016242127.pdf>. Acesso: julho/2014.

BELLONI (2009) defende o uso educativo das tecnologias de informação e comunicação (TIC) com o objetivo de formar o usuário ativo, crítico e criativo, sendo essa uma das condições para a formação cidadã. Segundo a autora, a revolução tecnológica, através não só da internet mas também de variados dispositivos como *tablets* e *iPads*, oferece novas possibilidades de comunicação e informação, democratizando o acesso à cultura ao mesmo tempo em que criam novos desejos e necessidades, pois são poderosos meios de publicidade. Para que os jovens se relacionem com as mídias, apropriando-se dos conteúdos de forma crítica, democrática e criativa, é preciso que a sociedade os eduque para isso.

As TIC apresentam um enorme potencial para a criação de metodologias e estratégias de ensino que priorizem a aprendizagem autônoma do estudante, mas são grandes as dificuldades de utilização pedagógica, pois requerem compreensões diferenciadas do tradicional. De acordo com BELLONI (2009, p.27),

(...) há grandes dificuldades na apropriação destas técnicas no campo educacional e em sua “domesticação” para a utilização pedagógica. Suas características essenciais- simulação, virtualidade, acessibilidade a superabundância e extrema diversidade de informações – são totalmente novas e demandam concepções metodológicas diferentes daquelas das metodologias tradicionais de ensino baseadas num discurso científico linear, cartesiano e positivista.

A falta dessa educação crítica em relação às mídias vem fazendo com que os jovens fiquem cada vez mais à mercê dos valores divulgados pela mídia. Existe hoje uma preocupação exacerbada com o estereótipo, em seguir os padrões ditados pela mídia na busca da imagem perfeita.

Neste trabalho, defendemos a *WebQuest* como um recurso didático alternativo para melhor aproveitamento da internet no contexto escolar. Acreditamos ser um recurso que possibilite ao estudante reorganizar as

informações acessadas de forma crítica e significativa, construindo conhecimento de forma autônoma. De acordo com DODGE (1995, s/p),

WebQuest é uma investigação orientada na qual algumas ou todas as informações com as quais os aprendizes interagem são originadas de recursos da Internet, opcionalmente suplementadas com videoconferências.

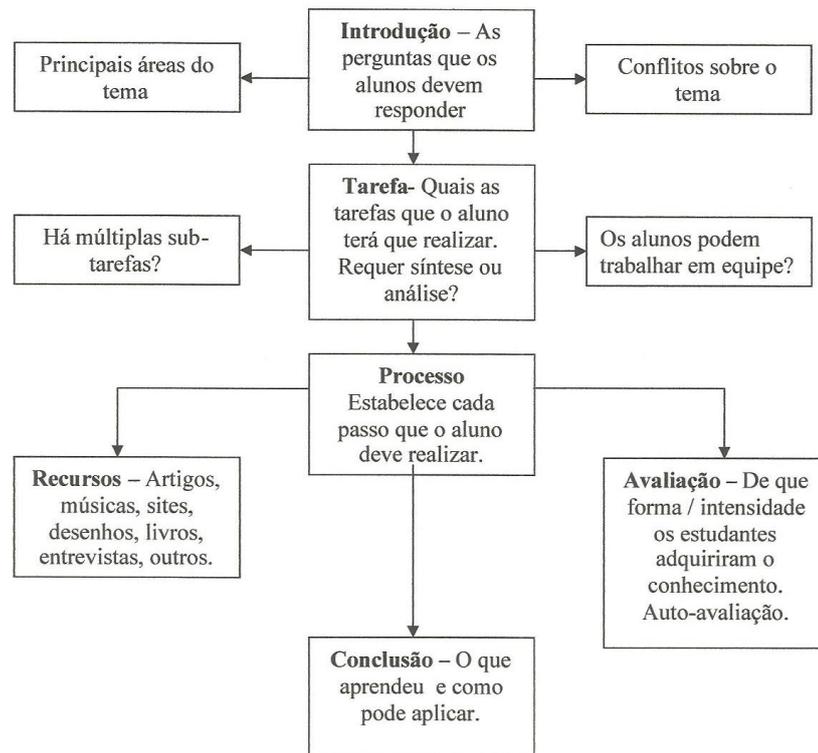
O modelo *WebQuest* foi criado em 1995 por Bernie Dodge, professor de Tecnologia Educacional da San Diego University. Na ocasião, Dodge preparava a apresentação de um *software* educacional para um curso de capacitação de professores. Em vez de seguir o caminho tradicional, ele fez um levantamento de informações disponíveis na internet sobre o *software*, preparou dois canais de comunicação com usuários desse programa e pediu aos seus alunos que atuassem como consultores, avaliassem o *software* e escrevessem uma carta para o diretor de uma escola recomendando (ou não) o uso de tal recurso. A atividade foi motivadora para os alunos, que se empenharam de forma autônoma e demonstraram um domínio do conteúdo mais expressivo se comparado a métodos tradicionais de ensino/aprendizagem. Desde então, Dodge acompanha o desenvolvimento desse recurso, que já é de uso mundial (ABAR e BARBOSA, 2008).

“A tecnologia educacional da *WebQuest* é uma técnica para aprendizagem que usa a internet, permitindo a criação de ambiente de aprendizagem próximos ao modelo ideal” (ABAR e BARBOSA, 2008 p. 13). A *WebQuest* pode contribuir com professores e estudantes no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que permite a criação de atividades didáticas que exigem do estudante reflexão, análise, síntese e avaliação, instigando a investigação e o pensamento crítico. Outra contribuição importante da *WebQuest* está em poder ajudar o estudante a adquirir autonomia e disciplina no mundo tão sedutor e apelativo da internet, na medida em que exige que os estudantes tratem as informações retiradas da rede, selecionando, interpretando, comparando e compilando os dados para criar um texto de autoria própria.

Os objetivos educacionais possíveis de serem alcançados por uma *WebQuest* são os seguintes:

- Modernizar os modos de fazer educação – pois possibilita o uso da internet na educação;
- Garantir acesso a informações atualizadas – pois coloca os estudantes em contato com informações que fazem parte do seu cotidiano;
- Promover aprendizagem cooperativa – pois uma aprendizagem significativa pode ser facilitada pela cooperação;
- Desenvolver habilidades cognitivas – uma vez que a organização da tarefa determina as habilidades cognitivas que podem ser alcançadas pelo estudante;
- Transformar ativamente informações – e não somente reproduzi-las, evitando o tradicional “*Ctrl + C/ Ctrl + V*” (comandos usados para copiar e colar textos no computador);
- Incentivar a criatividade;
- Favorecer o trabalho de autoria dos professores;
- Favorecer o compartilhamento de saberes pedagógicos – pois uma vez *online*, a *WebQuest* pode ser utilizada por outros professores e alunos, facilitando o intercâmbio de experiências de ensino e aprendizagem.

Apesar de não ter elaborado uma “receita” para a composição de uma *WebQuest*, DODGE (1999) propôs a seguinte estrutura: introdução; tarefa; processo; recursos; avaliação; e conclusão – como ilustra a figura 1.2.

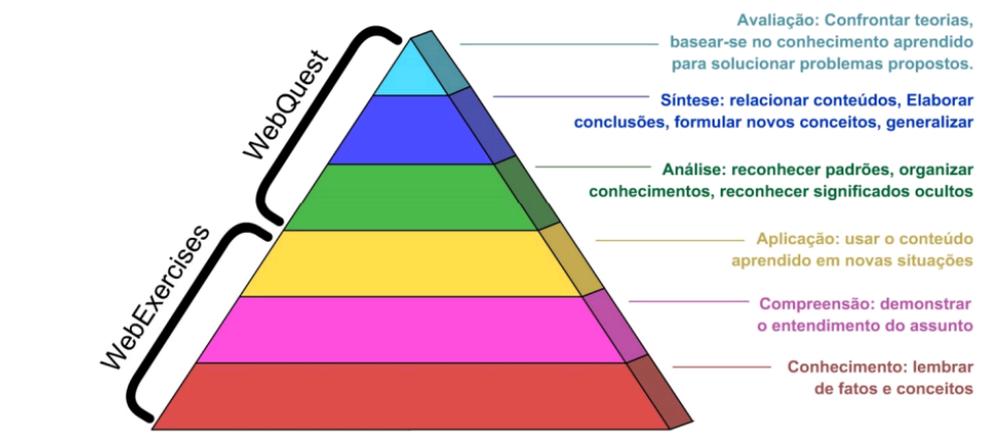
FIGURA 1.2 – Esboço das partes de uma *WebQuest*

Fonte: XAVIER, 2008, p.59.

A introdução deve ser breve, instigante, desafiadora; deve fazer um convite à descoberta. A **tarefa** é a ação, ou seja, **o que** o estudante deve fazer, por isso é considerada o “coração”, a “alma” da *WebQuest*. Por esse motivo, o professor deve ter em mente, de forma clara, quais domínios cognitivos – compreensão, análise, síntese, avaliação, produção etc. – deseja alcançar com essa tarefa. O **processo** deve orientar claramente **como** os estudantes devem proceder para cumprir a tarefa; em outras palavras, o processo é o passo-a-passo que deve ser seguido pelo estudante. Na parte “**Recursos**”, os estudantes devem encontrar elencados os *links* **onde** encontrar todas as informações necessárias para a realização da *WebQuest*. A avaliação apresenta aos alunos como serão avaliados e, por fim, a conclusão reafirma aspectos interessantes e motivadores da *WebQuest*, destaca a relevância do tema tratado e da tarefa que foi executada.

Como já foi dito, a tarefa é a parte mais importante de uma *WebQuest*, pois sua elaboração determina quais as habilidades cognitivas possíveis de serem desenvolvidas com os estudantes. Uma *WebQuest* verdadeira deve explorar os mais altos níveis de domínio cognitivo, como mostra a figura 1.3. Porém, é comum encontrarmos tarefas que caracterizam uma *WebExercise*, que não contemplam o processo de transformação do aluno, constituindo-se apenas de simples folhas de exercícios tradicionais em formato de *WebQuest* (ROCHA, 2007).

FIGURA 1.3 – Níveis de domínio cognitivo característicos de uma *WebQuest*



Fonte: ROCHA, 2007.

JUNIOR e COUTINHO (2008) analisaram várias *WebQuests* em língua portuguesa *online*, entre julho e outubro de 2007. A partir do estudo, apontam problemas na usabilidade, como falta de “menu”, além de falhas nos componentes (introdução, tarefa, avaliação), em que são utilizados contextos incapazes de despertar o interesse do aluno para execução da tarefa, não permitindo ao aluno desenvolver capacidades cognitivas ao nível da análise, síntese e avaliação.

A *WebQuest* é uma estratégia didática de pesquisa orientada capaz de proporcionar uma aprendizagem ativa, permitindo que os alunos transformem as informações em conhecimentos mais complexos, desde que a atividade seja bem elaborada.

1.3 – Nanotecnologia na Educação Básica

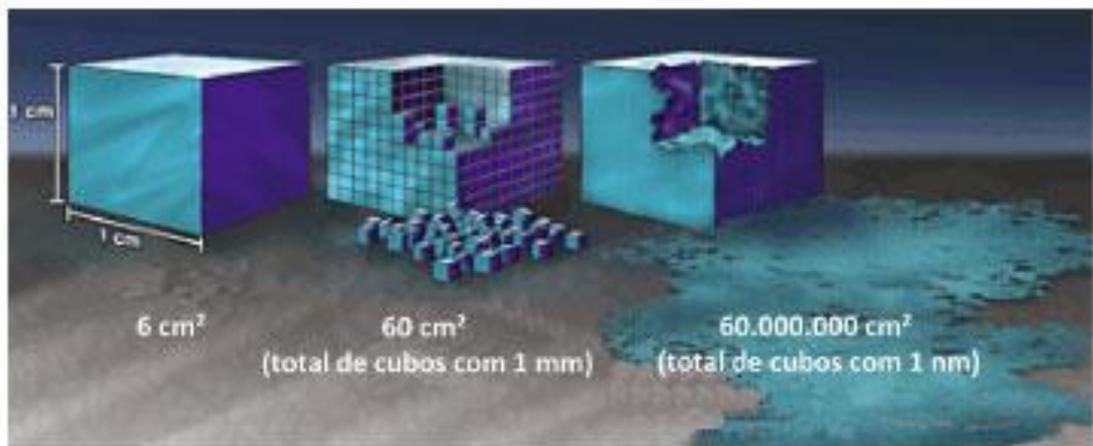
A palavra “nanotecnologia” é formada pelo prefixo “*nano*” justaposto a “tecnologia”. “*Nano*” é um prefixo de origem grega que significa “anão” e “tecnologia”, segundo o dicionário Aurélio de Língua Portuguesa, é o estudo dos instrumentos, processos e métodos empregados nos diversos ramos industriais. Assim, podemos dizer que nanotecnologia é o estudo de processos em escalas mínimas. O adjetivo “verde” dado à nanotecnologia neste trabalho pode denotar o processo ou material utilizado para a obtenção, por exemplo, das nanopartículas, ou a forma de ação menos impactante deste material quando comparado aos métodos convencionais.

Como o próprio nome indica, a unidade de referência é o nanômetro (nm), que corresponde a um bilionésimo do metro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$); seria como comparar o tamanho do planeta Terra a uma bolinha de gude. Mas a nanotecnologia não se reduz à capacidade técnica de reduzir os objetos macro. Materiais em escala nano apresentam propriedades diferentes que podem ser observadas nos fenômenos de reflexão, refração, dispersão e magnetismo. O aumento da área superficial por volume é um exemplo de propriedade dos materiais em escala nano.

MARTINS e TRINDADE (2012) citam o seguinte exemplo: a área superficial de um cubo de 1 cm de lado é de 6 cm^2 para um volume de 1 cm^3 . Ao reduzir a aresta do cubo para 1 mm, para um volume total de 1 cm^3 , existiriam 1000 cubos cuja área superficial totalizaria 60 cm^2 . Se as dimensões forem

expressas a uma escala nanométrica, isto é, admitindo que cada cubo tem 1 nm de lado, existem 1021 cubos por 1 cm³ de volume total, e a área superficial daí resultante seria então de 60.000.000 cm²!

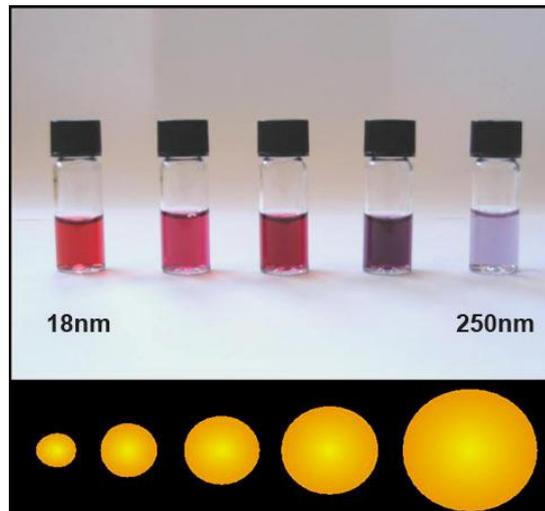
FIGURA 1.4 – Aumento da área superficial de acordo com a diminuição das dimensões do cubo



Fonte: MARTINS e TRINDADE, 2012, p.1435.

Outro exemplo é a utilização de nanopartículas de ouro, prata, estanho e bismuto para a pintura de vitrais. A técnica de moagem desses metais em diferentes tamanhos para obter cores diferentes é utilizada desde a idade média para ornamentar igrejas, quando os conceitos relacionados à nanotecnologia estavam longe de serem conhecidos. A cor do ouro se modifica com o tamanho da partícula, como mostra a figura 1.5.

