

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**  
**AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO**

**O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ESTUDO DO**  
**SOLO ATRAVÉS DO ENSINO DE QUÍMICA:**  
**RELAÇÕES ENTRE ENSINO E APRENDIZAGEM**  
**NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA**

**ELISABETH DO CARMO MENDES CASAGRANDE**

**2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ESTUDO DO SOLO ATRAVÉS  
DO ENSINO DE QUÍMICA: RELAÇÕES ENTRE ENSINO E  
APRENDIZAGEM NUMA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA**

**ELISABETH DO CARMO MENDES CASAGRANDE**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Ana Cristina Souza Santos**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola

Seropédica, RJ  
Outubro de 2006

373.2463098151

C334p

T

Casagrande, Elisabeth do Carmo Mendes, 1955-

**O papel da experimentação no estudo do solo através do ensino de química: relações entre ensino e aprendizagem numa perspectiva construtivista / Elisabeth do Carmo Mendes Casagrande. – 2006.**

76 f. : il.

Orientador: Ana Cristina Souza Santos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 70-74.

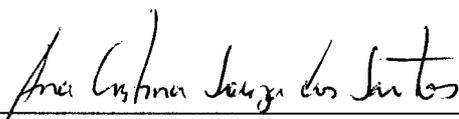
1. Técnicos em agropecuária – Barbacena (MG) – Teses. 2. Ensino agrícola – Barbacena (MG) - Teses. 3. Química – Estudo e ensino - Barbacena (MG) – Teses. 4. Ciência do solo – Barbacena (MG) – Teses. 5. Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação – Teses. 6. Construtivismo (Educação) – Teses. I. Santos, Ana Cristina Souza, 1963-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AGRÍCOLA**

**ELISABETH DO CARMO MENDES CASAGRANDE**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós- Graduação em Educação Agrícola, Área de Concentração em Educação Agrícola.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM **27 / 10 / 2006**



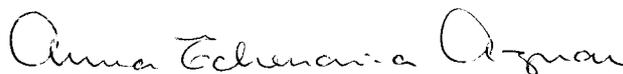
---

Ana Cristina Souza dos Santos, Dra. UFRuralRJ



---

Reinaldo Calixto de Campos, Dr. PUC-RJ



---

Áurea Echevarria Aznar, Dra. UFRRJ

## DEDICATÓRIA

A

Meus pais **Antônio e Deolinda**, pelo muito que fizeram, têm feito e tenho certeza, ainda farão por mim;

Aos meus filhos, **Tatiana e Thiago**, pelo incentivo e apoio no desenvolvimento deste trabalho;

Ao meu esposo **Celso**, pela paciência, apoio e compreensão nas constantes viagens;

Aos meus irmãos **José Wanderlei, Sedenéia e Rosimeire**, por mesmo longe, terem torcido por mim;

A minha amiga **Angela**, pela disponibilidade e prontidão nas substituições das aulas.

## AGRADECIMENTOS

À Santíssima Trindade pela ajuda espiritual durante os momentos difíceis e proteção nas constantes viagens: “Tudo posso Naquele que me fortalece”;

À Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, pela oportunidade de estar aqui nesta Universidade, realizando um sonho;

À Ana Cristina, grande amiga e orientadora, incansável e paciente na leitura e sugestões ao trabalho;

Ao Prof<sup>o</sup> Gabriel e Prof<sup>a</sup> Sandra, idealizadores deste mestrado, por abrirem um caminho para nós professores, que de outra forma teríamos dificuldades em realizar este empreendimento;

Ao Prof<sup>o</sup> André Gondim Simão pelas valiosas contribuições, grande amigo, sempre disponível na finalização deste trabalho;

Ao Corpo Docente e Servidores da Escola Agrotécnica Federal de Barbacena pelo apoio e colaboração;

Ao amigo Sérgio Maurício Trad pelas imagens de vídeo e fotografias que tão grandemente elevaram este trabalho;

Aos alunos do 3º ano do ensino médio (2003/2005) da turma do curso Técnico em Agricultura: Adeilton Geraldo Mendes, Edlaine do Carmo Conde, Eliete m. dos Reis, Fabiana Pereira Abreu, Fabrício Arlindo Goulart, Gleicyane Costa dos Santos, Gilson Ricardo de M. Castro, Giselle Vale Guimarães, Jozie Helena Rodrigues, Ludimilla Estefane Alves Pazzuti, Marcos A. dos Reis Nogueira, Paulinele Gomes Veloso, Ricardo Ermelindo Campos, Ricardo Marcelino Silva, Rosiane F. B. Almeida, Samuel Reis Palumbo e Vilmar Apolinário Damasceno, pela colaboração, responsabilidade e interesse no desenvolvimento das aulas experimentais, tornando possível a realização deste trabalho;

Aos professores do Mestrado pelas contribuições na minha formação teórica;

Aos colegas de mestrado, pela amizade, cumplicidade e companheirismo durante esta caminhada;

Aos colegas amigos companheiros de caminhada e viagens, Marli e Pavani, pelo carinho, compreensão, apoio nas horas difíceis e alegres;

Enfim, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho

## RESUMO

CASAGRANDE, Elisabeth do Carmo Mendes. **O papel da experimentação no estudo do solo através do ensino de química: relações de ensino e aprendizagem numa perspectiva construtivista.** 2006. 76 p. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola. Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

A estrutura curricular do ensino técnico agrícola é caracterizada pela fragmentação excessiva do conhecimento, onde ocorre uma completa separação entre o ensino médio e o profissional, o que dificulta o desenvolvimento da capacidade do aluno de relacionar conceitos entre as disciplinas. Este estudo teve como objetivo avaliar o papel do ensino experimental, visando a conectar os conhecimentos químicos aos conhecimentos de solos, através da experimentação, do dialogar com colegas e professores, dos acertos e erros, propiciando ao aluno, a possibilidade de chegar à internalização do conhecimento formal, contribuindo para a sua melhoria profissional e capacidade de contextualização. Foi utilizada metodologia elaborada a partir da perspectiva construtivista, e o referencial teórico adotado foi o de Ausubel (Aprendizagem Significativa). A pesquisa foi realizada com 17 alunos do 3º ano do ensino médio concomitante com o Curso Técnico em Agricultura da EAF-Barbacena, que apresentavam conhecimento prévio sobre solos. No início do trabalho, pressupôs-se que devido à fragmentação do ensino, os alunos apresentavam dificuldades em estabelecer a conexão entre os saberes químicos e de solos. Para avaliar estas condições, a pesquisa foi organizada em dois momentos, quando no primeiro, foram realizadas três aulas experimentais que tiveram duração de três semanas, com duas aulas de 50 minutos por semana, num total de seis horas-aula, cujos assuntos foram a determinação da matéria orgânica no solo, a determinação de pH do solo e a preparação da calda bordalesa, por meio dos quais o desafio das aulas foi estabelecer ligações entre os conhecimentos de química e de solo, revê-los e refazê-los. No segundo momento, foram elaborados e aplicados dois questionários em dois grupos de alunos. O primeiro questionário teve por meta identificar a visão que os alunos possuem a respeito das aulas de química na sua formação e foi aplicado aos alunos que não participaram das atividades propostas para o desenvolvimento desta pesquisa. O segundo questionário trouxe, além destes objetos de investigação, a avaliação das aulas desenvolvidas e foi aplicado aos alunos que participaram nas atividades propostas na pesquisa. Os resultados mostraram que os alunos dos dois grupos reconhecem a importância da química na sua formação técnica, revelando suas dificuldades de compreender a química e relacioná-la com as disciplinas de seu curso técnico que com ela estabelecem vínculos. Todos os alunos que participaram das atividades práticas perceberam que o uso da experimentação ajudou na compreensão destas relações e atendeu às expectativas. Desta forma, utilizar experimentos como ferramenta para desenvolver a compreensão de conceitos e relacioná-los com solos, fazendo a interdisciplinaridade, é função da experimentação e devem ser explorados no Curso Técnico em Agricultura. A partir dos dados obtidos, foi possível avaliar que as atividades experimentais contribuíram na geração de reflexões que puderam conectar conhecimentos prévios dos alunos, elaborados dentro de seu contexto escolar.

**Palavras-chave:** experimentação, interdisciplinaridade, aprendizagem significativa, educação agrícola.

## ABSTRACT

CASAGRANDE, Elisabeth do Carmo Mendes. **The role of experimentation in study of Soil through chemistry teaching: relationship of teaching and learning within constructivist perspective.** 2006. 76 p. Dissertation (Master Science in Agricultural Education). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

The syllabus structure of agrarian technical teaching is characterised by excessive fragmentation of knowledge where a complete separation between the secondary school and professional teaching occurs leading to a difficulty in the development of the students' capacity of relating concepts between the disciplines. This study had as objective the evaluation of the role of experimentation in teaching, aiming to connect soil science and chemistry through processes like experimentation, the dialogue between pupils and teachers and the "rights" and "wrongs", affording the students' internalisation of the formal knowledge contributing to the professional development and to the capacity of putting into context the knowledge taught. The methodology applied was developed from the constructivistic perspective and the theoretical reference adopted was the one of Ausubel's (Significative Learning). The research was realised with 17 students from the secondary school who attend the Agriculture technical course in EAFB and previously knew about soils. In the beginning of this work, it was considered that due to the fragmentation of the syllabus, students found difficult to establish connection between chemistry and soil knowledge. To evaluate these conditions the research made use of two moments where in the first moment the three experimental classes given in the course of three weeks with two lessons with 50 minutes duration per week, making a total of six hour-lessons, had as subject the determination of the presence of organic matter in soil, the determination of the soils pH and the preparation of the Bordeaux Mixture and had as challenge to establish connections between chemistry and soil knowledge, their revision and their remaking. In the second moment a questionnaire was elaborated and applied in two groups of students. The first questionnaire aimed the identification of the students' view of chemistry in their formation and it was also applied to students who didn't participate in the activities proposed in developing this research. The second questionnaire applied to students who had participated in the activities of this research brought the objects of this investigation and the evaluation of the lessons developed. The results showed that the students in the two groups recognised the importance of chemistry in their technical formation, revealing their own difficulty in comprehending chemistry and relating it to the subjects given in their technical course that with it they can establish a linkage. All participating students of the practical activities showed the perception that experimentation helped the understanding of these relations and that their expectations were fulfilled. In this way interdisciplinarity is made through the usage of experiments as tools to develop the understanding of concepts and their relations. This is the function of experimentation and must be explored in agriculture technical course. From the data obtained was possible to evaluate that experimental activities contributed in generating students own reflections that could be connect to their previous knowledge elaborated within the school context.

**Key- words:** Experimentation, interdisciplinarity, significative learning, agricultural education.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Aprendizagem por recepção e por descoberta está num continuum distinto entre aprendizagem mecânica e significativa .....	21
<b>Figura 2</b> – Composição em volume de um solo .....	30
<b>Figura 3</b> – Ao fundo a professora e na bancada um grupo de alunos .....	52
<b>Figura 4</b> – Grupo de alunos oxidando os compostos químicos .....	52
<b>Figura 5</b> – Alunas testando amostras de solo .....	52
<b>Figura 6</b> – Outro grupo executando o experimento .....	52
<b>Figura 7</b> – Padrão: diferenciando o carbonato dos demais compostos orgânicos .....	53
<b>Figura 8</b> – Teor de matéria orgânica no solo através da cor .....	53
<b>Figura 9</b> – Alunos preparando o extrato de repolho roxo .....	55
<b>Figura 10</b> – Grupo de alunos construindo escala de .....	55
<b>Figura 11</b> – Aluno determinando o pH da amostra de solo.....	56
<b>Figura 12</b> – Um grupo de alunos comparando a amostra com o padrão.....	56
<b>Figura 13</b> – Escala de pH do repolho roxo .....	56
<b>Figura 14</b> – Comparação da amostra de solo com o padrão .....	57
<b>Figura 15</b> – Conhecimento rizomático química-solo .....	59
<b>Figura 16</b> – Alunos queimando magnésio.....	59
<b>Figura 17</b> – Alunos evidenciando uma reação .....	60
<b>Figura 18</b> – Precipitando cloreto de prata.....	60
<b>Figura 19</b> – Precipitando iodeto de chumbo .....	60
<b>Figura 20</b> – Preparando soluções .....	60
<b>Figura 21</b> – Preparando a calda bordalesa .....	60
<b>Figura 22</b> – Adicionando um fragmento de ferro na calda bordalesa .....	60
<b>Figura 23</b> – Evidenciando a acidez da calda bordalesa .....	61
<b>Figura 24</b> – Evidências de ocorrência de uma reação .....	61
<b>Figura 25</b> – Preparação da calda bordalesa .....	62

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Importância da química na sua formação .....	<b>63</b>
<b>Tabela 2</b> – Uso de conhecimentos químicos em outras disciplinas do curso .....	<b>64</b>
<b>Tabela 3</b> – Dificuldades expressas pelos alunos em estabelecer relações entre a química e as disciplinas de seu curso técnico .....	<b>64</b>

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

As – Arsênio

BHC – Hexaclorobenzeno

C – carbono

Ca<sup>2+</sup> - cátion cálcio

CEB – Câmara de Educação Básica

CNE – Conselho Nacional de Educação

Cu – cobre

DDT – 1,1,1 – tricloro – 2,2 – di (p- clorofenil) etano

EAF – Escola Agrotécnica Federal

Hg – Mercúrio

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

MEC – Ministério da Educação e Cultura

Mg<sup>2+</sup> - cátion magnésio

N – Nitrogênio

P - Fósforo

Pb – Chumbo

pH – potencial hidrogeniônico

S – Enxofre

SEMTEC – Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico

O<sub>2</sub> – gás oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Breve Histórico do Ensino Agrícola e da EAF-Barbacena MG .....	4
2.2 O Ensino de Química nas Escolas Agrotécnicas .....	7
2.3 Outras leituras para os novos rumos do Ensino de Química .....	9
2.4 A Interdisciplinaridade e o ensino de Química .....	12
2.5 A perspectiva construtivista para o Ensino de Química .....	18
2.6 A experimentação como suporte metodológico no Ensino de Química .....	23
2.7 Solos: o início da vida .....	28
2.7.1 Breve histórico da Química Agrícola.....	28
2.7.2 Generalidades do solo .....	29
2.7.3 Fertilidade do solo .....	33
2.7.4 Paradigmas da Agricultura .....	37
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>47</b>
4.1 Resultados das aulas experimentais .....	47
4.2 Resultados dos questionários aplicados aos alunos.....	63
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>69</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>70</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As Escolas Agrotécnicas Federais têm enfrentado nas últimas décadas o desafio de qualificar tecnicamente o trabalhador com uma forma profissional direcionada no “aprender a aprender”, onde até então se baseava no “aprender a fazer e fazer para aprender”.

Neste último enfoque predomina o modelo tecnicista, em que a prática é concebida como um mundo à parte do campo teórico, enfatizando a técnica, “seu interesse imediato é o de produzir indivíduos competentes para o mercado de trabalho, transmitindo, eficientemente, informações precisas, objetivas e rápidas” (LUCKESI, 1994: 61).

A influência tecnicista foi acentuada no final dos anos 60, com o objetivo de adequar o sistema educacional à orientação político - econômica do regime militar, inserindo a escola nos modelos de racionalização do sistema de produção capitalista. A orientação escolanovista cedeu lugar à tendência tecnicista, pelo menos no nível de política oficial, com a implantação da lei 5.692/71 (LIBÂNEO, 1998: 31). Nesse período (final dos anos 60), nas Escolas Agrícolas, foi introduzida a metodologia do sistema escola-fazenda, que tinha por objetivo proporcionar um modelo de ensino agropecuário com vivência prática. Com a criação da COAGRI (Coordenação Nacional de Ensino Agrícola) em 1973, em meio ao período da implementação da lei 5.692/71, a metodologia escola-fazenda foi generalizada para todas as escolas agrícolas.

Para Kuenzer (1999:126):

Essa pedagogia teve e continua tendo por finalidade atender às demandas da divisão social e técnica do trabalho, marcada pela clara definição de fronteiras entre as ações intelectuais e instrumentais em decorrência de relações de classe bem definidas que determinavam as funções a ser exercidas por trabalhadores e dirigentes no mundo da produção e das relações sociais.

Essa pedagogia do trabalho taylorista–fordista priorizou os modos de fazer e o disciplinamento, sem nunca se comprometer com o estabelecimento de uma relação entre o trabalhador e o conhecimento que, ao integrar conteúdo e método, propiciasse o domínio intelectual das práticas sociais e produtivas (KUENZER, 1999:127).

Com a globalização da economia e a reestruturação produtiva, a organização taylorista–fordista não tem mais espaço, assim sendo as linhas de montagem vão sendo substituídas pelas células de produção, as palavras de ordem são qualidade e competitividade.

Segundo Kuenzer, “o novo discurso refere-se a um trabalhador de novo tipo, para todos os setores da economia, com capacidades intelectuais que lhe permitam adaptar-se à produção flexível”.

Em decorrência do exposto, Kuenzer (1999:130) diz:

A qualificação profissional passa a repousar sobre conhecimentos e habilidades cognitivas e comportamentais que permitam ao cidadão-produtor trabalhar intelectualmente, dominando o método científico, de modo articulado, para resolver problemas da prática social e produtiva.

Para tanto, é preciso, segundo Kuenzer, um outro tipo de pedagogia, cujo objetivo a ser atingido “é a capacidade para lidar com a incerteza, substituindo a rigidez pela flexibilidade e rapidez, de modo a atender a demandas dinâmicas, que se diversificam em qualidade e quantidade”.

A estrutura curricular do ensino técnico agrícola é caracterizada pela fragmentação excessiva do conhecimento, quando ocorre uma completa separação entre o ensino médio e o

profissional, o que dificulta o desenvolvimento da capacidade do aluno de relacionar conceitos entre as disciplinas.

O Decreto 2.208/97 inviabilizou a integração entre educação geral e formação profissional, quando separou o ensino médio do ensino profissional.

Kuenzer (1999:135) nos diz:

Esta proposta é conservadora, porque retoma a concepção taylorista-fordista que supõe a ruptura entre o saber acabado, desvalorizado por não ser prático, e o saber para o trabalho, desvalorizado por não ser teórico [...]. Em decorrência, não reconhece a transdisciplinaridade que caracteriza a ciência contemporânea.

A articulação neste trabalho se fez entre o ensino de química e o estudo de solo na intenção de um entendimento mais aprofundado e contextualizado das práticas agrícolas. Entendeu-se que conhecimentos oriundos do ensino médio em química são de elevada importância para esta articulação.

Nesta perspectiva, faz-se necessário a interdisciplinaridade, não numa mera justaposição de disciplinas, mas na possibilidade de relacioná-la em atividades de projetos de estudo.

A interdisciplinaridade neste trabalho, diz respeito à aplicação de conceitos de química no estudo do solo, em que o processo de ensino-aprendizagem será conduzido através de uma perspectiva construtivista.

Nele, a experimentação deverá ser orientada para a aprendizagem receptiva, como instrumento de produzir conhecimentos, habilidades e capacidades mentais, para que o indivíduo possa organizar, interpretar e reelaborar as suas experiências de vida e não privilegiando o saber técnico, os métodos individualizantes na obtenção do conhecimento, em que tudo é previsto, organizado, controlado pela equipe de comando, como preconiza a concepção tecnicista. Portanto, a experimentação terá como objetivo uma aprendizagem significativa no conteúdo de química e solo.

Neste estudo, as informações relativas ao solo, já existentes na estrutura cognitiva do aluno, serviram como âncora, interagindo com as novas informações relativas aos saberes de química, de modo que estes adquiriram, assim, significado para o aluno.

Diante das dificuldades dos alunos na associação dos conceitos teóricos químicos com sua aplicabilidade no estudo do solo, e sendo o solo agrícola (camada de solo propícia à agricultura) constituído de substâncias químicas (orgânicas e inorgânicas) que determinam sua fertilidade, este trabalho se realizou com a introdução de uma abordagem interdisciplinar, utilizando como suporte metodológico a experimentação no ensino de Química, no qual se pretendeu elucidar as noções ou concepções dos alunos sobre a relação entre Química e Solo.

Segundo Jesus (1996:65), historicamente, a fertilidade do solo era explicada pela teoria do húmus, proposta por Aristóteles (350 a.C.), segundo a qual as plantas se nutriam de substâncias orgânicas existentes no solo.

A teoria do húmus foi contestada pelo químico Justus von Liebig, quando elaborou a hipótese de que as plantas não se alimentavam de substâncias orgânicas, mas sim de minerais (substâncias inorgânicas), propiciando avanços da química de solos, abrindo caminho para os fertilizantes industriais, sendo por isso considerado o “Pai da Química Agrícola”. Portanto, vê-se que a fertilidade do solo está associada a noções e/ou a conceitos químicos, pois tanto a Teoria do Mínimo (Liebig) quanto a Teoria Humista mostram a importância da presença de substâncias químicas (orgânicas ou inorgânicas) na fertilidade do solo.

Este estudo procurou mostrar caminhos que facilitam a compreensão e verificação da importância da Química na formação do Técnico em Agricultura, utilizando a experimentação como meio para atingir os objetivos propostos. A experimentação tem papel importante na

construção do conhecimento químico-solo, mas diferente daquele colocado pela concepção tecnicista, em que “é matéria de ensino apenas o que é redutível ao conhecimento reservável e mensurável decorrente da ciência objetiva, eliminando qualquer sinal de subjetividade” (LIBÂNEO, 1998:29).

O ato de ensinar-aprender implica uma interação entre aluno e professor, e isso introduz uma complexidade muito maior do que aquela de simplesmente conhecer o conteúdo a ser ensinado ou utilizar-se de uma metodologia experimental; implica uma interação social, afetiva, com quem se deseja ensinar.

Partiu-se do princípio de que os alunos das 3ª série do Ensino Médio da EAF – Barbacena, apresentavam uma visão fragmentada do ensino de solos e química. A experimentação se constituiu em um meio de fazer a conexão entre os saberes agrícolas e químicos e levar a uma aprendizagem significativa desses saberes, contribuindo na formação do técnico em agricultura para sua melhoria profissional e capacidade de contextualização.

Portanto, utilizar a experimentação como caminho que facilita a compreensão e a verificação da importância da Química na formação do Técnico em Agricultura, é o objetivo deste trabalho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Breve Histórico do Ensino Agrícola e da EAF-Barbacena MG

O Decreto nº 8.358 de 09 de novembro de 1910 criou em Minas Gerais, a primeira escola técnica agrícola do Brasil, o APRENDIZADO AGRÍCOLA DE BARBACENA, institucionalizada oficialmente em 14 de julho de 1913, com a finalidade de ensinar aos filhos (órfãos ou não) de pequenos agricultores e trabalhadores rurais, em cumprimento ao estabelecido pelo governo de Nilo Peçanha que, pela primeira vez, instituiu a formação profissional na educação pública brasileira.

Dedicado especialmente à cultura de plantas frutíferas nacionais e exóticas e, ao ensino prático de fruticultura, as atividades da Escola foram iniciadas oficialmente na data de 14 de julho de 1913 e manteve-se neste grau de ensino até o ano de 1933.

A filosofia prescrita pelo aprendizado congregava um ensino prático, a fim de formar trabalhadores aptos aos diferentes serviços de uma pequena propriedade, destinado preferencialmente, aos filhos de pequenos agricultores e trabalhadores rurais.

Em 1933, o Decreto nº 22.934 de 13 de julho, eleva o Aprendizado Agrícola de Barbacena para a escola média de agricultura, sob a denominação de Escola Agrícola de Barbacena.

O Presidente Eurico Gaspar Dutra assinou o Decreto nº 9.613 em 20 de agosto de 1946, chamado de “Lei Orgânica do Ensino Agrícola” regulamentando o ensino agrícola de nível médio.

A Escola Agrícola de Barbacena passou a ministrar o Curso de Iniciação Agrícola com a duração de dois anos, destinado à preparação profissional necessária à execução do trabalho de operário agrícola qualificado, além do Curso de Mestría Agrícola, com a duração de dois anos, com a finalidade de dar a preparação profissional necessária ao exercício do trabalho de mestre agrícola. Esses dois cursos não apresentavam a disciplina química dentro da cultura geral. Na área das ciências, a disciplina vinha com a designação de Ciências Naturais.

Através do decreto nº 21.667, de 20 de agosto de 1946, o então presidente Dutra decreta o Regulamento dos Currículos do Ensino Agrícola para os cursos agrícolas do segundo ciclo do ensino agrícola, quando as disciplinas Física e Química passam a ser disciplinas de cultura geral, como está no capítulo II, art. 8º :

Será ministrado, em cada um dos cursos agrícolas técnicos, o ensino das seguintes disciplinas de cultura geral.

1. Português
2. Francês ou Inglês
3. Matemática
4. História Natural
5. Física e Química
6. Geografia Geral e do Brasil
7. História Geral e do Brasil.

É interessante perceber que química não é uma disciplina isolada, mas juntamente com física, assim como tínhamos a disciplina História Geral e do Brasil.

Em 1947, no dia 22 de janeiro, através do Decreto nº 22.506, assinado pelo Presidente Eurico Gaspar Dutra, a Escola Agrícola de Barbacena passou a denominar-se Escola Agrotécnica de Barbacena, oferecendo o Curso Técnico em Agricultura, além dos dois anteriores. O ensino de física e química era ministrado nas 03 (três) séries.

No governo do Presidente João Café Filho, através do Decreto nº 37.840 de 31 de agosto de 1955, em homenagem ao seu primeiro diretor Dr. Diaulas Abreu, a Escola

Agrotécnica de Barbacena passou a denominar-se Escola Agrotécnica “Diaulas Abreu”, com a introdução do Curso de Economia Rural Doméstica, com a filosofia de instruir, para e pela sua natureza, a mulher, e adequar sua participação na sociedade, buscando a melhoria da qualidade de vida da família rural.

O Decreto Presidencial nº 53.568, de 13 de fevereiro de 1964, tendo em vista o disposto na LDB 4.024/61, a Escola Agrotécnica “Diaulas Abreu” passou a denominar-se Colégio Agrícola “Diaulas Abreu” agrupada segundo a denominação de ginásio, ministrando as três séries do 2º ciclo, conferindo os títulos de Técnico em Agricultura e o de Técnico em Economia Doméstica, reformulando a filosofia do ensino agrícola, sendo implantada, então, a metodologia do sistema escola-fazenda, baseada no princípio **“aprender a fazer, fazendo”**.

O princípio educativo que determinou o projeto pedagógico de formação profissional, para atender às demandas das organizações taylorista-fordista, deriva-se de uma determinada concepção de qualificação profissional, baseado no processo individual de aprendizagem do modelo “aprender para fazer e fazer para aprender”, sem nunca se comprometer com o estabelecimento de uma relação entre o trabalhador e o conhecimento que, ao integrar conteúdo e método, propiciasse o domínio intelectual das práticas sociais produtivas.

Nos cursos de formação profissional, os conteúdos foram selecionados a partir das tarefas típicas de cada ocupação. O aprendizado privilegiou as formas de fazer para uma ocupação definida, para atender às demandas de um processo produtivo parcelado, com tecnologia rígida e pouco dinâmica.