FIGURA 1.5 – Mudança de cor do ouro de acordo com o tamanho das partículas



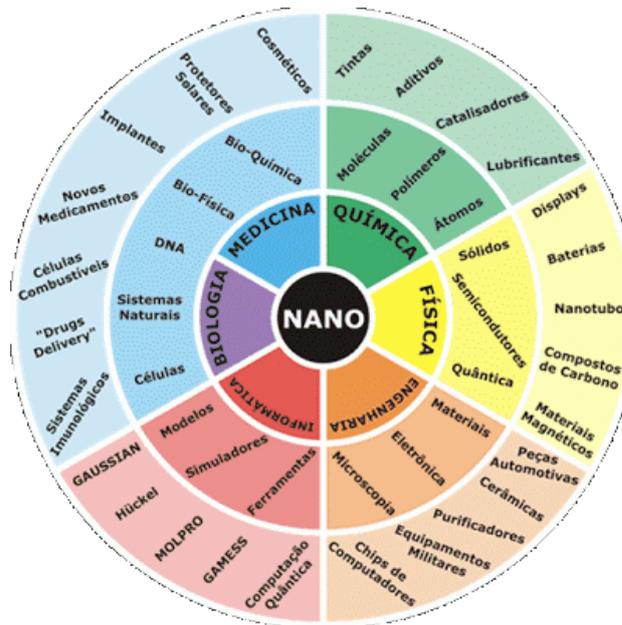
Fonte: ELLWANGER e FAGAN *apud* MAIS UNIFRA, s/d. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#6>> .

Richard Feynman, Nobel de física de 1965, antecipou o desenvolvimento da nanotecnologia em uma palestra intitulada “*There’s Plenty of Room at the Bottom*”, durante a reunião anual da Sociedade Americana de física em 1959. Feynman previu a miniaturização de dispositivos de armazenamento de informações e o desenvolvimento de microscópios com poder de resolução ao nível atômico (MARTINS e TINDADE, 2012).

As palavras de Feynman são consideradas um marco histórico no desenvolvimento da nanotecnologia, porém somente no início dos anos 80 do século XX, com a criação do microscópio de tunelamento, por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, nos laboratórios da IBM na Suíça, a nanotecnologia começa realmente a avançar. O microscópio de tunelamento, ou nanoscópio, é capaz de visualizar formas nanométricas empregando minúsculas sondas, capazes de atuar como dedos efetuando uma leitura em Braille, varrendo a superfície através de movimentos com precisão atômica (TOMA, 2005).

Atualmente, o desenvolvimento da nanotecnologia já abrange quase a totalidade dos setores industriais. Essa diversidade de aplicações resulta de um conhecimento multidisciplinar, como mostra a figura 1.6.

FIGURA 1.6 – Aplicações da nanotecnologia, uma área de conhecimento multidisciplinar.



Fonte: *BLOG* NANOTECNOLOGIA, 2009. Disponível em: <http://nanotecnologiananotecnologia.blogspot.com/>.

Segundo MACEDO e IRIBARREN (2012), a natureza multidisciplinar da nanotecnologia, somada à sua presença na vida cotidiana através das suas variadas aplicações, bem como as mudanças econômicas, sociais e culturais advindas dessa recente tecnologia fazem dela uma temática de interesse a ser tratada em aulas de ciências através de uma abordagem que relacione ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – CTSA. Defendem ainda que ações concretas no sentido de levar a temática da nanotecnologia para as aulas de ciências, e que estejam comprometidas com a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, contribuirão para formar cidadãos preparados para viver em um mundo submerso em tecnologia, participando ativamente das

sociedades democráticas. As atividades pedagógicas devem, nesse sentido, além de explorar os conceitos científicos pertinentes, questionar quais são os possíveis benefícios e malefícios trazidos pela nanotecnologia, bem como qual seria o ônus ambiental.

Partindo de uma revisão da literatura com o intuito de discutir a nanotecnologia na perspectiva CTSA, SIQUEIRA-BATISTA *et al.* (2009 e 2010) propõe quatro eixos temáticos para o emprego da nanociência e da nanotecnologia como mote para aulas de ciências: (1) nanomateriais; (2) nanobiotecnologia e saúde; (3) nanotecnologia e meio ambiente; (4) nanotecnologia, ética e política. Estes enfoques contribuiriam para a discussão de conteúdos específicos de biologia, física, química e filosofia através de um tema atual, propiciando, assim, a contextualização dos conteúdos ensinados na escola.

REBELLO *et al.* (2012), concordando que a abordagem de temas relacionados à nanociência e à nanotecnologia utilizando a perspectiva CTSA em aulas de ciências é de fundamental importância nos dias atuais, relatam a preparação de nanopartículas de magnetita como possibilidade não somente de construir conceitos científicos relativos à química e à nanotecnologia, mas também de promover a alfabetização científica entre os estudantes, complementando a atividade experimental com atividades de debate e discussão. Relatos de experiências como essa, que tratam da inserção da nanotecnologia em aulas de química no ensino médio, são encontrados raramente na literatura. SILVA, VIANA e MOHALLEM (2009) ressaltam que a nanotecnologia é um tema pouco abordado no Ensino Médio, considerando-se que, atualmente, palavras com o prefixo “nano” aparecem na mídia já com relativa frequência. Porém, é possível encontrar alguns relatos interessantes e atuais, a exemplo de DANKAN *et al.* (2010), que propõe ensinar nanotecnologia com o uso de vitrais, através de atividades interdisciplinares, promovendo a alfabetização científica.

Além de dentro da sala de aula, as atividades foram desenvolvidas em museus e em eventos de divulgação que abrangiam um público diversificado, como alunos do ensino médio, fundamental e a comunidade em geral.

Por sua vez, VAN DORN *et al.* (2011) desenvolveram uma atividade experimental investigativa, explorando as características próprias das nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4), capazes de adsorver altas concentrações de arsênico na água contaminada. Essa atividade pode ser desenvolvida com alunos de ensino médio ou com alunos iniciais de graduação, levando conhecimentos de nanotecnologia, além da prática experimental e desenvolvimento de pensamento crítico. BLONDER e SAKHNINI (2012) abordaram os conceitos de escala nanométrica e aumento da área superficial em partículas nanométricas com alunos do ensino médio, utilizando diferentes metodologias (jogos, recursos multimídia, modelos, projetos etc.), obtendo boa aceitação dos estudantes na maioria das atividades propostas. GUEDENS *et al.* (2014) apresentaram nanopartículas para alunos do ensino médio através da preparação de um protetor solar à base de óxido de zinco (ZnO). Os estudantes descobriram que, devido à sua maior proporção superfície-volume, nanopartículas de ZnO em pó dispersas em glicerina absorvem mais luz ultravioleta do que a mesma massa de micropartículas de ZnO dispersas em glicerina.

No presente trabalho, o foco foram as nanocápsulas de liberação controlada, como possibilidade de desenvolver alguns conceitos relativos à nanotecnologia e à química escolar, além de promover a alfabetização científica dos estudantes.

Nanocápsula é um tipo de nanopartícula polimérica na qual o princípio ativo está envolto por uma camada polimérica, como representa a figura 1.7. O polímero utilizado depende da finalidade da nanocápsula. Geralmente são utilizados polímeros biodegradáveis como o colágeno, a celulose e a quitina, de origem natural ou polímeros sintéticos do tipo poliéster

alifático, como poli (ácido lático) – PLA –, poli (ácido glicólico) – PGA –, poli (ácido lático-co-glicólico) – PLGA – e poli (ε-caprolactona) – PCL. Estes poliésteres alifáticos são degradados principalmente pela quebra da ligação éster (RÉ, 2006).

FIGURA 1.7 – Representação artística de nanocápsulas poliméricas



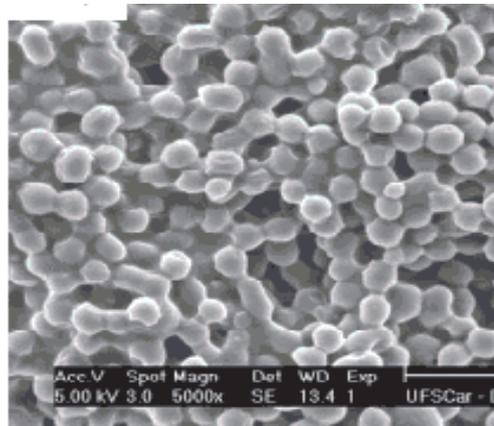
Fonte: Pesquisa Fapesp, edição 167, Jan/2010. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/en/2010/01/01/protected-skin/>>.

As aplicações das nanocápsulas abrangem as áreas de fármacos, cosméticos, adubos, inseticidas etc. A vantagem desses sistemas nanoencapsulados é a ação específica e controlada do princípio ativo.

Ao utilizar as nanocápsulas como ponto de partida ou mote para aulas de química, podemos explorar conceitos relacionados à nanotecnologia como a liberação controlada e a maior proporção superfície-volume, características próprias das nanocápsulas. Podemos também explorar conceitos relacionados à química, como polímeros (características físicas e químicas, reações de formação e quebra, etc.), osmose, solubilidade e pH. Além disso, é possível contribuir para a alfabetização científica do estudante, discutindo as mudanças ocorridas na sociedade graças ao uso da nanotecnologia, bem como os benefícios e possíveis riscos trazidos por ela.

Nosso trabalho abordou mais especificamente as nanocápsulas do óleo de neem, planta de origem asiática utilizada no controle de insetos-praga, agindo sobre cerca de quatrocentas espécies de insetos (PILEGGI, 2012). Essas nanocápsulas são compostas pelo óleo de neem enriquecido com um princípio ativo, a azadiractina, e pelo polímero (poli-e-caprolactona). O diâmetro dessas cápsulas é em média de 120nm ou $1,2 \times 10^{-7} \text{m}$ (MORIM, SILVA e FERNANDES, 2011). A imagem das nanocápsulas de neem, obtidas por microscópio eletrônico, podem ser observadas na figura 1.8.

FIGURA 1.8 – Nanocápsulas de óleo de Neem



Fonte: InTech - Open Access Publisher, 2011. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/secondary-metabolism-as-a-measurement-of-efficacy-of-botanical-extracts-the-use-of-azadirachta-indic>>.

As vantagens das formulações de liberação controlada em comparação às formulações convencionais são: (1) o nanoencapsulamento protege o composto ativo, impedindo sua degradação e garantindo assim a eficiência do inseticida; (2) a liberação controlada garante uma baixa e constante concentração do princípio ativo na lavoura, mantendo-a protegida por mais tempo e com menor risco de toxicidade (os inseticidas tradicionais, ao contrário, são aplicados em grande quantidade e rapidamente ocorre a queda da concentração do princípio ativo na lavoura, sendo necessária outra aplicação, aumentando assim o risco de toxicidade para o trabalhador rural que aplica o

produto, para o meio ambiente e para o consumidor final do alimento cultivado); (3) o risco de contaminação ambiental é diminuído, uma vez que o inseticida é de origem vegetal e o polímero é biodegradável; (4) há uma redução dos problemas de lixiviação e dispersão, pois o composto é naturalmente sólido e leva à maior interação com o inseto (SOUZA, P. M. S. *et al.*, 2012; PERLATI, B. *et al.*, 2013).

Apesar de todas as vantagens citadas, deve-se considerar que o uso das nanocápsulas ainda é recente, sendo preciso cautela e havendo necessidade de mais estudos sobre a toxicidade para o uso seguro. SILVA, VIANA e MOHALLEN (2009) chamam a atenção para o fato de que as nanopartículas têm dimensões que possibilitam interações destas com o organismo, principalmente se estiverem na forma livre. O risco oferecido diminui caso as partículas estejam imobilizadas por polímeros ou matrizes inorgânicas (nanocompósitos). Mesmo assim, não dispensam regulamentação nem cuidados na utilização. Ainda de acordo com os autores(*op. cit.*, p. 177),

O que se pode pensar é que elas entram facilmente pela pele, pois os poros da pele têm diâmetros da ordem de micrômetros. No entanto, será que também saem facilmente? Ou será que alojam no organismo, promovendo reações inesperadas e até mesmo indesejadas?

Para além do objetivo de fomentar estratégias didáticas de inserção da temática da nanotecnologia no ensino médio, procuramos mostrar neste trabalho que a nanotecnologia pode ser aplicada na busca por métodos de menor impacto ambiental, em substituição às técnicas tradicionais, como é o caso dos inseticidas. As formulações nanoencapsuladas de inseticidas podem ser uma alternativa menos impactante. Como exemplo, citamos a versão nanoencapsulada do óleo de neem, como já foi dito anteriormente. ZUIN (2011a, p.63) chama a atenção para a importância desse tipo de abordagem para o processo formativo dos estudantes, quando se vai além dos aspectos

puramente tecnocientíficos, importantes para a promoção da educação científica e ambiental críticas, dado que este processo:

(...) permite colocar o indivíduo no interior de um processo formativo mais amplo – transdisciplinar e, portanto, coletivo, que complexifica o entendimento das interrelações não só da ciência e da tecnologia, pois traz para o primeiro plano a rede social e seu ambiente, que são entendidos também como construções históricas. Portanto, a abordagem do desenvolvimento de processos e materiais menos impactantes aos seres vivos e ao ambiente também pode ser incluída em um currículo ambientalizado, desde que essa abordagem seja considerada um componente de formação, por meio da qual haja uma vigília constante para que *slogans* não sejam reproduzidos

Capítulo 2 - Metodologia

Neste trabalho optamos pela utilização de uma metodologia qualitativa de pesquisa, uma vez que os dados foram descritivos e houve preocupação em retratar a perspectiva dos participantes (LUDKE e ANDRÉ, 1986).

2.1 – Metodologia de coleta de dados

Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram os questionários e as atividades descritivas, característicos de pesquisa qualitativa.

O Questionário I (apêndice 1), adaptado de COSTA (2008), teve por objetivo investigar de que maneira os estudantes utilizam a internet, quais as suas percepções sobre a tecnologia e a química e como estes assuntos se relacionam com seu cotidiano. Para este questionário foi utilizada a escala Likert de cinco pontos, e é pedido que os estudantes indiquem a ordem de concordância ou discordância assinalando no local apropriado. Essa escala indica apenas a ordem de classificação de concordância ou discordância, mas pode ser muito útil, desde que a linguagem seja clara e não se exija muito dos resultados (BELL, 2008). Como o objetivo era simplesmente o de traçar um perfil dos alunos, sem maiores pretensões, julgou-se o questionário utilizando escala Likert adequado. A utilização desse questionário, contendo questões fechadas, não descaracteriza a pesquisa qualitativa, pois o importante é que se tenha coerência na utilização dos instrumentos, bem como clareza em suas limitações. Segundo GAMBOA (1995, p.100),

(...) a utilização de fatores quantitativos ou qualitativos, subjetivos e objetivos, dependem da construção lógica que o pesquisador elabora, nas condições materiais, sociais e históricas que propiciam ou permitem o trabalho de pesquisa.

O Questionário II (apêndice 2) constitui-se de sete questões abertas e foi aplicado aos alunos com o objetivo de sondar a aceitação e pedir sugestões aos estudantes no que diz respeito à atividade desenvolvida.

No caso desta pesquisa, a *WebQuest* foi o principal instrumento de coleta de dados. Através principalmente da tarefa, procuramos por indícios que respondessem a questão inicialmente proposta: “Quais as potencialidades e limitações da utilização da *WebQuest*, como recurso didático, e da nanotecnologia, como temática, na promoção da alfabetização científica e tecnológica no contexto da educação básica”?

2.1.1 – Construção da *WebQuest*

A *WebQuest* se encontra hospedada nos servidores da UFSCar, no seguinte endereço: <<http://www.ufscar.br/gpqv/wq>>. Utilizou-se a linguagem HTML (*HyperText Markup Language*) para a construção das páginas e CSS (*Cascading Style Sheets*) para formatação visual. Os *softwares* utilizados para a construção da *WebQuest* são de código livre, ou seja, de uso gratuito, com destaque para o *Gimp* (voltado para o tratamento de imagens), *KompoZer* (para criação dos códigos HTML e CSS) e *FileZilla* (cliente FTP para envio dos arquivos ao servidor da UFSCar). A *WebQuest* foi testada nos principais navegadores utilizados atualmente, apresentando excelente velocidade de carregamento das páginas, o que permite sua utilização em redes com baixa velocidade de conexão com a internet.

A riqueza de detalhes técnicos descritos acima não deixa dúvida de que a *WebQuest* proposta teve a colaboração de um especialista em informática para que pudesse ser colocada *online*. Porém, mesmo que o professor não conte com tal auxílio nem tenha conhecimentos necessários para fazê-lo sozinho, poderá facilmente colocar uma *WebQuest* no ar através de *sites* que permitem ao

usuário criar sua própria *WebQuest* a ser hospedada na página gratuitamente, desde que a atividade tenha fins educacionais. Para isso, basta que o usuário realize um cadastro. No Brasil encontramos os seguintes sites: <<http://www.webquestfacil.com.br/>> e <<http://www.webquestbrasil.org/>>, nos quais o usuário pode criar uma *WebQuest* sem necessidade de saber como escrever o código HTML ou utilizar programas de edição.

Ao criarmos a *WebQuest*, houve a preocupação em fazer com que a interface permitisse a visualização total dos menus de navegação no site, evitando excesso de *links*, submenus e cores. O intuito foi o de manter o foco principal no conteúdo da *WebQuest*, que está dividida em introdução, tarefa, recursos, processo, avaliação e conclusão.

Na tarefa, abordamos os problemas ambientais e na saúde humana, causados pelo uso dos agrotóxicos, como tema motivador. Procuramos colocar notícias de destaque regional, como o caso da morte de abelhas devido ao uso de pesticidas agrícolas (“Pesticidas agrícolas matam abelhas e prejudicam polinização, diz estudo”. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2013/06/pesticidas-agricolas-matam-abelhas-e-prejudicam-polinizacao-diz-estudo-unes-rio-claro.html>>), assim como notícias de abrangência nacional e também mais gerais. Ainda na introdução, expomos o nanoencapsulamento de inseticidas de origem vegetal como uma alternativa viável, apresentando os estudos feitos na UFSCar com o nanoencapsulamento do óleo de neem, inseticida natural capaz de combater vários tipos de pragas. Convidamos, então, o estudante a conhecer um pouco sobre o mundo da nanotecnologia e a entender o funcionamento das nanocápsulas de liberação controlada. A figura 2.1. mostra a introdução da *WebQuest*.

A tarefa desafiava o estudante a assumir o papel de pesquisador e a desenvolver uma versão nanoencapsulada de algum produto (já existente ou

não). Procuramos deixar o estudante bem à vontade para criar, não restringindo, em momento algum, a temática de suas criações.

Para melhor orientar o estudante, sugerimos um roteiro em que, primeiramente, seria feita uma pesquisa geral sobre a nanotecnologia e sobre os nanomateriais de liberação controlada. Acreditamos que assim o estudante teria informações suficientes para sugerir a criação de uma nanocápsula. Após essa pesquisa, o roteiro orienta a execução da tarefa em si, ou seja, a propor uma nanocápsula de liberação controlada. A figura 2.2. mostra a tela da tarefa da *WebQuest* proposta.

Nos recursos foram elencados *sites* da internet onde os estudantes pudessem encontrar todas as informações necessárias para o cumprimento da tarefa. Para facilitar o trabalho dos estudantes, agrupamos as páginas virtuais de acordo com o roteiro sugerido na tarefa e também especificamos as informações que poderiam encontrar em cada *site* selecionado. A figura 2.3 mostra a tela de recursos.

O processo (figura 2.4) fornece aos estudantes o passo-a-passo da execução da tarefa. Uma etapa fundamental é a leitura do texto “Como funcionam as nanocápsulas de liberação controlada” (apêndice 3), que foi elaborado para facilitar o entendimento dos estudantes, uma vez que não encontramos, disponível na rede, material que fornecesse tais explicações com uma linguagem adequada ao nível médio de escolaridade. Nesse texto procuramos definir, de forma didática, o que são formulações de liberação controlada. Abordamos a constituição das nanocápsulas de neem, sua utilidade e a quebra do polímero e difusão como possíveis meios de liberação do composto ativo. Juntamente com o professor regente da turma, foi elaborada uma proposta de mecanismo para a reação de hidrólise do polímero, que está totalmente de acordo com a metodologia e linguagem utilizadas pelo professor para ensinar reações orgânicas. Ademais, foi possível abordar conceitos científicos escolares

de química como pH, solubilidade, hidrólise, equilíbrio químico, deslocamento de equilíbrio, polímeros, solubilidade e funções orgânicas. Esse texto trata também das vantagens do nanoencapsulamento, principalmente pela sua característica de aumento da área superficial por volume, além das precauções que devem ser tomadas com todas as inovações tecnológicas, inclusive as relacionadas à nanotecnologia.

Deixamos ainda, no espaço de recursos, um endereço de *e-mail* para que estudantes pudessem enviar suas dúvidas sobre qualquer assunto relativo à atividade.

A avaliação (figura 2.5) seria feita pela produção textual e oral dos alunos e, por fim, a conclusão (figura 2.6) deixa explícita nossa expectativa de que o estudante tenha compreendido alguns conceitos relativos à nanotecnologia e de como a química aprendida na escola é primordial para tal compreensão. Esperávamos também que o aluno ficasse atento para o fato de essa tecnologia já fazer parte do cotidiano de muitas pessoas.

FIGURA 2.1 – Tela de introdução da *WebQuest* proposta

WebQuest - Química das nanocápsulas

GPOV

DQ UFSCAR

Introdução
Tarefa
Recursos
Processo
Avaliação
Conclusão

Introdução



Insetos pragas existem desde que o ser humano deixou de ser nômade e trocou a coleta de frutas e vegetais silvestres pela agricultura. Para estes insetos, as culturas agrícolas representam uma grande oferta de alimentos que aliada à alta taxa reprodutiva e ausência de inimigos naturais resultou em um crescimento desenfreado. Para resolver este problema, vários inseticidas naturais foram empregados como a nicotina, tabaco, arseniados de cálcio e chumbo, derivados de cobre, enxofre em pó. Após a Segunda Guerra Mundial, inseticidas sintéticos, como o DDT, aldrin, dieldrin e clordano passaram a ser comercializados em larga escala. Porém, o uso indiscriminado destes inseticidas resultou na produção de insetos resistentes, no extermínio de insetos benéficos ao ser humano, além da contaminação ambiental e humana.



Pesticidas agrícolas matam abelhas e prejudicam polinização, diz estudo
Pesquisa da UFSCar e Unesp de Rio Claro mapeia mortalidade no país. Agrotóxico deve ser evitado durante a floração, recomenda o Ibama.

Mais uma vítima do DDT morre no Acre
Fotado em 9 de fevereiro de 2013

Na madrugada desta sexta-feira, dia 8, o Acre perdeu mais um dos "Soldados da Saúde", que lutaram pelo desenvolvimento da Amazônia combatendo a malária desde a década de 1950 do século passado, usando o veneno Difenil-Dicloro-Difenil-Tetracetato (DDT).

O Sr. Theodoro Alves da Silva (74), morreu de falência múltipla dos órgãos em sua casa na cidade de Brasília. Ele há 3 meses lutava contra a doença causada pelo veneno e estava para a título científico no Acre, onde quase 100 hectares já foram abandonados por causa do DDT.

Embora o inseticida ideal não exista, alternativas menos impactantes têm sido pesquisadas, como o caso dos inseticidas de origem vegetal. Geralmente eles são mais seletivos (afetam apenas o inseto praga), biodegradáveis e apresentam baixa toxicidade. Um exemplo é o óleo de Neem, derivado de uma planta originária da Índia, cujo princípio ativo, a azadiractina, que tem se mostrado eficaz no combate a mais de 400 tipos de pragas. A desvantagem deste tipo de inseticida é que eles são facilmente degradados quando expostos ao sol perdendo sua atividade biológica, o que torna seu uso dispendioso, já que deve ser aplicado várias vezes para manter a lavoura protegida.

Então, como controlar as pragas na lavoura de maneira eficiente sem agredir o ambiente?

Notícia! Inseticida de origem vegetal nanoencapsulado com material biodegradável, é uma alternativa promissora.

Pesquisadores da UFSCar nanoencapsularam o óleo de Neem com biopolímero Poli-e-Caprolactona (PCL) e ligninas obtidas a partir do bagaço de cana. O nanoencapsulamento protege o princípio ativo da radiação solar, além de possibilitar que o óleo permaneça por mais tempo no solo e na vegetação (liberação controlada), o que representa uma importante economia para o agricultor, que não precisa aplicá-lo várias vezes.



Óleo nanoencapsulado contra pragas agrícolas
08/04/2013

Você não faz a mínima ideia do que seja Nanoencapsulamento e Liberação controlada?

Essa WebQuest convida você a conhecer um pouco do mundo nano e entender como esta tecnologia pode ajudar a combater insetos pragas com eficiência e menor impacto ambiental.

FIGURA 2.2 – Tela da tarefa da *WebQuest* proposta

WebQuest - Química das nanocápsulas **GPOV**
DA UFPA

Introdução Tarefa Recursos Processo Avaliação Conclusão

Tarefa



Agora o pesquisador é você!

E se você pudesse construir uma versão nanoencapsulada de liberação controlada de algum produto? Nanocápsulas de quê você faria?

A sua tarefa é escrever sobre esta sua proposta inovadora, de acordo com o roteiro abaixo:

Título do projeto:
Escolha um título que chame a atenção, que faça as pessoas se interessarem pelo seu projeto. Seja criativo!

Nanotecnologia

- Explique o que é nanotecnologia, fale um pouco do contexto histórico.
- Fale sobre a escala nanométrica, use comparações interessantes.
- Materiais nanométricos (nanofios, nanotubos etc)
- Propriedades dos nanomateriais.
- Mostre onde a nanotecnologia está sendo aplicada (cosméticos, remédios, fertilizantes, inseticidas etc).
- Produtos que utilizam nanotecnologia oferecem riscos ao homem e ao meio ambiente? Quais?

Nanomateriais de liberação controlada

- Explique o são nanopartículas de liberação controlada. Fale sobre as aplicações.
- Apresente o produto que você escolheu para criar a versão nanoencapsulada de liberação controlada.
- Explique porque escolheu este produto.
- Quais as mudanças que o seu produto inovador poderá ocasionar? Causará mudanças na vida das pessoas? Mudanças boas ou ruins? Afetará o meio ambiente? É vantajoso para algum setor produtivo?
- Quais seriam as vantagens da versão nanoencapsulada em relação a versão tradicional? Convença o leitor de que sua proposta é interessante!

Produto X (criado por você)

Nesta parte você deve explicar detalhadamente seu produto.

- Qual é o princípio ativo? Apresente a fórmula molecular deste princípio ativo, identifique as funções orgânicas presentes nesta molécula. Pesquise o máximo que puder sobre as características físico-químicas e atividade biológica do princípio ativo.
- Qual é o polímero que você escolheu? Qual é a estrutura química? Quais são as reações químicas de quebra deste polímero? Você seria capaz de propor um mecanismo para estas reações? Escolha um polímero do tipo poliéster, facilitará seu trabalho!
- Explique como ocorrerá a liberação controlada deste produto. O que vai influenciar a cinética de liberação? A quantidade de água? O calor? Explique bem! Utilize esquemas, desenho etc.
- E para finalizar, esclareça se seu produto oferece algum risco de contaminação ambiental ou a saúde humana.
- Veja se ele atende a todos ou a alguns princípios da química verde.

Conclusão

- Então, o que você pode concluir depois de ter realizado toda essa pesquisa? O que aprendeu? Foi proveitoso? Em que sentido? Mudou sua visão de mundo? Suas percepções sobre a ciência e/ou química?

FIGURA 2.3 - Tela de recursos da *WebQuest* proposta

WebQuest - Química das nanocápsulas



Introdução
Tarefa
Recursos
Processo
Avaliação
Conclusão

Recursos






Geral

<http://www.infoenem.com.br/os-10-melhores-sites-e-blogs-de-quimica-do-brasil/> Relação de sites com aulas e exercícios de conteúdos da química.

<http://agencia.fapesp.br/14988>. Óleo de Neem nanoencapsulado contra pragas agrícolas

http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/cartilha/cartilha_nim_2006.pdf Texto explica o que é o Neem, princípios ativos, utilidade.

<http://www.cnpq.br/documents/10157/922e31c5-6089-490e-b080-95843d86b2b9>. Apresenta receitas de inseticidas naturais utilizando produtos muito conhecidos como alho, hortelã, fumo etc.

<http://www.youtube.com/watch?v=8RVAgD44AGg> Documentário sobre o consumo de agrotóxicos no Brasil

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

Nanotecnologia: conceitos, aplicações e riscos

http://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOw Vídeo. Programa Matéria de Capa. Conceito, aplicações e riscos.

<http://nanotec.zip.net/Home.html> Notícias, jogos, vídeos e aplicativos.

<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf> Cartilha completa sobre nanotecnologia

<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/> Curso. Mostra como a escala nano interfere nas propriedades: área superficial, reflexão e refração, dispersão e magnetismo.

http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_curiosidades.asp Materiais nanométricos e aplicações.

<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5035/Apresentacao.html> Escala nano e aplicações.

http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19537.pdf Glossário de nanotecnologia

<http://vilamulher.terra.com.br/cosmeticos-com-nanotecnologia-2-1-13-81.html> Cosméticos com nanotecnologia

http://www.cmdmc.com.br/videos/video.php?arquivo=dvd_cosmeticos Vídeo. Pesquisadores explicam como funciona a nanotecnologia nos cosméticos

<http://www.youtube.com/watch?v=mEH6IDLKcVU> Vídeo. Mostra superfícies impermeáveis graças à nanotecnologia

<http://entendendocosmetologia.blogspot.com.br/> Nanotecnologia aplicada a cosméticos (esmaltes).

http://veja.abril.com.br/130808/p_142.shtm Nanotecnologia aplicada ao cotidiano

Liberação controlada

<http://www.cienciasparalelas.com.br/nanotecnologia-e-suas-aplicacoes/> Nanopartículas de liberação controlada.

http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=XrrlywD_0s#t=30 Vídeo. Liberação controlada de cosméticos (hidratante).

http://pesquisa.ufabc.edu.br/lacomb/index.php?option=com_content&view=article&id=41&Itemid=228&lang=en Texto. Liberação controlada de fármacos.

http://www.haifa-group.com/portuguese/products/plant_nutrition/controlled_release_fertilizers/multicote_technology/ Texto e vídeo. Liberação controlada de fertilizantes.

<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano04.htm> Vantagens e riscos da nanotecnologia para o meio ambiente. Traz os riscos das nanocápsulas.

Polímeros

<http://www.rc.unesp.br/b/bioquimica/aula0polimeros.pdf> Estrutura e propriedades dos polímeros

http://sna.aor.br/wc-content/uploads/ajav090_biopolimeros.pdf O que são biopolímeros

<http://www.agracadainquimica.com.br/index.php?acao=quimica/mslides2&i=17&qq=2> Aulas sobre polímeros, propriedades físicas dos compostos orgânicos e reações orgânicas.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000400031 Polímeros biodegradáveis

2013 - Todos os direitos reservados - Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação - GPOV - Design

FIGURA 2.4 - Tela do processo da *WebQuest* proposta

WebQuest - Química das nanocápsulas



Introdução Tarefa Recursos **Processo** Avaliação Conclusão

Processo

Primeira etapa

1. Você pode optar por trabalhar individualmente, em dupla, trio ou grupo de 5 pessoas, no máximo.

Primeiro passo: faça sua escolha e comunique ao professor. Se optar por trabalhar em grupo, saiba que deve organizar e distribuir tarefas para que todos trabalhem.

2. Leia os seguintes textos:

[Óleo de Neem nanoencapsulado contra pragas agrícolas](#)

[Como funcionam as nanocápsulas de liberação controlada](#)

Se tiver dúvidas sobre conteúdos de química ou de qualquer outra natureza consulte outras fontes, colegas, seu professor etc.

3. Faça os exercícios propostos no texto "Como funcionam as nanocápsulas de liberação controlada" e entregue ao professor.

Segunda etapa

Trabalhe na tarefa seguindo o roteiro apresentado.

Terceira etapa

Prepare uma breve apresentação do seu trabalho para os colegas.



Dúvidas: envie e-mail para webquest_quimica@yahoo.com.br e responderemos o mais rápido possível!

2013 - Todos os direitos reservados - Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação - GPOV - Desgr

FIGURA 2.5 – Tela da avaliação da *WebQuest* proposta

WebQuest - Química das nanocápsulas

GPOV
GRUPO DE ESTUDO E PESQUISA

Introdução Tarefa Recursos Processo **Avaliação** Conclusão

Avaliação

RESULTADO

PESQUISA

Envie sua produção para (webquest_quimica@yahoo.com.br) e prepare uma pequena apresentação para a turma (máximo, 10 minutos).

Após as apresentações teremos um espaço para discussão dos projetos apresentados.