A grande maioria das atividades objetivava transmitir informações de uma forma mais eficiente do que a simples exposição ou leitura de texto. “Aprender fazendo” resumia a grande meta das aulas práticas. Ficava subjacente a proposição de dar ao jovem estudante da escola secundária uma racionalidade derivada da atividade científica (KRASILCHIC, 1987:07).

Como conseqüência do citado acima, no curso Colegial Agrícola, a disciplina Química era ministrada nas duas primeiras séries, com carga horária de 02 (duas) aulas semanais, o mesmo acontecendo com o Colegial de Economia Doméstica Rural. Portanto, a educação geral ficou em segundo plano, com suas disciplinas com carga horária reduzida.

O período a seguir é caracterizado pela promulgação da Lei nº 5.692/71, que afeta profundamente vários aspectos do sistema educacional. Segundo Krasilchic, 1987:18, apesar de o texto da lei valorizar as disciplinas científicas, na prática, ao contrário, elas foram profundamente atingidas. O currículo foi atravancado por disciplinas chamadas instrumentais ou profissionalizantes, o que determinou a fragmentação e, em alguns casos, o esfacelamento das disciplinas científicas, sem que houvesse um correspondente benefício na formação profissional. Nas escolas de formação profissional agrícola, o que era lugar comum, agora tinha respaldo legal.

O Artigo 27 do Decreto nº 72.434, de 09 de julho de 1973, criou a Coordenadoria Nacional do Ensino Agropecuário (COAGRI) como órgão autônomo do MEC, tendo por finalidade prestar assistência técnica e financeira a estabelecimentos especializados em ensino agrícola, ficando-lhe diretamente subordinados todos os colégios agrícolas e de economia doméstica.

A COAGRI centralizava todas as decisões curricular-pedagógicas e financiamentos para o ensino nacional agrícola. Além de propor o modelo Sistema Escola-Fazenda como o ideal e oficial para os estabelecimentos de ensino médio-técnico, além de apoiar os projetos de todo o sistema de ensino agrícola; ela (COAGRI) não reconhecia as Escolas da Família-Agrícola (Pedagogia da Alternância), que se baseavam na Agricultura Familiar e na Agricultura Alternativa (sem agrotóxico) pedagogicamente amparadas por Paulo Freire.

Em 04 de setembro de 1979, através do Decreto nº 83.935, o então Colégio Agrícola “Diaulas Abreu” passou para a denominação de Escola Agrotécnica Federal de Barbacena-MG. Com a extinção da COAGRI pelo Decreto nº 93.613, de 21 de novembro de 1987, a

Escola Agrotécnica Federal de Barbacena-MG passou a ser subordinada à Secretaria Nacional de 2º grau, mantendo as mesmas diretrizes preconizadas pelos III Plano Nacional de Desenvolvimento e III Plano Setorial de Educação, Cultura e Desporto que, além de outras importantes preocupações, a de maior prioridade para as EAFs era de proporcionar ao Técnico em Agropecuária orientação e assistência técnica, para que o mesmo possa se estabelecer como produtor autônomo, rompendo aparentemente, com o modelo de escola-fazenda. A carga horária da disciplina Química nos cursos de Agropecuária e Economia Doméstica continuava com 02 (duas) aulas semanais.

O Decreto nº 8.731, de 16 de novembro de 1993, tornou a Escola Agrotécnica Federal de Barbacena-MG, uma autarquia federal subordinada aos ditames da Secretaria Nacional de Educação Tecnológica.

Com a LDB 9394/96, o ano letivo passou de 180 para 200 dias e, com isso, nos Cursos de Agropecuária e Economia Doméstica, o ensino de química passou a ser oferecido nas 03 (três) séries com carga horária de 02 (duas) horas-aulas/ semana. Até então o Ensino Técnico e Médio eram integrados. O Decreto 2.208/97 quebra o princípio da equivalência e repõe ao cenário da educação brasileira a **dualidade estrutural** tal como ocorria antes de 1961. O novo modelo de Sistema de Formação Profissional, composto pela rede pública e privada, passa a reger-se pela lógica do mercado e oferecer cursos de distintas modalidades e duração, para atender a objetivos e clientela diversificadas.

A partir de 2000, a grade curricular separa o Ensino Médio do Ensino Técnico e eles passam a ser concomitantes.

Do ano 2000 ao ano 2005, a Escola Agrotécnica Federal de Barbacena-MG passou a oferecer os cursos técnicos em áreas distintas, tais como nutrição, gestão, enfermagem e outros, além de desmembrar o Curso Técnico em Agropecuária em Cursos Técnicos em Agricultura, Zootecnia e Agroindústria, mantendo a carga horária de química.

No ano de 2003, começa a ser ministrado o Ensino Médio propedêutico, sendo que em 2006 a carga curricular do ensino de química aumentou para 03 (três) aulas semanais, com carga horária total de 300 horas.

No ano 2006, a Escola Agrotécnica Federal de Barbacena-MG, reimplantou o Curso Técnico em Agropecuária.

Como órgão público de administração indireta, adequou-se a todos os modelos educacionais no que diz respeito à educação profissional, impostos pelo poder público federal. Independente das desastrosas conseqüências evoluía e retrocedia de acordo com as propostas e projetos sobre a educação profissional, determinados pelas Reformas, Lei Orgânica, Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, cada qual pautada por interesses políticos e pessoais a serviço do capital.

Atualmente, a ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE BARBACENA-MG, tem como missão: **“ser instrumento de um trabalho educacional verdadeiramente transformador, promover a formação de cidadão consciente e crítico, capaz de contribuir para as mudanças da sociedade e do meio empresarial, através de uma boa formação moral e técnica, fundamentada nos princípios da gestão pela qualidade”**.

Apesar das evidências tecnicistas, a EAF-Barbacena quebrou a rigidez da Pedagogia do Trabalho, preocupando-se em capacitar os educandos para a vida acadêmica e profissional através de conhecimentos formais embasados em **aprender a pensar e aprender a aprender**.

## 2.2 O Ensino de Química nas Escolas Agrotécnicas

A ciência poderia, por um pouco, abandonar a obsessão com a verdade e se perguntar sobre seu impacto sobre a vida das pessoas: a preservação da natureza, a saúde dos pobres, a produção de alimentos, o desarmamento dos dragões (sem dúvida os mais avançados em ciência!), a liberdade, enfim, essa coisa indefinível que se chama felicidade (ALVES, 2004: 217).

As Escolas Agrotécnicas Federais, nas últimas décadas, têm-se constituído em instituições responsáveis no que diz respeito à oferta da educação agrícola no país. Têm enfrentado o desafio de qualificar tecnicamente o trabalhador com uma formação profissional direcionada no “aprender a aprender”, onde até então se baseava no “aprender a fazer e fazer para aprender”.

Segundo o artigo 40 da LDB 9394/96, “a educação profissional será desenvolvida em **articulação** com o ensino regular, ou por estratégias de educação continuada”. No parecer N° 16/99 do CNE / CEB, “o termo articulação indica mais que complementaridade: implica intercomplementaridade, mantendo-se a identidade de ambos; propõe uma região comum, uma comunhão de finalidades, uma ação planejada e combinada entre o ensino médio e o ensino técnico”.

No ensino de Química, esta articulação possui inúmeras possibilidades, promovendo um entendimento mais aprofundado com o contexto em que o aluno se insere. São inúmeras as interações da química com a agricultura, onde se vê a necessidade de um amplo conhecimento para relacioná-la com questões de solo e sua fertilidade, e com defensivos agrícolas, sendo que esses conhecimentos foram componentes decisivos para a evolução da agricultura brasileira. Entende-se, portanto, que conhecimentos oriundos do ensino médio em química, são de grande importância para uma perfeita articulação dos mesmos com a área de agricultura.

Essa importância está explicitada no documento Semtec-Mec / 1998:

Conhecer química significa compreender as transformações químicas, poder julgar, de forma mais fundamentada, as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da escola e tomar suas próprias decisões, enquanto indivíduo e cidadão. Daí a importância da presença da química no ensino médio, que completa a educação básica. Para tanto, a química no ensino médio deve possibilitar ao aluno uma compreensão dos processos químicos em si, conhecimento científico, em estreita relação com as aplicações tecnológicas, [...].

Conforme o documento do Semtec – Mec / 1998:

[...] “O conhecimento especializado, o conhecimento químico isolado, é necessário, mas não suficiente para o entendimento do mundo físico, pois não é capaz de estabelecer explícita e constantemente, as interações com outros subsistemas”.

No entanto, a química é apenas mais uma disciplina pertencente à estrutura curricular, com muito pouca ou nenhuma interação entre as demais. Esta organização curricular corrobora a noção de um saber fragmentado, não promovendo no aprendiz a capacidade de

relacionar conceitos entre as diferentes disciplinas, nem a capacidade de integrar aspectos qualitativos e quantitativos.

A fragmentação do conhecimento e o enfoque dado pelo modelo tecnicista concebem a prática como um mundo à parte, separado do campo teórico, enfatizando a técnica, o saber fazer. Uma metodologia ativa de ensino (solução de problemas, pesquisa, estudo dirigido, experimentação e outros), deve ter clareza de que somente são válidos se estimulam as atividades mentais dos alunos. Como bem disse Libâneo (1991:158), em vez de adotar a máxima “Aprender fazendo”, deve-se adotar esta outra: “Aprender pensando naquilo que se faz”.

A Lei 9394/96, em sua normatização, preconiza a criação e não a memorização e busca **na interdisciplinaridade e na contextualização**, a maneira de fazer o aluno interagir de forma mais interessante, dinâmica e real com o conhecimento, sendo estes os dois princípios da construção do currículo, que se preocupa com o indivíduo capaz de resolver problemas. Uma legislação que tem como linha mestra o pensamento crítico e a cidadania, que visa a preparar para a vida, buscando associar o conteúdo à realidade do aluno, em que o mesmo deverá aprender a aprender. Os aspectos até aqui enunciados podem ser confirmados, no inciso I, artigo 4º do parecer CEB nº 3, de 26 de junho de 1998, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, que diz:

*Art. 4º. As propostas pedagógicas das escolas e os currículos constantes dessas propostas incluirão competências básicas, conteúdos e formas de tratamento dos conteúdos, previstas pelas finalidades do ensino médio estabelecidas pela lei:*

*“I - desenvolvimento da capacidade de aprender e continuar aprendendo, da autonomia intelectual e do pensamento crítico, de modo a ser capaz de prosseguir os estudos e de adaptar-se com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento”.*

Em seu artigo 5º o mesmo parecer define a forma pela qual as finalidades serão cumpridas, como vemos no inciso III:

*Art 5º. Para cumprir as finalidades do ensino médio, previstas pela lei, as **escolas** organizarão seus currículos de modo a:*

*III – adotar metodologias de ensino diversificadas, que estimulem a reconstrução do conhecimento e mobilizem o raciocínio, **a experimentação**, a solução de problemas e outras competências cognitivas superiores. (grifo nosso)*

O grande desafio da educação, no alvorecer deste Terceiro Milênio, é transmitir conhecimentos e saber-fazer evolutivos, como bases para as competências que os novos tempos demandam. No cenário de um mundo globalizado, a educação deve fornecer aos educandos o mapa da realidade planetária, cada vez mais complexa e turbulenta e, ao mesmo tempo, meios e orientações que lhes possibilitem navegar com segurança pelo mar tempestuoso, que é a vida contemporânea. Nesse horizonte, muito mais que *quantidade* de conteúdos, é necessário que a educação prepare o ser humano para que possa estar à altura de aproveitar, explorar, atualizar e aprofundar os seus conhecimentos fundamentais, adaptando-os à realidade em mudança. Sendo assim, as missões da educação se apresentam como múltiplas e complexas. Como superar tamanhos desafios?

Para poder dar resposta ao conjunto das suas missões, a educação deve organizar-se em torno de quatro aprendizagens fundamentais que, ao longo de toda a vida, serão, de algum modo para cada indivíduo, os pilares do conhecimento: *aprender a conhecer*, isto é, adquirir os instrumentos da compreensão; *aprender a fazer*, para poder agir sobre o meio envolvente; *aprender a viver juntos*, a fim de participar e cooperar com os outros em todas as atividades humanas; finalmente, *aprender a ser*, essencial que integra os três precedentes (DELORS, 2003: 89).

### 2.3 Outras leituras para os novos rumos do Ensino de Química

Talvez o *aprender a ser* poderia ser concebido como o *tronco* da árvore da educação, com três grandes galhos: o *aprender a conhecer*, o *aprender a fazer* e o *aprender a viver juntos* ou a *conviver*. Esse *tronco* lança suas raízes no húmus da comunidade. Os três galhos que dele derivam, teriam também dimensões comunitárias. Entende-se que só assim a educação deixaria de ser alienada e alienante, e, desta forma conseguirá desenvolver, no educando, a consciência de que é co-responsável pelos problemas que naturalmente surgem por consequência do *viver juntos* ou do *conviver*. Entende-se que o *saber pensar* também é importante, pois começa pela capacidade de problematizar, e problematizando, segundo Demo (2000) é a forma inteligente de desproblematizar. Para ele:

(...) o que temos que aprender na e da vida não é propriamente a resolver os problemas, mas a administrá-los com inteligência. Primeiro deve-se reconhecer que, dialeticamente falando, toda realidade é problemática, não porque contenha defeito, mas porque é dinâmica, precisamente dialética. Segundo, nem todos os problemas teriam solução, porque sequer saberíamos apontar a todos e menos ainda dar conta de todos. Terceiro, cada solução nova também inventa novos problemas. Quarto, a realidade sem problemas não seria real. Quando nos colocamos, por exemplo, o desafio da educação flexível e que sabe aprender sempre, temos em mente jamais uma realidade devassável, plana, linear, mas outra complexa, dinamicamente problemática, maior que nossa cabeça, nossas teorias e práticas. (...) Neste sentido, aprendizagem está principalmente na habilidade de estabelecer conexões, revê-las, refazê-las. A adaptação deixa de ser algo passivo para tornar-se uma obra de reconstrução permanente, dinâmica entre sujeitos que se influenciam mutuamente (DEMO, 2000: 48).

Segundo Libâneo (1991:107), nas nossas escolas, infelizmente, o que se vê é uma concepção de educação, a qual Paulo Freire denominou concepção “bancária”, pois ela faz do processo educativo um ato permanente de depositar conteúdos. Ato pelo qual o depositante é o “educador” e o depositário é o “educando”. Segundo essa concepção, o educando é como se fosse uma caixa na qual o “educador” vai fazendo seus “depósitos”. Uma caixa que vai se enchendo de “conhecimentos”, como se o conhecer fosse o resultado de um ato passivo de receber doações ou imposições de outros.

Para Oliveira (2000), Bachelard faz inúmeros comentários sobre o ensino de ciências, comentários caracterizados como ácidos, mas com a esperança de contribuir para a superação dos métodos pedagógicos tradicionais, centrados no verbalismo dogmático ou no experimentalismo acrítico e repetidor.

É ainda essa ciência para filósofos que ensinamos às nossas crianças. É a ciência experimental das instruções ministeriais: pesem, meçam, contem; desconfiem do abstrato, da regra; liguem os jovens espíritos ao concreto, ao fato. Ver para compreender, eis o ideal dessa estranha pedagogia. Pouco importa se o pensamento segue do fenômeno mal visto à experiência mal feita. (BACHELARD, 1970; In OLIVEIRA, 2000: 94)

Quando investe contra o absolutismo do olhar, da observação direta ou induzida pela palavra sempre incontestável de quem ensina, Bachelard considera que é antes a razão do estudantado que deve ser seduzida. Do contrário, não há efetivamente aprendizagem. Por se julgarem porta-vozes autorizados do conhecimento científico, professores de ciências ignoram

um dos principais entraves relativos à arte de ensinar, o obstáculo pedagógico, que traz impedimentos à compreensão das razões pelas quais suas classes não compreendem a matéria lecionada. Esse obstáculo se manifesta sempre que o pensamento docente imagina ser preciso apenas repetir, ponto por ponto, a demonstração de regras ou princípios para vê-los integrar o acervo de saberes de sua clientela. Nesse processo, quem ensina não se dá conta de que quem aprende já possui uma cultura adquirida, formada a partir de suas vivências cotidianas, a qual tem fortes raízes nas razões ou explicações imediatas dadas pelo senso comum (OLIVEIRA, 2000:90).

Ainda segundo Oliveira (2000), para Bachelard, o obstáculo pedagógico faz parte de uma cultura docente construída sobre a não-aceitação de que o fracasso discente possa ser devido a resistências oferecidas às formas autoritárias de se conduzir o processo de aprendizagem.

No Livro “*A Formação do Espírito Científico*”, Bachelard (1996) enumera e discute amplamente o que entende por obstáculos epistemológicos. São eles: o realismo ingênuo, o substancialista e o animista.

A principal característica do realismo ingênuo é converter, sem maiores questionamentos, o imediatamente visto em certeza absoluta. A experiência e o testemunho do olhar parecem absolutos: o que se vê deve coincidir exatamente com o que ocorre. Um exemplo é o geocentrismo, que nasceu das observações do aparente imobilismo da terra e dos movimentos perceptíveis dos corpos celestes. São grandes as dificuldades quando o pensamento científico deixa os limites do mundo macroscópico e se propõe a investigar o domínio do infinitamente pequeno. A mecânica quântica, construída para dar conta dos complexos fenômenos do mundo submicroscópico, é um campo em que o pensamento realista experimenta total desconforto, pois não tem como conferir ao átomo a mesma concretude conferida aos entes que se podem ver e manipular.

O substancialismo tem por base a crença de que as substâncias escondem em seu interior qualidades ocultas. Como exemplo, os alquimistas tentaram durante séculos “abrir” as mais diferentes substâncias na esperança de encontrar humores ou elixires que permitissem trazer benesses para o Homem. Para os alquimistas, cada investigação consistia na tentativa de por em prática um sonho, e não um plano racional de experiências. Por essa razão, a alquimia<sup>1</sup> não conduz à química. Mas a química, ciência que estuda as transformações das substâncias, tem muitas dificuldades para vencer o obstáculo substancialista.

Os obstáculos animistas são aqueles que representam a tendência a se atribuir vida aos corpos inanimados. Uma espécie de “sopro vital” é vislumbrado como elo de ligação entre os mais diferentes entes da natureza, que são descritos como organismos vivos. O positivismo comtiano foi um ferrenho adversário deste tipo de generalização, combatendo teorias como a da “força vital”. Durante séculos, a Teoria da Força Vital foi considerada a única possível, segundo a qual apenas os organismos vivos eram capazes de sintetizar composto de origem animal e vegetal e parecia se constituir em espelho da verdade divina. Sua generalidade, simplicidade e perfeição entravaram o avanço da química do século XIX. Não foi sem embaraços e dificuldades que Wöhler contestou a teoria vigente. Ele estava subvertendo uma ordem natural e clara, virando o mundo pelo avesso. O constrangimento produzido pela novidade e a conseqüente ruptura com o senso comum eram inevitáveis. De geral e absoluta, a teoria passa a ter um domínio de aplicação, restringe-se e passa a ocupar um lugar específico no quadro da química (compostos bioquímicos). A maior contribuição filosófica de Wöhler

---

<sup>1</sup> Chassot (1995) apresenta outras leituras possíveis sobre a alquimia: i) uma cética destituída de qualquer significado científico, concedendo-lhe apenas algumas contribuições acidentais para a ciência; ii) uma histórica, que faz uma leitura crítica de períodos mais distante da história; iii) uma que admite a possibilidade de um certo realismo-fantástico da alquimia, que não é sinônimo de fantasia, mas que tem muito de incrível ou ainda inexplicável. Nesta leitura não apenas se aceita como possível ter havido transmutações alquímicas, como também se colocam figuras singulares como Newton na galeria dos que operam esses feitos.

reside, portanto, no fato de este quebrar o universalismo da “teoria da força vital”. A negação não tem o caráter de rejeição do vitalismo por considerá-lo errôneo, mas somente a recusa de um monismo. Os compostos derivados do carbono constituem um novo sistema de referência, o qual exige que o pensamento se situe em outro patamar teórico. Ele não nasce de dentro do sistema antigo (vitalismo), ao contrário, representa um corte ou ruptura em relação a ele. Nega-o ao contradizer a validade absoluta de suas verdades; reordena-o ao limitar o campo de sua aplicação.

Segundo Oliveira (2000:81), o animismo, mesmo perdendo espaço como fundamento das teorias científicas, permanece bastante enraizado como recurso explicativo considerado capaz de facilitar, por meio de metáforas, a compreensão de uma série de fenômenos. É talvez no ensino de ciências, *particularmente no ensino das ciências*, que o obstáculo animista encontra seu maior refúgio, conforme se pode constatar no infeliz comentário de Maria Montessori acerca da dissolução de um carbonato em água gaseificada com anidrido carbônico: “a água é pois, ativa, gulosa, capaz de conter uma enorme quantidade desse gás do qual está ávida e que é seu colaborador na importante tarefa de devorar a pedra” (grifo nosso)

A crítica de Bachelard aos obstáculos epistemológicos é contundente e, por vezes, se vale de ironia e da deprecição para se contrapor às formas de pensar que o autor denomina de “pré-científicas”. No entanto, é preciso ressaltar que as críticas não pretendem figurar como juízo final da história das ciências, mas como alerta às explicações simplistas e imediatas.

A experiência simples, que teria por objetivo confirmar determinado saber, desdobra-se em complexidades que conduzem à retificação da razão. De antigo espaço interrogatório, em que o investigador aguarda tão-somente um “sim” ou um “não” como resposta, a experiência se converte em atividade dialogada, cuja conseqüência é a retificação dos primeiros enganos, e não a afirmação das primeiras verdades (OLIVEIRA, 2000:86).

Considerado professor-filósofo (ou o filósofo-professor), Bachelard fez, em seus textos, inúmeros comentários sobre o ensino de ciências, com a esperança de contribuir para a superação de métodos pedagógicos tradicionais, centrados no verbalismo dogmático ou no experimentalismo acrítico (OLIVEIRA, 2000:94).

Para Bachelard, o obstáculo pedagógico faz parte de uma cultura docente construída sobre a não aceitação de que o fracasso discente possa ser devido a resistências oferecidas às formas autoritárias de se conduzir o processo de aprendizagem. Essa cultura promove a fossilização das noções e dos princípios, dando lugar a um saber estéril, dogmático, que confere à educação científica o caráter de má educação. Ao defender esta tese, situa os livros didáticos de nossa época, que fornecem aos nossos alunos uma ciência fossilizada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como natural; mas não é; já não é natural. Já não é a ciência da rua e do campo. (BACHELARD, 1996: 30)

Peguem um livro de ensino científico moderno: apresenta a ciência como ligada a uma tória geral. Seu caráter orgânico é tão evidente que será difícil pular algum capítulo. Passadas algumas páginas, já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem as perguntas do leitor. [...]O livro comanda.

Peguem um livro científico do século XVIII e vejam como está inserido na vida cotidiana. O autor dialoga com o leitor como um conferencista. Adota os interesses e as preocupações naturais. Por exemplo: quer saber a causa de um trovão? Começa-se a falar com o leitor sobre o medo de trovão, vai-se mostrar que esse medo não tem razão de ser, repete-se mais uma vez, quando o trovão reboa, o perigo já passou, que só o raio pode matar (BACHELARD, 1996: 31).

Todas essas considerações permitem dizer que o ensino de química se enriquece ainda mais quando os professores desenvolvem ações pedagógicas, tendo em vista a pluralidade cultural e o amplo espectro de saberes que se acham à sua volta.

Nesta perspectiva, faz-se necessário que estas ações destaquem o caráter de “não neutralidade” da ciência. Para Chassot (1998), essa é a função do **professor formador**, pois, ao superar a postura de um ensino meramente informativo, estará contribuindo para a formação de cidadãos que problematizem a atividade científica, apresentando atitudes críticas para a sua dualidade:

Assim, observamos que não podemos ver na Ciência apenas a fada benfazeja que nos proporciona o conforto no vestir e na habitação, enseja-nos remédios mais baratos e mais eficazes ou até alimentos mais saborosos e mais nutritivos ou ainda facilita nossas comunicações. Ela pode ser- ou é- também uma bruxa malvada que programa grãos ou animais que são fontes alimentares da humanidade para se tornarem estéreis numa segunda reprodução. Essas duas figuras (a fada e a bruxa) devem-se fazer presentes quando ensinamos ciências (CHASSOT, 1998: 85).

A metáfora que expressa o dualismo do bem e do mal, bandida e mocinha ou ainda fada e bruxa, procura mostrar que não cabe ao homem abraçar um “ou”, mas lidar com um “e”, desconcertante e, sem dúvida, incômodo. As duas faces da ciência são as próprias faces humanas que se apresentam na sociedade.

#### 2.4. A Interdisciplinaridade e o ensino de Química

A interdisciplinaridade não se ensina, nem se aprende: vive-se, exerce-se. (...). É fundamentalmente uma atitude. Atitude feita de curiosidade, de abertura, de sentido de aventura, de intuição das relações existentes entre as coisas que escapam a observação comum. (JAPIASSU, 1981).

Segundo Capra (1982), as últimas décadas de nosso século vêm registrando um estado de profunda crise mundial. “É uma crise complexa, multidimensional, cujas facetas afetam todos os aspectos de nossa vida – a saúde e o modo de vida, a qualidade do meio ambiente e das relações sociais, da economia, tecnologia e política. É uma crise de dimensões intelectuais, morais e espirituais; uma crise de escala e premência sem precedentes em toda história da humanidade”. Ciência e tecnologia lançaram-se, “... numa correria cega sem prestarem atenção à paisagem de humanidade que as cerca, sem sonhar com o que deixaram atrás dela, para melhor obedecerem ao espírito frenético de conquista que as arrastaram para um terrível futuro” (GUSDORF, 1976:23).

São hoje muitos e fortes os sinais de que o modelo de racionalidade científica (paradigma dominante) atravessa uma profunda crise. A característica fundamental dessa racionalidade científica é ser um modelo totalitário, na medida em que nega o caráter racional a todas as formas de conhecimento que não se pautarem pelos seus princípios epistemológicos e pelas suas regras metodológicas (SOUZA SANTOS, 2004:40).

Segundo Souza Santos (2004:41-58), a crise do paradigma da ciência moderna se explica por condições teóricas e por condições sociais. As condições teóricas são explicadas por quatro momentos. A 1ª condição teórica é o resultado do grande avanço no conhecimento que ele propiciou, que permitiu ver a fragilidade dos pilares em que se funda. Einstein provocou o primeiro rombo no paradigma da ciência moderna, com o seu pensamento da relatividade da simultaneidade. A 2ª condição teórica da crise do paradigma dominante foi a mecânica quântica, quando se relativizou o rigor das leis de Newton no domínio da

microfísica. A 3ª condição da crise foi questionar o rigor da matemática e redefini-lo enquanto forma de rigor que se opõem às outras formas de rigor alternativo. A própria filosofia da matemática tem vindo problematizar criativamente estes temas e reconhece hoje que o rigor matemático, como qualquer forma de rigor, assenta num critério de seletividade e que, como tal, tem um lado construtivo e um lado destrutivo. Concluindo as crises do paradigma newtoniano, a 4ª condição é constituída pelos avanços do conhecimento nos domínios da microfísica, da química e da biologia nos últimos vinte anos.