2013 - Todos os direitos reservados - Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação - GPOV - Design

FIGURA 2.6 - Tela da conclusão da *WebQuest* proposta

WebQuest - Química das nanocápsulas

GPOV
GRUPO DE ESTUDO E PESQUISA

Introdução Tarefa Recursos Processo Avaliação **Conclusão**

Conclusão

Esperamos que esta WebQuest tenha mostrado a você como os conteúdos de química aprendidos na escola auxiliam a compreender o mundo ao seu redor. A tecnologia avança em um ritmo cada vez mais acelerado influenciando diretamente o cotidiano de todas as pessoas. Conhecer, compreender e participar das decisões e usos relacionados às novas tecnologias, como o mundo nano por exemplo, é um quesito indispensável no mundo atual.

Gostou do assunto? Você pode tornar-se um profissional da área, dê uma olhada nos links abaixo:

<http://guiadoestudante.abril.com.br/orientacao-vocacional/consulte-orientador/como-possa-estudar-nanotecnologia-579793.shtml>

<http://www.nano.ufrj.br/graduacao.html>

2013 - Todos os direitos reservados - Grupo de Estudo e Pesquisa em Química Verde, Sustentabilidade e Educação - GPOV - Design

2.2 - Metodologia de análise de dados

Em um primeiro momento de pré-análise, foi selecionado o *corpus* de pesquisa, ou seja, quais os documentos a serem analisados. Além disso, foi definido como seria a organização dos dados obtidos, a fim de se atingir os objetivos da pesquisa. FRANCO (2005) esclarece que a pré-análise é uma fase de organização, de buscas iniciais, de intuições, que tem por objetivo organizar e sistematizar as operações de um plano de análise.

O *corpus* desta pesquisa está constituído pelas produções textuais dos alunos (a tarefa da *WebQuest*), bem como pelos questionários inicial e final, respondidos pelos estudantes. O questionário inicial busca traçar um perfil dos alunos; pretende conhecer o gosto ou não pelo estudo da química, se e como utiliza o computador para fins escolares etc. Ao analisar a produção textual, procuramos por relações CTSA estabelecidas pelos alunos com ênfase na tecnologia: como o avanço tecnológico influencia na sociedade, no ambiente e na saúde humana e como a sociedade interfere nos rumos dos avanços tecnológicos. Procuramos ainda, nessa produção textual, verificar como os alunos se apropriam dos conteúdos de química aprendidos no ensino médio para entender e explicar o funcionamento das nanocápsulas de liberação controlada e, por último, compreender como os alunos percebem a tecnologia: quais assuntos relacionados à tecnologia interessam a esses estudantes; como se sentem frente aos avanços tecnológicos (se têm medo ou fascínio). O questionário final respondido pelos alunos busca identificar alcances e limitações da atividade didática proposta.

Definido o material a ser analisado, foi escolhido o **tema** como unidade de análise, ao direcionarmos o olhar para a produção textual dos alunos. De acordo com FRANCO (2005, p. 39),

O tema é uma asserção sobre determinado assunto. Pode ser uma simples sentença (sujeito e predicado), um conjunto delas ou um parágrafo. Uma questão temática incorpora, com maior ou menor

intensidade, o aspecto pessoal atribuído pelo respondente acerca do significado de uma palavra e/ou sobre as conotações atribuídas a um conceito.

Após definir a unidade de análise e fazer uma pré-análise das produções textuais dos alunos, foram então estabelecidas as categorias e subcategorias de análise. Segundo FRANCO (*op. cit.*, p. 57), “a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação seguida de um reagrupamento baseado em analogias, a partir de critérios definidos”. Ainda de acordo com a autora, a categorização é a etapa crucial da análise de conteúdo e não existem receitas para a criação de categorias; o pesquisador se baseia nos seus conhecimentos, na sensibilidade e na intuição. Com o intuito de responder à questão da pesquisa e alcançar os objetivos propostos por este estudo, foram estabelecidas três categorias de análise, de acordo com os referenciais teóricos e a produção textual dos alunos:

1. Percepções dos alunos sobre os avanços tecnológicos – como os estudantes se posicionam diante dos avanços tecnológicos: quais são os assuntos de interesse; como se sentem diante das novas tecnologias (fascínio, medo etc.); como veem a tecnologia no seu cotidiano; quais são os benefícios e malefícios trazidos pela tecnologia etc.
2. Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – dividida nas seguintes subcategorias:
 - Impactos dos avanços tecnológicos na sociedade – os avanços tecnológicos impactam a sociedade (vida das pessoas, economia, política etc.) tanto positiva quanto negativamente;
 - Interferência da sociedade no avanço tecnológico– a sociedade, de acordo com seus interesses, interfere no

desenvolvimento tecnológico, limitando-o ou impulsionando-o;

- Impactos da tecnologia no ambiente e na saúde humana– ao avaliar os impactos de um avanço tecnológico devemos considerar as consequências ambientais e a saúde humana a médio e longo prazo.

3. Compreensão e apropriação de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais – como os estudantes utilizam os conteúdos de química aprendidos na escola para explorar os conceitos da tecnologia (nanocápsulas e liberação controlada).

Capítulo 3 - Resultados e discussões

A proposta didática foi aplicada em uma turma de 30 (trinta) alunos da terceira série do ensino médio de uma escola da rede particular da cidade de São Carlos. A apresentação da atividade aos alunos ocorreu em duas aulas consecutivas (com duração de 50 minutos cada), que foram previamente agendadas de acordo com o planejamento do professor, autorizadas pela escola e tendo o conhecimento dos alunos.

As aulas aconteceram em uma sala da própria escola, equipada com computador conectado à internet e *data show*. A *WebQuest* foi então apresentada aos alunos com o auxílio do professor, que participou integralmente da elaboração e da aplicação da mesma. Logo após a apresentação, os alunos foram convidados a participarem da pesquisa.

Foi esclarecido aos alunos que aquela era uma proposta de trabalho extra-classe, mas que poderiam, a qualquer momento, solicitar esclarecimentos ao professor no decorrer das aulas ou, se preferissem, poderiam também solicitar a ajuda da pesquisadora através de um endereço de *e-mail* criado especialmente para este fim. O prazo para a entrega dos trabalhos foi de quinze dias. A entrega poderia ser em mãos, para o professor, ou pelo próprio *e-mail*, para a pesquisadora.

Foi possível perceber a importância de professor e pesquisadora se colocarem à disposição para atender qualquer demanda dos alunos no decorrer da atividade, pois estar diante de um exercício diferente dos habituais, e que deveria ser feito longe dos olhos do professor, deixou alguns dos estudantes apreensivos e inseguros.

3.1 - Perfil dos alunos

Ainda nesse primeiro encontro, os alunos responderam a um questionário (apêndice 1) que tinha por objetivo traçar um perfil dos sujeitos em relação às suas percepções quanto à química, quanto às relações entre Ciência, Tecnologia e Ambiente (CTSA) e também verificar suas condições de acesso à internet, bem como o uso que fazem do computador. 26 (vinte e seis) alunos responderam a esse questionário. As repostas sobre as percepções dos alunos em relação à Química e às relações CTSA estão quantificadas na tabela 3.1.

TABELA 3.1 - Percepção dos alunos em relação à Química e às relações CTSA

Resposta dos alunos	DT	D	I	C	CT
Gosto de Química	0	0	3	14	9
Aprender Química é memorizar	9	12	0	5	0
A Química desenvolve capacidade crítica em relação ao mundo que nos rodeia	0	0	0	10	16
A Química é útil na vida diária	0	0	1	4	21
Gosto de assuntos que envolvam ciência e tecnologia	0	0	5	14	7
Uso ciência e tecnologia no meu dia-a-dia	0	1	1	12	12
A ciência e tecnologia são questões sociais	0	2	1	15	8
A ciência e tecnologia interferem no ambiente negativamente, mas também positivamente	0	0	1	15	10

*DT= discordo totalmente; *D= discordo; *I=indiferente; *C= concordo; *CT= concordo totalmente.

De acordo com as respostas dos alunos, podemos observar uma postura positiva da turma investigada em relação à química. A grande maioria dos alunos gosta de química (88,5%), considera a química útil na vida diária (96,2%) e concorda que a química desenvolve a capacidade crítica em relação ao mundo que os rodeia (100%), enquanto apenas 19,2% concordam que aprender química é memorizar. Essa grande aceitação da química pelos alunos pode ser atribuída à boa relação professor/aluno existente na turma e também à preocupação do professor em contextualizar suas aulas, estabelecendo relações entre os conteúdos que ensina e questões atuais. De um modo geral, é uma turma

muito elogiada pelo professor; os alunos participam das aulas, demonstram interesse e apresentam um bom rendimento nas avaliações.

A maioria gosta de assuntos que envolvem ciência e tecnologia (80,8%), percebem o uso da ciência e da tecnologia no cotidiano (92,3%), veem ciência e tecnologia como uma questão social (88,5%) e que interfere no ambiente tanto positiva quanto negativamente (96,1%). Mais tarde, ao analisarmos a produção textual dos alunos, veremos que eles percebem a tecnologia como parte do cotidiano, e identificam também as questões sociais relacionadas à tecnologia, porém, têm dificuldade em refletir a respeito das relações entre tecnologia e ambiente.

Todos os alunos têm computador com acesso à internet em suas residências e a maioria (18 alunos, ou 69,2%) também acessa a internet pelo celular. As respostas que indicam a finalidade do uso do computador pelos alunos estão quantificadas na tabela 3.2.

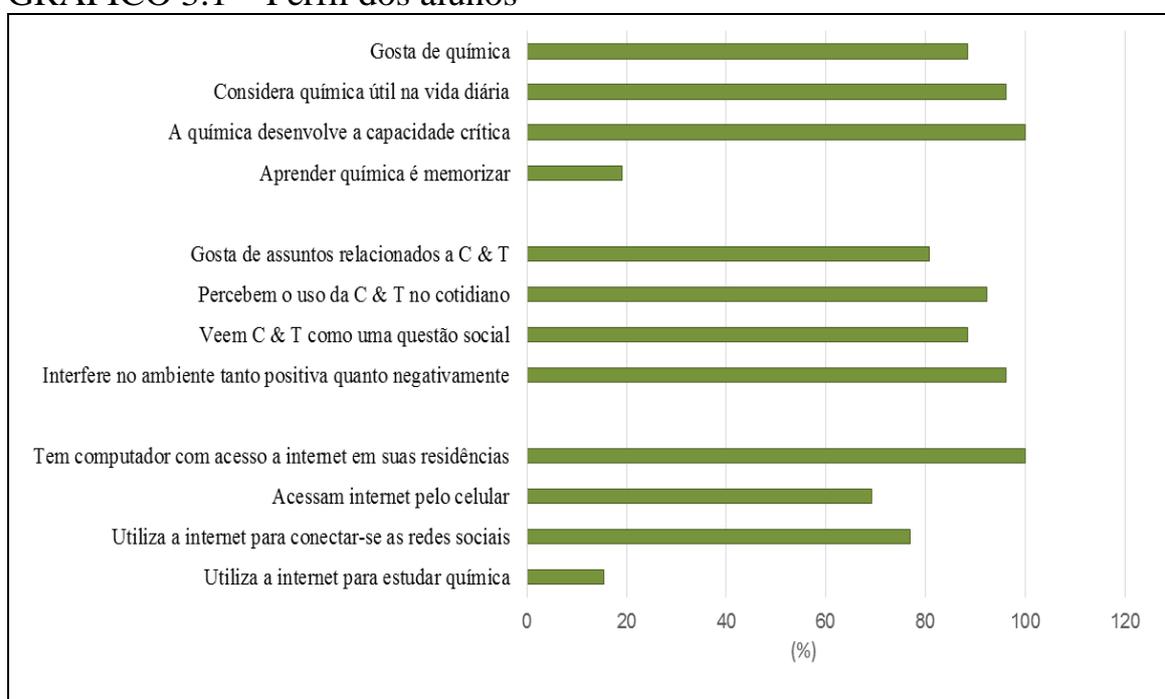
TABELA 3.2 – Finalidade do uso do computador pelos alunos

Resposta dos alunos	Não sei o que é	Nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre
Acessar e-mail	0	2	16	5	3
Conectar-se a redes sociais	0	0	1	5	20
Conversar em salas de chat	0	15	5	2	4
Transferir arquivos (downloads e uploads)	0	2	10	5	9
Jogar	0	8	12	3	3
Pesquisar na Web sobre assuntos de interesse pessoal	0	1	6	10	9
Pesquisar na Web sobre assuntos escolares	0	0	11	7	8
Aprender/estudar Química	0	2	20	3	1
Fazer apresentações multimídia (Power Point)	0	1	15	7	3
Digitar trabalhos	0	0	10	9	7
Editar ou tratar imagens	0	4	10	5	7

As respostas dos alunos mostram que a maioria (20 alunos, ou 76,9%) utiliza o computador para se conectar às redes sociais. Podemos observar também que utilizam o computador mais para pesquisar assuntos

peçoais que assuntos escolares, sendo que a maioria (76,9%) utiliza o computador para aprender química apenas algumas vezes. Estes dados confirmam uma queixa constante de professores: a de que o fato de os alunos estarem conectados o tempo todo à internet interfere negativamente no cotidiano escolar, dificultando o processo ensino/aprendizagem na medida em que desvia a atenção do estudante da aula para assuntos paralelos. Um perfil geral dos alunos pode ser observado no gráfico 3.1.

GRÁFICO 3.1 – Perfil dos alunos



Mas se a internet facilitou infinitamente o acesso à informação, parece um contraditório que ela interfira negativamente no ambiente escolar. Essa contradição atual das novas tecnologias está na relação que o estudante estabelece com a internet, que não o estimula a pensar ou refletir sobre o que lê; as informações são esquecidas na mesma velocidade em que são acessadas. Dessa forma, não há aprendizado e a internet não contribui positivamente para o processo formativo do estudante. De acordo com ZUIN e ZUIN (2011, p.224),

A distração concentrada não permite fazer com que o olhar permaneça vinculado à palavra o tempo necessário para que a palavra seja tencionada, a ponto de remeter esse olhar para o vislumbre de outros significados. Pois, na sociedade da audiovisibilidade total, apreender um conteúdo torna-se, mais do que nunca, condição fundamental para que ele possa ser de fato aprendido.

Essa situação mostra que é preciso explorar mais a internet como espaço de aprendizagem, e isso exige didáticas que explorem a autonomia no processo formativo, para que os jovens utilizem mais a internet com fins educativos e não somente como recreação. O aluno precisa aprender a explorar o ambiente virtual na busca, seleção e ordenação de informação de maneira crítica e autônoma. Encontrar maneiras para explorar o grande potencial das TIC para a aprendizagem é um desafio, pois a utilização pedagógica de tais recursos exige compreensões diferenciadas do tradicional, como destaca BELLONI (2009).

3.2 - Análise da tarefa

A fim de atingir os objetivos da pesquisa, procuramos na produção textual dos alunos (tarefa da *WebQuest*) identificar suas percepções sobre os avanços tecnológicos e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente estabelecidas. Além disso, procuramos também entender de que maneira os estudantes se apropriam dos conteúdos científicos escolares de química (pH, reações orgânicas, hidrólise, difusão, polímeros, solubilidade etc.) para compreender conceitos relacionados a alguns avanços tecnológicos (especificamente, nanocápsulas de liberação controlada).

3.2.1 - Percepções dos alunos sobre os avanços tecnológicos

Embasados no referencial teórico, é possível afirmarmos a importância de se conhecer as percepções dos alunos sobre um determinado

tema a fim de discutir essas percepções em sala de aula e promover atividades que tenham como fim a alfabetização científica e tecnológica do cidadão em contexto escolar. Nessa perspectiva, entendemos que é importante conhecer os assuntos relacionados à tecnologia que interessam os estudantes, conhecer o que eles entendem como finalidade da tecnologia e como se sentem diante dos avanços tecnológicos.

3.2.1.1 - Assuntos de interesse

A introdução de uma *WebQuest* tem o objetivo de motivar o aluno para a execução da tarefa. A *WebQuest* “Química das nanocápsulas” abordou na sua introdução os males causados ao ambiente e à saúde humana pelo uso de certos pesticidas. Tratou também do nanoencapsulamento do óleo de neem, um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Departamento de Química da UFSCar, como alternativa viável para controlar as pragas agrícolas, diminuindo os riscos de contaminação ambiental e humana.

A tarefa dos alunos era a de inspirar-se na pesquisa citada na introdução da *WebQuest* e, a partir daí, criar a versão nanoencapsulada de algum produto, existente ou não no mercado. Foi esclarecido aos alunos que o assunto das suas criações era livre, porém era esperado que os trabalhos abordassem temas relacionados à nanotecnologia empregada na diminuição de impactos ambientais, como sugerido na introdução da *WebQuest*.

Na tabela 3.3 estão transcritas as nanocápsulas criadas pelos alunos e suas respectivas finalidades. Os trabalhos foram agrupados nas seguintes categorias, de acordo com o tema abordado: meio ambiente; segurança alimentar; estética; saúde; e higiene pessoal. Alguns trabalhos se enquadram em mais de uma categoria. A distribuição dos trabalhos nas referidas categoria pode ser observada na tabela 3.4.

TABELA 3.3 – Nanocápsulas criadas pelos alunos e suas finalidades

Trab.	Versão nanoencapsulada	Finalidade	Tema
1.	Óleo de argan	Oferecer hidratação capilar	Higiene pessoal e estética
2.	Óleo de cravo, queratina e vitamina A	Amolecer cutículas	Estética
3.	Óleo de cozinha específico para frituras com indicador azul de metileno.	Indicar quando parar de reutilizar o óleo para frituras.	Segurança alimentar
4.	Tinta de parede com agentes fungicidas	Impedir o aparecimento de fungos em ambientes úmidos	Saúde
5.	Abacus®	Oferecer efeito agrotóxico - fungicida	Meio ambiente
6.	Colírio para olhos ressecados	Promover a lubrificação ocular	Saúde
7.	Esmalte para unhas	Melhorar a cor e brilho do esmalte.	Estética
8.	Cosmético - gel creme	Hidratar e prevenir envelhecimento da pele pela exposição solar	Estética
9.	Filtro solar	Proteger a pele	Saúde
10.	Antioxidante - creme antirrugas	Prevenir envelhecimento precoce da pele	Estética
11.	Creme dental	Proteger os dentes da acidez da saliva	Higiene pessoal
12.	Protetor solar	Proteger do câncer de pele	Saúde
13.	Linha de cosméticos (sem especificação)	Oferecer cuidados com a pele em geral	Estética
14.	Defensivo agrícola	Melhorar a qualidade dos alimentos consumidos e diminuir contaminação solo	Segurança alimentar e meio ambiente
15.	Medicamento – analgésico	Neutralizar a dor	Saúde
16.	Filtro solar	Proteger do câncer de pele	Saúde
17.	Linha capilar	Rejuvenescer e reconstruir os fios do cabelo	Estética
18.	Medicamento contra câncer	Tratar o câncer de mama	Saúde
19.	Desodorante	Eliminar odor da transpiração	Higiene pessoal
20.	Creme capilar sem enxágüe (nanopartículas de sericina e óleo de argan)	Eliminar o <i>frizz</i> dos cabelos	Estética
21.	Desodorante	Eliminar odor da transpiração	Higiene pessoal

TABELA 3.4 – Distribuição dos assuntos abordados pelos alunos

Tema	Trabalhos (n. do grupo)	Total de trabalhos
Meio ambiente	5, 14	2
Segurança alimentar	3, 14	2
Estética	1, 2, 7, 8, 10, 13, 17, 20	8
Saúde	4,6,9,12, 15, 16, 18	7
Higiene pessoal	1, 11, 19, 21	4

Ao contrário do esperado, apenas dois dos trabalhos trataram de temas relacionados à nanotecnologia empregada na diminuição de impactos ambientais, que podemos chamar de verde. A temática mais abordada foi a estética, demonstrando a preocupação dos alunos com a aparência física, seguindo uma tendência atual de crescimento da busca pelos padrões de beleza estabelecidos: corpo magro, cabelos lisos, pele sem rugas etc. – padrões que são veiculados pelas propagandas de TV e pela internet, que muitas vezes divulgam produtos que dizem conter a tecnologia capaz de ofertar o tão desejado estereótipo.

Os dados obtidos reforçam a ideia de que a tecnologia é percebida pelos estudantes como algo muito próximo das suas vidas, além de ser explorada pela mídia e de estar presente na fala cotidiana, nas propagandas, nos noticiários, sendo assim, a tecnologia é tida como parte do dia-a-dia das pessoas (CUNHA e GIORDAN, 2012).

Considerar assuntos de interesse do aluno, bem como assuntos relacionados ao seu cotidiano nas aulas de ciência, associando os conteúdos científicos a esses assuntos é uma proposta pedagógica consensual entre especialistas em educação em ciência. Concordamos com MARQUES *et al.* (2007) quando afirmam que abordar assuntos de interesse do aluno é pedagogicamente relevante, contudo, existem assuntos importantes a serem tratados pelo ensino de ciências e pelos quais os estudantes não manifestam interesse de forma espontânea. Assim, é preciso despertar os alunos para estes

temas de relevância social, política e ambiental, que são muitas vezes esquecidos e até rejeitados por eles.

Com a introdução da *WebQuest*, queríamos chamar a atenção dos estudantes para questões ambientais, expondo o uso da nanotecnologia a favor da diminuição de impactos ambientais na utilização de inseticidas, porém, os dados mostraram que aquilo que prevaleceu foi a influência das imagens e ideologias veiculadas pelos meios de comunicação. Na sociedade atual, cada vez mais imersa em tecnologia, é difícil delimitar atitudes sadias e patológicas no uso dos aparatos tecnocientíficos (ZUIN, 2011b).

3.2.1.2 – Entendimentos em relação à tecnologia

Os alunos percebem a tecnologia como algo que faz parte do cotidiano e que lhes proporciona melhor qualidade de vida, como é possível ler no trabalho 9: “A tecnologia está avançando rapidamente e sendo muito útil em várias áreas e está sendo utilizada no dia-a-dia da população”.

Além disso, relacionam a tecnologia a avanço, conforto, eficiência, aprimoramento, perfeição e melhor qualidade de vida. Encontramos essa perspectiva em dezesseis dos vinte e um trabalhos (76,2%). A seguir, apresentamos trechos das produções textuais dos alunos que demonstram essas percepções:

Escolhi este produto para **aumentar a eficácia** do que já existe (trabalho 5).

(...) medicamento nanoencapsulado pode **facilitar** o tratamento e **maximizar** seus efeitos (trabalho 18).

Em um dos trabalhos (trabalho 1), encontramos um sentimento de fascínio e ao mesmo tempo de medo diante dos avanços tecnológicos. Medo causado pela incerteza do futuro, devido ao grande avanço da ciência e da tecnologia. Transcrevemos alguns trechos deste trabalho (trabalho 1) abaixo:

Alguns exemplos incrivelmente assustadores e que me deixaram perplexa, é o uso de uma fina camada de vidro líquido-invisível a olho

nu. Quando colocada em uma roupa, por exemplo, ela não irá sujar, permanecerá impermeável e intacta.

A nanotecnologia é incrível, inovadora, sem limites para criar. E esse é o ponto. O que fazer quando o feitiço virar contra o feiticeiro?.

A nanotecnologia proporciona um futuro perfeito, mas não podemos deixar essa megaperfeição acabar em um megadesastre.

As percepções demonstradas pelos alunos se aproximam do referencial teórico; mais especificamente, exibem visões da tecnologia que se aproximam do trabalho de CUNHA (2009).

Os estudantes precisam ser mais críticos em relação à tecnologia, pois demonstram se maravilhar ou temer os avanços tecnológicos, quando, na verdade, deveriam olhar para esses avanços de forma mais reflexiva e crítica, considerando, sim, os benefícios, mas também refletindo sobre as consequências de modo a não as temerem, mas a fazerem uso cauteloso dela.

3.2.2 – Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

Os alunos identificaram como impactos dos avanços tecnológicos sobre a sociedade: redução de custo dos produtos para o consumidor; diminuição dos riscos à saúde; solução para problemas de saúde; oferecimento de produtos economicamente mais viáveis; e facilitação da vida das pessoas, levando praticidade, comodidade e tranquilidade. Seguem abaixo alguns trechos dos trabalhos.

Escolhi este produto pelo fator econômico pois ‘7ml’ do óleo custa em média R\$20,00. Com o aprimoramento (nanoencapsulamento) o óleo deverá durar mais tempo e reduzirá o custo a longo prazo (trabalho 1).

Com a nanotecnologia, o custo do produto é maior mas os resultados são imediatos e mais eficazes o interesse da população irá aumentar em grande escala (trabalho 8).

Se usado diariamente, as pessoas poderiam ficar despreocupadas com as cáries e tártaros que só se resolveriam no dentista. Vantagens para o mercado que cuida da higiene bucal (trabalho 11).

Podemos perceber também, nas produções textuais, que os alunos consideram que os avanços tecnológicos sofrem influência da sociedade na medida em que se desenvolvem, no sentido de atender aos desejos e demandas da sociedade. Além disso, mostram também que os investimentos financeiros muitas vezes definem os rumos do avanço tecnológico:

Existem muitos investimentos na área de cosméticos e foi pensando nisso que cientistas criaram nanocápsulas antioxidantes contra rugas (trabalho 10).

Sabendo que o numero de pessoas com câncer de pele aumenta cada vez mais, pensei em um protetor solar com a nanotecnologia de liberação controlada (trabalho 12).

Escolhi esse produto pelo fato de hoje a sociedade estar em busca de sempre novas fórmulas anti-rugas, autobronzeadoras etc. (trabalho 13).

Em relação aos riscos para o ambiente e a saúde humana que os avanços tecnológicos eventualmente podem ocasionar, encontramos as seguintes considerações dos alunos:

Para diminuir ou anular os efeitos contra o meio ambiente escolhi o vinagre de cidra, um fungicida natural, como princípio ativo. Apesar das nanocápsulas serem constituídas por componentes biodegradáveis e atóxicos é impossível saber com exatidão se isto será ou não tóxico por falta de instrumentos (trabalho 4).

Como a nanotecnologia é um avanço tecnológico poderá causar danos ao meio ambiente e as pessoas (trabalho 8).

A nanotecnologia mesmo com toda a sua eficiência não descarta riscos ao ambiente e aos seres. Por ser uma tecnologia aplicada em mínimos tamanhos pode ser considerada um empecilho a descartar o lixo criado por ela (trabalho 17).

O ser humano ainda tem muito o que descobrir e por isso deve ter cuidado ao lançar produtos que contenham substancias pouco conhecidas pois pode acarretar em problemas inimagináveis para o meio ambiente e para a população (trabalho 20).

Podemos observar que os alunos consideram os impactos ambientais inevitáveis, até mesmo inerentes aos avanços tecnológicos. Acreditam também no fato de que os riscos ao ambiente e à saúde nem sempre

podem ser identificados claramente, porém, que existe a possibilidade de procurar por produtos menos tóxicos que façam o mesmo efeito, além de demonstrarem preocupação com o resíduo gerado.

Os resultados encontrados indicam uma aproximação com o referencial teórico na medida em que os estudantes foram capazes de identificar as relações existentes entre os avanços tecnológicos (mais especificamente o produto nanoencapsulado proposto nas suas produções textuais), a sociedade e o meio-ambiente (CTSA), como sugerem SASSERON e CARVALHO (2011) na proposta de eixos estruturantes da alfabetização científica. Um desses eixos compreende o **entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente** e refere-se à identificação e inter-relação entre essas esferas.

Os resultados mostram também aproximação dos trabalhos de FERREIRA-GAUCHÍA, GIL-PÉREZ e VILCHES (2006), FERREIRA-GAUCHÍA (2009), que fazem considerações necessárias para uma concepção adequada de CTSA que contribua para a alfabetização científica e tecnológica. Essa inferência é cabível pois encontramos nas produções textuais dos alunos indícios de que percebem que a tecnologia modifica a vida das pessoas e interfere nas organizações sociais, assim como que a tecnologia é influenciada pela sociedade na medida em que avança para atender os desejos e necessidades dessa sociedade, além de depender de incentivos financeiros dela. Assim, a sociedade age nos avanços tecnológicos, limitando-os ou impulsionando-os de acordo com seus interesses. Os alunos mostram também preocupações com as consequências ambientais e efeitos na saúde humana que podem ocorrer a médio e longo prazo.

3.2.3 – Apropriação de conceitos científicos fundamentais

Neste momento, procuramos compreender de que maneira os alunos se apropriaram de conhecimentos químicos escolares (conceitos científicos fundamentais) para explorar os conceitos relacionados à nanotecnologia (nanocápsulas e liberação controlada). Essa preocupação se justifica pela crença de que a química aprendida na escola deve ajudar o aluno a compreender o mundo que o cerca, mundo este cada vez mais imerso em tecnologia. Além disso, dominar conteúdos científicos escolares, sendo capaz de utilizar os conceitos adquiridos para compreender os avanços tecnológicos presentes no cotidiano, é uma característica de um sujeito cientificamente alfabetizado.

Falando de uma maneira mais específica, era esperado que o aluno utilizasse os conceitos de pH, solubilidade, equilíbrio químico, princípio de Le Chatelier, hidrólise e mecanismo de reações orgânicas para compreender a liberação controlada das nanocápsulas. Vale ressaltar que todos os conceitos citados foram estudados e avaliados no decorrer do ensino médio. De acordo com o professor, os alunos, de uma maneira geral, apresentaram bom desempenho nas avaliações desses conceitos, portanto, dominam ou deveriam dominar tais conteúdos. No quadro abaixo (quadro 3.1), transcrevemos os entendimentos encontrados nos trabalhos dos alunos para nanocápsulas e liberação controlada:

QUADRO 3.1 – Transcrição dos entendimentos sobre nanocápsulas de liberação controlada encontrados nas produções dos alunos.

n.	Entendimentos sobre nanocápsulas de liberação controlada
1	A nanocapsula é um material X encapsulado por polímeros, protegido de interação com o meio, até a liberação, que pode ser causada pelos seguintes fatores: temperatura, água, enzimas, <u>pH</u> e fricção.
2	O polímero utilizado é biodegradável pelo organismo na presença de CO ₂ , devido as bactérias de infecção produzirem o mesmo composto. Quando começar a surgir o CO ₂ da respiração bacteriana, o polímero irá se romper, liberando o princípio ativo eugenol, antisséptico.
4	Nanomaterias de liberação controlada são materiais que com o decorrer de certas reações liberam o material que estava encapsulado. (...) a liberação controlada ocorrerá com a umidade que estará presente nas paredes da casa com o passar do tempo.
18	(...) as nanocápsulas podem ser feitas de um polímero com estrutura similar à dos receptores encontrados nas glândulas do tecido mamário, sendo controladas pela quantidade de estrógeno presente nessas células: quanto mais estrógeno presente, mais rápido o polímero se degradará, liberando o princípio ativo (tamoxifeno).
21	Os nanomateriais de liberação controlada são nanocápsulas que liberam seu conteúdo com o princípio ativo pouco a pouco e quem controla a velocidade de liberação é o polímero que envolve a nanocápsula. (...) a liberação do princípio ativo poderia acontecer por <u>difusão</u> , ou seja, quanto mais suor houver, mais liberado seria o princípio ativo diminuindo assim os odores. (...) escolhi o polímero Polilactato por não ser muito <u>hidrofóbico</u> , facilitando a liberação do composto ativo por difusão. Mas o composto ativo também pode ser liberado pela <u>quebra do polímero</u> , onde, em contato com a água pode ser que não aconteça nada, mas pode ser que forme ácido carboxílico e álcool, rompendo o polímero e liberando o composto. Os fatores que podem aumentar ou diminuir a velocidade de liberação do composto são: a quantidade de água (quanto maior o suor, maior a liberação); a temperatura e a <u>solubilidade</u> do polímero.

Foi possível observar que os alunos mostraram dificuldade em se apropriar dos conhecimentos químicos para explicar seus projetos. Apenas cinco dos vinte e um trabalhos apresentaram uma explicação para o funcionamento da liberação controlada das nanocápsulas. Ainda assim, apenas duas dessas explicações (trabalhos 1 e 21) utilizam conceitos científicos aprendidos na escola. Essa dificuldade dos alunos pode ser também entendida como uma dificuldade da própria promoção da alfabetização científica, uma vez que um dos eixos estruturantes da alfabetização científica proposto por SASSERON e CARVALHO (2011) refere-se à **compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais** e trata da construção de

conhecimentos científicos de modo que o aluno seja capaz de aplicar esses conhecimentos em situações diversificadas, inclusive no seu cotidiano.