Estes quatro momentos de crises teóricas acima mencionados têm vindo propiciar uma profunda reflexão epistemológica sobre o conhecimento científico, em que os próprios cientistas adquiriram uma competência e um interesse filosóficos para problematizar a sua prática científica e versar mais sobre o conteúdo do conhecimento científico do que sobre a sua forma.

O autor não deu um tratamento detalhado sobre como as condições sociais explicam a crise do paradigma moderno, referindo-se apenas que, tanto nas sociedades capitalistas quanto nas socialistas do leste europeu, a industrialização da ciência acarretou o compromisso desta com os centros de poder social, económico e político, os quais passaram a ter um papel decisivo na definição das prioridades científicas.

Pautada pelas condições teóricas e sociais, a crise do paradigma da ciência moderna não constitui um pântano cinzento de ceticismo ou de irracionalismo. É antes o retrato de uma família intelectual numerosa e instável, mas também criativa e fascinante, no momento de se despedir, com alguma dor, dos lugares conceituais, teóricos e epistemológicos, ancestrais e íntimos, mas não mais convincentes e securizantes, uma despedida em busca de uma vida melhor a caminho doutras paragens, onde o otimismo seja mais fundado e a racionalidade mais plural e onde finalmente o conhecimento volte a ser uma aventura encantada (SOUZA SANTOS, 2004:58).

Segundo Boaventura de Souza Santos (2004), o paradigma a emergir de uma sociedade não pode ser apenas um paradigma científico, tem de ser também um paradigma social. Ele fala de um paradigma de um conhecimento prudente para uma vida decente. Portanto, a distinção dicotômica entre ciências naturais e sociais deixou de ter sentido e utilidade.

O conhecimento do paradigma emergente tende a ser um conhecimento não dualista, um conhecimento que se funda na superação das distinções tão familiares e óbvias que até agora considerávamos insubstituíveis, tais como natureza/cultura, natural/artificial, vivo/inanimado, mente/matéria, observador/observado, subjetivo/objetivo, coletivo/individual, animal/pessoa (SOUZA SANTOS, 2004:64).

Quando a mecânica clássica se mostrou imprópria para explicar os fenômenos que se processam em escala atômica e em escala cosmológica, ficou clara a necessidade de se setorizar as investigações, pois ao macro e ao micro era preciso se aplicar racionalidades distintas. Tal aplicação, longe de representar o confinamento de áreas muito específicas ou “ilhas” de saber, configura-se em fonte de abertura do pensamento. Os estudos quânticos levariam a pensamentos cada vez mais abrangentes, ao invés de reduzirem pesquisadores à condição de colecionadores de pormenores, que *sabem muito a respeito de quase nada* (OLIVEIRA, 2000:92) (grifo nosso).

Reconhece-se hoje, que o dilema da ciência moderna reside na especialização. Sendo um conhecimento disciplinar, tende a ser um conhecimento disciplinado, isto é, segrega uma organização do saber orientada para policiar as fronteiras entre disciplinas e reprimir os que quiserem transpô-las. É hoje reconhecido que a excessiva parcelização e disciplinalização do

saber científico faz do cientista um ignorante especializado e que isto acarreta efeitos negativos (SOUZA SANTOS, 2004:74).

No ensino é possível perceber que a estruturação eminentemente disciplinar dos currículos escolares também acaba por conferir ao conteúdo uma visão “unilateral” e “hierárquica” tal qual a metáfora da árvore como estrutura do conhecimento, onde os galhos, representando as mais diversas “especializações”, apontam as mais diversas direções, não guardando entre si outras ligações que não a do tronco comum, a ligação histórica de sua genealogia (GALLO, 1997).

Desta forma, a organização do saber científico escolar em disciplinas se constitui em forma canônica de se produzir conhecimento e, por conseguinte, induziu um currículo escolar estruturado disciplinarmente. Nesse particular, vários autores já haviam apontado que as disciplinas escolares não se reduzem ao domínio do saber de referência (SOUZA SANTOS, 1989; ASTOLF e DEVELAY, 1995). No entanto, Pietrocola e colaboradores (2003) frisam que mesmo se as disciplinas escolares não se reduzem ao saber de referência, mantêm com eles uma grande semelhança. O autor ainda descreve que, embora seja fácil constatar que o ensino disciplinar tradicional tem sido incapaz de abarcar a diversidade do mundo, as alternativas não-disciplinares trazem consigo outros problemas, especialmente a dificuldade em se lidar com situações não delimitadas por fronteiras epistemológicas bem definidas.

Segundo Santos (2005:87), essas dificuldades são resultantes do pensamento ocidental que foi comandado por um paradigma de disjunção, que separou o sujeito do conhecimento do objeto de conhecimento. Desta forma, vivemos num mundo em que é cada vez mais difícil estabelecer ligações, quando se trata de enraizar uma outra estrutura de pensamento: ao movimento de disjunção que caracterizou o paradigma moderno combinar o movimento de conjunção, isto é, associar o simples/complexo. A autora completa que para isso é preciso, evidentemente, uma ruptura do ensino, que permita juntar ao mesmo tempo em que separa.

Fruto de um saber/existir fragmentado e alienado, a humanidade assiste, perplexa, à crise das ciências, à crise do próprio homem. Esse saber especializado, distante da vida, sem proveito, interessa-se por tudo, menos pelo essencial.

Em sua obra *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*, Ivani Fazenda nos leva a uma possibilidade de posicionamento frente a esta crise:

“Fala-se em crise de teorias, de modelos, de paradigmas, e o problema que resta a nós educadores é o seguinte: É necessário estudar-se a problemática e a origem dessas incertezas e dúvidas para conceber uma educação que as enfrente. Tudo nos leva a crer que o exercício da interdisciplinaridade facilitaria o enfrentamento dessa crise de conhecimento e das ciências, porém é necessário que se compreenda a dinâmica vivida por essa crise, que se perceba a importância e os impasses a serem superados num projeto que a contemple”.

Segundo Fazenda (1999:15), na releitura do passado com os olhos de presente e de futuro, promove um reencontro com Sócrates na história do conhecimento: “Conhecer a si mesmo é conhecer em totalidade, interdisciplinarmente. Em Sócrates, a totalidade só é possível pela busca da interioridade. Quanto mais se interioriza, mais certeza vai-se adquirindo da ignorância, da limitação, da provisoriabilidade. A interioridade nos conduz a um profundo exercício de humildade (fundamento maior e primeiro da interdisciplinaridade). Da dúvida interior à dúvida exterior, do conhecimento de mim mesmo à procura do outro, do mundo. Da dúvida geradora de dúvidas à primeira grande contradição e nela a possibilidade de conhecimento... Do conhecimento de mim mesmo ao conhecimento da totalidade”.

Para Pietrocola e colaboradores (2003), a interdisciplinaridade se constitui como uma forma de se fazer uma leitura mais adequada da realidade. Os autores sugerem que no lugar de transformar os objetivos do mundo de forma a integrá-los às teorias, é possível proceder de forma inversa, ou seja, submeter os conhecimentos disponíveis a projetos de ação sobre o mundo. Por exemplo, no desenvolvimento da metodologia de projetos cujo objetivo foi procurar soluções para as queixas de consumidores bolivianos, usuários do chuveiro de determinada marca que, ao tomarem banho quente, têm recebido descargas (choques) das mais variadas intensidades registrando, inclusive, casos de óbitos. Neste último processo, as teorizações produzidas são limitadas em prol de representações menos idealizadas e mais realistas (PIETROCOLA et al, 2003).

Se no interior do conhecimento disciplinar, constroem-se representações teóricas às custas de limitações do mundo cotidiano, no conhecimento prático, procede-se de forma inversa, limitando-se o potencial dos conhecimentos teóricos em prol de representações mais fidedignas ao mundo cotidiano (PIETROCOLA et al., 2003).

Não existe um conceito único para interdisciplinaridade, cada enfoque depende basicamente da linha teórica de quem pretende defini-la. Contudo, os diferentes trabalhos apontam para uma noção de interdisciplinaridade como princípio de unificação e não unidade acabada. Caracterizando-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pela integração das disciplinas num mesmo projeto de pesquisa (FAZENDA, 1986; JANTSCH e BIANCHETTI, 1995; JAPIASSU, 1976; SANTOMÉ, J.T, 1998).

Para Nicolescu (1999:2) a interdisciplinaridade *diz respeito à transferência de métodos de uma disciplina à outra*. Podemos distinguir três graus de interdisciplinaridade: a) *um grau de aplicação*. Por exemplo, quando os métodos da física nuclear são transferidos para a medicina, resultam no aparecimento de novos tratamentos de câncer; b) *um grau epistemológico*. Por exemplo, transferindo os métodos da lógica formal para a área do direito geral, geram análises interessantes de epistemologia do direito; c) *um grau de geração de novas disciplinas*. Por exemplo, quando métodos da matemática foram para a física geraram a física matemática e, quando transferidos para os fenômenos meteorológicos ou para processos do mercado de ações, geraram a teoria do caos; para astrofísica, produziu-se a cosmologia quântica e, transferindo métodos computacionais para a arte, obteve-se a arte computacional. Assim como a pluridisciplinaridade, a interdisciplinaridade ultrapassa as disciplinas, mas seu objetivo permanece dentro do mesmo quadro de referência da pesquisa disciplinar.

Para Luck (2002), interdisciplinaridade corresponde à necessidade de superar a visão fragmentadora de produção de conhecimento [...] Articular e produzir coerência entre os múltiplos fragmentos que estão postos no acervo de conhecimento da humanidade.

A interdisciplinaridade, numa visão epistemológica, é um método de ensino voltado para a interação de duas ou mais disciplinas, num processo que pode ir da simples comunicação de idéias até a integração recíproca de finalidades, objetivos, conceitos, conteúdos, terminologia, procedimentos, dados e formas de organizá-los e sistematizá-los no processo de elaboração do conhecimento (GONÇALVES, 1996:78).

De acordo com Japiassu (1981), o objetivo utópico da interdisciplinaridade é a unidade do saber e que parece constituir a meta ideal de todo saber que pretenda corresponder às exigências fundamentais do progresso humano. Difere radicalmente dos encontros multi e pluridisciplinares, que consistem na combinação de conceitos e métodos, colocando-os na presença um do outro, originando combinações imprevistas, sem a definição de objetivos a serem alcançados, sem a clareza dos princípios, dos conceitos, dos elos que estabeleceram

relação entre elas, e sem uma coordenação situada no plano teórico-metodológico. Segundo o autor, interdisciplinaridade não é algo que se ensine ou se aprenda, é algo que se vive.

Mais importante do que defini-la, porque o próprio ato de definir estabelece barreiras, é refletir sobre as atitudes que se constituem como interdisciplinares: atitude de humildade diante dos limites do saber próprio e do próprio saber, sem deixar que ela se torne um limite; a atitude de espera diante do já estabelecido para que a dúvida apareça e o novo germine; a atitude de deslumbramento diante da possibilidade de superar outros desafios, atitude de respeito ao olhar o velho como novo, ao olhar o outro e reconhecê-lo, reconhecendo-se; a atitude de cooperação que conduz às parcerias, às trocas, aos encontros, mais das pessoas que das disciplinas, que propiciam as transformações, razão de ser da interdisciplinaridade. Mais que um fazer é paixão por aprender, compartilhar e ir além (TRINDADE, 2005:03).

Para Angotti (2005), nunca as mútuas influências dos diversos campos científicos foram tão fortes, nunca a busca pela interdisciplinaridade esteve tão presente tanto na pesquisa como no ensino de ciências e matemática, nunca os sistemas (abertos ou fechados, dinâmicos ou estacionários) foram considerados tão complexos como agora. A velha experimentação sofreu sofisticação sem precedentes e temáticas milenares como a dualidade ordem-desordem vem sendo intensamente pesquisada nas últimas três décadas com auxílio de novas tecnologias, novas lógicas e novas incursões teóricas.

O conhecimento se renova e se expande, o simples é reconcebido como complexo (Bachelard, 1996).

Avança também a busca incessante por métodos diferenciados de trabalho em equipe na construção da interdisciplinaridade. Se um objeto de investigação é por natureza complexo, não será pesquisado a contento por apenas um ou dois campos de conhecimento. Será submetido aos estudos cruzados pela construção das diversas disciplinas do saber científico (Angotti, 2005).

Segundo Libâneo (2005) será um pensar mediante a complexidade, que significa apreender a totalidade complexa, as inter-relações das partes, de modo a se travar uma abertura, um diálogo entre diferentes modelos de análise, diferentes visões das coisas. Isso leva à cooperação interdisciplinar, ao intercâmbio de alteridades, e o autor completa que a busca de inter-relações não significa ordenar a realidade, organizá-la, mas significa, também, a desordem, a contradição, a incerteza.

O Pensar Complexo, segundo Santos (2005), está fundamentado em cinco princípios, e que, se trabalhados na Educação, provocam uma mudança de Paradigma, transformando o modo de pensar e de olhar o mundo tanto dos professores como dos alunos. São os princípios da Complementaridade, o Holográfico, da Indeterminação ou Incerteza, o da Transdisciplinaridade e o da Autopoiése. Em linhas gerais, apresentam as seguintes características:

- 1- O Princípio de Complementaridade contrapõe-se à visão dual cartesiana, conceituando as consagradas dualidades como complementares: bem/mal; ser/saber; razão/emoção; saúde/doença; auto-referencialidade/multirreferencialidade; parte/todo; certeza/incerteza; ordem/desordem; uno/múltiplo.
- 2- O Princípio Holográfico reforça a necessidade de uma visão global como complemento da visão descontextualizada do cartesianismo e da íntima relação existente entre as partes e o todo. Neste sentido, o conhecimento é uno, porém fragmentado e consolidado durante o modernismo, levando a hiperespecialização, assegurada e alienada pelas fronteiras epistemológicas de cada ciência.
- 3- O Princípio da Transdisciplinaridade propõe transgredir as fronteiras epistemológicas de cada ciência com vistas à construção de um saber articulado, mais significativo para a humanidade sob uma visão unitária, resgatando o sentido do conhecimento ao

articular as zonas de confluência existentes entre as diversas áreas do conhecimento, estimulando o intercâmbio de princípios compatíveis entre elas.

- 4- O Princípio da Incerteza ou da Indeterminação resgata a dinâmica da Vida, da Natureza e do Cosmos para além do conceito de certeza construída pela Ciência Moderna. Ele realça a ambigüidade da vida e do conhecimento, da indeterminação, do caos e da desordem, que passam a ser integrados nos fenômenos.
- 5- O Princípio da Autopoiése, de suma importância para os fazeres docentes, destaca o equívoco contido na idéia de “transmissão” do conhecimento. Enfatiza o crescimento do ser humano como uma dinâmica interior que interage com fenômenos exteriores. O conceito autopoiédico de aprendizagem remete também à reformulação dos princípios que fundamentam o papel do professor, que passa a ser visto como aquele que organiza e enriquece as interações do organismo com o mundo externo e com o conhecimento acumulado pela humanidade, estimulando o crescimento do indivíduo (SANTOS, 2005:68)

O aprofundamento do especialista por meio de um conhecimento fragmentado deve-se articular à contextualização, aplicando o princípio holográfico, o princípio da complementaridade e o da transdisciplinaridade. O micro e o macro estão vinculados. Hoje, o princípio holográfico traz à tona a relação todo/partes, destacando a necessidade de uma visão global, superando as fragmentações a que estamos sujeitos. Esse princípio vem acoplado a outros princípios como o da transdisciplinaridade, da complementaridade e o da incerteza, trazendo desdobramentos conceituais, como o conceito de conhecimento como uma rede de relações. A representação usual do conhecimento como uma árvore, com suas ramificações (a árvore do conhecimento) apóia-se nos fundamentos cartesianos de fragmentação do conhecimento e não prevê a inter-relação existente entre as diversas áreas. Para fugir dessa representação estática e compartimentada, a autora diz que, hoje, propõe-se a imagem de raiz rizomática (interconectada), retirando-se a idéia de hierarquia, substituindo-a pela democracia cognitiva. A autora conclui que nenhuma área é superior à outra e todas as áreas do conhecimento são igualmente importantes (SANTOS, 2005:77-78).

O conhecimento, enquanto rizoma é mais rico, complexo, se comparado com o conhecimento estruturado de forma arbórea, que é de fácil circunscrição e reprodução, com tendência a homogeneização e padronização, por isso muito usado nas práticas de ensino nas escolas. O conhecimento elaborado pelo paradigma da árvore é um saber sob controle, já o conhecimento que tem a concepção do rizoma facilita as linhas de fuga, as rupturas e a formação de conexões imprevistas, levando a novas direções. Essa nova forma de articulação do conhecimento rizomático possibilita entendimento e análise transversais, assim sendo, não é nem vertical e nem horizontal. Permite que o processo de conhecer seja conjugado através de diferentes saberes, com articulação sem início e sem fim.

A mecânica quântica, no século XX, acirra o debate entre as concepções deterministas e indeterministas ao estabelecer a impossibilidade da medição simultânea da posição e da velocidade de um elétron (princípio da incerteza, estabelecido por Heisenberg). Segundo Oliveira (2000:90), para os indeterministas (Bohr, Heisenberg e outros), a impossibilidade não provém das limitações técnicas, mas é fruto da interferência de quem investiga sobre o objeto investigado. Ao “iluminar” um elétron para se fazer a medição desejada, promove-se a interação entre ele e o fóton incidente, ou seja, cria-se um novo fenômeno. Já para os deterministas, como, por exemplo, Einstein, Deus não tem o hábito de jogar dados com o universo; por isso, a indeterminação provém das dificuldades investigativas surgidas quando se busca lidar com os objetos ultramicroscópicos. Segundo Paul Davies, autor da obra “Deus e a nova física”, citado por Oliveira (2000:90), “as experiências realizadas nos últimos anos têm dado razão aos indeterministas, ou seja, a incerteza parece ser a tônica do micromundo”.

A incerteza do conhecimento, que a ciência moderna sempre viu como limitação técnica destinada a sucessivas superações, transforma-se na chave do entendimento de um mundo que mais do que controlado tem de ser contemplado (SOUZA SANTOS, 2004:86).

A ciência pós-moderna tenta dialogar com outras formas de conhecimento, deixando-se penetrar por elas. Ao sensocomunizar-se, não despreza o conhecimento que produz tecnologia, mas entende que, tal como o conhecimento se deve traduzir em autoconhecimento, o desenvolvimento tecnológico deve traduzir-se em sabedoria de vida. O autor completa que a prudência é a insegurança assumida e controlada.

Oliveira (2000:127) nos diz que muitos autores defendem a necessidade de que o conhecimento científico e o conhecimento comum se fundam, dando origem a um saber mais amplo que ambos e, portanto, mais capaz de interpretar a complexidade do mundo. De acordo com Souza Santos (1989), a ruptura promovida pela ciência moderna em relação ao senso comum foi importante para alavancar o progresso científico; contudo, ela agora mostra acentuados sinais de esgotamento. O novo paradigma seria o que o autor denomina de “segunda ruptura epistemológica”, capaz de permitir a interpenetração entre a racionalidade científica e os elementos simbólicos e míticos presentes no senso comum.

As angústias da incerteza e da dúvida passaram a fazer parte do cotidiano. Para lidar com elas, a interdisciplinaridade se apresenta como uma possibilidade de resgate do homem frente à totalidade da vida. É uma nova etapa, promissora, no desenvolvimento da Ciência, em que o próprio conceito das ciências começa a ser revisto. Além disso, conforme nos lembra Santomé (1998:45):

“Também é preciso frisar que apostar na interdisciplinaridade significa defender um novo tipo de pessoa, mais aberta, mais flexível, solidária, democrática. O mundo atual precisa de pessoas com uma formação cada vez mais polivalente para enfrentar uma sociedade na qual a palavra mudança é um dos vocábulos mais freqüentes e onde o futuro tem um grau de imprevisibilidade como nunca em outra época da história da humanidade”.

Portanto, fez-se necessária uma interdisciplinaridade, não numa mera justaposição de disciplinas, mas na possibilidade de relacioná-las em atividades experimentais. O conceito de interdisciplinaridade fica claro quando se considera que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, e parafraseando Santos, 2003, “educar é fazer com que os jovens dialoguem com o conhecimento”.

## **2.5. A perspectiva construtivista para o Ensino de Química**

O construtivismo da psicologia cultural exige que sejamos conscientes de como alcançamos o nosso conhecimento e o mais consciente que pudermos sobre os valores que nos conduzem aos nossos pontos de vista(...). Ele se baseia em valores que, acredito eu, se mostram mais aptos para lidar com as mudanças e rupturas que se tornaram uma característica tão presente na vida moderna (BRUNER, 1997:35).

A concepção construtivista não é, em sentido estrito, uma teoria, mas um referencial explicativo que, partindo da consideração social e socializadora da educação escolar, integra contribuições diversas cujo denominador comum é constituído por um acordo em torno dos princípios construtivistas. Dentre estes princípios destaca-se a noção de aprendizagem como um processo que se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento. A estrutura cognitiva do aprendiz é vista como ponto chave nesta construção.

Por outro lado, o construtivismo é, antes de tudo, uma postura pedagógica (que também se constrói) e que permite interpretar/reinterpretar todas essas coisas; uma nova forma de interpretar o mundo em que vivemos.

Em linhas gerais, o construtivismo significa que nada a rigor está pronto, acabado, e que especificamente, o conhecimento não é dado em nenhuma instância como algo terminado. Ele se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social, com simbolismo humano, com o mundo das relações sociais (BECKER, 1990).

Todo ensino que se propõe a ser construtivista deve ter sempre o aluno como foco principal de atenção, pois ele é o grande construtor de seu próprio conhecimento. É através das representações mentais do mundo com o qual interage, que esse aluno consegue avançar em suas interpretações conforme situações novas vão surgindo. Ele sempre levará para a sala de aula concepções construídas a partir de sua interação com a realidade, suas próprias elaborações do projeto de estudo. É, portanto, fundamental conhecer como pensam esses alunos, como percebem e compreendem os fenômenos que serão estudados (CARVALHO et al, 1992).

Parafrazeando Carvalho e outros (1992), “buscar o rosto de um curso de Química construtivista não significa inventar novas técnicas ou estratégias, não passa pela descoberta e disseminação da receita milagrosa da construção. Na realidade é, antes de tudo, buscar o espírito desse ensino através das mais comuns e diversas atividades inevitáveis em qualquer curso, porém, agora, imbuídos de uma filosofia de conhecimento na qual a aprendizagem é um processo em construção. As aulas expositivas necessárias e extremamente ricas, além de servirem como canais de informação, passam a desempenhar também uma função estruturadora das diversas questões e discussões empreendidas ao longo de um curso. Deixam, portanto, de ser meros veículos de transmissão de conhecimento, passando a integrar o processo como uma das maneiras de auxiliar os mecanismos de preenchimentos de lacunas, identificadas ao longo da construção empreendida”.

Neste contexto as experiências de laboratório também se tornam mais que simples atividades de ilustração ou de entretenimento e, assim como os exercícios, adquirem uma dimensão inquiridora, um caráter de pesquisa, aproximando o ensino da ciência, da própria atividade científica através da identificação metodológica (BARBOSA, 1997:29).

No entanto, o Ensino das Ciências tem-se caracterizado por estratégias de ensino com ênfase nos processos memorísticos e mecanicistas da aprendizagem, pelos quais as noções de ensino-aprendizagem são baseadas no modelo transmissão-recepção. Nesta concepção, a aprendizagem dá-se de forma meramente mecânica, caracterizando-se por uma organização de informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva (construto hipotético que reflete organização de idéias na mente de um indivíduo) do aprendiz, implicando uma armazenagem arbitrária de novo conhecimento. O produto desta aprendizagem se caracteriza, portanto, em memorização com um subseqüente esquecimento rápido do conhecimento aprendido. Infelizmente, esta aprendizagem mecânica, ou seja, por transmissão - recepção, é a que, de forma geral, tem sido propiciada pelo Ensino de Ciências (FRACALANZA ET AL, 1986; SCHNETZLER, 1992; MALDAMER, 2000), contrastando os objetivos que são propostos para aquele ensino.

Teóricos da aprendizagem como Ausubel, têm tido grande influência nas atuais pesquisas de ensino através de sua teoria sobre o processo de cognição que dão ênfase à importância de se levar em conta o conhecimento prévio do aluno no ato ensinar/aprender.

Acredita-se que não planejar o ensino, levando-se em conta este conhecimento do aluno, provavelmente pouco se conseguirá do desejado. A teoria de Ausubel ocupa-se especificamente dos processos de aprendizagem/ensino dos conceitos científicos a partir dos conceitos previamente formados pela criança em sua vida cotidiana (POZO, 1998).

Segundo Ausubel, “aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA, 1999:11). Nesse processo, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor” ou, simplesmente, “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. O “subsunçor” é, portanto, um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito.

Segundo Moreira (1999:12), dando exemplo de física, ele diz que se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, estes servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e de campo como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Todavia, esse processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação dos conceitos subsunçores (força e campo). Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes, bem elaborados, claros, estáveis ou limitados, pouco desenvolvidos, instáveis, dependendo da frequência e da maneira como serviram de ancoradouro para novas informações e com elas interagiram. No exemplo dado, uma idéia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes à força e aos campos gravitacional, eletromagnético e nuclear, porém, na medida em que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa, isso resultaria em crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais. Os conceitos de força e campo ficariam mais abrangentes e elaborados e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a forças e aos campos correlatos.

Daí, conclui-se que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ‘ancora-se’ em conhecimentos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Portanto, aprendizagem significativa caracteriza-se por uma interação entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, por meio da qual essas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999:13).

Ausubel, citado por Moreira (1999), contrapõe a aprendizagem mecânica à aprendizagem significativa, definindo a primeira como sendo aquela em que novas informações são apreendidas praticamente sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem se ligar a conceitos subsunçores específicos.

Em química, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos podem ser tomados como exemplo típico de aprendizagem mecânica.

Moreira (1999:14) nos diz que, embora a aprendizagem significativa deva ser preferida à mecânica por facilitar a aquisição de significados, a retenção e a transferência de aprendizagem, pode ocorrer que, em certas situações, a aprendizagem mecânica seja desejável ou necessária; por exemplo, em uma fase inicial da aquisição de um novo corpo de conhecimentos. Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem mecânica e significativa como sendo uma dicotomia, e sim um continuum, como apresentado na figura 1.

O trabalho de laboratório nas escolas, ou seja, as aulas experimentais estão num continuum entre aprendizagem significativa e mecânica.

Segundo Moreira (1999), não se deve confundir aprendizagens significativa ou mecânica com aprendizagens por descoberta ou por recepção. Na aprendizagem receptiva, o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta, o conteúdo principal a ser aprendido deve ser descoberto pelo aprendiz. No final a aprendizagem só será significativa, segundo a concepção ausubeliana, se o novo conteúdo incorporar-se, de forma não arbitrária e não literal, à estrutura cognitiva. Portanto, a aprendizagem por descoberta não é necessariamente, significativa, nem

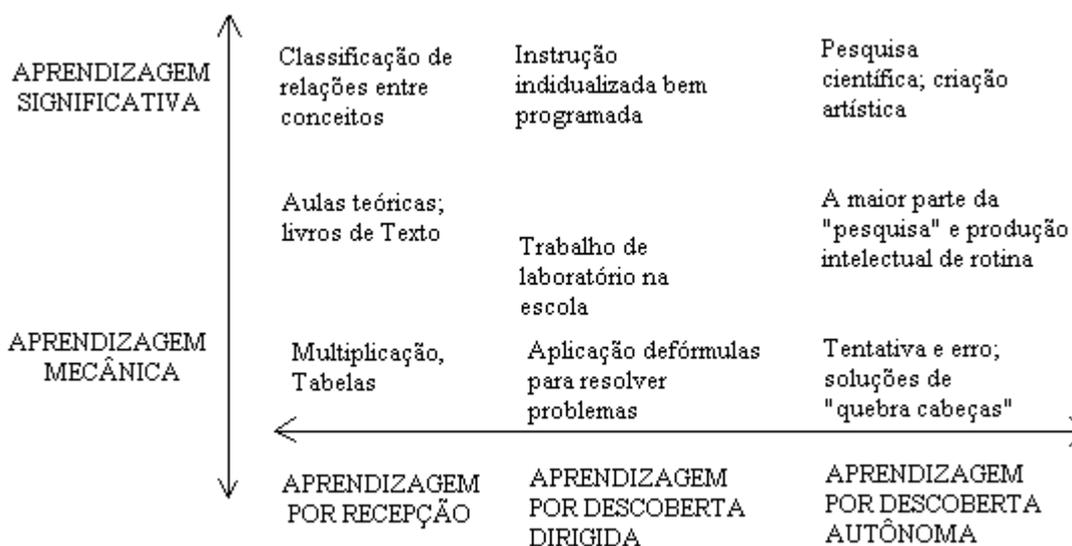
aprendizagem por recepção é obrigatoriamente mecânica. Em termos de aprendizagem de conteúdo, o que é descoberto torna-se significativo da mesma forma que aquilo que é apresentado ao aprendiz na aprendizagem receptiva.

Na prática, a maior parte desse conteúdo está orientada para a aprendizagem receptiva, sendo muitas vezes criticada pelos defensores da aprendizagem por descoberta. Do ponto de vista de aquisição do conhecimento, essa crítica é, segundo Ausubel, injustificada, pois, em nenhum estágio do desenvolvimento cognitivo do aluno, ele tem, necessariamente, que descobrir conteúdos a fim de se tornar apto a compreendê-los e usá-los significativamente.

O laboratório tem no ensino de ciências e no de química, particularmente, um papel fundamental, porém, se o objetivo for o de fazer com que o aluno aprenda determinado conteúdo ou que estabeleça relações entre química e solos, isso pode ser feito por meio da aprendizagem receptiva. Moreira diz que o ensino e a aprendizagem seriam altamente ineficientes se o aluno tivesse de redescobrir os conteúdos para que a aprendizagem fosse significativa.

Segundo Moreira (1999:17), “não há porque criticar o ‘método expositivo’ ou a instrução organizada por meio de linhas de aprendizagem receptiva, quanto a seus méritos. Podem ser ineficientes se foram mal empregados. Porém, na medida em que facilitarem aprendizagem receptiva significativa, poderão ser mais eficientes do que qualquer outro método ou abordagem instrucional, no que se refere à aquisição de conteúdo cognitivo”.

Na verdade, aprendizagem por descoberta e por recepção não são dicotômicas, podendo ser concomitantes. A figura 1 mostra um gráfico onde é possível perceber estas relações.



**Figura 1** – Aprendizagem por recepção e por descoberta está num continuum distinto entre aprendizagem mecânica e significativa (MOREIRA, 1999:19).

Neste modelo, a experimentação (trabalho de laboratório na escola) está associada à aprendizagem por descoberta, num *continuum* entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, mas em um estágio mais avançado de maturidade cognitiva pode, em um primeiro momento, ser orientada para a aprendizagem por recepção, como instrumento de produzir conhecimentos, habilidades e capacidades mentais para que o indivíduo possa organizar, interpretar e reelaborar as suas experiências de vida e não privilegiando o saber

técnico, os métodos individualizantes na obtenção do conhecimento, em que tudo é previsto, organizado, controlado pela equipe de comando, como preconiza a concepção tecnicista.

A aplicação desta concepção está em determinados roteiros de laboratórios que são um conjunto de instruções as quais têm o objetivo de guiar os alunos em atividades experimentais.

Por outro lado, a chamada “aprendizagem por descoberta”, que acentua o valor motivacional da experimentação é um importante exemplo da aplicação das teses empiristas – indutivistas ao ensino de ciências. Segundo Lang (1992: 37), essa proposta tem como suposto essencial que a observação e a experimentação bem conduzidas proporcionam a base segura da qual o conhecimento é obtido.

A observação e a experimentação têm papéis importantes na construção do conhecimento, mas diferente daquele colocado pela epistemologia empirista – indutivista.

Segundo Popper, citado por Lang (1992:38), “aprender algo novo é modificar algum conhecimento anterior: a aprendizagem sempre se dá a partir dos conhecimentos prévios”.

Confirmando a citação anterior, Ausubel diz que a estrutura cognitiva existente é o principal fator que influencia a aprendizagem significativa. Desde que, logicamente, um material significativo é sempre aprendido em relação a conceitos, princípios e informações anteriormente aprendidos, tornam possível a emergência de novos significados e aumentam a sua retenção, é evidente que as propriedades substantivas e organizacionais deste conjunto de conhecimentos anteriores afetam tanto a precisão e clareza dos novos significados emergentes, como a sua retenção, a curto e a longo prazo (RONCA, 1980).

Para que ocorra o relacionamento entre o conteúdo a ser apresentado e a estrutura cognitiva do aluno, o professor pode utilizar a estratégia dos organizadores prévios.

Segundo Ronca (1980:92), os organizadores consistem em informações amplas e genéricas, que servirão como pontos de ancoragem para idéias mais específicas, que virão no decorrer da exposição. As informações particulares, por sua vez, quando aparecerem, poderão ser relacionadas com as mais genéricas, mostrando aos alunos, como o caso particular exemplifica, os princípios gerais contidos nos organizadores. O autor nos diz que organizadores prévios não devem ser confundidos com sumários e introduções.

Segundo Ausubel, citado por Ronca, 1980:93, as seguintes razões justificam o uso de organizadores prévios:

- a) a importância de o aluno ter, na sua estrutura cognitiva, idéias já disponíveis, que possam tornar as novas idéias significativas, servindo-lhes de ponto de ancoragem;
- b) a vantagem de se usarem idéias mais gerais e inclusivas de uma disciplina como idéias-âncoras: sua inerente estabilidade, seu grande poder explanatório e a sua capacidade integrativa;
- c) a principal função do organizador é estabelecer uma ponte entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, para que possa aprender com sucesso a nova tarefa;
- d) algumas vezes, os alunos já possuem, na sua estrutura cognitiva, conceitos abrangentes que poderiam ser empregados como suporte ideativo independentemente de organizadores. No entanto, dificilmente tais conceitos disponíveis apresentariam uma relevância e capacidade de inclusão específica para o novo material. Além disso, apesar de os alunos poderem improvisar um conceito adequado e abrangente, é improvável que o façam tão eficientemente quanto uma pessoa experiente, tanto no conteúdo de sua matéria como em didática;
- e) uma outra vantagem do organizador prévio pode ser a de apontar, explicitamente, de que maneira os conceitos previamente aprendidos e disponíveis na estrutura cognitiva, são semelhantes ou diferentes das novas idéias contidas no material a ser exposto. Esta manobra tem, como efeito, grande economia de esforço de

aprendizagem, evita o isolamento de conceitos essencialmente semelhantes e desencoraja a proliferação confusa de termos múltiplos, para representar idéias equivalentes;

- f) além disso, os organizadores aumentam a discriminabilidade de diferenças genuínas entre os novos materiais de aprendizagem e idéias análogas existentes na estrutura cognitiva. Segundo Ausubel, é fundamental que as características que distinguem a nova tarefa de aprendizagem sejam prontamente discrimináveis de idéias existentes na estrutura cognitiva. Somente variações perfeitamente discrimináveis de conceitos previamente aprendidos têm potencialidade de retenção a longo prazo.

O autor nos diz que os organizadores prévios podem ser usados na aprendizagem por descoberta para ajudar o aluno a formar conceitos e categorias que ele precisa para interpretar suas “descobertas”, desde que as conclusões sejam dadas aos alunos. Como a função dos organizadores é estabelecer uma ponte entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, para que possa aprender com sucesso, ele não interfere necessariamente com o processo de descoberta.

## 2.6 A experimentação como suporte metodológico no Ensino de Química

“A química, para chegar à sua cabeça, deve antes passar por suas mãos. Este é o caminho mais curto e ao mesmo tempo o mais rico” (MATEUS, 2001: 12).

A idéia de uma postura *experimental* está ligada à exploração do novo e à incerteza de se alcançar o sucesso nos resultados da pesquisa. Está ligada também às idéias de ação e de contato com o fenômeno estudado e é comumente considerada como sinônimo de *método científico* (FRACALANZA et al, 1986:94). (grifo do autor).

Entretanto, segundo os autores, não podemos entender o procedimento experimental como uma seqüência padronizada de etapas, pois na prática, é comum inverter a ordem de algumas etapas ou até o procedimento todo. Diante da ausência de um padrão, o que caracterizaria a chamada metodologia experimental?

Para Fracalanza e colaboradores (1986), a característica é a chamada investigação controlada, em que se fixa um ou mais fatores supostamente envolvidos com o fenômeno, para se determinar a influência de outros, que são chamados de variáveis.

Como a investigação experimental envolve procedimentos intelectualmente complexos, não são acessíveis ao pensamento do aluno iniciante do primeiro grau e apenas os jovens de 14 a 15 anos (final do primeiro e início do segundo grau) apresentam um pensamento operatório-abstrato que é necessário na investigação experimental que, por sua vez, compõe-se de ações e reflexões intercaladas.

Um dos aspectos do ensino de Química é conhecer como os alunos percebem e compreendem o mundo que os cerca, isto é, entender como eles vêem e explicam os fenômenos fundamentais e qual a lógica usada por eles na formação dos conceitos. É a partir destes conhecimentos que os professores podem construir seu ensino.

Segundo Bachelard (1996:23), os professores de ciências imaginam que o espírito científico começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de química com conhecimentos empíricos já construídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana.

Para Bachelard (1996:24), toda cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir.

As atividades de ensino devem propiciar condições para que o aluno construa o conhecimento, utilizando-se das concepções por ele já construídas, ou seja, levando-se em conta como o aluno compreende um dado conceito, seu nível cognitivo e o conhecimento aceito pela comunidade científica e, assim, que consiga conectá-lo com suas atividades de campo, tornando a aprendizagem frutífera.

Ao adotar o “método de investigação científica” no ensino das ciências, é importante tomar o cuidado para não perpetuar a idéia de ciência como um corpo de conhecimentos prontos e acabados, e o método como um conjunto de passos rígidos que levará a “verdade científica”.

Para o espírito científico, todo conhecimento é a resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 1996:18).

Segundo Axt (1991:79), a utilização da experiência no ensino das ciências apresenta as seguintes características: 1- freqüentemente os experimentos são ministrados de forma aleatória e desvinculados do conteúdo, como se fossem um apêndice. O conteúdo da disciplina é tratado como um corpo objetivo de conhecimentos, pouca atenção é dada à potencialidade da experimentação como veículo de aprimoramento conceitual, admitindo de forma implícita que a firmeza conceitual pode ser alcançada através da aplicação coerente de fórmulas, ou, até mesmo, pela simples memorização. O papel reservado para a experimentação é o de verificar aquilo que é informado na aula; 2- com menos freqüência, a experimentação é utilizada para veicular conceitos, obter relações, determinar constantes, propor problemas experimentais. Explora-se, neste caso, as potencialidades didáticas do experimento, tanto no sentido heurístico quanto metodológico; 3- com muito pouca freqüência, o experimento é utilizado como instrumento para a aquisição de conceitos e quando é o caso, para a reformulação destes.

É importante observar, porém, que a mera experimentação não garante a construção e aprendizagem dos conceitos científicos. É necessário que haja uma interação didática/pedagógica entre a atividade experimental e o desenvolvimento de tais conceitos. Toda atividade experimental, seja em laboratório ou fora dele, deve ser feita a partir de uma base conceitual. O importante são as reflexões advindas das situações nas quais o experimento é empregado, e, conseqüentemente, a maneira como o professor integra o trabalho prático na sua argumentação.

Moreira e Levandowski, citados por Barbosa (1997:35), dão uma visão geral das diferentes formas de abordagem de laboratório. Segundo eles, a atividade de laboratório pode ser encarada sob dois pontos de vista: o laboratório estruturado e o não estruturado. O primeiro dá ao aluno instruções detalhadas que o guiam através de um procedimento destinado a produzir certos resultados específicos, enquanto que o segundo, simplesmente especifica o objetivo e deixa o procedimento a cargo do aluno. Por exemplo, o laboratório estruturado enfatizaria a verificação experimental de princípios físicos, enquanto que o não estruturado encorajaria a redescoberta destes princípios. Por outro lado, o laboratório estruturado não pode ser tomado como sinônimo de “receita”, pois deve levar o aluno a pensar sobre o procedimento que segue: nem o laboratório não estruturado deve ser necessariamente pensado como totalmente desestruturado.

A idéia do laboratório estruturado ou mais especificamente, programado, é a de um ensino de laboratório que lança mão de guias ou roteiros baseados nos princípios da “Instrução Programada”, quais sejam: pequenas etapas, resposta ativa, verificação imediata, ritmo próprio e testagem do programa.

Isto significa que nesses guias, o procedimento deve ser dividido em pequenos passos, o aluno deve participar ativamente de cada passo, superando-o. O guia deve possibilitar a identificação dos resultados e permitir que o aluno trabalhe no seu ritmo próprio. Finalmente, há a testagem do programa que, no caso, consiste em testar o próprio guia; isto é feito através da atuação do aluno: se o guia (ou algum passo) estiver mal elaborado, isto se refletirá no desempenho do aluno. O resultado desta abordagem é um laboratório estruturado, querendo-se dizer, neste contexto, que é uma estrutura altamente elaborada (BARBOSA, 1997:36).

Este tipo de abordagem pode ser adequado a situações como, por exemplo, quando parte do laboratório de um curso se destina a ilustrar e facilitar a aquisição do conteúdo; também pode ser útil para resolver problemas administrativos, como insuficiência de equipamentos, muitos alunos e falta de técnico de laboratório, pois uma vez que os guias são programados, os alunos podem realizar os experimentos individualmente ou em equipe, com pouco auxílio do professor (BARBOSA, 1997:37).

Barbosa (1997:37) diz que o laboratório programado oferece várias possibilidades, no entanto, trata-se de um laboratório com guias altamente elaborados. Reitera-se aqui este aspecto, porque, vias de regra, são levantadas objeções a este tipo de ensino de laboratório. Tais objeções, entretanto, decorrem de uma associação errônea entre laboratório estruturado e “receita”. Na verdade, o fato de o laboratório ser estruturado ou programado, como o aqui discutido, não implica necessariamente uma “receita” ou que seja desinteressante e não leve o aluno a pensar.

Segundo Moreira (1983), a idéia de um laboratório não estruturado, pode ser vista sob dois aspectos:

1- o ensino de laboratório que enfatiza identificação, por parte do aluno, da estrutura do experimento que está realizando. Não se trata, no entanto, de estrutura no sentido de laboratório estruturado.

A título de esclarecimento, a palavra “estrutura” refere-se às partes de um todo, à função de cada parte e às relações entre estas. Por estrutura de um experimento de laboratório, entende-se a identificação das diversas partes componentes do experimento, a descrição da função de cada parte, bem como as relações funcionais entre estas. Quais são estas partes? Como se relacionam? Qual é na prática a estrutura de um experimento?

Uma das finalidades de um experimento é a procura de uma resposta (resultado) a perguntas (questão básica sob investigação) sobre um fenômeno (evento) que ocorre ou que se faz ocorrer na natureza. Para isso, segue-se um determinado procedimento, uma seqüência de passos, i.e., um método. É claro que tanto na pergunta como nas respostas obtidas, assim como na descrição do fenômeno estudado e do método, usam-se conceitos, alguns dos quais são mais relevantes, os conceitos-chave. Além disso, ao se obter um resultado, cabe perguntar qual o valor desse resultado e qual sua importância. A determinação da estrutura de um experimento consiste em identificar estas partes, escrever a função de cada uma delas e estabelecer relações entre elas.

2- a abordagem do laboratório com enfoque epistemológico procura tratar com mais profundidade a questão da natureza do conhecimento e de como ele é produzido, isto é, vai além da identificação do fenômeno (evento) de interesse, da questão básica, dos conceitos-chave, do método, dos resultados e de seus valores, pois procura relacionar todos esses aspectos sob o ponto de vista “epistemológico”.

Pode-se observar que existe uma continuidade entre os três enfoques de laboratório. É como se os três se situassem numa espécie de “continuum”, no qual em um dos extremos, estaria o “laboratório programado” e, no outro, o “laboratório epistemológico”, entre eles estaria o “laboratório com ênfase na estrutura do experimento”.

A experimentação costuma apresentar para alunos um caráter motivador, lúdico e essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, ela aumenta a capacidade de aprendizagem, visto que funciona como forma de envolver o aluno nos temas em pauta, no caso, em temas relevantes para a agricultura.

Há também de se considerar a função do erro no processo de construção do conhecimento, e as atividades práticas devem ser estruturadas em forma menos diretiva, de tal maneira que o aluno possa observar, manipular, planejar, errar, modificar, etc.

Quanto ao erro, este assume um outro significado que não o de motivo para punição, ou seja, possibilita que educador e educandos, a partir da reflexão sobre os erros, os transformem em situação de aprendizagem e num parâmetro para definir novas intervenções do educador.

Bachelard, citado por Giordan (1999: 46), destaca o papel do erro no progresso da ciência, em que uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado (...), em lugar de promover uma reflexão racionalizada. Numa dimensão psicológica, a experimentação, quando aberta às possibilidades de erro e acerto, mantém o aluno comprometido com sua aprendizagem.

Tendo por princípio que a clareza e a simplicidade são condições indispensáveis de se chegar à Verdade, Descartes assumia a posição de que por elas era sempre possível evitar o erro. Entretanto, se o apego às idéias claras e distintas é posto em xeque, torna-se necessário redimensionar o papel do erro na investigação científica. Invertendo o julgamento cartesiano, Bachelard, citado por Oliveira (2000:85), considera o erro como um verdadeiro estímulo para o pensamento:

Jamais o deslumbramento do espírito é tão grande quando na ocasião em que se percebe estar enganado. Tal deslumbramento, tal despertar intelectual, são a origem de uma nova intuição, totalmente racional, totalmente polêmica, que se anima na derrocada do que foi uma certeza primeira, na doce amargura de uma ilusão perdida.

Oliveira (2000) destaca um fato importante: “Quando a razão não teme o erro, mas, ao contrário, mostra-se capaz de extrair dele ensinamentos instrutivos, não tem por que permanecer fiel aos princípios cartesianos”.

A experiência simples, que teria por objetivo confirmar determinado saber, desdobra-se em complexidades que conduzem à retificação da razão. Do antigo interrogatório, em que o investigador aguardava tão somente um “sim” ou um “não” como resposta, a experiência se converte em atividade dialogada, cuja conseqüência é a retificação dos primeiros enganos, e não a afirmação das primeiras verdades (OLIVEIRA, 2000:86).

Segundo Giordan (1996), Bachelard argumenta em favor do experimento exigente, aplicável às situações de aprendizagem: a busca de uma precisão discursiva e social. A falha do experimento alimenta o exercício continuado de discursos mentais, íntimos ao sujeito, e discursos sociais, propriedade do coletivo, mobilizando os esforços do grupo no sentido de corrigir as observações / medições.

O que se busca com o ‘experimento exigente’, é um acordo na direção do que é cientificamente aceito e, portanto, o dialogável com a comunidade científica (GIORDAN, 1999).

Na medida que cria fenômenos, a ciência contemporânea se afasta da postura tradicional de primeiro observar o evento para depois descrevê-lo: o fenômeno científico se torna inseparável da técnica segundo a qual é investigado, o que Bachelard chama de fenomenotécnica. Ela é o resultado de um racionalismo que se aplica, promovendo o mais amplo diálogo entre teoria e experiência, conforme Bachelard, citado por Oliveira (2000:88) se refere:

O contato entre experiência e matemática revela-se numa solidariedade que se propaga. Quando é a experimentação que contribui com a primeira mensagem de um fenômeno novo, o teórico não pode se eximir de modificar a teoria em vigor para que ela assimile o fato novo. Com essa modificação – sem dúvida amorosa – o matemático mostra que a teoria, um tanto abrandada, deveria ter previsto a novidade (...).

Quando é o teórico que anuncia a possibilidade de um novo fenômeno, o experimentador debruça-se sobre essa perspectiva, caso a perceba na linha da ciência moderna.

Nurrenbern e Robinson, citados por Giordan (1999:46), vêm debatendo o tema aprendizagem colaborativa, pelo qual é necessário criar oportunidades não somente para a realização de experimentos em equipe, mas também para a colaboração entre equipes, formando um espírito colaborativo, pressupondo-se uma contextualização socialmente significativa para a aprendizagem.

Do ponto de vista cognitivo, a experimentação deve também cumprir a função de alimentadora do processo de significação do mundo, operando no plano da simulação da realidade.

Trata-se de determinar à experimentação o novo papel de estruturadora de uma realidade simulada, etapa intermediária entre o fenômeno e a representação que o sujeito lhe confere.

Giordan (1999:48) nos mostra um exemplo bastante freqüente de utilização de modelos de estrutura molecular do tipo bola-varetas, no ensino de química orgânica, por meio de um enfoque estereoquímico. Neste caso, confrontar o aluno com uma realidade concretamente observável é bastante difícil, já que, em nível molecular, a ciência opera com modelos radicalmente abstratos. A manipulação de modelos bola-vareta desenvolve no aluno uma habilidade cognitiva muito importante para a compreensão dos fenômenos químicos na dimensão microscópica. Habitado a reconhecer as moléculas em representações de fórmulas moleculares, raramente se cria oportunidade para o aluno ter percepção tridimensional da mesma.

A experimentação por simulação trata, portanto, de conferir certa concretude à representação molecular, necessária ao engajamento do aluno no processo de transição de um nível concreto para o nível formal de pensamento.

Numa concepção idealista, a experimentação por simulação deve permitir ao sujeito cultivar sua imaginação em consonância com um conjunto de sígnos socialmente legitimados, transitando entre a crueza da realidade objetiva e as sombras da compreensão subjetiva (GIORDAN, 1999: 49).

Para Bachelard, a simulação deve ser incorporada às práticas educacionais como uma estratégia de sugerir realizações racionais, fazendo parte de um projeto em que as condições experimentais sejam condições de experimentação nas quais o embricamento empiria-teoria seja permanentemente atendido (GIORDAN, 1999:49).

## 2.7 Solos: o início da vida

“O essencial é abrir os olhos do cidadão, para que, quando estiver pisando no solo, na terra, sinta, veja e observe que está pisando na Ciência materializada. Ali estão os átomos, as moléculas, os cátions, os ânions, as substâncias, os cristais, as forças elétricas, magnéticas, nucleares, etc, com todas as leis que o homem descobriu e continua tentando desvendar. Ali, naquele solo, estão materializadas a inteligência e a sabedoria do criador” (LUCHESE, 2002).

### 2.7.1 Breve histórico da Química Agrícola

A agricultura empírica é tão antiga quanto o homem. Através dos tempos, o homem aprendeu que o solo passa a produzir pouco, quando cultivado continuamente e, graças a essa observação, principiou a adotar práticas agrícolas até hoje usadas, como adubação, calagem e rotação de cultura com leguminosas.

Na China, os agricultores já praticavam, há milhares de anos, o princípio do retorno ao solo daquilo que lhe fora retirado pelas colheitas, pelo uso de excreções humanas e animais e de restos de animais e plantas, visando a manter a fertilidade do solo.

O uso de esterco, na adubação de videira já é mencionado por Homero, poeta grego, que viveu por volta de 900 a 700 a.C.

O reconhecimento de que o estrume contribuía para aumentar a fertilidade do solo, levou Aristóteles (350 a.C.) a apresentar a teoria do húmus, segundo a qual as plantas se nutriam das substâncias orgânicas existentes no solo.

Segundo Aristóteles, a matéria orgânica constituía uma força sobrenatural existente no solo e que tinha o poder contínuo e eterno de originar plantas.

Assim, inicialmente a fertilização da terra era feita apenas com resíduos orgânicos, como o estrume ou esterco de cavalos e bois, e, mais tarde, com o guano (acúmulo de excrementos de aves marinhas), principalmente o originário do Peru.

Cato, Plínio e Columello recomendavam a adição de cinzas e cal ao solo, para eliminar-lhe a acidez e Theophrastus e Plínio mencionavam o uso de salitre ( nitrato de potássio ) na fertilização das plantas.

Barnardo Palissy, muito contribuiu para o progresso do uso de fertilizantes, com a publicação do livro *Tratado dos Sais da Agricultura*, em 1563, três séculos, portanto, antes de Liebig, considerado o pai da química agrícola.

Segundo Jesus (1996), é impossível falar do desenvolvimento da Ciência do Solo, sem enfocar a figura do cientista alemão Justus von Liebig, que teve grande influência como catalisador do avanço da química de solos, através dos conhecimentos de nutrição mineral.

Liebig (1840) formulou a Teoria do Mínimo (contestando a teoria humista), até hoje decantada nos cursos sobre Solos e teve grande papel como difusor das idéias da adubação mineral com *fertilizantes* industrializados, através de seu livro *A química e sua aplicação à agricultura e à fisiologia* (JESUS, 1996).

Segundo Liebig, as plantas não se alimentavam de substâncias orgânicas, mas sim de minerais (substâncias inorgânicas), abrindo caminho para a indústria de fertilizantes

A primeira experiência de Liebig não teve muito sucesso, porque a mistura de sais à base de fósforo e cálcio que ele preparou – elementos que ele considerava essenciais à planta – acabou reagindo e formando compostos praticamente insolúveis e que não podiam ser assimilados pelas plantas (FONSECA, 2001: 531).

Segundo Fonseca, 2001, esse fato fez com que a teoria da nutrição mineral de Liebig não fosse aceita de imediato, levando os cientistas ingleses *sir* John Bennt Lawes.(1814 – 1900) e Joseph Henry Gilbert (1817 – 1901) a fundarem a célebre Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, para colocá-la à prova. Logo que ficou esclarecida a razão do fracasso do fertilizante idealizado por Liebig, teve início a fabricação desses nutrientes em escala industrial.

Também foi Liebig quem, pioneiramente, recomendou o uso, como fertilizante, da amônia,  $NH_3$ , produzida na queima do carvão para a produção de coque e propôs o uso de ácidos para fixá-la na forma de um sal, o sulfato de amônio. Mais tarde, verificou-se que, se a farinha de ossos, já utilizada há muito tempo como fertilizante – contém cerca de 60% de fosfato de cálcio – fosse tratada com ácido sulfúrico, seria possível aproveitar melhor o fósforo que ela continha, descobrindo-se assim os superfosfatos. (FONSECA, 2001: 532).