Uma observação curiosa encontrada no trabalho 1 foi que a proposta se tratava da criação de nanocápsulas de argan, um produto natural e que não agride a saúde humana, para alisamento capilar, que substituiria o formol nas escovas progressivas, produto já bem conhecido pelos malefícios que causam à saúde. Porém, a autora da proposta identificou como princípio ativo o ácido glioxílico. Esta substância tem sido utilizada em substituição ao formol nas escovas progressivas, mas ainda há muitas controvérsias sobre a segurança do seu uso. O ácido glioxílico libera formol quando aquecido (quando a cabeleireira passa a chapa e o secador). Dessa forma, muitos defendem que tal substância é bem mais perigosa que o formol, com o detalhe de não ter o cheiro forte deste, característica que ajuda na venda de um produto supostamente menos agressivo que os convencionais, que contêm o formol. A aluna não considerou essa controvérsia.

Observação semelhante pode ser feita no trabalho 19, em que a preocupação dizia respeito à presença de alumínio nos antitranspirantes que, supostamente, causa câncer de mama. Porém, não se trata de um fato comprovado cientificamente, sendo também um assunto controverso e que não foi considerado pela aluna.

3.3 - Aceitação da atividade pelos alunos

Dezesseis alunos responderam ao Questionário II (apêndice 2), que pretendia sondar a aceitação da atividade pelos alunos. Destes, um aluno não gostou da atividade, dois foram indiferentes e treze afirmaram ter gostado de resolver a *WebQuest*. De uma maneira geral, os alunos gostaram do tema; o acharam “interessante, instigante e atual”, e apreciaram a “descoberta de novos

assuntos”. Outros elementos dos quais gostaram foram a “atividade de pesquisar e a liberdade de criação” que a proposta oferecia.

Como eram alunos do terceiro ano do ensino médio e estavam às vésperas do vestibular, muitos enxergaram positivamente a possibilidade de rever conceitos relacionados à química orgânica. No entanto, muitos dos estudantes sentiram dificuldade na realização da tarefa e a acharam uma atividade longa e trabalhosa, porém, como podemos perceber pelos comentários, dois deles fizeram da dificuldade um desafio e isso foi um fator estimulante para eles. Seguem abaixo alguns comentários:

Gostei porque me fez pesquisar coisas que nunca tinha parado para pensar, me fez conhecer mais o que se passa pelo mundo, além de me fazer aprofundar meus conhecimentos.

Me fez pesquisar, querer aprender, me deixou interessado.

Gostei bastante, já que me foi proporcionado um conhecimento ainda não explorado.

Gostei pois foi uma oportunidade de descobrir essa tecnologia, que tenho certeza que trará avanços inimagináveis a sociedade.

Um dos itens do questionário solicitava aos alunos que apontassem o que mais gostaram e o que menos gostaram na atividade. Na tabela 3.3.1 estão transcritas as respostas dadas.

TABELA 3.5 – O que os alunos mais e menos gostaram na atividade

O que você mais gostou?	O que você menos gostou?
1. Pesquisar sobre os produtos que possuem nanopartículas	_____
2. Foi aprender sobre as nanocápsulas, que são coisas que eu nem sabia que existia.	Não teve nada que eu não tenha gostado.
3. Sem dúvida, o que mais me agradou foi ler artigos sobre nanotecnologia e desenvolver um texto falando sobre o assunto.	É um exercício complexo e que demanda muito tempo. Acredito que se tivéssemos um período maior de tempo para desenvolver a tarefa, teria sido mais fácil.
4. Da possibilidade de pensar e desenvolver algo de forma original.	O mecanismo de hidrólise foi um tanto quanto complicado de resolver, visto que estudei este conteúdo há algum tempo.
5. O conhecimento adquirido sobre a nanotecnologia e a sua importância nos dias de hoje, e a parte da pesquisa teórica.	O desenvolvimento do produto.
6. A parte de montar o trabalho, pois foi necessário pesquisar e acredito que aprendi desta maneira.	A parte de polímeros e mecanismo.
7. A liberdade de escolher um tema dentro da nanotecnologia.	_____
8. Gostei da forma como a proposta foi apresentada.	No momento de criar o produto pois não tenho embasamento teórico para isso.
9. Da ideia de escolher um produto e se empenhar nele.	Da parte de reações
10. Gostei da organização, dos passos explicando com detalhes e dando referências de lugares para pesquisar, além de ter adquirido conhecimento, é claro.	Achei difícil precisar aprender muitas coisas que eu não sabia ou não lembrava e sem ter certeza se o que eu fiz e disse na pesquisa está certo.
11. O conhecimento obtido com ela e por gostar desse assunto, me senti muito motivado a fazer. Outro ponto foi a liberdade da criação.	O pouco prazo e a data na qual foi dado, muitos não fizeram por estar estudando para vestibulares.
12. Gostei de descobrir coisas novas	O prazo. Caso fosse maior, teria feito um trabalho mais “caprichado”.
13. A parte das nanocápsulas foi o mais interessante.	Eu achei um pouco extenso e meio complicado de fazer na parte de polímeros.
14. A criação e o desenvolvimento de um novo produto.	_____
15. De poder criar uma nanocápsula	Não sei
16. Da parte de teórica, de pensar na sociedade, refletir as consequências do grande avanço dessa tecnologia.	De elaborar a parte química.

Podemos perceber que os alunos gostaram da temática da nanotecnologia, da *WebQuest*, da oportunidade de realizar uma atividade em que pudessem ser criativos e também de pensar nos impactos sociais da tecnologia. Mas, como podemos ver na tabela, nem todos gostaram de criar; alguns demandaram mais tempo para realizar a atividade e não gostaram das partes que envolviam o uso de conceitos químicos, o que reforça a dificuldade percebida em utilizar definições teóricas da química para compreender as nanocápsulas e a liberação controlada.

Quando perguntamos: “Que parte ou partes da *WQ* foram mais difíceis?”, mais uma vez, as dificuldades percebidas se encontraram em utilizar os conteúdos de química em um contexto diferente daquele das atividades habituais de livros e apostilas. Além dessa questão, foram relatadas ainda dificuldades em pensar sobre os impactos ambientais causados pela tecnologia e “inventar” nanocápsulas. Seguem abaixo alguns trechos transcritos do questionário:

A parte do polímero e da escolha do produto, mas escolher o produto mesmo difícil foi bom.

A parte de inventar o meu produto, pensar no polímero e explicar isso tendo que dar explicações químicas.

A parte da pesquisa do produto foi difícil e legal. Foi a melhor parte.

A questão 5 do questionário perguntava aos alunos se a *WebQuest* ajudou na compreensão de conceitos relacionados à química. Catorze responderam que sim; apenas um respondeu que não; e três se disseram indiferentes. Apenas um aluno comentou a resposta:

Sim. Porque para a realização da tarefa, é necessário pesquisar, discutir o assunto etc.

A questão 6 do questionário perguntava: “Teria aprendido melhor se o professor explicasse o conteúdo e depois resolvesse exercícios?”, tendo onze alunos respondido que sim; quatro responderam que não; três se

consideraram indiferentes. As respostas reforçam a ideia de que os alunos usam muito pouco a internet para estudar e aprender química (como foi constatado no Questionário 1), pois, apesar de assistirem a muitas aulas, resolverem exercícios e terem explicações disponíveis *online* (e que estavam inclusive listadas em “recursos” da *WebQuest*), os alunos se mostraram dependentes do professor. Essas respostas mostram também que o computador, e mais especificamente a internet, tem sido pouco explorado para promover uma autonomia na aprendizagem. Seguem abaixo duas respostas que representam bem o conjunto das demais:

Não. Essa busca por aprender acaba sendo melhor, eu fiz muita pesquisa, estudei bastante sobre os temas.

Sim porque provavelmente ele explicaria coisas que me fariam entender melhor dando exemplos mais fáceis de entender, de maneira mais didática.

Comentários adicionais dos alunos sobre a atividade:

Achei o site muito bem formulado e cheio de informações e as etapas bem explicativas.

Achei muito interessante a atividade, por ser um tema tão atual.

Até agora foi a tarefa que eu mais quebrei a cabeça para conseguir fazer, achei bem complicada mas valeu a pena.

Foi difícil mas aproveitei bem a oportunidade de aprender sobre o assunto.

Considerações finais

Neste trabalho procuramos contribuir com a busca por temáticas e estratégias didáticas que promovam a alfabetização científica em aulas de química. Escolhemos a temática da nanotecnologia por ser atual e fazer parte do cotidiano dos alunos, através de conteúdos divulgados pelas diferentes mídias ou de produtos consumidos por eles contendo essa tecnologia, fato que possibilita sua utilização para contextualização de aulas de ciências e química. Escolhemos a *WebQuest* como recurso didático por se tratar de uma ferramenta bem estabelecida voltada para atividades de pesquisas orientadas na internet, pois uma das preocupações deste trabalho foi fazer da rede de computadores um aliado, e não um inimigo do professor em sua prática pedagógica.

Entendemos alfabetização científica como o ensino de ciências que visa a formar cidadãos aptos a dominar e a utilizar os conhecimentos científicos nos mais variados contextos, fora da sala de aula. Consideramos ainda que um sujeito cientificamente alfabetizado seria aquele capaz de: identificar e compreender as relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; compreender o caráter transitório da ciência; e aplicar conceitos científicos básicos em situações diversificadas inclusive no dia-a-dia.

Os dados coletados nos permitiram traçar um perfil dos estudantes e foi possível notar que, no geral, eles têm um bom relacionamento com os conteúdos escolares de química e percebem a importância da química, da ciência e da tecnologia em seu cotidiano. Os alunos têm acesso fácil à internet, porém não a utilizam para fins de aprendizagem, passando a maior parte do tempo conectados somente em redes sociais.

Essa relação do estudante com a internet mostra a incapacidade, não só de estudantes mas dos usuários da internet em geral, de refletir sobre os conteúdos acessados na *web*. Aprender demanda tempo para refletir e questionar sobre o conteúdo acessado, mas a quantidade crescente de informações disponibilizadas em velocidade cada vez maior parece atrapalhar esse processo.

Ao que tudo indica, os usuários acessam uma quantidade enorme de informações de maneira rápida e superficial, não sendo possível aprender sobre os conteúdos acessados.

A relação superficial dos estudantes com os conteúdos acessados na internet também pode explicar o fato de terem focado suas produções textuais – a tarefa da *WebQuest* – em temas relacionados à estética, em vez de priorizarem temas ambientais, como sugeria a própria introdução da *WebQuest*.

Uma preocupação excessiva com a autoimagem e com a estética corporal são valores massivamente divulgados pela mídia, inclusive pela internet, bem como novos produtos que são divulgados com tecnologia cada vez mais avançada, com o objetivo de alcançar os padrões de beleza disseminados. O usuário acessa esses conteúdos de forma rápida e irrefletida, sendo facilmente influenciado por eles, na maioria das vezes de forma inconsciente.

A introdução da *WebQuest* exigia leitura e reflexão por parte do aluno, sendo importante salientar que o texto era razoavelmente longo, se considerarmos a relação habitual de rapidez e superficialidade dos estudantes com textos *online*. Optamos por um texto mais longo para que a questão problematizadora ficasse bem esclarecida, contextualizada e oferecesse subsídios para que o aluno pudesse refletir sobre a tecnologia atuando em prol das questões ambientais e não degradando o meio ambiente, como é comum ser noticiado. Porém, as propagandas midiáticas aparentemente influenciaram mais os estudantes que a provocação inicial da *WebQuest* em si. Concluimos, assim, que é preciso educar os estudantes para o uso proveitoso da internet, pois não o temos conseguido fazer de maneira eficaz. Além disso, precisamos, sim, descobrir temas que motivem e despertem os jovens para o aprendizado de química na escola. Ademais, sabemos que existem temas que, apesar de cruciais, não despertarão o interesse dos jovens espontaneamente, sendo necessário, nestes casos, mostrar a relevância desses assuntos para a sociedade em geral, inclusive para eles mesmos.

Outro aspecto importante evidenciado pelos dados foi o fascínio que os jovens têm pela tecnologia, percebendo-a como parte do seu cotidiano, o que nos leva a duas considerações. A primeira é que temas relacionados a avanços tecnológicos, como a nanotecnologia, apresentam elevado potencial para serem tratados em aulas de química, pois são motivadores e facilmente contextualizados, envolvendo o cotidiano do aluno. Os dados da pesquisa mostraram que a nanotecnologia foi motivadora, interessante e capaz de instigar os estudantes. A segunda diz respeito à necessidade de se discutir os avanços tecnológicos de modo que o estudante possa ter uma visão crítica – considerando benefícios, riscos, ônus ambiental etc. –, não sendo levado, por um lado, ao deslumbramento nem, por outro, à tecnofobia. Consideramos que a *WebQuest* proposta foi capaz de despertar essa visão crítica, pois os alunos mostraram as relações entre suas criações e a sociedade e ambiente (relações CTSA), o que teria sido melhor aproveitado se tivéssemos feito uma discussão posterior sobre os trabalhos. Esta etapa fazia parte do planejamento, mas não foi possível executá-la por incompatibilidade com o calendário da escola, não tendo havido tempo hábil para tal.

A principal dificuldade dos estudantes foi a apropriação dos conteúdos escolares de química para a compreensão das nanocápsulas de liberação controlada, o que reforça a necessidade de buscar práticas pedagógicas diferenciadas, de forma que o estudante seja capaz de utilizar conceitos científicos aprendidos na escola para compreender o mundo ao seu redor.

Portanto, a nanotecnologia, da forma como apresentada nesta proposta, mostrou ser uma temática bem aceita pelos alunos e foi capaz de contribuir para a promoção da alfabetização científica. Porém, para que faça parte efetivamente das aulas de química, precisaríamos conhecer a percepção dos professores sobre a possibilidade de se trabalhar o tema, questão que deixamos em aberto para futuras pesquisas.

Referências bibliográficas

ABAR, C. A. A. P.; BARBOSA, L. M. **WebQuest: um desafio para o professor!**. São Paulo: Avercamp, 2008.

ACEVEDO, J.A. Educación tecnológica desde una perspectiva CTS - Una breve revisión del tema. In: **Alambique**, **3**, p. 75-84, 1995.

_____. La tecnología em las relaciones CTS - Una aproximación al tema. In: **Enseñanza de las Ciências**, **14** (1), p. 35-44, 1996.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. In: **Pesquisa em Educação em Ciências**, **3**(1), p. 1-13, 2001.

BELL, J. **Projeto de pesquisa: guia para pesquisadores iniciantes em educação, saúde e ciências sociais**. Magda França Lopes (Trad.). 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

BELLONI, M. L. **O que é mídia-educação**. Campinas, SP: Autores Associados, 2009, 3ª ed.

BLONDER, R.; SAKHININI, S. Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. In: **Chemistry Education Research and Practice**. **13**, p. 500-516, 2012.

BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; COUTINHO, C. P. Análise das componentes e a usabilidade das WebQuests em língua portuguesa disponíveis na web: um estudo exploratório. **Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas da Informação**, **5**(3), p. 453-468, 2008.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Ensino Médio**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

_____. Resolução CNE/CEB 4/2010. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 de julho de 2010, seção 1, p. 824.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios – Acesso a internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2011**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Acesso_a_internet_e_posse_celular/2011/PNAD_Inter_2011.pdf . Acesso: jul/2014.

CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. In: **Enseñanza de las ciencias**, **19** (2), p. 243-254, 2001.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J. VILCHES, A. (orgs). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

COSTA, I. M.S. **A WebQuest na aula de matemática: um estudo de caso com alunos do 10º ano de escolaridade**. Braga, Portugal, Instituto de Educação e Psicologia - Universidade do Minho, 2008. Dissertação de mestrado, 272 págs.

CUNHA, M. B. **A percepção de ciência e tecnologia dos estudantes do ensino médio e a divulgação científica**. São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Educação – USP, 2009. Tese de doutorado, 364p.

_____; GIORDAN, M. As percepções na teoria sociocultural de Vigotsky: uma análise na escola. In: **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, 5(1), 2012, p. 113-125.

_____; PERES, O. M. R.; GIORDAN, M.; DUNCK, A. C. P.; SILVA, A. S.; MARQUES, G. Q.; BERTOLDO, R. R. A ciência e a tecnologia para os estudantes brasileiros: percepções. In: **Anais do IX Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**. Girona, Espanha, set. 2013. p. 463-466.

DANCAN, K. A.; et al. Art as an Avenue to Science Literacy: Teaching Nanotechnology through Stained Glass. In: **Journal of Chemical Education**, 87(10), p. 1031–1038, 2010.