Nos anos que se seguiram até nossos dias, enorme progresso foi conseguido no desenvolvimento da agricultura. A química sofreu avanços extraordinários e tornou possível a produção de fertilizantes melhores, mais baratos e abundantes. Processos técnicos para o aproveitamento do nitrogênio do ar na fabricação de fertilizantes nitrogenados foram desenvolvidos. É pela distribuição de fertilizantes químicos ao solo que se pode fornecer às plantas importantes nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Desde o início da indústria de fertilizantes, o grande trio tem sido N-P-K, isto é, fertilizantes contendo nitrogênio, fósforo e potássio, os nutrientes mais comumente em falta nos solos. (COELHO, 1973: 3).

### **2.7.2 Generalidades do solo**

O homem sempre reconheceu o solo como um elemento fundamental de sua sobrevivência. O conceito de solo está intrínseco a cada especialidade, tendo significado e abrangência diferentes conforme a atividade de quem o analisa. Assim, para um engenheiro de minas, o solo é um detrito que recobre as rochas e minerais e que deve ser removido. Para o engenheiro de rodovias, pode ser o material em que será locado o leito da estrada. Para a dona de casa, o solo é o material que adere aos sapatos, deposita-se sobre os móveis e vestuário, sujando-os. Para os produtores rurais, é o meio para a exploração da agricultura e da pecuária (BECK et al., 2000: 11).

Ainda, segundo Beck (2000), no desenvolvimento da ciência do solo, este tem sido estudado e interpretado diferentemente à medida que os conhecimentos sobre sua complexidade evoluíram. Destacam-se conceitos que contribuíram significativamente para o conhecimento: o solo como produto de alteração das rochas e como corpos naturais organizados; o solo como meio para o desenvolvimento das plantas, e o solo como meio capaz de armazenar e transformar resíduos.

Assim, considerando a evolução histórica do conceito sobre o solo e a sua importância dentro da Ciência do Solo, um conceito de solo mais adequado e mais abrangente na atualidade pode ser: “solo: corpo natural da superfície terrestre, constituído de materiais minerais e orgânicos resultantes das interações dos fatores de formação (clima, organismos vivos, material de origem e relevo) através do tempo, contendo matéria viva e em parte modificado pela ação humana, capaz de sustentar plantas, de reter água, de armazenar e transformar resíduos e de suportar edificações (BECK et al., 2000:14)”.

Portanto, ao contrário do que se pode pensar, o solo não se resume em um pedaço de chão. É um sistema bastante complexo, composto por agregados de argila, matéria orgânica, minerais em constante transformação e em decomposição, minúsculos poros que armazenam água e ar e, principalmente, muita vida.

Ao examinarmos o solo, considerando, a parte fértil da superfície da Terra, veremos que ele é bastante diferenciado. Há lugares onde o solo é amarelo, em outros, vermelho ou claro, quase branco; em certos locais, quando molhado, é barrento, pegajoso, em outros, arenoso, não se encharcando com a chuva; ou, ainda, é fofo, contrastando com lugares que é pedregoso (CHAGAS, 1996:12).

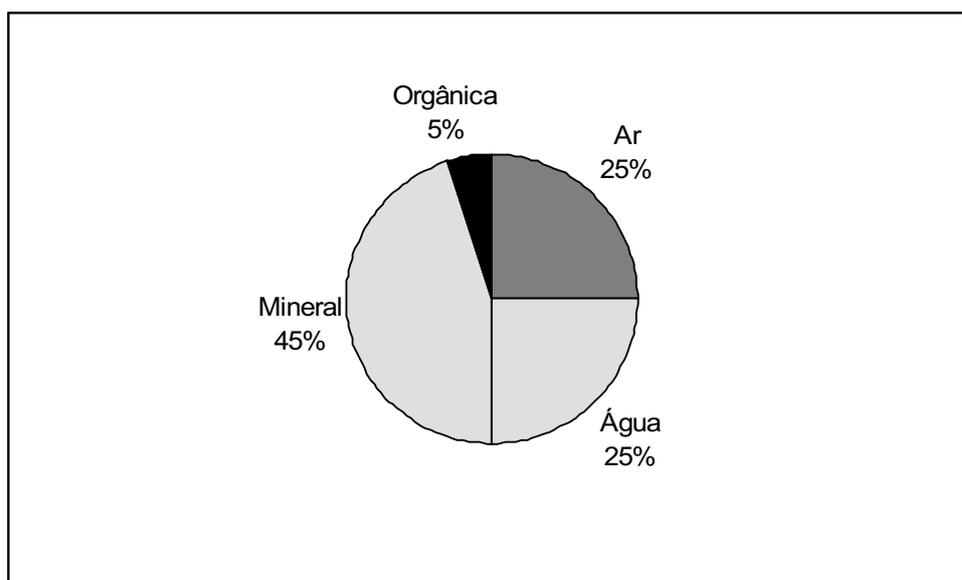
Ainda segundo Chagas (1996), tais diferenças são decorrentes da história do solo, ou melhor, de seu processo de formação, das rochas de que teve origem, das chuvas, ventos e insolação que recebeu, da população microbiana e vegetal que o ocupou (e o ocupa), dentre outros fatores.

Para ser considerado um solo rico, do ponto de vista de nutrientes e bem estar para a planta, ele deve ser profundo, dando espaço para que as raízes possam se desenvolver bem, sem encontrar obstáculos que inibam seu crescimento. Deve também possuir um teor de argila de boa qualidade, de modo que uma grande parte dos nutrientes de carga elétrica positiva sejam armazenados pois, da Química, aprendemos que íons de carga negativa se unem aos de carga positivas como ímã. A maioria dos nutrientes importantes para as plantas como o cálcio, potássio e magnésio, têm carga positiva e são denominados cátions. No solo, estes elementos ligam-se à argila, a qual possui carga negativa. Por último, deve ainda reter suficientemente a água, para que os nutrientes possam ser encontrados na forma solúvel, essencial para a absorção por parte da planta.

### Os quatros componentes principais do solo

Os principais constituintes do solo são: o ar, a água, os minerais e a matéria orgânica. As quantidades relativas de cada um variam de solo para solo e, em um mesmo lugar também se alteram com o tempo. Dessa proporção, depende a produtividade do solo.

A figura abaixo ilustra a composição em volume de um solo que apresenta boas condições para o crescimento das plantas (COELHO, 1973: 08):



**Figura 2** – Composição do tipo da natureza dos materiais, em volume, presentes no solo.

## Componentes minerais (inorgânicos) no solo

Os minerais existentes no solo refletem o material de origem, ou “rocha-mãe”, bem como os processos de intemperismo. Os minerais da “rocha-mãe”, que ainda persistem no solo, são conhecidos como minerais primários. Os minerais secundários são os que se formam dos produtos de decomposição do material de origem do solo (RAIJ, 1991).

Segundo Raij (1991), as partículas mais grosseiras do solo são mais ricas em minerais primários. Destaca-se o mineral quartzo, sendo o mais abundante das areias de quase todos os solos. Dependendo do grau de intemperismo dos solos, outros minerais podem ser mais ou menos abundantes. Os principais são feldspatos, micas, magnetita e ilmenita. Na fração argila, são encontrados os minerais secundários, destacando-se os chamados minerais de argila (silicatos de alumínio hidratados) e os óxidos de ferro e alumínio (RAIJ, 1991).

Segundo Chagas (1996), o óxido de alumínio é geralmente amorfo, e os solos ricos em óxidos de ferro apresentam uma cor avermelhada, como nas chamadas “terras roxas”.

Brady (1968) afirma que, geralmente, os minerais primários tendem a dominar as frações maiores do solo, enquanto os minerais secundários são mais encontrados nos materiais finos, especialmente nas argilas.

## Matéria orgânica no solo.

A matéria orgânica do solo é formada dos restos de vegetais e animais, que são chamadas de *biomassa*; das substâncias que constituem os seres vivos, denominadas *biomoléculas*, como proteínas, lignina, celulose, etc.; dos produtos de degradação dessas substâncias, como os aminoácidos, ácidos carboxílicos, carboidratos, etc e de um material que recebe o nome genérico de *húmus ou matéria húmica*. Os micros organismos do solo, que podem ser computados também como matéria orgânica, desempenham um papel fundamental nessas transformações, desde a degradação da biomassa até a formação do húmus (CHAGAS, 1996:14).

Segundo Raij (1991), o carbono da matéria orgânica provém do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) do ar, fixado pelas plantas clorofiladas através do processo de fotossíntese. O nitrogênio provém de pequenas adições anuais de nitrogênio inorgânico pela água da chuva e fixação do nitrogênio atmosférico por microorganismos.

Raij (1991) afirma que dos dois elementos incorporados pelos seres vivos ao solo, carbono e nitrogênio, o último é o nutriente mineral mais importante do ponto de vista de quantidades existentes em plantas e, muitas vezes, também do ponto de vista econômico. Só este fato já seria suficiente para caracterizar a importância da matéria orgânica do solo, como fonte de nutrientes. Fósforo e enxofre são dois outros nutrientes encontrados em importantes proporções na matéria orgânica do solo.

Esses elementos formam a estrutura básica da matéria orgânica, constituída de cadeias de carbono, envolvendo oxigênio e hidrogênio e grupos funcionais diversos nos quais destacam-se o nitrogênio, o enxofre e o fósforo.

Segundo Raij (1991), a constituição química não é definida em termos de compostos específicos, e nem poderia ser, considerando a multiplicidade de resíduos orgânicos e reações envolvidas no processo de formação da matéria orgânica do solo.

A determinação de matéria orgânica, em solos, baseia-se na sua oxidação a CO<sub>2</sub> por íons dicromato, em meio fortemente ácido. Em amostras que requeiram maior precisão, a determinação da quantidade de íons Cr (III) reduzidos é feita indiretamente, por titulação dos íons dicromato em excesso, com íons Fe<sup>2+</sup>. Alternativamente, pode-se determinar diretamente a quantidade de íons Cr (III) por colorimetria, medindo-se a intensidade da cor esverdeada

produzida por esses íons em solução. A determinação por colorimetria, normalmente *usada em rotina*, requer a montagem de uma curva-padrão de calibração (RAIJ et al, 2001). (grifo nosso).

Nos dois casos, a oxidação da matéria orgânica dá-se pela equação:



Segundo Raij (2001), na reação, considera-se o dicromato reduzido equivalente ao carbono orgânico existente na amostra de solo. Nelson e Sommers, citado por Raij (2001), frisam *que esse método assume que todo carbono da matéria orgânica está no estado de oxidação zero*. (grifo nosso).

A reação, no método Walkey-Black, ocorre sem aquecimento externo, contando somente com o calor desprendido pela diluição do  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Desse modo, a oxidação do carbono da matéria orgânica não é completa; para compensar a oxidação parcial, aplica-se um fator de correção (1,33). Como o método determina o teor de carbono orgânico, a conversão para matéria orgânica é feita pelo fator de van Bemmelen (1,724), com base no pressuposto de que a matéria orgânica do solo contém 58% de C orgânico (RAIJ, 2001).

Com frequência, encontramos a palavra húmus como sendo sinônimo de matéria orgânica. Húmus, porém, é somente um dos produtos resultantes do processo de degradação da matéria orgânica. De acordo com Chagas (1996), a matéria húmica, constitui-se de um material orgânico bastante complexo, de natureza polimérica, e bastante variável. O húmus é em parte responsável pela aglutinação das partículas dos minerais do solo, funcionando como uma cola. Isso se deve à sua constituição molecular, a qual apresenta grupos atômicos bastante reativos, que interagem com os íons da superfície das argilas e dos outros componentes do solo.

## Água do solo

A água do solo é o veículo de transferência de nutrientes do solo para as plantas, além de ser o meio de transferência de solutos nos seres vivos.

Segundo Brady (1968), são necessárias duas conceituações sobre água do solo. Primeiro, a água é retida nos poros do solo em graus variáveis de persistência, dependendo da quantidade existente deste líquido; segundo, juntamente com os sais em solução, a água do solo forma a denominada *solução do solo*, que é importante como veículo para fornecer nutrientes aos vegetais em crescimento.

A solução do solo contém quantidades pequenas, porém significativas de sais em solução, muitos deles essenciais ao crescimento vegetal. Há uma troca de nutrientes entre os sólidos e a solução do solo e, por outro lado, entre a solução do solo e as plantas.

A água do solo, além de estar dissolvendo vários componentes, comporta-se de maneira diversa, conforme o lugar onde se encontra. Quando está nos poros maiores, comporta-se como as águas dos rios, que se escoam pela ação da gravidade. Da mesma maneira procede grande parte da água do solo, depois de uma chuva. Porém, nos espaços menores entre as partículas do solo, os “poros capilares”, a água já não escoam pela ação da gravidade, mas fica retida pelas forças que agem entre suas moléculas e as da superfície do sólido. É um fenômeno parecido com o que ocorre num pano embebido com água: mesmo após torcê-lo, resta um pouco desse líquido, que não escorre e só sai pela evaporação (CHAGAS, 1996:16).

## O ar do solo

Segundo Brady (1968), o ar do solo difere-se do ar atmosférico. Em primeiro lugar, o ar do solo não é contínuo, localizando-se no labirinto de poros do solo, separados pelos

sólidos do mesmo solo; em segundo lugar, o ar do solo tem um teor de umidade mais elevado do que o ar atmosférico; em terceiro lugar, o teor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é, geralmente, mais elevado e o de oxigênio é mais reduzido do que os encontrados na atmosfera.

O teor e a composição do ar do solo são determinados, em grande parte, pelas relações solo-água. Sendo uma mistura de gases, o ar simplesmente se movimenta nestes poros do solo não ocupados pela água (BRADY, 1968).

Quando o solo contém excesso de água e é mantido nessas condições por algum tempo, ocorre um abaixamento da pressão parcial de O<sub>2</sub>, dificultando a passagem do elemento para as raízes. Nessas condições anaeróbicas, as raízes não conseguem mais oxidar carboidratos e forma-se álcool por fermentação, com considerável prejuízo para o crescimento vegetal. (RAIJ, 1991).

Raij (1991) explica que em condições de campo, um sintoma comum de solos mal arejados é o amarelecimento geral das culturas, o que se deve pelo menos em parte à deficiência de nitrogênio.

### 2.7.3- Fertilidade do solo

“Todos os elementos químicos que a planta retira do solo devem ser repostos de alguma maneira, para que a fertilidade do solo seja mantida” (JUSTUS VON LIEBIG).

Um solo que é capaz de bem nutrir, bem alimentar as plantas é chamado de *solo fértil*. O homem tem, como fonte principal de sua subsistência, a agricultura. Sua sobrevivência depende do bom resultado da colheita que, por sua vez, depende de outros fatores tais como do que foi plantado, do clima, do solo, etc. Considerando apenas o solo, se ele não for adequado, a colheita fica comprometida. Essa adequação envolve fatores físicos, como a porosidade, a capacidade de reter água, a resistência à penetração das raízes da planta, dentre outros; e fatores químicos, como a acidez, a quantidade de nutrientes disponíveis, etc..

A lei do mínimo, formulada por Liebig em 1862, diz que a produção das culturas é limitada pelo nutriente em menor disponibilidade no solo, mesmo que todos os outros estejam disponíveis em quantidades adequadas. Apesar de não ser considerada uma lei propriamente dita, essa proposição simples desse químico alemão é de importância universal no manejo da fertilidade do solo, visando a uma recomendação equilibrada de fertilizantes. Nos sistemas de exploração agrícola, objetivando elevadas produtividades, a Lei do Mínimo ou de Liebig torna-se de maior importância. Inclusive, devendo-se considerar a disponibilidade de nutrientes tais como enxofre, magnésio e micronutrientes. Infelizmente, os princípios básicos da proposição secular de Liebig são muitas vezes esquecidos pelos técnicos ( NETO et al., 2001: 14).

O princípio básico acima citado (Liebig), de que se deve repor ao solo o que dele é retirado, continua mais do que nunca válido, e, à medida que mais se conhece sobre o sistema solo-planta, maior é o número de itens que necessitam de reposição ou de conservação (CHAGAS, 1996: 20).

Além dos nutrientes, é necessário também cuidar dos microorganismos que existem no solo, e que igualmente contribuem para a sua fertilidade e conservação. Aliás, a conservação do solo é fator fundamental na prática agrícola, pois a sua não-conservação pode levá-lo à destruição. Terra fértil pode ser transformada em deserto árido. Segundo Chagas (1996), o solo é como se fosse um ser vivo. Isso não é mera comparação. É uma realidade, pois da mesma forma que ele mantém os seres vivos (animais, plantas, fungos e bactérias), estes também ajudam a mantê-lo.

## **Importância da fertilidade do solo**

Não se pode ignorar a importância dos solos férteis. Em ambientes naturais, sem limitação de chuvas, eles sustentam ecossistemas com florestas exuberantes, ricos em flora e fauna. Quando usados para a agricultura, permitem a obtenção de colheitas fartas, sem uso de fertilizantes, pelo menos enquanto a riqueza natural do solo em nutrientes para as plantas persistir (RAIJ, 1991:02).

Com sucessivas colheitas, a agricultura exige o uso de corretivos e de fertilizantes em quantidades adequadas, de forma a atender a critérios racionais que permitam conciliar o aspecto econômico com a preservação dos recursos naturais do solo e do meio ambiente, culminando com a elevação da produtividade das culturas.

Raij (1991) diz que, na parte mais habitada do território brasileiro, o processo de ocupação das terras esgotou-se, e grande parte dos solos ou é de baixa fertilidade ou está desgastado pelo uso, portanto é essencial o emprego de medidas técnicas de recuperação, e os corretivos e fertilizantes estão entre os mais importantes insumos para essa finalidade.

Adubos minerais têm sido considerados por alguns adeptos da chamada “agricultura orgânica”, como prejudiciais ao meio ambiente, e Raij (1991) argumenta que se trata de um conceito errôneo pois, na realidade, só com eles é possível conseguir aumentos substanciais de produção e, até mesmo, criar matéria orgânica adicional, pois não há adubos orgânicos suficientes para atender à agricultura e que, além disso, a sua produção depende de elementos minerais, que são matérias-primas indispensáveis para a produção de qualquer matéria orgânica.

## **Avaliação da fertilidade do solo**

O problema de diagnosticar a fertilidade do solo e as necessidades de uma planta em nutrientes levou a desenvolver métodos para a avaliação da fertilidade dos solos.

Os principais métodos empregados são os seguintes:

- 1- Sintomas de deficiências nutricionais das plantas;
- 2- Análise de tecidos (falhas) de plantas;
- 3- Análise química do solo;
- 4- Métodos biológicos.

Segundo Coelho (1973), para se determinar as necessidades de nutrientes do solo e sua correção, três passos devem ser dados: o problema deve ser diagnosticado; a grande deficiência deve ser determinada; a quantidade de fertilizante necessária para conseguir uma desejada produção deve ser estabelecida.

Portanto, o técnico, através de observações das plantas, conhecendo o histórico do solo, fazendo análise de solo ou foliar, fica de posse de importantes dados, estando apto a efetuar o diagnóstico exato, desde que consiga uma correta interpretação dos dados de que dispõe.

Para saber quanto o solo é capaz de fornecer, tem-se que recorrer à análise química em que os elementos são extraídos de um modo semelhante ao que as raízes fazem no campo e, depois, determinar suas quantidades (MALAVOLTA, 1992: 09).

A análise de solo é indispensável para que se tire o maior proveito possível do adubo aplicado e seja usada a fórmula certa na quantidade adequada.

Na análise de solo há uma divisão de trabalho:

- 1- o agricultor tira a amostra de terra;
- 2- o laboratório analisa;
- 3- o Engenheiro Agrônomo recomenda a calagem, a gessagem e a adubação que devem ser feitas.

Nota-se que o agricultor inicia o processo. Segundo Malavolta (1992), a responsabilidade do agricultor é de grande importância, pois ninguém pode melhorar uma amostra de terra mal tirada, dizendo que “a análise não é melhor que a amostra”. Rotineiramente são feitas as seguintes análises no laboratório (MALAVOLTA, 1992: 11):

- (1) pH-é uma medida da acidez do solo; em São Paulo o solo é tratado por uma solução diluída de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) 0,01 M e, em seguida, determina-se a concentração de íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) na suspensão; outros laboratórios usam água destilada em lugar do cloreto de cálcio.
- 2) matéria orgânica- a matéria orgânica do solo é oxidada por meio de ácido sulfúrico e outros reagentes: tem-se assim o teor de carbono (C) que multiplicado pelo fator 1,72 dá a porcentagem de matéria orgânica; o teor de matéria orgânica juntamente com o pH dão uma idéia da disponibilidade de nitrogênio (N) do solo; de modo geral, dividindo-se o teor de C por 20 tem-se o teor de N;
- 3) fósforo disponível- a extração do P é feita por uma mistura de ácido clorídrico e sulfúrico ; os valores obtidos pelas soluções ácidas são quase sempre mais baixos, salvo se o solo recebeu adubação com fosfato natural: a mistura de ácidos dissolve o fosfato natural da amostra de solo, “inflacionando” o resultado, dando teores mais altos que não correspondem ao P realmente disponível para a planta;
- (4) potássio, cálcio e magnésio trocáveis- a resina extrai, junto com o P, o potássio ( $\text{K}^+$ ), o cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e o magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) disponíveis, cujos teores são expressos como miliequivalentes por  $100 \text{ cm}^3$  de solo;
- (5) acidez potencial ou  $\text{H} + \text{Al}$  (hidrogênio + alumínio)- o abaixamento do pH da solução tampão (SMP) mede os teores dos dois elementos; pode ser usada também uma solução de acetato de cálcio a 1 mol/L em pH 7; os teores são dados como miliequivalentes de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$  por  $100 \text{ cm}^3$  de solo;
- (6) alumínio trocável- o teor de  $\text{Al}^{+3}$  trocável, expresso como miliequivalente/100  $\text{cm}^3$  de solo, é uma indicação da acidez; a extração é feita mediante cloreto de potássio (KCl a 1 mol/L).

### **Práticas agrícolas que contribuem lentamente para destruição do solo: queimadas e o uso excessivo de fertilizantes**

A *queimada* é uma prática agrícola bem antiga (nossos índios já a exerciam) feita com a finalidade de “recuperar” a terra, principalmente, pastagens. O solo brasileiro, como a maioria dos solos tropicais, é predominantemente ácido. A acidez natural tende a aumentar com o uso do solo sem a devida reposição do que lhe é tirado. Para contornar a situação, queima-se a vegetação que sobre ele se encontra. A queima do vegetal produz, além de gás carbônico, vapor de água, fumaça (partícula de pó), ácidos orgânicos etc (poluem a atmosfera), também resíduos sólidos (cinzas), que contêm principalmente carbonato de potássio. O carbonato neutraliza parte da acidez do solo, produzindo, durante algum tempo, colheitas razoáveis. Porém, a repetição de queimada provoca lentamente a morte do solo (CHAGAS, 1996: 21).

O uso *excessivo* de fertilizantes pode provocar a morte dos microorganismos existentes no solo. Os adubos foram feitos para alimentar os seres vivos do solo, e não para matá-los. Parte do fertilizante que não vai ser utilizado pela planta é dissolvido ou arrastado pela chuva.

Chagas (1996) explica que o fertilizante levado pelas águas vai parar nos rios, poluindo as águas e causando seu desequilíbrio químico e biológico, ou vai contaminar o lençol freático, que abastece os poços, as minas e as nascentes.

O desequilíbrio químico e biológico das águas pode ser verificado pelo excesso de fertilizantes que leva ao desenvolvimento acentuado de certas algas que, necessitando de oxigênio para respirar, provocam a falta desse gás para outras espécies, principalmente, os peixes, que necessitam de uma maior concentração de oxigênio na água.

### **Práticas agrícolas mais eficientes**

A *calagem* consiste na adição de carbonato de cálcio natural ( $\text{CaCO}_3$ ), o *calcáreo*, que neutraliza a acidez do solo e, ao mesmo tempo, aumenta o teor de cálcio e magnésio, elemento essencial para as plantas, e é uma das formas mais baratas de se utilizar os elementos  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ .

A adição de *matéria orgânica*, em que se utiliza esterco animal, é técnica conhecida de longa data e freqüentemente aplicada em hortas e jardins.

Na agricultura, em face da extensão de terras e da pouca disponibilidade do esterco, restos da colheita podem às vezes ser utilizados. Restos das colheitas (palhas, folhagem, etc) são submetidos a um processo de fermentação, produzindo um material rico em húmus. A adição desse composto pode até substituir fertilizantes inorgânicos, e com vantagens.

Para Chagas (1996), o fertilizante é uma notável invenção, porém é necessário que se saiba usá-lo. Não basta simplesmente adicioná-lo ao solo; é preciso que este esteja preparado. Um solo com baixa capacidade de reter íons, através das reações de troca iônica, também vai reter pouco fertilizante. A capacidade de reter íons depende muito dos minerais de argila presentes (tipo e quantidade) e também da matéria orgânica (tipo e quantidade).

Nem sempre é possível melhorar o solo quanto à parte mineral, mas sim quanto à parte da matéria orgânica, desde que se tenha vontade e interesse em fazê-lo. Culturas adequadas e adição de restos vegetais, convenientemente preparados, em muito, contribuem, para a melhoria do solo.

A calda bordalesa é um produto com reconhecimento de eficácia em quase todas as áreas da agricultura. Embora os componentes da calda bordalesa tenham origem mineral que sofreram processamento químico (cal virgem ou cal hidratada e sulfato de cobre), ela é bem aceita pelas mais variadas correntes da agricultura ecológica, visto que tais componentes fazem parte dos processos metabólicos, sendo nutrientes essenciais para a constituição das plantas. Portanto, além de fungicida, atua também como agente bacteriostático, ou simplesmente como fertilizante foliar, fornecendo cálcio e cobre que são importantes na nutrição das plantas.

A calda bordalesa é uma suspensão coloidal obtida na mistura de sulfato de cobre pentahidratado,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , e suspensão de cal virgem,  $\text{CaO}$ , que, reagindo com água, forma  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , proporcionando um meio alcalino. Nessas condições, forma-se um precipitado gelatinoso azulado de hidróxido de cobre, praticamente insolúvel em água e sulfato de cálcio, também produzido na mistura. O hidróxido de cobre forma membranas de precipitação em torno dessas partículas. De acordo com a tecnologia de preparo, a mistura produz vários compostos: hidróxido de cobre, sulfato de cobre, sulfato básico de cobre, sulfato de cálcio e sulfato básico duplo de cobre e cálcio (PENTEADO, 2000). A solução de sulfato de cobre é levemente ácida, ao que se atribui a formação de pequenas quantidades



Na área de Agronomia tem havido questionamentos e crises, relativos ao paradigma dominante, que é o relacionado com a Teoria do Mínimo.

Segundo Kuhn (2003), a mudança de paradigma se dá quando começam a existir fissuras e rompimentos naquele dominante, até que um novo seja adotado. Esse é o momento que se vive na área da Ciência do Solo e na Agrônômica, ou seja, o momento da construção de um novo paradigma (JESUS, 1996:72). Esse novo paradigma em construção é o Agroecológico.

Segundo Norgaard, citado por Jesus (1996: 73), **“a Agroecologia apresenta uma base epistemológica diferente da Ciência ocidental. O paradigma agrônômico tradicional considera o desenvolvimento da agricultura e dos agricultores a partir da difusão de novas tecnologias cientificamente produzidas. O paradigma agroecológico busca entender como os sistemas agrícolas tradicionais desenvolveram-se, em que bases ecológicas, para, a partir daí, buscar uma agricultura moderna, mais sustentável.”** Ainda nas palavras do autor, **“ os agroecologistas estão mudando a direção de mão única que havia nos caminhos entre a Ciência e o desenvolvimento, introduzindo a mão dupla.”** Norgaard encerra suas reflexões dizendo que **“ se a comunidade científica puder lidar com duas bases epistemológicas de pensamento, as próximas décadas poderão tornar-se inovadoras tanto para as ciências agrícolas, quanto para as políticas de desenvolvimento.”** (grifo do autor)

Concluindo, a produtividade de uma área agrícola, está ligada diretamente à consciência, racionalidade, bom senso, criatividade, formando um verdadeiro complexo que venha obter o êxito pretendido, sem desrespeitar a natureza.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram implementadas estratégias de investigação, como: levantamento de material bibliográfico e análise dos mesmos; metodologia participativa, ou seja, contato direto do pesquisador com a situação pesquisada, com aulas experimentais e aplicação de questionário para coleta de dados. Optou-se por uma pesquisa qualitativa do tipo etnográfico.

A adoção da pesquisa qualitativa do tipo etnográfico é justificada, neste trabalho, por algumas de suas características:

1. Contato direto do pesquisador com a situação pesquisada.
2. Envolve técnicas de observação participante e de entrevistas intensivas.
3. Permite desvelar os encontros e desencontros que permeiam o dia-a-dia da prática escolar.
4. Permite a reelaboração de conhecimentos, atitudes, crenças, modos de ver e de sentir a realidade e o mundo.
5. Não se restringe a um mero retrato do que se passa no cotidiano, mas deve envolver um processo de reconstrução dessa prática, desvelando suas múltiplas dimensões, refazendo seu movimento e apontando suas contradições.
6. É necessário, para isto, uma perspectiva teórica, um enfoque determinado que ajude a captar esse dinamismo e que oriente sua análise e interpretação.

O objetivo do pesquisador é adotar uma postura de observador crítico e participante ativo, através da qual coloca a ciência a serviço do movimento social. As pessoas que participam da pesquisa possuem o conhecimento empírico, popular, despojado de espírito crítico não relacionando as suas experiências individuais com o contexto social. (ZENTGRAF, 2003:68).

O estudo foi conduzido em duas etapas, a primeira, um conjunto de atividades experimentais desenvolvida no laboratório de química da EAF-Barbacena, que contou com a participação de 17 alunos do curso Técnico em Agricultura, divididos em 04 (quatro) equipes, sendo três delas com quatro alunos e uma com cinco alunos. O processo de formação das equipes foi espontâneo. A Segunda etapa envolveu a aplicação de questionários para dois grupos de alunos, um que realizou as atividades experimentais e outro que não as realizaram.

#### **1ª ETAPA – Realização dos experimentos.**

Foram realizadas três aulas experimentais com 17 (dezessete) alunos do curso Técnico em Agricultura da EAF-Barbacena.

Utilizou-se o “laboratório com ênfase na estrutura do experimento”, pois ele é o que oferece melhores condições para se promover a inter-relação entre os saberes químicos e os de solo e culminar numa aprendizagem significativa.

Na aula de determinação da matéria orgânica no solo foram usadas várias substâncias químicas, sendo em sua maioria de fácil acesso, culminando na construção de um padrão, baseado na mudança de cor (laranja para verde), resultante da oxidação da substância analisada pelo dicromato de potássio.

Inicialmente foi exposto o assunto da aula em questão, com o propósito de introduzir/ampliar o conhecimento de oxi-redução e matéria orgânica, relacionando-os.

Em seguida foram dadas orientações, pela professora a cerca dos procedimentos dos alunos durante a aula prática e, finalmente foram discutidas algumas questões, levando-se em consideração os conhecimentos prévios dos alunos. Esta aula foi registrada em vídeo e fotos.

Foi elaborado um “roteiro estruturado” para o desenvolvimento das atividades experimentais que segue as orientações descritas a seguir:

## **1- Determinação de matéria orgânica (M.O) no solo**

### **Introdução**

Este experimento bastante simples permite a determinação de M.O do solo, mesmo não dispondo de um colorímetro.

A matéria orgânica do solo é formada dos restos de vegetais e animais, que são chamadas de *biomassa*; das substâncias que constituem os seres vivos, denominadas *biomoléculas*, como proteínas, lignina, celulose, etc.; dos produtos de degradação dessas substâncias, como os aminoácidos, ácidos carboxílicos, carboidratos, etc e de um material que recebe o nome genérico de *húmus ou matéria húmica*. Os microorganismos do solo, que podem ser computados também como matéria orgânica, desempenham um papel fundamental nessas transformações, desde a degradação da biomassa até a formação do húmus. (CHAGAS, 1996).

Segundo Raij (1991), o carbono da matéria orgânica provém do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) do ar, fixado pelas plantas clorofiladas através do processo de fotossíntese. O nitrogênio provém de pequenas adições anuais de nitrogênio inorgânico pela água da chuva e fixação do nitrogênio atmosférico por microorganismos.

Raij (1991) afirma que, dos dois elementos incorporados pelos seres vivos ao solo, carbono e nitrogênio, o último é o nutriente mineral mais importante do ponto de vista de quantidades existentes em plantas e, muitas vezes, também do ponto de vista econômico. Só este fato já seria suficiente para caracterizar a importância da matéria orgânica do solo, como fonte de nutrientes. Fósforo e enxofre são dois outros nutrientes encontrados em importantes proporções na matéria orgânica do solo.

Esses elementos formam a estrutura básica da matéria orgânica, constituída de cadeias de carbono, envolvendo oxigênio e hidrogênio e grupos funcionais diversos nos quais destacam-se o nitrogênio, o enxofre e o fósforo. Segundo Raij (1991), a constituição química não é definida em termos de compostos específicos, e nem poderia ser, considerando-se a multiplicidade de resíduos orgânicos e reações envolvidas no processo de formação da matéria orgânica do solo.

Com freqüência, encontramos a palavra húmus como sendo sinônimo de matéria orgânica. Húmus, porém, é somente um dos produtos resultantes do processo de degradação da matéria orgânica. De acordo com Chagas (1996), a matéria húmica, constitui-se de um material orgânico bastante complexo, de natureza polimérica, e bastante variável. O húmus é em parte responsável pela aglutinação das partículas dos minerais do solo, funcionando como uma cola. Isso se deve à sua constituição molecular, a qual apresenta grupos atômicos bastante reativos, que interagem com os íons da superfície das argilas e dos outros componentes do solo.

Além de cobrir o solo, mantendo-o úmido e protegido dos raios solares, ela também, quando em decomposição, transforma-se na base de nutrição para a planta, assim como na melhoria da estrutura do solo.



## Questões para discussão

- Qual a função da mistura sulfo-crômica?
- Em qual (is) tubo (s) houve efervescência? O que isto significa?
- Em qual (is) tubo (s) houve aquecimento durante a reação?
- Com base nos resultados obtidos, classifique o carbonato de sódio, o amido, a sacarose, a vitamina C, a aspirina e a gelatina em composto orgânico e inorgânico.
- O carbonato de sódio, apesar de ter carbono em sua estrutura, é de natureza orgânica ou inorgânica?
- Reconstrua o experimento, usando amostras de solo e classifique as diferentes amostras, usando as notações baixa, média ou alto teor de matéria orgânica.

## Comentários

Neste experimento, embora não seja possível determinar a quantidade absoluta de matéria orgânica presente no solo, é possível ao menos dosar essas quantidades.

A mistura sulfo-crômica reage com a matéria orgânica, numa reação de oxi-redução. Na reação, considera-se o dicromato reduzido equivalente ao carbono orgânico<sup>2</sup> existente no solo. Quanto mais escura a solução, maior o teor de matéria orgânica.

Posteriormente, realizou-se o experimento de determinação de pH do solo, usando extrato de repolho roxo como indicador universal de pH.

Os alunos prepararam um indicador ácido-base de repolho roxo e construíram uma escala de pH, usando diferentes soluções com diferentes valores do mesmo, sendo que a variação do pH foi de 1 a 13. Foram “determinadas” acidez/basicidade de diferentes materiais, utilizando o indicador preparado pelos alunos.

Em seguida, foi utilizado o extrato de repolho roxo, para determinar o pH de amostras de solo. Esta aula foi registrada.

A seguir, será apresentado o “roteiro estruturado” para o desenvolvimento da atividade experimental:

## 2- Determinação de pH do solo, usando extrato de repolho roxo como indicador universal de pH<sup>3</sup>

O solo destinado à agricultura corresponde a uma camada de 20 a 40 cm de espessura. A produtividade agrícola depende das características dessas camadas, afetadas por fatores como temperatura, acidez ou alcalinidade e outros.

A dissolução pela água de certos minerais, bem como o uso de fertilizantes, podem tornar o solo ácido, o que prejudica o crescimento de alguns vegetais (soja, feijão, trigo) e diminui a ação de microorganismos presentes no solo. Pode ocorrer, também, de o solo se tornar alcalino, principalmente em regiões áridas e com pouca chuva. Solos alcalinos podem ser prejudiciais ao crescimento das plantas. A “sarda da batatinha” é causada por uma bactéria que vive em solos alcalinos. A cor das hortênsias depende da acidez ou da alcalinidade do solo.

<sup>2</sup>Carbono presente em substâncias de origem animal e vegetal, como proteínas, ácidos orgânicos, carboidratos e outros, que compõem a matéria orgânica.

<sup>3</sup>Este experimento foi adaptado dos artigos do GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química). Experiências sobre solo. Revista Química Nova na Escola, nº 8, p. 40-41, nov. 1998. Extrato de repolho roxo como indicador universal de pH. Idem, nº 01, p. 32, maio 1995.

No solo ácido se obtém hortênsias azuis ou lilases e em solos alcalinos, hortênsias brancas ou rosadas. Portanto, deve-se determinar o pH do solo para que este possa ser corrigido, se for o caso, para melhor se adequar a uma dada cultura.

O extrato de repolho roxo pode constituir-se num indicador universal de pH, por apresentar diferentes cores frente a valores de pH diferenciados entre si de uma unidade de pH em uma ampla faixa de valores. Desta maneira, pode-se substituir os papéis indicadores universais, algumas vezes de difícil aquisição.

### **Construção de uma escala de pH para o repolho roxo**

#### **Materiais e reagentes:**

7 tubos de ensaio

1 conta-gotas

Repolho roxo

Água destilada

Solução diluída de ácido clorídrico (1 mL de ácido concentrado em água até 100 mL)

Solução diluída de hidróxido de sódio (1 pastilha em 100 mL de água destilada)

vinagre branco

detergente com amoníaco

álcool

#### **Procedimento**

**1ª. Parte:** Preparação de extrato de repolho roxo. Em um gral, macerar pequenos pedaços de repolho roxo com água destilada. Com o auxílio de uma peneira, coe a solução obtida. Obs.: o extrato de repolho roxo deve ser guardado em geladeira, pois se decompõe com o tempo.

**2ª. Parte:** Preparação da escala padrão. Rotule os tubos com os valores de pH aproximados.

Coloque nos tubos de ensaio, numerados de 1 a 7, as soluções conforme tabela:

Tubo 1 - 5 mL da solução diluída de HCl + 5 mL de extrato de repolho roxo (pH=1)

Tubo 2 - 5 mL de água destilada + 5 gotas de vinagre branco + 5 mL de extrato de repolho (pH=3)

Tubo 3 - 5 mL de álcool + 5 mL de extrato de repolho (pH=5)

Tubo 4 - 5 mL de água destilada + 5 mL de extrato de repolho (pH=6)

Tubo 5 - 5 mL de água destilada + 1 gota de detergente com amoníaco + 5 mL de extrato de repolho (pH=9)

Tubo 6 - 5 mL de água destilada + 5 gotas de detergente com amoníaco + 5 mL de extrato de repolho (pH=11)

Tubo 7 - 5 mL de solução diluída de NaOH + 5 mL de extrato de repolho (pH=12)

**3ª. Parte:** São testados materiais do cotidiano para determinar a acidez ou basicidade dos mesmos, como por exemplo: leite, suco de limão, detergente líquido, clara de ovo, vinagre e leite de magnésia. Coloque em cada tubo de 5 mL de água destilada e 5 mL de extrato de repolho e acrescente 5 gotas do material a ser testado e compare com a escala padrão.

#### **Determinação do pH do Solo**

**Materiais:-** Amostra de solo, indicador (extrato de repolho roxo), água destilada, béquer de 50 mL, 2 tubos de ensaio, 1 conta-gotas, uma colher de plástico, 1 bastão de vidro (ou palito de madeira) e sistema de aquecimento.

**Procedimento:** Coloque um pouco de água destilada no béquer e aqueça até ebulição. Coloque em um tubo de ensaio 1(uma) colher de amostra do solo, adicione água destilada até

a altura de 2 cm e agite bem. Deixe sedimentar e retire com o conta-gotas o líquido sobrenadante, passando-o para outro tubo de ensaio e adicione algumas gotas do indicador. Compare com a escala construída.

#### **Comentários:**

Para diminuir a acidez dos solos, utiliza-se a calagem, que consiste em adicionar materiais calcários que contenham cálcio e magnésio. Ao contrário, para diminuir a alcalinidade pode ser adicionado ao solo sulfato de ferro II, sulfato de alumínio ou gesso.

Corrigindo o pH do solo: Se o pH do solo tiver sido menor que 6 (experiência anterior) adicione ao tubo uma pequena quantidade de carbonato de cálcio (pontinha de colher), agite e compare a cor com a escala. Se o pH da amostra tiver sido maior que 7, adicione uma pequena quantidade de sulfato de ferro II, agite e compare a cor com a escala.

#### **Questões propostas:**

- Quais dos materiais testados são ácidos? Entre esses, quais são os mais ácidos?
- Quais são básicos? Quais são os mais básicos?
- Certo material confere cor lilás ao repolho roxo. Em que faixa de pH esse material se encontra?
- Porque para diminuir a acidez do solo utiliza-se a calagem?
- Porque para diminuir a basicidade ou alcalinidade pode-se adicionar sulfato de ferro II, sulfato de alumínio ou gesso?

Finalizando esta etapa, realizou-se o experimento de título: “Reações Químicas – Calda Bordalesa”.

A noção de reações químicas foi resgatada, através de algumas evidências, como a formação de precipitado, a liberação de gases, a mudança no aspecto visual e da coloração, promovendo a diferenciação entre uma mistura e uma reação química. Através de questões do roteiro, foi possível identificar a ocorrência de aprendizagem.

A atividade envolveu a preparação da solução de cal hidratada e uma solução de sulfato de cobre que foram misturadas, formando o sulfato de cálcio e hidróxido de cobre (precipitado), preparando assim a calda bordalesa, produto bastante usado na agricultura como fungicida, e a grande questão foi identificar se a mesma é uma simples mistura ou produto de uma reação química.

Fizeram o teste de acidez, relembando os conhecimentos da aula anterior. Esta aula foi registrada.

A seguir, será apresentado o “roteiro estruturado” para o desenvolvimento da atividade experimental:

### **3- Reações Químicas – Calda Bordalesa**

#### **Introdução**

A calda bordalesa é utilizada para tratar plantas atacadas por formiga, portanto é um fungicida. Quem cultiva, sabe que as plantas estão sujeitas a doenças provocadas por fungos. É um produto com reconhecida eficácia em quase todas as áreas da agricultura. Embora os componentes da calda bordalesa tenham origem minerais que sofreram processamento químico (cal virgem ou hidratada e sulfato de cobre), ela é bem aceita pelas mais variadas correntes da agricultura ecológica, visto que tais componentes fazem parte dos processos metabólicos, sendo nutrientes essenciais para a constituição das plantas. Portanto além de

fungicida, atua também como agente bacteriostático, ou simplesmente como fertilizante foliar, fornecendo cálcio e cobre, que são importantes na nutrição da planta.

O produto surgiu no século XIX, na região de Bourdeaux, na França, sendo sua descoberta acidental, resultante da neutralização de sulfato de cobre com excesso de hidróxido de cálcio aspergido sobre vinhedos, além de evitar furtos, pelo aspecto azulado que dava à folhagem, era ativa contra o míldio da videira.

A era dos cúpricos durou cerca de 50 anos, até que os fungicidas orgânicos sintéticos invadissem o mercado, mas até hoje os fungicidas a base de cobre são bastante utilizados em muitos países, sendo que no Brasil, destacam-se como um dos mais consumidos (AZEVEDO, 2003).

### **Identificando uma reação química**

#### **Materiais e reagentes:**

Estante com tubos de ensaio, soluções de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), ácido clorídrico concentrado (HCl), nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), cloreto de sódio (NaCl), cloreto de chumbo ( $\text{PbCl}_2$ ), iodeto de potássio (KI), magnésio em fita, pinça de madeira e fósforo.

#### **Procedimento:**

- 1- Segurar um pedaço de magnésio com pinça de madeira. Introduzir a ponta do metal na chama do fósforo. Observar com cuidado (a luz observada é muito viva e pode prejudicar a vista). Coloque o produto (cinza) num tubo de ensaio e adicione 2 cm de água destilada. Agite e coloque 2 gotas de indicador. Observar.
- 2- Colocar 2 cm de solução de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  em um tubo de ensaio. Adicionar com o conta-gotas, HCl concentrado. Verificar.
- 3- Colocar 2 cm de solução de iodeto de potássio em um tubo de ensaio. Colocar 2 cm de cloreto de chumbo em outro tubo de ensaio. Adicionar o conteúdo do 2º tubo ao 1º. Observar.
- 4- Colocar 2 cm de solução de nitrato de prata em um tubo de ensaio. Colocar 2 mL de solução de cloreto de sódio em outro tubo de ensaio. Adicionar o conteúdo do 2º tubo ao 1º. Observar.

#### **Questões:**

- 1- Com que substância combinou-se o magnésio? Qual a substância branca que se formou nessa combinação? O que aconteceu quando se adicionou água a essa substância? Por que você usou um indicador?
- 2- Escreva a equação química que representa a reação nº 2. Qual a evidência que está ocorrendo uma reação química? Idem para as reações de nº 3 e nº 4.

Nota: Na prática, são indicativos da ocorrência ou não de uma reação química através das seguintes evidências: desprendimento de gás, formação de precipitado, absorção ou liberação de calor e mudança no aspecto visual, como, por exemplo, mudança de coloração.

### **Preparação da calda bordalesa**

#### **Reagentes:**

- 10,0 g. de sulfato de cobre
- 10,0 g. de cal virgem
- 110 mL de água dividida em 3 porções, sendo duas de 30 mL e uma de 50 mL.

#### **Procedimentos:**

Para fazer a calda bordalesa, comece aquecendo 30 mL de água. Transfira a água aquecida para o recipiente de vidro (béquer) de 150 mL, adicione  $\text{Cu SO}_4$ , agitando até dissolução completa.

À parte, misture o óxido de cálcio em 30 mL de água destilada, tomando cuidado para não se queimar, porque esse processo é altamente exotérmico.

Adicione, então, a água de cal ao recipiente onde o sulfato de cobre está dissolvido e complete com 50 mL de água, misturando com um bastão de vidro. Antes de usar a calda, faça um teste de acidez: mergulhe uma lâmina de ferro no preparado. Se ela escurecer, não aplique ainda a calda na planta. Acrescente um pouco mais de cal e faça o teste novamente.

O ideal para a calda bordalesa é que seu pH seja neutro (pH=7.0) ou levemente alcalino (um pouco acima de pH 7.0).

Para se fazer a pasta bordalesa, aumenta-se a concentração de ambos os reagentes. Por exemplo: 1 litro de água + 250 g de  $\text{CuSO}_4$  e 1 e  $\frac{1}{2}$  litros de água + 400 g de  $\text{CaO}$ . Dissolver separadamente e juntar simultaneamente sob agitação.

Obs.: a pasta é aplicada no tronco e ferimentos de poda e a calda é pulverizada na folhagem.

### Questões

- 1- “Deve-se evitar recipientes de latão, ferro ou cobre para preparar a calda bordalesa”. Justifique esta afirmativa:
- 2- Porque a calda bordalesa não deve ficar armazenada por mais de 3 dias?
- 3- Indique outro teste que você faria para verificar a acidez da calda bordalesa?
- 4- A calda bordalesa é uma simples mistura ou produto de uma reação química? Justifique.

### 2ª ETAPA – Aplicação de questionários para avaliação dos resultados.

Foram elaborados e aplicados dois questionários (anexo A e B) em dois grupos de alunos (G1 e G2).

O primeiro questionário teve por meta identificar como os alunos viam as aulas de química na sua formação. Este questionário foi aplicado aos alunos (G1) que não participaram das atividades propostas no desenvolvimento da pesquisa.

O segundo questionário trouxe, além destes objetos de investigação, a avaliação das aulas desenvolvidas. Este questionário foi aplicado aos alunos (G2) que participaram das atividades propostas na pesquisa.

Os dois grupos de alunos cursavam a terceira série do Ensino Médio concomitante com o Ensino Técnico em Agricultura, quando o questionário foi aplicado. Cada grupo era constituído por 17 alunos.

O G1 era formado por 05 (cinco) alunas e 12 (doze) alunos, 70% moravam na cidade de Barbacena, os demais, 30%, residiam no alojamento da EAF-Barbacena, em regime de internato, pois eram de cidades mais longínquas. Todos estavam concluindo o 3º ano dos ensinos Médio e Técnico.

O G2 era constituído de 08 (oito) alunas e 09 (nove) alunos, 65% residiam em Barbacena e os demais, 35%, no alojamento da escola. Do total dos alunos do grupo G2, 12 (doze) já haviam terminado o Curso Técnico, esperando, portanto a conclusão do Ensino Médio.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo do postulado que aprender é relacionar, interagindo com linguagens que desafiem o aluno e promovam a compreensão de temas de vivência articuladamente a conceitos científicos, elaborou-se um programa de experiências com a finalidade de promover o pensamento crítico dos alunos, e utiliza-los no estudo de assuntos relacionados ao cotidiano e práticas dos alunos do Curso Técnico em Agricultura.

### 4.1 Resultados das aulas experimentais

A escolha dos assuntos referentes às aulas experimentais visou a aproveitar temas comuns às vivências dos alunos no seu Curso Técnico em Agricultura, previamente conhecidos pelo seu uso cotidiano e pela sua ampla aplicação no mundo agrário.

A primeira aula implementada sobre a “**determinação de matéria orgânica no solo**”, iniciou-se com uma discussão sobre o assunto e alguns acordos de como a aula seria conduzida. Preocupou-se, também, em tratar sobre o manuseio dos materiais devido à insegurança dos alunos em relação às aulas experimentais, pois os mesmos não tinham vivência com essa metodologia.

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nas atividades realizadas.

#### SEQUÊNCIA 1

##### **Orientando a proposta da atividade determinação de matéria orgânica no solo**

1. Prof.: *Vamos iniciar a nossa aula. Se quiserem pegar um lápis ou caneta e anotar tudo o que forem verificando, será bom, pois vocês irão me entregar um relatório em grupo, tá? A atividade que iremos desenvolver é muito utilizada nos laboratórios de solo para a determinação de Matéria Orgânica (M.O.) do solo. Nestes laboratórios há a disposição um calorímetro que permite definir a quantidade de M.O. ... Vocês têm em mãos um roteiro que será seguido e nele temos umas questões para discussão... As respostas vocês é que vão dar, tá? Elas virão do procedimento de vocês no experimento, então daí a necessidade de assumirem um compromisso. A aula prática só é viável se o aluno tiver compromisso com ela, tiver responsabilidade.... (pausa)... não achar que só misturar uma coisa com a outra e pronto a aula está terminada. Ela gera conhecimento quando a gente tem essa preocupação. Nunca terá resposta pronta, vocês vão pedir para a professora e ela não vai dar a resposta acabada. Vocês vão buscar essas respostas e no final vamos concluir. Peguem uma ponta de colher dos reagentes, é ponta de colher mesmo... tomem como base a quantidade de aspirina. A mistura sulfo-crômica está aqui... cuidado para não cair na mão e roupa, tá? Se isso acontecer lave com muita água. Podem começar... todo mundo trabalhando... a professora vai só ficar olhando e tirando possíveis dúvidas, mas não dando respostas, sempre caminhando com vocês para construir suas respostas. Vamos, não fiquem inibidos, a aula já começou... Prestem atenção, a mistura sulfo-crômica já foi preparada pela professora, pois ela necessita de algumas normas de segurança.*

2. A1: *Beth, por favor, como medir no tubo 4 cm?*

3. Prof.: *Vou dar uma sugestão pra vocês, podem medir 4 dedos.*

4. A2: *Aqui... só tem uma colher, como vamos tirar os outros reagentes, com a mesma colher?*

5. A3: *Eu acho que deve ter outra.*

6. A4: *Então terá que ter muitas... professora temos um problema...*

7. A1: *Pega aqui este tubo, tá quente...*

8. A2: *Este não tá tão quente.*

9. A3: *Este tá quente demais...*

10. A4: *Este tá fervendo muito... tá cheio de bolinhas...*

11. A1: *Professora grudou, não consigo dissolver... agarrou no fundo do tubo, não deu certo...*

12. A2: *Vamos fazer tudo de novo! Ah... Acho que coloquei pouco disso aqui (mistura sulfocrômica).*
13. Prof.: *Erraram? No quê?*
14. A2: *A gente esperava que este aqui (apontaram para amostra com -----) mudasse de cor e não aconteceu.*
15. Prof.: *Ok, então refaçam considerando a suposição de vocês, que faltou mais da solução sulfocrômica...Todas as substâncias que vocês usaram reagiram com a solução sulfocrômica?*
16. A1: *Não.*
17. Prof.: *Então, sabendo que ocorre uma reação de oxi-redução entre as substâncias que contêm carbono e cromo do dicromato. Qual dos materiais que vocês acham que não tem carbono nestas estruturas?*
18. A1: *A água.*
19. Prof.: *A proteína tem carbono? E a aspirina? E o açúcar? E o carbonato? Todo mundo percebeu que o carbonato não reagiu não é? Por quê?*
20. A2: *Porque ele não é uma substância orgânica como as outras.*
21. A4: *Mas a aspirina não teve uma cor certa, ela é orgânica?*
22. Prof.: *Mas houve uma mudança de cor?*
23. A4: *Muito pequena.*
24. Prof.: *Então houve uma reação de oxidação?*
25. A4: *Ah... agora clareou.*
26. Prof.: *Qual a cor da mistura sulfo-crômica?*
27. A1, A2, A3,... *Amarelo...laranja...*
28. Prof.: *Quando a reação química acontece, a mudança de cor é de cor pra que cor?*
29. A1: *Amarelo para verde, mais ou menos.*
30. Prof.: *Vocês conseguiram ver em todos os tubos a mesma tonalidade?*
31. A1: *Não... verde escuro... verde mais claro...*
32. Prof.: *Isso implica em quê? Vocês acham que isso implica em não ter carbono?É que as substâncias são diferentes, teores de carbono diferentes...houve mudança de cor no carbonato?Não? Então vocês constataram que...*
33. A3: *O carbonato de sódio não é composto orgânico.*
34. Prof.: *Mas o carbonato de sódio tem carbono, não é mesmo? Isso quer dizer que o carbono do carbonato não reage da mesma forma. Vocês lembram quando definimos que compostos orgânicos são aqueles que contêm carbono, exceto, né, carbonatos, CO<sub>2</sub>... Não é assim que encontramos na literatura? Vocês acabaram de constatar isso. Daí eu pergunto pra vocês, qual é a função da mistura sulfo-crômica?*
35. A2: *é um indicador?*
36. Prof.: *Vocês usam a palavra indicador como...está indicando... ou indicador como uma substância química que muda de cor, frente a ácidos e bases....*
37. A4: *Eu acho que ela é um reagente.*
38. Prof.: *Tá, mas o que ela faz com o carbono orgânico? Esta mistura tem dicromato de potássio, certo? De cor laranja, quando reage com o carbono orgânico das substâncias analisadas, muda de cor, certo? Passa de dicromato para cromato e portanto houve uma reação de ... (pausa) oxidação e então qual a função da mistura sulfocrômica?*
39. A4: *Oxidar o carbono.*
40. Prof.: *Pela intensidade da cor, verifico se tem mais ou menos carbono oxidável, ou seja, carbono potencial redutor para reduzir o dicromato para cromato. É assim que a gente faz para medir o teor de matéria orgânica no solo. A gente usa exatamente este mesmo conhecimento. É a química aplicada ao solo. Aí o roteiro nos pergunta em qual dos tubos houve efervescência?*

41. A1: *Menos no 5, não ...no 4....*
42. A2: *Efervescência? No 1 houve mais, mas em todos houve um pouco...*
43. Prof.: *Qual o significado desta efervescência? Houve aquecimento suficiente para “ferver” a água desta solução? Porque “ferveu”? Mas o tubo de ensaio ficou muito quente em alguns casos, por quê?*
44. A1: *Porque ela liberou calor.*
45. Prof.: *A reação é exotérmica, ou seja, libera calor. Nós também sabemos que efervescência é liberação de gás. Vocês têm idéia que gás saiu da reação? Mas. Nesta equação está representada a formação do gás carbônico. Então o que evidenciar essa efervescência?*
46. A2: ***É o gás carbônico.***
47. Prof.: *A gente conclui que a efervescência nada mais é que a produção de gás carbônico, nessas reações de oxidação. Conforme a equação química descrita no roteiro. Então uma amostra de solo que contém muita matéria orgânica, quando adicionamos o dicromato, ela “ferve”.*
48. A3: *Professora, por isso que o esterco bovino quando armazenado chega até a entrar em combustão?*
49. Prof.: *Qual o gás que se forma na putrefação da matéria orgânica e que é combustível?*
50. Alunos: *Metano!*
51. Prof.: *Vocês estão bons em Química Orgânica! Agora como vocês já sabem sobre o procedimento para determinação de carbono orgânico, deverão, agora, utilizá-la nas amostras de solo que receberam. Vejam que elas estão identificadas.*

É conveniente chamar a atenção para a forma como a professora conduz as atividades e, em conseqüência, o processo de aprendizagem, podendo essas exposições orais situar-se em contradição com uma proposta construtivista de ensino.