DODGE, B. WebQuests: A Technique for Internet-based Learning. In: **The Distance Educator**, 1(2), 1995. Tradução de Jarbas Novelino Barato.

_____. **WebQuest: Recursos de produção**, 1999. Disponível em: <<http://www.webquest.futuro.usp.br>>. Acesso: abril/ 2014.

FERREIRA-GAUCHÍA, C. **Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria**. Valência, Departament de Didáctica de les Ciències Experimentals i Socials. – Universidade de Valência, Espanha, 2009. Tese de doutorado, 465p.

_____; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. Imagen de la tecnología transmitida por los textos de educación tecnológica. In: **Didáctica de las Ciências Experimentales y Sociales**, n.20, p. 23-46, 2006.

_____; VILCHES, A.; GIL-PÉREZ, D. Concepciones acerca de La naturaleza de la tecnología y de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la educación tecnológica. In: **Enseñanza de las Ciências**, n.30.2, p. 253-271, 2012.

FORIM, M. R.; SILVA, M.F.G.F.; FERNANDES, J. B. Secondary Metabolism as a Measurement of Efficacy of Botanical Extracts: The Use of *Azadirachta Indica* (Neem) as a Model. In: PERVEEN, F. (Org.). **Insecticides - Advances in Integrated Pest Management**. InTech - Open Access Publisher, 2011, p. 367-392. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/secondary-metabolism-as-a-measurement-of-efficacy-of-botanical-extracts-the-use-of-azadirachta-indic>> Acesso em: nov./2013.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. Brasília: Liber Livro Editora, 2005. 2ª ed.

GAMBOA, S. S. Quantidade-Qualidade: para além de um dualismo técnico e de uma dicotomia epistemológica. In: SANTOS FILHO, J. C.; GAMBOA, S. S. **Pesquisa educacional: quantidade-qualidade**. São Paulo, S.P: Cortez Editora, 1995. 6ª ed, p. 84-107.

GUEDENS, W. J. *et al.* ZnO-Based Sunscreen: The perfect example to introduce nanoparticles in an undergraduate or high school chemistry lab. In: **Journal of Chemical Education**, **91**(2), p. 259–263, 2014.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACEDO, J. A.; IRIBARREN, L. L. Nanociencia y Nanotecnología: nuevas maneras de intervenir sobre la materia y el desafío de llevarlas al aula. In: **Aportes de la química al mejoramiento de la calidad de vida**. Unesco: Montevideo, Uruguay, julho de 2012. Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/educacion/fileadmin/educacion/2012/DAR_URUGUAY_2012.pdf>.Acesso: out/2013

MAIZTEGUI, A. *et al.* Enseñanza de la tecnología. In: **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 28, jan.-abr.,2002.

MARQUES, C. A. *et al.* Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. In: **Química Nova**, **30**(8), p. 2043-2052, 2007.

MARTINS, M.A.; TRINDADE, T. Os nanomateriais e a descoberta de novos mundos na bancada do químico. In: **Química Nova**, **35**(7), p.1434-1446, 2012.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; ALVES FILHO, J. P. Alfabetização científica no ensino: uma análise dos temas da seção Química e Sociedade da revista Química Nova na Escola. In: **Química Nova na Escola**, **31**(3), 2009.

Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura – UNESCO. Diretrizes de políticas da UNESCO para a aprendizagem móvel. UNESCO no Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.bibl.ita.br/UNESCO-Diretrizes.pdf> (acesso: jul/2014)

PERLATI, B. *et al.* Polymeric Nanoparticle-Based Insecticides: A Controlled Release Purpose for Agrochemicals. In: TRDAN, S. (org). **Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies**. InTech - Open Access Publisher, 2013, p. 523-550. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/insecticides-development-of-safer-and-more-effective-technologies/polymeric-nanoparticle-based-insecticides-a-controlled-release-purpose-for-agrochemicals>>. Acesso: nov/2013.

PILEGGI, M. **Óleo nanoencapsulado contra pragas agrícolas**. Agência Fapesp: São Paulo, 05 jan. 2012. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/14988>>. Acesso: out/2013.

POZO, J. I. e CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências** – do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 296p.

RÉ, M. I.; RODRIGUES, M. F. A. Polímeros Biodegradáveis. In: DURAN, N. *et al.* (org). **Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber, 2006.

REBELLO, G. A. F. *et al.* Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. In: **Química Nova na Escola**, 34(1), 2012.

ROCHA, L. R. **A concepção de pesquisa no cotidiano escolar: possibilidades de utilização da metodologia WebQuest na educação pela pesquisa**. Curitiba, Faculdade de Educação – Universidade Federal do Paraná, 2007. Dissertação de Mestrado, 214p.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, 16(1), p. 59-77, 2011.

SILVA, S. L.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, D. S. Afinal, o que é nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. In: **Química Nova na Escola**, 31(3), 2009.

SIQUEIRA-BATISTA, R. *et al.* Nanotecnologia e ensino de ciências à luz do enfoque CTS: uma viagem a Lilliput. In: **Revista Ciências e Ideias**. 1(1), out/mar 2009-2010.

_____. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. In: **Ciência e Educação**, **16**(2), 2010.

SOUZA, P. M. S. *et al.* Desenvolvimento de nanocápsulas de poli-ε-caprolactona contendo herbicida atrazina. In: **Química Nova**, **35** (1), p.132-137, 2012.

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. In: **Química Nova na Escola**, n.21, maio, 2005.

Unión Internacional Telecomunicaciones- UIT. Medición de la sociedad de la Información – Resume Ejecutivo, 2012. Disponível em: http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/ind/D-IND-ICTOI-2012-SUM-PDF-S.pdf. Acesso: jul/2014.

VAN DORN, D. *et al.* Absorption of arsenic by iron oxide nanoparticles: a versatile, inquiry-based laboratory for a high school or college science course. In: **Journal of Chemical Education**, 88, p.1119–1122, 2011.

XAVIER, K. **WebQuest: uma metodologia para a pesquisa escolar por meio da internet**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2008.

ZUIN, V. G. **A inserção da dimensão ambiental na formação de professores de Química**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2011a.

_____. Professores, tecnologias digitais e distração concentrada. In: **Educar em Pesquisa**, 42, 2011b.

_____; ZUIN, A. A. S. Memória, internet e aprendizagem turbo. In: **Currículo sem fronteiras**, **11**(2), jul/dez, 2011.

APÊNDICE 1

Questionário I

Com este questionário pretende-se recolher algumas informações relacionadas com a disciplina de Química e a utilização do computador. Pense bem e responda com sinceridade. Não há respostas certas nem erradas.

Nome: _____ Idade: _____

1. Percepções em relação à Química e às relações CTSA

1.1. Marque com um **X** a opção que melhor descreve sua opinião relativamente a cada uma das afirmações seguintes:

	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente
Gosto de Química					
Aprender Química é memorizar					
A Química desenvolve capacidade crítica em relação ao mundo que nos rodeia					
A Química é útil na vida diária					

1.2. Marque com um **X** a opção que melhor descreve sua opinião relativamente a cada uma das afirmações seguintes:

	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente
Gosto de assuntos que envolvam ciência e tecnologia					
Uso ciência e tecnologia no meu dia-a-dia					
A ciência e tecnologia são questões sociais					
A ciência e tecnologia interferem no ambiente negativamente, mas também positivamente					

2. Condições de acesso à internet

3.1. Você tem acesso à Internet? () Sim () Não () Às vezes

3.2. Caso afirmativo, onde você acessa? (múltipla escolha)

() Na sua residência () Na escola () Outros. Quais: _____

3.3. Você acessa internet por meio de (múltipla escolha)

() Computador () Celular () Outros. Quais: _____

3. Uso do computador

Marque com um X a opção que melhor descreve a frequência com que você utiliza o computador para realizar as seguintes atividades:

	Não sei o que é	Nunca	Algumas vezes	Quase sempre	Sempre
Acessar e-mail					
Conectar-se a redes sociais					
Conversar em salas de chat					
Transferir arquivos (downloads e uploads)					
Jogar					
Pesquisar na Web sobre assuntos de interesse pessoal					
Pesquisar na Web sobre assuntos escolares					
Fazer apresentações multimídia (Power Point)					
Digitar trabalhos					
Editar ou tratar imagens					

Adaptado de: COSTA, Isabel Maria de Souza. **A WebQuest na aula de Matemática:**

Um estudo de caso com alunos do 10ºano de escolaridade. 272 págs. Dissertação (Mestrado em Educação – Especialização em Tecnologia Educativa). Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2008.

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO II

Pretende-se conhecer sua opinião a respeito de aspectos relacionados à resolução da *WebQuest* (WQ). É importante que leia com atenção e responda com sinceridade.

Nome: _____ Idade: _____

1. Gostou de resolver esta WQ? () Sim () Não

Justifique _____

2. O que você **mais gostou** nesta atividade?

3. O que você **menos gostou** nesta atividade?

4. Que parte ou partes da WQ foram mais difíceis?

5. A WQ ajudou na compreensão de conceitos relacionados à química (deslocamento de equilíbrio, solubilidade de compostos orgânicos, reações orgânicas etc)?

() Sim () Não.

Comentários: _____

6. Teria aprendido mais se o professor explicasse o conteúdo e depois resolvesse exercícios?

() Sim () Não.

7. Quais sugestões você tem que seriam interessantes para melhorar a tarefa?

Obrigada pela colaboração!

Silvia.

APÊNDICE 3

Como funcionam as nanocapsulas de liberação controlada

Você já deve ter visto nas prateleiras dos supermercados ou em propagandas de tv um multi inseticida automático, lançado recentemente no mercado. De acordo com o fabricante, o produto oferece três op es de intensidade de libera o do inseticida. O usuário pode escolher intervalos maiores ou menores de tempo que o produto vai ser liberado. Podemos dizer que este   um sistema de libera o controlado de inseticida que funciona graças   energia gerada por pilhas e a taxa de libera o do inseticida   controla pelo usuário do produto.

Lembra-se do óleo de Neem nanoencapsulado que falamos na introdu o da WebQuest? Esta nanocapsula também   um sistema de libera o controlado de inseticida. Porém, além de ser bilhões de vezes menor (escala nanométrica 10^{-9} m), não necessita de dispositivo de energia para funcionar e quem comanda a velocidade de libera o do inseticida   o polímero que envolve a nanocapsula. Explicamos melhor!

As nanocapsulas são compostas pelo óleo de Neem enriquecido com o princípio ativo, a azadiractina, e pelo polímero (poli-e-caprolactona). As estruturas químicas destas substâncias estão representada na figura1. O diâmetro destas capsulas   em média 120nm ou $1,2 \times 10^{-7}$ m e o princípio ativo está concentrado no centro envolto pelo polímero. A figura2 mostra o esquema da nanocapsula (fig.2a) e a imagem das nanocapsulas de Neem obtidas por microscópio eletrônico (fig.2b).

Você   capaz de identificar as fun es orgânicas desta estrutura? Tente!

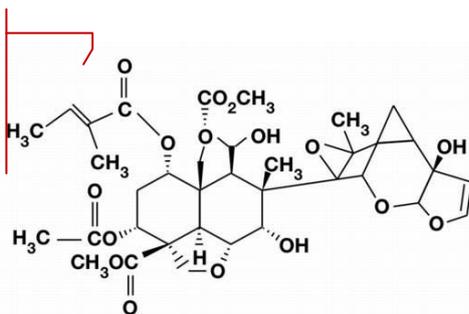


Fig.1a- azadiractina

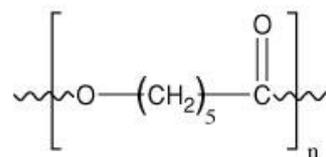


Fig.1b- poli-e-caprolactona (PCL)

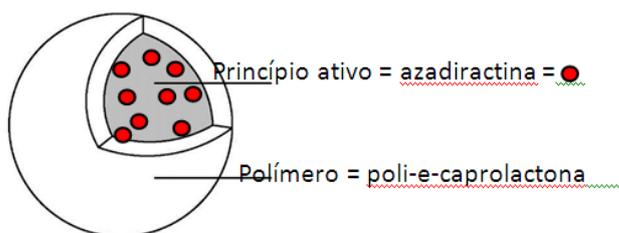


Fig.2a-esquema da nanocapsula

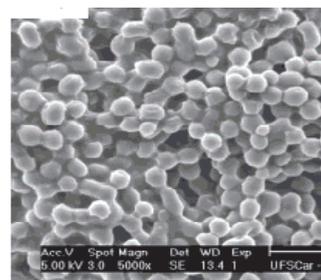
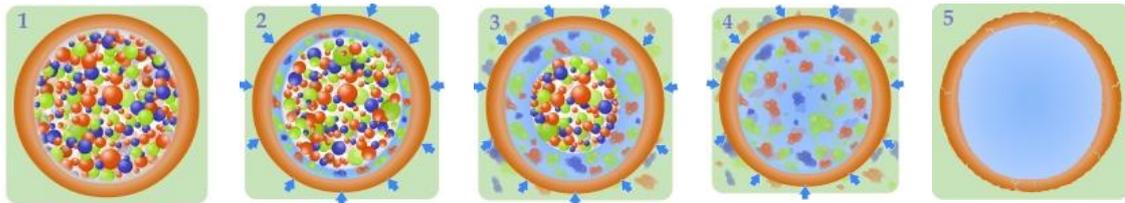


Fig.2b-nanocapsulas de Neem

A liberação do princípio ativo para o meio pode ocorrer por **difusão** ou pelo **rompimento do polímero** ou ainda por uma combinação dos dois.

Por difusão, a água presente no solo penetra lentamente na nanocapsula e o composto ativo alcança o ambiente externo. Você estudou o processo de difusão nas aulas de biologia, lembra-se? A figura3 ilustra o processo de saída do composto ativo por difusão.

Fig.3- liberação controlada por difusão



Fonte: Haifa group

Disponível em: [http://www.haifa-](http://www.haifa-group.com/portuguese/products/plant_nutrition/controlled_release_fertilizers/multicote_technology/)

[group.com/portuguese/products/plant_nutrition/controlled_release_fertilizers/multicote_technology/](http://www.haifa-group.com/portuguese/products/plant_nutrition/controlled_release_fertilizers/multicote_technology/) (Acesso: 29/09/2013)

A solubilidade do polímero interfere diretamente na cinética de liberação do composto ativo. Quanto mais hidrofóbico for o polímero, mais difícil será a água penetrar a nanocapsula e consequentemente, mais lentamente o composto ativo atingirá o ambiente externo.

A quantidade de água no solo e a temperatura também interferem neste processo. Quanto maior a umidade do solo e a temperatura ambiente, maior a taxa de liberação.

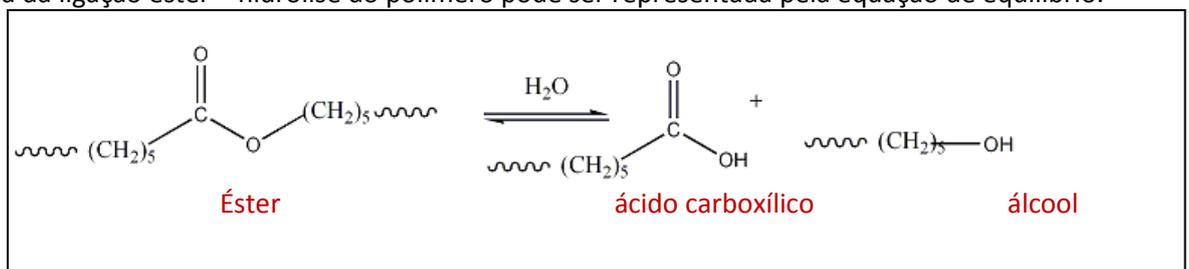
Vamos analisar agora a liberação por **rompimento do polímero**.