Para Mortimer, 2000:315, essas exposições nos parecem uma parte importante do processo de construção do conhecimento, principalmente se considerarmos o ensino como um processo social em que se busca desenvolver um conhecimento intersubjetivo que seja o mais próximo possível do conhecimento aceito pela comunidade científica. Evidentemente que a construção do conhecimento pressupõe que a professora dê aos alunos a oportunidade de falarem por si mesmos, dando-lhes o suporte necessário nesta tentativa de construir seu próprio discurso.

Acredita-se que dificilmente este discurso será descoberto pelos indivíduos através de sua própria investigação empírica e, portanto, as exposições orais por parte da professora são tão importantes como qualquer outro tipo de atividade mais participativa. Ao fazer a exposição oral (Fig. 3) e dar as explicações necessárias para o desenvolvimento do experimento, pensa-se que a professora não estava apenas informando ou transmitindo conhecimento, estava também preparando o terreno para que os alunos pudessem estabelecer, por eles mesmos, as interligações possíveis.

Os alunos mantiveram-se envolvidos com a atividade, trocavam informações entre si ou recorriam à professora a respeito de problemas e dúvidas pertinentes. Frequentemente, conceitos estudados em outro momento apareciam, proporcionando a articulação teoria/prática e esclarecendo algumas evidências observadas nos fenômenos. Ainda que as perguntas levantadas seguissem um modelo, foi possível perceber que cada grupo trazia uma questão diferente. Essas questões foram, em algumas situações, tratadas pontualmente e, em outras, compartilhadas entre todos os alunos, como observado na seqüência 1 de número 48 a 51.

Como afirma Mortimer (2000:276), a presença da voz do professor que, mesmo na sua ausência, dirige a discussão dos alunos, é um exemplo da dialogicidade e multiplicidade de vozes que caracterizam a geração de novos significados.

A organização dos próprios alunos, em grupos, possibilitou a divisão de responsabilidades, a cooperação, o respeito, principalmente, ao ter que ministrar as divergências surgidas. O ambiente durante toda aula foi de um tom harmônico, tanto na relação aluno-aluno, quanto professor-aluno, podendo ser identificado, por exemplo, na forma como muitos alunos se conduziam à professora: “Beth, por favor...”. É importante ressaltar que as propostas construtivistas para o ensino de ciências não devem ser idealizadas como eminentemente harmônica e consensual, o que impediria a compreensão dos processos desencadeados nos espaços escolares. Na sala de aula, são estabelecidos certos acordos, e, em geral, no início da aula, melhor, no início do curso. As negociações estabelecidas nos primeiros encontros vão definir os desdobramentos de uma série de eventos. Neste exemplo é possível deduzir que a professora apresenta uma boa relação com os alunos, pois ao estabelecer alguns princípios como: “A aula prática só é viável se o aluno tiver compromisso com ela” (seqüência 1, nº 1), parece que os alunos delegam a ela a autoridade na condução da proposta.

Percebeu-se que por meio destas atividades, a adoção de uma postura investigativa, fundamentada em um compromisso mútuo entre educadora e educandos, visando à conexão entre os conhecimentos que fazem parte da vivência dos alunos. A preocupação com o erro toma uma dimensão, se não investigativa, pelo menos, supositiva “*Professora, não deu certo*” “*Vamos fazer tudo de novo! Ah... Acho que coloquei pouco disso aqui (mistura sulfo-crômica)*”).

Neste entendimento, Bachelard, citado por Giordan (1999: 46) destaca o papel do erro, “onde uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado (...), em lugar de promover uma reflexão racionalizada”. Numa dimensão psicológica, a experimentação, quando aberta às possibilidades de erro e acerto, mantém o aluno comprometido com sua aprendizagem. Bachelard, citado por Oliveira (2000:85), considera o erro como um verdadeiro estímulo para o pensamento: jamais o deslumbramento do espírito é tão grande, quando na ocasião em que se percebe estar enganado. Tal deslumbramento, tal despertar intelectual são a origem de uma nova intuição, totalmente racional, totalmente polêmica, que se anima na derrocada do que foi uma certeza primeira, na doce amargura de uma ilusão perdida.

No entanto, para desencadear este tipo de estímulo, é necessário que o aluno internalize aspectos como cooperação, respeito mútuo, exposição clara de idéias e abertura para idéias divergentes. Isso não é fácil, tendo-se em vista que o aluno é educado num sistema tradicional, cuja metodologia de ensino não valoriza ou desenvolve os aspectos acima mencionados, perpetuando a idéia de que o erro deve ser evitado e o acerto valorizado. Esta preocupação é apresentada pela professora em algumas ocasiões, explicitando o papel do erro no processo que estava sendo vivenciado.

A primeira fase desta experiência culminou na construção de um padrão de cor, baseado na oxidação do carbono presente nas substâncias utilizadas pelos alunos, tais como, sacarose, amido, gelatina, carbonato de sódio, aspirina e outros (Fig. 4). A seguir a professora começou a dialogar com os alunos, levando-os a responder às questões presentes no roteiro estruturado.

Ao perguntar se todos os reagentes utilizados apresentavam carbono em sua estrutura, os alunos responderam que sim e perceberam que o carbonato teve um comportamento diferente dos demais reagentes, frente à mistura sulfo-crômica, pois não ocorreu mudança de cor durante a reação. Foi a partir da dialogicidade e multiplicidade de vozes que os alunos buscavam as respostas aos fenômenos apresentados. No entanto, em algumas situações, a professora interrompia o diálogo usando um discurso diretivo e de autoridade (“Quando essa reação química acontece, ocorre mudança de cor.... de cor pra que cor?”, “Vocês usaram carbonato, açúcar, aspirina..., houve mudança de cor?”). Um outro exemplo que manifesta esta

tendência diretiva é a discussão sobre a noção, por parte de alguns alunos, da solução sulfo-crômica como um indicador de carbono orgânico. A professora então resgata os conceitos tratados em um outro momento, quando indicador foi associado ao estudo de ácido e base. Um aluno, em um significativo exemplo de apropriação da linguagem química, manifesta-se dizendo que a solução sulfo-crômica se constitui em um reagente. A professora concorda com o aluno, mas insiste na denominação do tipo de reação envolvida. A professora aproveita a oportunidade para discutir como esse reagente oxida os compostos presentes na matéria orgânica do solo.

Na questão referente à “efervescência ocorrida nos tubos”, percebeu-se que a linguagem não era muito comum para alguns alunos. A professora decidiu vinculá-la a palavra ferver, diferenciando do ato de levar ao aquecimento até entrar em ebulição (quando começa a ferver), linguagem bastante comum para expressar o fenômeno, que está associado à formação de bolhas de gás. Quando o aluno relacionou a efervescência com liberação de calor, a professora aproveitou a oportunidade para discutir a natureza termoquímica das reações de oxidação.

O assunto permitiu que os alunos fizessem a articulação desse conhecimento com outros fenômenos. Um aluno associou a combustão do esterco bovino, quando armazenado, à liberação do gás carbônico. A professora aproveitou a oportunidade para resgatar a decomposição de materiais orgânicos e o gás produzido neste processo, diferenciando o gás combustível (metano) do gás resultante da combustão (gás carbônico).

## SEQUÊNCIA 2

### Usando amostras de solo

1. Prof.: *Vamos agora para a 2ª parte da aula. Ela é voltada para a agricultura. Trouxe algumas amostras de solo para serem testadas. Vamos usar diferentes amostras, a gente está vendo que elas têm texturas e cores diferentes.... Novamente torno a chamar a atenção de vocês, usem uma pitada da amostra e classifiquem em baixo, médio e alto teor de matéria orgânica.*

2. *Alunos dialogam nos grupos.*

3. Prof.: *E aí, o que vocês concluíram?*

4. *Alunos apresentaram os resultados conforme o esperado.*

5. Prof.: *Esta proposta de determinação de matéria orgânica é a mais usual nos diferentes laboratórios das escolas agrotécnicas e instituições de pesquisa. No entanto, como o Cr é um metal pesado é prejudicial ao ambiente. Apesar de estarmos usando quantidades mínimas do oxidante, iremos descartá-lo na pia. Por isto precisamos encontrar um procedimento de descarte deste resíduo, para não afetar o meio ambiente. Como ainda não dispomos de um procedimento para recuperação deste resíduo o ideal seria que ele fosse colocado em um recipiente para posterior solução do problema.*

Ao discutir o processo utilizado para determinação de “carbono orgânico”, chamando a atenção para o descarte inadequado do dicromato no ralo da pia, sem qualquer controle e tratamento, a professora assume que o método proposto é prejudicial ao meio ambiente, apesar da pequena quantidade envolvida no processo. Neste sentido, cabe ressaltar a importância do gerenciamento de resíduos químicos nos espaços educacionais, para uma formação consciente e comprometida com a sociedade.

No entanto, com o experimento proposto foi possível determinar, de forma qualitativa, a matéria orgânica presente nas amostras de solo, utilizando como padrão as reações ocorridas com as diferentes substâncias testadas no procedimento anterior. Para os testes com amostras de solo (Figuras 5 e 6), os alunos concluíram que o procedimento se aplica muito bem para diferenciar carbono orgânico e inorgânico **presentes no solo** (Fig. 7) e que o carbono presente

nas substâncias utilizadas nas calagens (calcáreo) não possui o mesmo potencial de redução, pois já está na sua forma oxidada. Logo, estas substâncias podem ser diferenciadas das substâncias definidas como orgânicas.

Os alunos concluíram que as tonalidades mais fortes de verde indicavam maior concentração de matéria orgânica no solo, sendo estes resultados comparados ao padrão construído na etapa anterior (Fig. 8). A liberação de calor e a intensidade da efervescência manifestada em algumas amostras também foram somadas às observações dos alunos, que avaliaram, de forma significativa, os teores qualitativos de matéria orgânica nas amostras analisadas.

Usando a experimentação como suporte metodológico, os alunos foram capazes de estabelecer conexões entre os saberes químicos e as propriedades do solo, fazendo assim a interligação entre os mesmos.

A abertura de vias de comunicação centradas no diálogo foi de grande importância para o processo ensino-aprendizagem. Desta forma, uma atmosfera favorável para a aprendizagem foi alcançada, quando o conteúdo se apresentou de forma contextualizada, através da articulação teoria-prática.

### **Desenvolvimento da aula prática – Determinação da matéria orgânica no solo.**



**Figura 3** – Ao fundo a professora e na bancada um grupo de alunos



**Figura 4** – Grupo de alunos oxidando os compostos químicos



**Figura 5** – Alunas testando amostras de Solo



**Figura 6** – Outro grupo executando o experimento



**Figura 7** - Padrão: diferenciando o carbonato dos demais compostos orgânicos



**Figura 8** - Teor de matéria orgânica no solo através da cor.

A segunda aula desenvolvida foi “**determinação de pH do solo, usando extrato de repolho roxo como**

**indicador universal de pH**” adaptada dos artigos do GEPEC- Grupo de Pesquisa em Educação Química. GEPEC (1995) e GEPEC (1998) .

### **SEQUÊNCIA 3**

#### **Identificação do pH de diferentes substâncias**

1.Prof.: *Na aula de hoje vamos vivenciar como conceitos químicos de acidez e basicidade estão presentes no dia a dia do técnico em agricultura. Iremos inicialmente construir uma*

escala de pH utilizando extrato de repolho roxo como indicador, sendo feito com este a classificação de diferentes soluções aquosas de acordo com sua acidez ou basicidade. Posteriormente, iremos analisar amostras de solo. Usaremos um indicador feito por vocês e não um adquirido comercialmente. Vamos a aula.... Entre os materiais testados, quais são os mais ácidos? E os mais básicos?

2. A1: Com o vinagre ficou avermelhado... e com o leite de magnésia ficou azulado...

3. Prof.: E então, quais das substâncias são ácidas e quais são alcalinas? Em que pH se confere a cor lilás?

4. A2: Como o vinagre é ácido, provavelmente o leite de magnésia é básico.

5. Prof.: Se estão em dúvida comparem com a escala padrão de pH do repolho roxo construído por vocês.

6. A3: A clara de ovo e o leite de magnésia são básicos.... o vinagre e o limão são ácidos e o leite é um pouco ácido.

7. Prof.: Vocês sabem qual ácido confere acidez para o leite? ....(pausa).... não sabem? É um ácido orgânico chamado ácido láctico. Agora vamos para a determinação do pH da amostra de solo.

8. A3: Beth, o nosso deu cor róseo e comparando com a escala o solo tem pH entre 5 e 6...

9. Prof.: Então qual a sua resposta?

10. A3: É ácido.

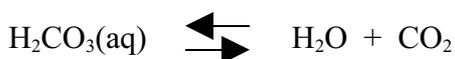
11. Prof.: Nas atividades de campo, vocês sabem que quando o solo está ácido deve-se adicionar calcário. Do ponto de vista dos conceitos químicos vocês saberiam me explicar o porquê?.....(pausa)..... Pensem um pouco, vocês são capazes de responder.

12. A4: Eu aprendi em química que uma base neutraliza um ácido e portanto o solo sendo ácido adiciona-se calcário que deve ser alcalino, certo?

13. Prof.: Certíssimo. Então porque utiliza-se calagem?

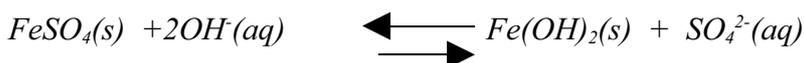
14. A1, A2, A3,... Para diminuir a acidez do solo.

15. Prof.: Vamos aprofundar um pouquinho o nosso conhecimento. Vou mostrar pra vocês através de equações químicas, como isto acontece. O carbonato de cálcio ao ser adicionado ao solo, pode reagir do seguinte modo:



As espécies  $\text{CO}_3^{2-}(aq)$ ,  $\text{OH}^-(aq)$  e  $\text{HCO}_3^-(aq)$  formadas podem reagir com  $\text{H}^+(aq)$  do solo ácido, diminuindo a acidez.

O sulfato de ferro diminui a alcalinidade, interagindo com íons  $\text{OH}^-$ :



16. A1: Beth, qual a fórmula do gesso?

17. Prof.:  $\text{CaSO}_4$

18. A1: Haamm....

Mais uma vez é conveniente chamar a atenção para o uso que a professora faz, na sua fala, sobre a relação entre os conceitos químicos e aplicação no estudo do solo.

Nesta altura, os alunos já estavam mais familiarizados com os materiais e reagentes envolvidos na prática, produzindo, sem muitas dificuldades, a escala de pH, a partir do extrato de repolho roxo (Figuras 9, 10 e 13).

A seqüência 3 revela a identificação do pH de diferentes substâncias pelos alunos.

A partir daí, tiveram condições de determinar o pH de uma amostra de solo comparando-a com a escala padrão construída por eles (Figuras 11, 12 e 14). Desta maneira, puderam fazer a conexão do conhecimento químico com sua respectiva aplicação no estudo do solo, usando mais uma vez a experimentação como ponte para a interdisciplinaridade.

Durante o desenrolar da aula, é possível perceber que os conceitos mantêm relação entre teoria e prática, de modo a esclarecer o significado das experiências.

Com a aula prática, os alunos foram capazes de identificar a natureza ácida ou alcalina das diferentes substâncias analisadas e contextualizar este conhecimento com sua vivência no estudo do solo e isto foi verificado quando lhes foi perguntado “por que para diminuir acidez do solo, utiliza-se a calagem”, a resposta mostrou o bom nível de compreensão dos alunos em relação ao estudo.

Também foi importante observar que na medida em que as aulas experimentais foram concluídas, foi possível perceber que os alunos reelaboraram seus conhecimentos, dando respostas a questões do seu dia-a-dia no campo, como na pergunta acima mencionada. Depois de conhecerem as reações de neutralização de um solo ácido, mostrado pela professora através de equações químicas, os alunos responderam que, para neutralizar a acidez do solo, adiciona-se também gesso, diminuindo a alcalinidade do solo. Esta prática é comum no campo.

#### **Desenvolvimento da aula prática - “determinação de pH do solo, usando extrato de repolho roxo como indicador universal de pH”.**



**Figura 9** – Alunos preparando o extrato de repolho roxo



**Figura 10** – Grupo de alunos construindo escala de pH



**Figura 11** – Aluno determinando o pH da amostra de solo



**Figura 12** – Um grupo de alunos comparando a amostra com o padrão



**Figura 13** - Escala de pH do repolho roxo



**Figura 14** - Comparação da amostra de solo com o padrão

A terceira e última proposta de ensino baseada na utilização do “laboratório com ênfase na estrutura do experimento” e com a perspectiva de um ensino contextualizado teve como objetivo a produção da “**Calda bordalesa**”.

A atividade foi precedida por um outro conjunto de fenômenos que envolviam a evidência ou não de ocorrência de reações químicas (Figuras 16 a 19), tais como: desprendimento de gás, formação de precipitado, absorção ou liberação de calor, modificações no aspecto visual, como, por exemplo, mudança na coloração.

#### **SEQUÊNCIA 4**

##### **A química da calda bordalesa**

1. Prof.: *Vamos iniciar esta atividade identificando ocorrência de reações. Eu estarei direcionando as atividades. (...) Queimem um fragmento de magnésio e observem a luminosidade formada. Não olhem direto para a luz, pois ocasionará uma cegueira momentânea.*

2. A1: *Nossa, que lindo! Parecem fogos de artifícios...*

3. Prof.: *Agora coloquem as cinzas num tubo de ensaio e adicionem água destilada e gotas de fenolftaleína. O que você verificou?*

4. A2: *Ficou róseo...*

5. Prof.: *A fenolftaleína é um indicador como aquele que vocês construíram de repolho roxo. Em meio ácido fica incolor e em meio básico róseo. Portanto essa solução no tubo é ácida ou básica? Hei, gente respondam...*

6. A1, A2, A3, .... *É básico professora.*

7. Prof.: *Então tá. Vamos agora adicionar num tubo de ensaio iodeto de potássio e cloreto de chumbo.*

8. A1: *Nossa que linda esta cor....parece gema de ovo...*

9. Prof.: *Peguem outro tubo e coloquem nitrato de prata e cloreto de sódio. Verifiquem o resultado. Na prática estamos verificando, de forma observável, ou seja, a olho nu, a ocorrência de reações. A partir destas observações espero que vocês respondam se a calda bordalesa é produto de uma reação química ou uma simples mistura. O seu preparo é uma prática comum em suas atividades de campo. Vamos a sua preparação....*

10.A3: *Formou um precipitado azul....*

11. Prof.: *Então...*

12. A3: *Ocorreu uma reação química....nunca tinha pensado nisto...fiz tantas vezes no campo...*

13. Prof.: *Nas suas atividades no campo, depois de prepararem a calda bordalesa vocês fazem um teste de acidez e para isso adicionam um pedaço de ferro. Se ele escurecer não se deve aplicar à planta e sim acrescentar mais cal, não é? Agora vocês seriam capazes de comentar esse fato baseado nos conceitos químicos?*

14. A1: *Novamente é o pH.....*

15. Prof.: *No roteiro há alguns comentários sobre a Calda bordalesa, vamos até eles. A função fungicida é exercida pelo hidróxido de cobre, o sulfato de cobre não pode ser adicionado às plantas por ser tóxico. Mas o que chama a atenção da calda bordalesa e sua função ao mesmo tempo fungicida e nutriente, podemos dizer que esta é uma característica dual.*

Apesar de os alunos terem vivenciado a noção de transformação química desde a primeira atividade proposta, a professora insiste em retornar a esta discussão e para situar a calda bordalesa e os significados de sua produção e aplicação no campo, ela apresenta um conjunto de exemplos de reações químicas.

É possível verificar que a insistência na discussão sobre a noção/identificação de reação química não se constitui em excesso ou simples “zelo” por parte da professora, mas sim, em uma preocupação em apresentar um número significativo de experiências (vivências) a fim de possibilitar uma aprendizagem significativa, como é exemplificado através da fala de um dos alunos (- *Ocorreu uma reação química....nunca tinha pensado nisto...fiz tantas vezes no campo...*).

Segundo Moreira (1999) a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ‘ancora-se’ em conhecimentos relevantes (subsúncos) preexistentes na estrutura cognitiva. Portanto, aprendizagem significativa caracteriza-se por uma interação entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações.

A partir da constatação/reconhecimento de que a produção da calda bordalesa envolvia uma reação química (Figuras 20 e 21), a professora pôde apresentar um conjunto de informações referentes às substâncias formadas neste processo, e a disponibilidade dos íons cobre nas diferentes soluções. Estas discussões possibilitaram a compreensão de que, na solução de sulfato de cobre, este íon ( $\text{Cu}^{2+}$ ) está totalmente disponível, não podendo ser aplicado às folhagens vegetais, por ser um inibidor enzimático inespecífico, e, portanto, altamente fitotóxico (AZEVEDO, 2003).

Já, na calda bordalesa, é o efeito sinérgico entre os componentes, íons cúpricos, íons sulfato, íons cálcio e íons hidroxila, que exerce a ação sobre o controle das doenças, quando preparamos a calda. A natureza dual deste íon (micronutriente-fungicida) promoveu a percepção por parte dos alunos da importância das interações químicas e das propriedades físicas (solubilidade) das substâncias envolvidas.

A complexidade do fenômeno envolvido revelou a relação dual micronutriente-fungicida do íon  $\text{Cu}^{2+}$  (CASAGRANDE et al, 2006). Nesta perspectiva, vale a pena resgatar Angotti (2005), quando relata que “nunca as mútuas influências dos diversos campos científicos foram tão fortes, nunca a busca pela interdisciplinaridade esteve tão presente, tanto

na pesquisa como no ensino de ciências e matemática, nunca os sistemas (abertos ou fechados, dinâmicos ou estacionários) foram considerados tão complexos como agora”.

De acordo com Angotti (2005: 05), a velha experimentação sofreu sofisticação sem precedentes e que temáticas milenares como a dualidade ordem-desordem vem sendo intensamente pesquisada nas últimas três décadas com auxílio de novas tecnologias, novas lógicas e novas incursões teóricas.

Ao apropriar-se desta forma de pensar o conhecimento, a experimentação também tomou novas dimensões, deixando de ser basicamente um processo de obtenção de regularidades através de artefatos/aparelhos e do controle de variáveis.

Discutiu-se ainda, dentro desta atividade, a acidez da calda bordalesa, suas conseqüências e como é possível neutralizá-la para o uso em agricultura, e tudo isto envolveu conhecimentos discutidos nas atividades anteriores, como pH (Figuras 22 e 23). Deste modo os alunos puderam ver como o conhecimento químico e de solos estabelece interligações em rede (rizoma).

Como nos diz Santos (2005), o conhecimento enquanto rede de relações é mais rico, complexo, se comparado com o conhecimento estruturado de forma arbórea, que é de fácil circunscrição e reprodução, com tendência a homogeneização e padronização, por isso muito usado nas práticas de ensino nas escolas. O conhecimento elaborado pelo paradigma da árvore é um saber sob controle, já o conhecimento que tem a concepção do rizoma facilita as linhas de fuga, as rupturas e a formação de conexões imprevistas, leva a novas direções. Essa nova forma de articulação do conhecimento rizomático (Fig. 25) possibilita entendimento e análise transversais. Assim sendo, não é nem vertical e nem horizontal. Permite que o processo de conhecer seja conjugado, através de diferentes saberes, com articulação sem início e sem fim.