O poli-ε-caprolactona(PCL) é um polímero sintético e biodegradável, um tipo de poliéster alifático (cadeia carbônica extensa formada pela repetição de unidades de éster, representado na figura4), podendo ser degradado por enzimas ou por simples quebra da ligação éster (hidrólise), ou ainda uma

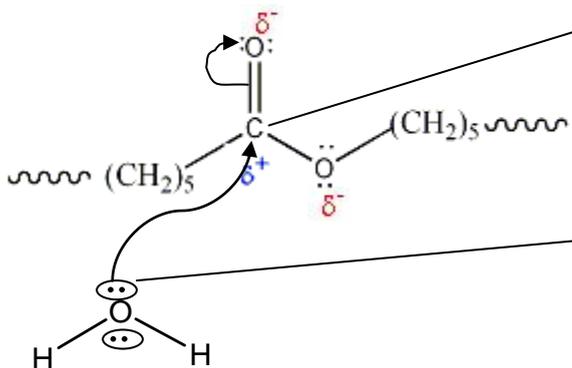
Fig.4-Poli-ε-caprolactona: estrutura



A quebra da ligação éster – hidrólise do polímero pode ser representada pela equação de equilíbrio:



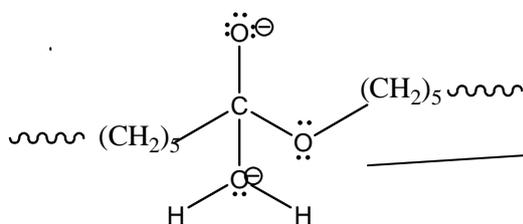
Apresentamos um mecanismo simplificado desta reação, para que você compreenda o significado de que a hidrólise de um éster resulta em ácido carboxílico mais álcool.



1. Este átomo de carbono está entre dois átomos de oxigênio, que por serem muito eletronegativo atraem para si o par de elétrons da ligação. Resultado: este carbono tem carga parcial positiva, sendo capaz de atrair carga negativa, como pares de elétrons livres.

2. O par de elétrons livres da molécula de água será atraído pelo átomo de carbono. Haverá a formação de uma ligação covalente C-O.

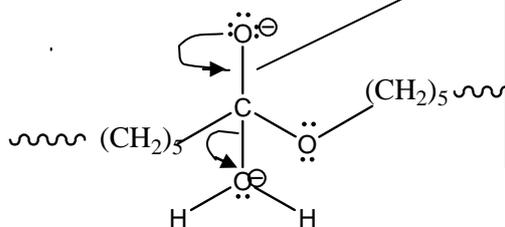
3. O carbono é tetravalente, não pode fazer 5 ligações. Então o oxigênio "recolhe" o par de elétrons da ligação, formando um intermediário instável.



As cargas são as responsáveis pela instabilidade deste intermediário.

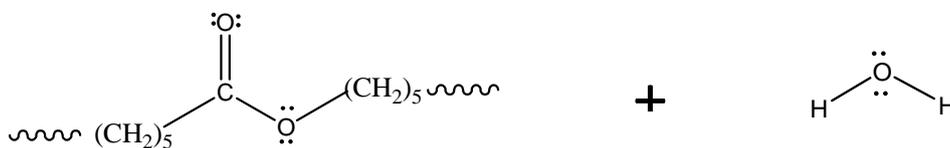
A partir da formação do intermediário instável, existem duas possibilidades:

1ª possibilidade:



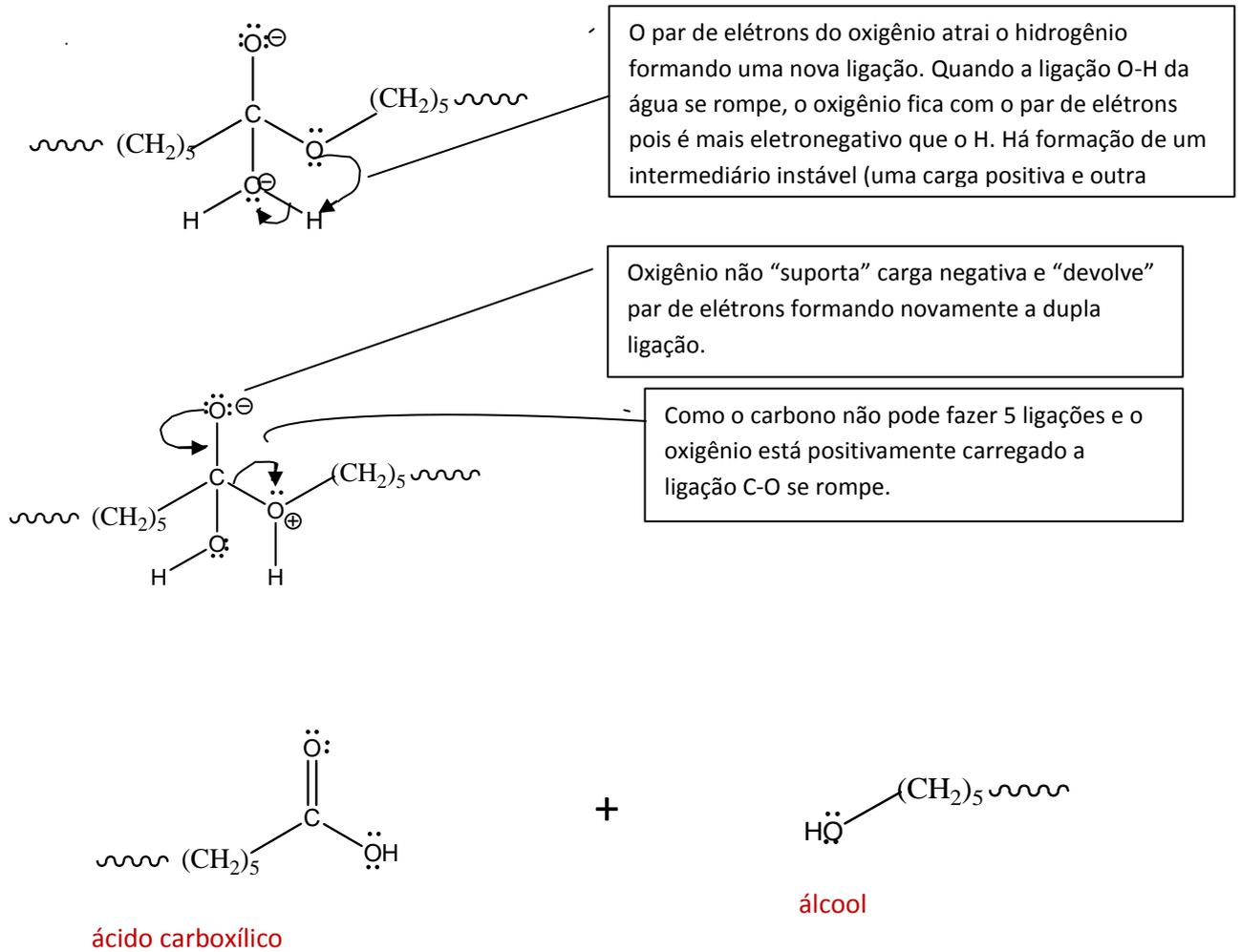
O oxigênio, não "suportando" o excesso de carga negativa, "devolve" o par de elétrons, formando novamente a dupla ligação.

Como o carbono não pode fazer 5 ligações e o oxigênio da água está positivamente carregado a ligação C-O se rompe liberando uma molécula de água.



Volta à situação inicial. Não ocorre reação!

2ª possibilidade:



Quebra da ligação éster. Rompimento do polímero!

Como podemos ver pelo mecanismo, nem todo ataque de molécula de água à carboxila (>C=O) resulta em quebra da ligação éster, isso explica o rompimento lento do polímero. Quanto maior a quantidade de água maior a possibilidade de ocorrer quebra da ligação e mais rápido ocorrerá o rompimento da nanocápsula.

Podemos confirmar pelo princípio de Le Chatelier que a água aumenta a velocidade de rompimento do polímero:



O excesso de água desloca o equilíbrio no sentido da reação direta, ou seja, quebra da ligação polimérica.

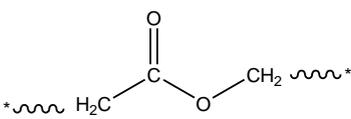
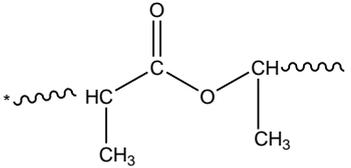
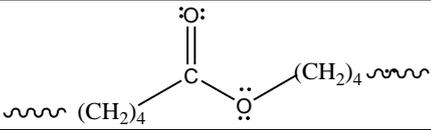
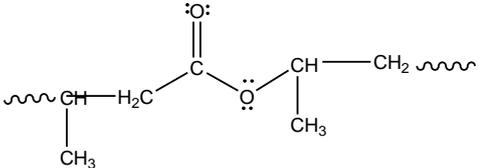
Além da quantidade de água disponível no solo, a solubilidade do polímero e o pH do meio também vão interferir na cinética de liberação. Diminuição do pH do meio pode acelerar a quebra do polímero pois a reação é catalisada por ácido. Quanto mais hidrofílico for o polímero, maior interação com a água, mais rápida a quebra da ligação éster.

Exercício

A tabela 1 enumera outros polímeros do mesmo tipo do poli-ε-caprolactona, ou seja, são poliésteres alifáticos e seguem o mesmo mecanismo de hidrólise apresentado anteriormente.

- 1) Faça o mecanismo da hidrólise destes polímeros e escreva a equação química correspondente.
- 2) Pense na seguinte possibilidade: se os pesquisadores que nanoencapsularam o Neem quisessem que o composto ativo fosse liberado mais rapidamente, eles deveriam utilizar o polímero PGA ou o polivalerolactona? Explique com base na solubilidade dos polímeros.

Tabela 1- Exemplos de poliésteres alifáticos

Polímero	Estrutura
Poliglicolato (PGA)	
Polilactato (PLA)	
Polivalerolactona	
Polihidroxibutirato (PHB)	

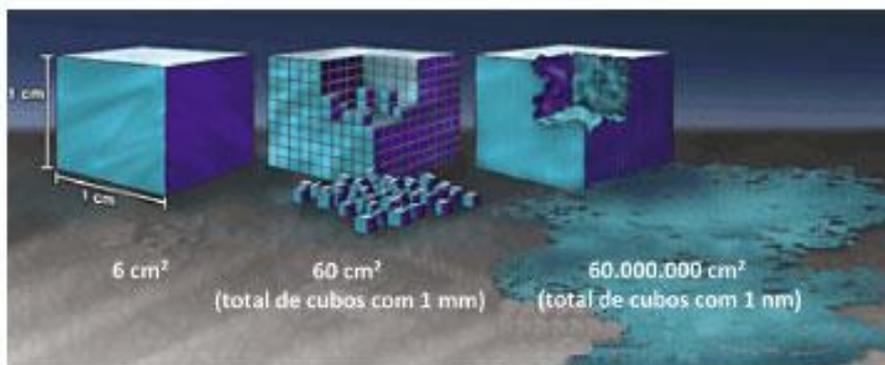
Quais são as vantagens de se nanoencapsular o inseticida?

Uma das propriedades de materiais em escala nanométrica é o aumento da área superficial por volume. Na prática isso significa reduzir a quantidade de inseticida aplicada na plantação.

Explicando melhor, se você tem um cubo de 1cm de aresta, o volume deste cubo é de 1cm³ (1mL) e a área superficial é de 6cm². Se você divide este cubo em vários outros de 1mm de aresta cada um, você terá 1000 cubos, o volume continua sendo 1cm³, porém a área superficial total será de 60cm². Se agora você fizer esta divisão em cubos de 1nm de aresta, você terá um total de 10²¹ cubos, o

mesmo volume (1cm^3 ou 1mL) e uma área superficial de 60000000cm^2 (figura5). Em outras palavras, você consegue atingir uma área 10^7 vezes maior com o mesmo volume do produto se estiver em escala nano.

Fig.5-Aumento da área superficial com a redução de tamanho da partícula.



Fonte: Química Nova, v.35. n.7, 1434-1446, 2012.

Outras vantagens são:

- 1) O nanoencapsulamento protege o composto ativo, impedindo sua degradação e garantindo assim a eficiência do inseticida.
- 2) A liberação controlada garante uma baixa e constante concentração do princípio ativo na lavoura mantendo-a protegida por mais tempo com menor risco de toxicidade. Os inseticidas tradicionais, ao contrário, são aplicados em grande quantidade e rapidamente cai a concentração do princípio ativo na lavoura sendo necessária outra aplicação, aumentando assim o risco de toxicidade ao trabalhador rural que aplica o produto, ao meio ambiente e ao consumidor final do alimento cultivado.
- 3) Não agride o ambiente como os inseticidas tradicionais, uma vez que o inseticida é de origem vegetal e o polímero é biodegradável.
- 4) Redução com problemas de lixiviação e dispersão, pois é naturalmente sólido e leva a maior interação com o inseto.

Porém, como a nanotecnologia é um campo novo de estudos, ainda não se pode afirmar que seja totalmente segura. Há um risco de sermos levados pelo deslumbramento da descoberta, como aconteceu com a radioatividade no século XX. A tabela2 apresenta uma relação de produtos que incorporaram a radiação com a promessa de tornarem-se mais eficientes.

Por mais estudos que se faça, ninguém pode afirmar com certeza absoluta que não existem riscos, afinal existe uma infinidade de interações químicas possíveis que fogem ao controle do ser humano. O desenvolvimento do conhecimento científico, como toda atividade humana, encontra-se em aberto, em contínua modificação.

Tabela 2- Produtos com radioatividade adicionada e suas finalidades

Produto	Emprego
Coquetel fluorescente para bailes e festas	Impressionar os convidados com os efeitos luminosos
Pasta de dentes	Combater queda prematura de dentes, cáries, ativar a digestão bucal e tornar o esmalte brilhante e luminoso
Cigarros	Prevenir enfermidades pulmonares
Contraceptivos	Matar espermatozóides e esterilizar a vagina, evitando doenças sexualmente transmissíveis

Fonte: Química Nova na Escola, vol. 33, n° 2, 93-99, 2011.



Para que você compreenda bem o texto, revise os conteúdos de química sempre que achar necessário. Aqui <http://www.infoenem.com.br/os-10-melhores-sites-e-blogs-de-quimica-do-brasil/> você encontra uma relação atualizada de blogs e sites de química com aulas e exercícios. Pesquise também em livros. Pergunte ao seu professor e aos colegas.



Bibliografia consultada

CORREA, A. G.; ZUIN, V. G. (Org.). **Química Verde: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: EDUFSCar, 2009.

FORIM, M.R.; SILVA, M.F.G.F.; FERNANDES, J.B. Secondary metabolism as a measurement of efficacy of botanical extracts: the use of azadirachta indica (Neem) as a model. In: PERVEEN, F. (Org.). **Insecticides - Advances in Integrated Pest Management**. InTech - Open Access Publisher, 2011, p. 367-392. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/secondary-metabolism-as-a-measurement-of-efficacy-of-botanical-extracts-the-use-of-azadirachta-indic>> Acesso em: nov., 2013.

LIMA, R. S; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.33, n.2, p. 93-99, maio 2011. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_2/04-HQ10509.pdf>. Acesso: nov., 2013.

NAGAVARMA, B.V.N; et al. Different techniques for preparation of polymeric nanoparticles: a review. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, vol 5, suppl 3, 2012.

PERLATI, B.; et al. Polymeric Nanoparticle-Based Insecticides: A Controlled Release Purpose for Agrochemicals. In: TRDAN, S. (org). **Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies**. InTech - Open Access Publisher, 2013, p. 523-550. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/insecticides-development-of-safer-and-more-effective-technologies/polymeric-nanoparticle-based-insecticides-a-controlled-release-purpose-for-agrochemicals>. Acesso: nov., 2013

PILEGGI, M. Óleo nanoencapsulado contra pragas agrícolas. **Agência Fapesp**, São Paulo, 05 jan. 2012. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/14988>>. Acesso: out. 2013.

MACEDO, J. A. IRIBARREN, L. L. Nanociencia y Nanotecnología: nuevas maneras de intervenir sobre la materia y El desafío de llevarlas al aula. In: **Aportes de la química al mejoramiento de la calidad de vida**. Unesco: Montevideo, Uruguay. Julho de 2012. Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/educacion/fileadmin/educacion/2012/DAR_URUGUAY_2012.pdf> Acesso: 29/09/2013

MARTINS, M.A.; TRINDADE, T. Os nanomateriais e a descoberta de novos mundos na bancada do químico. **Química Nova**, v.35, n.7, p.1434-1446, 2012.

RÉ, M.I.; RODRIGUES, M.F. A. Polímeros Biodegradáveis. In: DURAN, N.; et al. (org). **Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber, 2006.

SOUZA, P. M. S. et al. Desenvolvimento de nanocapsulas de poli-e-caprolactona contendo herbicida atrazina. **Química Nova**, v.35, n.1, p.132-137, 2012.