### Desenvolvimento da aula experimental – Reações Químicas – Calda Bordalesa



**Figura 15** – Alunos queimando magnésio



**Figura 16** – Alunos evidenciando uma reação



**Figura 17** – Precipitando cloreto de prata



**Figura 18** – Precipitando iodeto de chumbo



**Figura 19** – Preparando soluções



**Figura 20** – Preparando a calda bordalesa



**Figura 21** – Adicionando um fragmento de ferro na calda bordalesa



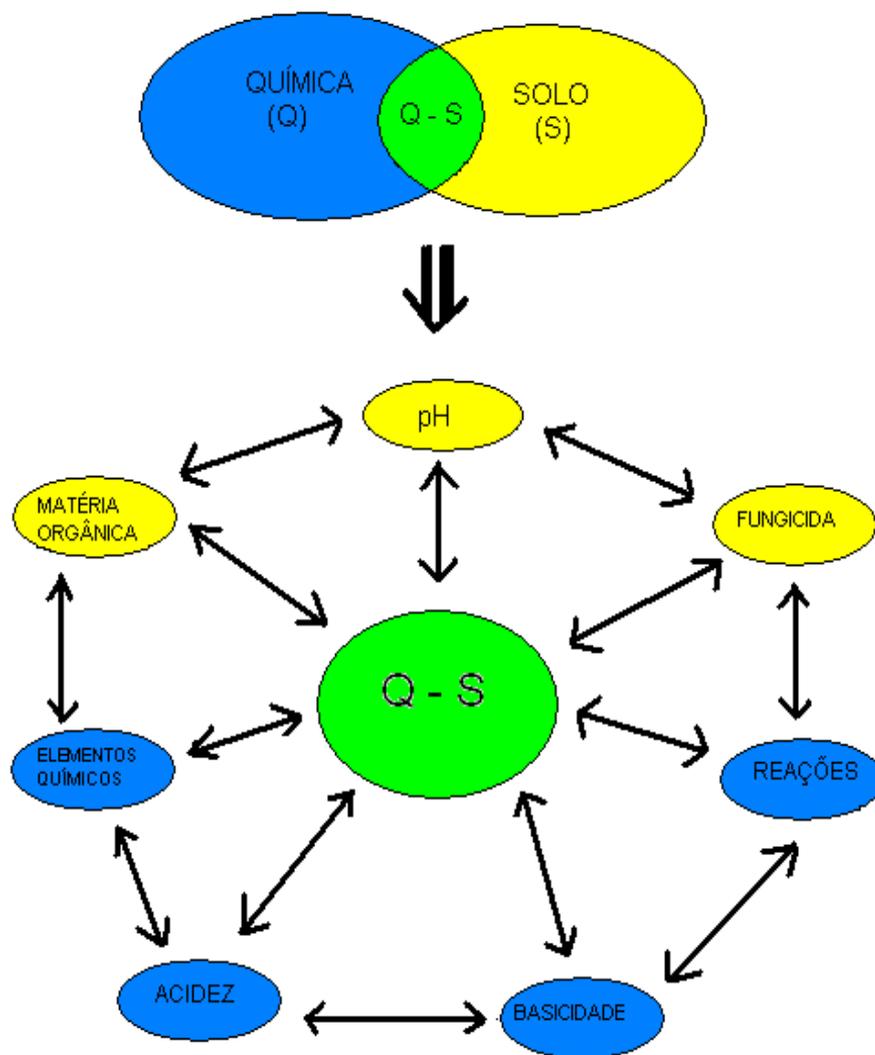
**Figura 22** – Evidenciando a acidez da calda bordalesa



**Figura 23** - Evidências de ocorrência de uma reação



**Figura 24** - Preparação da calda Bordalesa



**Figura 25** - Conhecimento rizomático química-solo

## 4.2. Resultados dos questionários aplicados aos alunos

Os questionários aplicados aos dois grupos de alunos, um que não realizou as atividades propostas pela professora, e outro que as desenvolveu, revelaram resultados bastante interessantes e que contribuíram de forma significativa para a análise e discussão do trabalho desenvolvido.

Para o primeiro grupo (G1), o questionário constituiu-se de cinco questões envolvendo apenas a relação que os alunos faziam entre a química e sua aplicação (Anexo D – Questionário 1). No segundo grupo (G2), este questionário foi ampliado e inseriram-se perguntas referentes às atividades desenvolvidas, no sentido de melhor analisar o papel da experimentação no ensino de química (Anexo E – Questionário 2).

Na questão N° 1, referente ao papel da química na formação técnica dos alunos, os resultados revelaram que tanto os alunos do Grupo 1 (G1) quanto os alunos do Grupo 2 (G2) reconhecem a importância da química na sua formação técnica, sendo capazes de justificá-la (tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados referentes à questão 1: Importância da química na sua formação técnica. G1 - Grupo que **não** desenvolveu as atividades propostas no estudo; G2 – Grupo que desenvolveu as atividades propostas.

Grupos	Importância na Formação Técnica			Características das respostas
	Pouca	Média	Grande	
G1			100%	<i>“É preciso conhecer a química para conhecer por exemplo solos e tecnologia pós-colheita”;</i> <i>“Através da química, entendemos quais são os processos para a determinação de um solo ácido, a preparação de soluções para combater pragas e a conservação dos alimentos pós-colheita.”</i> <i>“A química mostra papel essencial na formação em agricultura, pois ajuda a entender o porquê da infertilidade do solo, vendo sua acidez ou não, aplicação de NPK e dentre outras.”</i>
G2			100%	<i>“o conhecimento da química é de muita importância para que tenhamos uma boa formação técnica e conseqüentemente, sucesso na profissão”;</i> <i>“a química está relacionada com quase todas as disciplinas do curso”;</i> <i>“como técnicos, temos que saber muitas reações, para determinar se um solo está ácido ou não, para identificar alguns princípios ativos de agrotóxicos, sem esses conhecimentos de química não dá para ser um técnico em agricultura”</i>

Na questão N°. 2, referente ao uso de conhecimentos químicos em outras disciplinas do curso, os resultados revelaram que tanto os alunos do Grupo 1 (G1) quanto os alunos do Grupo 2 (G2) foram capazes de citar um número significativo de disciplinas que faz uso de conceitos químicos. No entanto, o grupo 2 foi o que mais manifestou, em suas respostas, a aplicação da química no estudo do solo. No G2, 41% dos alunos citaram a Olericultura como disciplina que utiliza conhecimento químico, enquanto no G1, apenas 21%; sendo assim, é possível avaliar que esta diferença deve estar associada às atividades desenvolvidas, mais especificamente pelo fato de se ter utilizado o repolho roxo, uma leguminosa que faz parte dos assuntos tratados na referida disciplina.

Quanto à disciplina Fruticultura, foi apenas mencionada no G2 (70%), que participaram das atividades práticas, ocasião em que foram apresentadas leguminosas, flores e

frutas, que continham comportamento diferenciado em meio ácido e meio básico, podendo ser utilizadas como indicadores ácido-base.

A partir dos dados acima, foi possível avaliar a importância das aulas experimentais, no sentido de gerar relações entre a disciplina Química e as diferentes disciplinas do Curso Técnico em Agricultura.

**Tabela 2.** Resultados referentes à questão 2: Uso de conhecimentos químicos em outras disciplinas do curso. G1 - Grupo que **não** desenvolveu as atividades proposta no estudo; G2 – Grupo que desenvolveu as atividades propostas.

Grupos	Disciplinas em que são utilizados os conhecimentos de Química	Porcentagem
G1	Defesa Sanitária	58%
	Olericultura	22%
	Culturas anuais, bienais e perenes.	50%
	Forragicultura	52%
	Solos	74%
G2	Defesa Sanitária	53%
	Olericultura	41%
	Fruticultura	70%
	Solos	100%

Quando foi perguntado aos dois grupos se sentiam dificuldades em estabelecer relações entre a química e as disciplinas de seu curso técnico (questão N° 3), as respostas revelaram suas dificuldades de compreender a química (Tabela 3), mesmo sendo capazes de identificar sua importância e aplicação (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 3.** Resultados referentes à questão 2: Dificuldades expressas pelos alunos em estabelecer relações entre a química e as disciplinas de seu curso técnico. G1 - Grupo que **não** desenvolveu as atividades proposta no estudo; G2 – Grupo que desenvolveu as atividades propostas.

Grupos	Dificuldades expressas pelos alunos em estabelecer relações entre a química e as disciplinas de seu curso			Manifestações Expressas por Alguns Alunos
	Sim	Mais ou menos	Nenhuma	
G1	48%	22%	30%	<p>“Os professores do campo não enfatizam tanto a importância da química”;</p> <p>“Em alguns assuntos percebo a química ali, mas em outros passa despercebida.”; “em disciplinas como solos tive dificuldades”;</p> <p>“durante o curso a química não foi muito abordada”;</p> <p>“quando aparecia um conhecimento químico, o professor do campo dizia: isto é química, e vocês aprenderam no ensino médio e ficava por isso mesmo”.</p>
G2	41%	35%	24%	<p>“os professores passam para a gente como receita e não entram em detalhes, o que poderia facilitar o entendimento”;</p> <p>“não há ligação específica entre as matérias do curso e a química ... com essas aulas práticas deu para assimilar melhor a teoria dada nos cursos”;</p> <p>“antes dessas aulas experimentais sim, pois sabia que a química estava sendo usada, mas não entendíamos ‘como’ e o ‘porquê’”;</p> <p>“não, porque geralmente a química usada é de fácil entendimento e não é muito</p>

A partir destes resultados, é possível perceber que o os alunos do Curso em Técnico Agrícola conseguem citar relações entre a química e as demais áreas de conhecimento (disciplinas). No entanto, estas relações, na maioria das vezes, devem estar associadas à linguagem (símbolos, fórmulas, representação de soluções) utilizada nas disciplinas e não à natureza epistemológica da Ciência Química, por isso, apesar de toda a riqueza de exemplificações e de reconhecimento da importância da Química na sua formação, ela seja de difícil compreensão para a grande maioria.

As questões de números 4 e 5 foram diferenciadas, já que o grupo 1 não participou das atividades propostas pela professora. No **Grupo 1**, 40% dos alunos responderam que não haviam participado de aulas experimentais e 60% disseram sim. Os alunos que manifestaram ter participado de aulas experimentais durante sua formação técnica, relataram que se tratava de aula de campo como, por exemplo, preparação da calda bordalesa; preparação de vacinas para aplicação; a avaliação do pH do solo e da água.

A questão N° 4, referente ao questionário 2 e respondida pelo Grupo que realizou as atividades (G2) revelou que todos os alunos consideraram as atividades experimentais desenvolvidas de grande importância para compreensão dos fenômenos estudados, conforme algumas das respostas dadas à questão (*“as aulas experimentais me ajudou a entender a presença tão marcante da química no pH, determinação da matéria orgânica e na calda bordalesa, ou seja, naquilo que tinha visto apenas no ‘pra quê’ e não o ‘porquê’;” as aulas práticas são bem mais compreensíveis que somente teorias, vendo o que acontece fica mais difícil esquecer*”; *“ajudou a estabelecer relações e tornou a matéria muito mais proveitosa e agradável, sendo desta forma todas as dúvidas respondidas e comprovadas*”; *“com certeza, a experimentação foi muito importante para a compreensão de algo que eu não sabia*”; *“com os experimentos realizados foram esclarecidos muitas de minhas dificuldades, eu pude observar o que realmente acontece na prática, principalmente no experimento da calda bordalesa, onde pude perceber as reações que acontecem no processo e o porquê de sua utilidade”*).

A partir dos dados obtidos, foi possível avaliar a importância das atividades práticas, no sentido de gerar reflexões que possibilitem conexões entre os conhecimentos prévios dos alunos, elaborados dentro ou fora do contexto escolar.

A resposta à questão 5 (Questionário 2) confirma que a experimentação contribui para uma melhor compreensão dos conceitos pelos alunos, conforme algumas das respostas dadas à questão (*“a partir do momento que podemos acompanhar, ver as reações acontecendo, elas nunca mais serão esquecidas. Sem sombra de dúvida culminou em um grande conhecimento, o que ficará para sempre, e despertou a curiosidade em aprender mais*”; *“embora o conhecimento total seja difícil de se obter, a cada vez que vemos e revemos alguma coisa, ele aumenta e proporciona uma melhor formação; “por mais que a gente estude, sempre temos algo a acrescentar, e esses experimentos ajudaram muito, pois podemos visualizar o que foi feito e tirar toda dúvida surgida”*).

A questão 6 (Questionário 2) se refere ao erro na experimentação e à sua importância para a evolução da ciência, já que uma experiência imune a falhas mimetiza a adesão do pensamento do sujeito sensibilizado (...), em lugar de promover uma reflexão racionalizada, conforme relata Bachelard (GIORDAN, 1999: 46).

Para Bachelard (1996), é a partir do erro que ocorre os saltos epistemológicos, ou seja, a passagem para um novo paradigma. Apesar da complexidade que traz a questão, o propósito da pergunta foi no sentido de perceber o quanto a proposta consegue ir além da execução de um simples roteiro, superando uma concepção empírico-indutivista da ciência, tão comum em nossos espaços escolares (LANG, 1992). As respostas manifestam as seguintes características: *“O erro sempre é de grande ajuda, pois serve para aperfeiçoar o que estudamos. Quando a*

*gente erra, ao tornar repetir, parece que prestamos mais atenção no que fazemos, além do mais a gente nunca esquece nossos erros.”; “o erro faz parte da vida. Imagine se todos nascessem sabendo, o mundo não teria sentido, ninguém erraria e todos seríamos iguais”; “o erro é uma forma de aprendizagem, pois aprendemos o que não pode ser feito e nos atrai a curiosidade do porquê de não ter dado certo”; “eu diria até a ‘melhor parte’, onde não fomos obrigados a acertar e com os erros ficamos mais esclarecidos sobre o experimento e isso nos deixou mais à vontade, sem o medo de errar.”.*

Nos dois últimos exemplos, percebe-se, na resposta dos alunos, o quanto foi importante não ser obrigado a acertar. A liberdade de experimentar perceber o erro, lançar hipóteses das possíveis falhas possibilitou uma melhor compreensão de como é construído o conhecimento químico. Desta forma, o erro assume um outro significado que não o de motivo para punição, ou seja, possibilita que educador e educandos, a partir da reflexão sobre os erros, os transformem em situação de aprendizagem e num parâmetro para definir novas intervenções do educador.

Oliveira (2000) destaca um fato importante: “quando a razão não teme o erro, mas, ao contrário, mostra-se capaz de extrair dele ensinamentos instrutivos, não tem por que permanecer fiel aos princípios cartesianos”.

Quanto à dimensão social (trabalho em equipe) utilizada nas aulas experimentais (Questão 7), verificou-se, nas respostas dos alunos, o reconhecimento de que o trabalho em grupo é de grande importância, conforme algumas das respostas dadas a questão, como por exemplo: *“ninguém trabalha sozinho, várias mentes pensam melhor que uma, um trabalho tem muito mais chance de se concretizar quando é feito em grupo”; “o trabalho em grupo sempre fará parte na nossa vida, além de aprendermos a respeitar os outros, podemos discutir determinado assunto, enriquecendo assim nosso conhecimento”; “o trabalho em equipe é fundamental, todos estão juntos por uma só causa, em busca de um bem comum, todos se empenham para atingir o mesmo objetivo”; “é um grande passo para aprendermos a compartilhar os conhecimentos e trabalhar em conjunto”.*

Nurrenbern e Robinson, citados por GIORDAN (1999:46), vêm debatendo o tema aprendizagem colaborativa, onde é necessário criar oportunidades não somente para a realização de experimentos em equipe, mas também para a colaboração entre equipes, formando um espírito colaborativo, pressupondo-se uma contextualização socialmente significativa para a aprendizagem. Desta forma, vale ressaltar o quanto foi significativo o trabalho em grupo no desenvolvimento desta proposta, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Quanto à dificuldade em realizar os experimentos (Questão 8), 70% dos alunos responderam que não tiveram nenhuma dificuldade para realizar os experimentos, pois os mesmos apresentavam um roteiro claro e bem explicado e contavam com a ajuda dos colegas e da professora.. Os outros 30% responderam que sentiam algumas dificuldades, justificando a falta de aulas práticas no curso.

A proposta de “laboratório programado”, adotada neste trabalho, que, segundo Moreira e Levandowski (1983), implica o uso de laboratório com guias altamente elaborados, revelou-se bastante apropriada, pois setenta por cento (70%) dos alunos citaram o roteiro como um elemento importante para o desenvolvimento das experiências. Reitera-se aqui a importância do “laboratório programado”, porque, vias de regra, são levantadas objeções a este tipo de ensino de laboratório. Tais objeções, entretanto, decorrem de uma associação errônea entre laboratório estruturado e “receita”. Na verdade, o fato de o laboratório ser estruturado ou programado, como o aqui discutido, não implica em necessariamente uma “receita” ou que seja desinteressante e não leve o aluno a pensar.

A avaliação dos alunos sobre as aulas experimentais realizadas no laboratório (Questão 9), foram bastante positivas como relatado nas respostas dos alunos:

*“Foram bem proveitosas e aprendi na aula prática o que não tinha aprendido muito bem na teoria”.*

*“Espero que este trabalho continue e seja ampliado para todos os que estão envolvidos na área agrícola. Ele com certeza vale dez”.*

*“Ótimas. O trabalho em grupo é bem proveitoso. O laboratório é um ambiente que chama nossa atenção por isso ficamos alerta com tudo o que acontece, percebemos o resultado não só do nosso trabalho mas podemos compará-lo com o dos outros grupos, além de acrescentar muito em nosso conhecimento”.*

*“As aulas foram boas e proveitosas, pois nelas tiramos dúvidas, aprendemos a lidar com alguns objetos que ainda não conhecíamos”.*

*“Foram ótimas, pois podemos acrescentar conhecimentos, ver e praticar o que foi passado na teoria”.*

*“Bastante satisfatórias, renderam em ótimo conhecimento e esclarecimentos de um jeito dinâmico e extrovertido, que atrai a atenção e o interesse dos alunos”.*

*“Foram excelentes, muito proveitosas, foi a maneira mais interessante que já experimentei de encontrar respostas para minhas dúvidas”.*

*“Por colocarmos a ‘mão na massa’ ficamos mais empolgados e interessados, quando isso acontece nosso rendimento é melhor e maior, por isso dou nota dez para as aulas experimentais que tive”.*

*“Boas, atendeu minhas expectativas e espero que os outros professores aderissem a essa idéia”.*

*“Grande fonte de aprendizagem e uma forma melhor de aprender química e agricultura”.*

*“Foi uma ótima idéia, pois assim podemos deixar um pouco a teoria e ver como a química é uma matéria muito interessante na prática”.*

*“Eu acho que foram bem realizadas e houve mais acertos do que erros nas experiências”.*

*“Foram muito boas e proveitosas, acho que valeu a pena participar”.*

*“Foram ótimas, pois com elas ficamos mais interessados de práticas de química com relação ao solo”.*

*“Nota dez, as aulas nos ajudou muito a crescer como alunos de química, e principalmente como técnicos em agricultura. O laboratório nos ofereceu bons materiais, enfim todas as condições para realizarmos a aula experimental por completo, bem como os roteiros que estavam muito bem elaborados, e acima de tudo a boa vontade dos alunos em querer aprender mais. Isso tudo levou ao grande sucesso das aulas”.*

*“Elas nos propiciaram uma expansão em nossos conhecimentos, sanaram muitas dúvidas e despertou principalmente em mim um interesse maior pela química”.*

Todos os alunos responderam que as experiências realizadas ajudaram em um maior entendimento das aulas de química em sala de aula (Questão 10), expressos nos seguintes argumentos: *“Quando estamos em sala de aula, apenas imaginamos o que poderia acontecer, por isso, muitas vezes, não sabemos como identificá-la, e as aulas práticas vêm para suprir essa necessidade”*; *“com certeza, pois a química imaginada é muito mais difícil do que a química vivida, e no laboratório nós vivemos a química”*; *“com certeza, com os experimentos foi possível entender o porquê dos acontecimentos que aprendemos na teoria”*; *“pra mim as aulas experimentais ajudaram a sanar algumas dúvidas que tinha em relação ao que já vi em química”*; *“vi na prática alguns conteúdos de química que só eram dados na teoria”*; *“a prova disso foi a facilidade que encontrei no 1º teste após as aulas”*; *“na sala de aula a química é passada teoricamente, o que não é suficiente para se entender o que acontece nas reações”*.

As atividades desenvolvidas mostraram-se bastante relevantes como propostas de ensino comprometidas com uma aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (Em MOREIRA, 1999), a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ‘ancora-se’

em conhecimentos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Portanto, aprendizagem significativa caracteriza-se por uma interação entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, por meio das quais essas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva.

Para finalizar, a questão N° 11, reafirma as respostas dos alunos com relação o significado das aulas experimentais (práticas).

*“Mais conhecimentos, a prática é uma prova do que é dito na teoria, e sempre acreditamos mais no que vemos, e realmente é mais interessante”.*

*“Pude perceber com certeza o que é aliar a teoria à prática”.*

*“Ver o que realmente acontece. Não ficar apenas imaginando o que é dito na teoria. Aprender fazendo e vendo. Obter conhecimentos de uma maneira mais leve, mais gostosa”.*

*“Quase tudo, pois através desta aprendemos muito mais do que na teoria”.*

*“Colocar em prática aquilo que ouvimos falar ou que lemos”.*

*“Aliança importante à teoria, nela garantimos uma confiabilidade acadêmica, porque observamos fazendo parte de um mecanismo de entendimento, além de ser importante na auto-estima dos alunos”.*

*“É o meio mais fácil e melhor de se aprender”.*

*“Representa muita coisa, pois é ali que você aprende muita coisa que não aprende na teoria”.*

*“Um melhor entendimento do que está nas apostilas, é um jeito de aprender se divertindo, saindo da monotonia das salas de aulas”.*

*“Colocar a teoria na prática, uma forma de aprendizado bem mais proveitosa”.*

*“Ampliar meus conhecimentos, pois sempre aprendemos a mais, seja pelo erro ou o conhecimento de um amigo”.*

*“Para mim, além de ser a forma mais fácil de entender e de aprender, é também a forma mais agradável, pois você vai em busca do conhecimento e não sobram dúvidas”.*

*“Aula prática significa pra mim, a aplicação de nossos conhecimentos teóricos para ser útil em algumas coisas, a teoria só é válida se tiver uma utilidade prática”.*

*“É deixar a teoria (quando a tivermos aprendido) e nos mostrar o ‘porque’ do que vimos no papel e nos ajuda a ter um contato maior com a matéria, esclarecendo ao máximo a teoria”.*

*“É a forma de aprendizagem mais elaborada, pois presenciamos as alterações ocorridas de uma reação”.*

*“Uma aula em que você aprende e não esquece”.*

*“Ver, entender e praticar o que é passado na teoria”.*

As atividades propostas foram sustentadas por concepções construtivistas de ensino-aprendizagem, cujo desafio consistiu-se na habilidade de estabelecer conexões entre solo e química, a fim de que os alunos se apropriassem dos conceitos químicos. As aulas desenvolvidas superam a concepção de que a aprendizagem que se dá através do processo transmissão-recepção, com respostas prontas e acabadas, uma vez que foi possível identificar o ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento.

## 5 CONCLUSÕES

O compromisso social da educação é imensurável, sendo necessário que o professor-formador se assuma como pesquisador de sua prática pedagógica, fazendo indagações, questionando o seu saber e buscando respostas através de pesquisas realizadas no cotidiano de suas atividades docentes.

Partindo desta premissa, este trabalho avaliou de que forma os alunos estabelecem conexões dos conceitos teóricos químicos e a sua aplicabilidade no estudo do solo, cujo objetivo foi entender o papel da experimentação no processo ensino-aprendizagem.

A partir dos dados obtidos neste estudo, acredita-se que atividades experimentais que envolvem características do solo atuam como desencadeadores de discussões na construção de conhecimentos químicos. Desta forma, o solo como tema gerador possibilitou a conexão entre os diferentes saberes.

Como o tema solo faz parte do conhecimento dos alunos, o ensino de conteúdos químicos a ele relacionado tornou-se mais plausível, possibilitando a reorganização das noções químicas e uma leitura mais adequada dos fenômenos.

As informações relativas ao solo, já existentes na estrutura cognitiva do aluno, serviram de âncora, interagindo com as novas informações relativas aos saberes de química, de modo que estes adquiriram condições de atribuírem significados a essas informações, culminando numa aprendizagem significativa.

A experimentação possibilitou uma melhor compreensão de como o conhecimento em química é construído. No entanto, a condução dada pela professora foi fundamental neste processo, destacando-se o papel do erro na experimentação, cuja intenção foi de romper com a idéia de que a construção do conhecimento se faz apenas através de acertos e de manter o aluno comprometido com sua aprendizagem, e as atividades em equipe, enfatizando a aprendizagem colaborativa.

A proposta de uso de laboratório com guias “altamente” elaborados, revelou-se bastante apropriada, superando tanto a idéia de experimentação como instrumento para aprendizagem por descoberta, quanto à utilização do roteiro na perspectiva empírico-indutivista.

. A partir dos resultados alcançados nesta pesquisa verificou-se que o uso da experimentação no ensino de química, em um enfoque construtivista, possibilitou o ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento, proporcionando uma aprendizagem significativa.

A interdisciplinaridade desenvolvida revelou-se através da relação entre a Química e o Solo, que apesar da perspectiva aplicada, também possibilitou interligação entre outros saberes.

Todo processo educativo vivenciado só faz sentido porque se estabeleceu um processo dialógico de aprender e ensinar que envolveram todos os participantes. No entanto, é bom lembrar que não existe o caminho, mas que ele se constrói no caminhar e que caminhar em Educação inclui também um olhar para trás.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. **Filosofia da Ciência: Introdução ao jogo e as suas regras**. São Paulo: Edições Loyola, 2004.
- ANGOTTI, J.A.P. **Ensino de Ciências e Complexidade**. Disponível na internet – [www.ced.ufsc.br/men5185/artigos/angotti\\_ensino\\_de\\_ciencias.htm](http://www.ced.ufsc.br/men5185/artigos/angotti_ensino_de_ciencias.htm) - 7/3/2005
- ASTOLF, J.P. ; DEVELAY, M., **A didática das ciências**. São Paulo: Papyrus, 1995.
- AXT, R. ; MOREIRA, M. A.; **Tópicos em ensino de ciências**. Sagra, 1991.
- AZEVEDO, L. A. S. **Fungicidas protetores. Fundamentos para o uso racional**. São Paulo, 2003, 320p. LASA Suporte em Proteção de Plantas-Treinamento e Consultoria em Sistemas Agrícolas. São Paulo-SP
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996- 2ª reimpressão.
- BARBOSA, J.O. **A experimentação como suporte metodológico para construção de conceitos em eletricidade no Ensino Médio**. 1997. Dissertação de Mestrado. IE/ UFMT
- BECK, F.L.;BOHNEN, H.; CABEDA, M.S.V.; CAMARGO, F.A.O.; KÄMPF, N.; MEURER, E.J. **Projeto Pedagógico – ensino de graduação**. Porto Alegre: Departamento de solos da UFRGS, 2000. 26p. (Boletim Técnico, n. 6)
- BECKER, F.; **O que é construtivismo**, 1990, mimeo.
- BRADY, B. **Natureza e Propriedades dos solos**. Livraria Freitas Bastos S.A. 2ª edição em Português – 1968.
- BRUNER, J. **Atos de Significação**. Tradução de Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- CARVALHO e outros. **O construtivismo e o ensino de Ciências**, mimeo, 1992.
- CASAGRANDE, E.C..M.; SANTOS, A .C.S.; MAGALHÃES, L.M.S. **Ensino de Química e Complexidade: a relação micronutriente-fungicida dos íons cobre na calda bordalesa**. XIII ENEQ, Campinas, 2006.
- CHAGAS, A. P. **Argilas: essência da terra**. São Paulo: Moderna, 1996 (Coleção Polêmica).
- CHASSOT, A .I. **Inserindo a história da ciência no fazer educação com ciência**. In: Chassot, A. I., Oliveira, R. J. de. (orgs). **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo: Unisinos, 1998:73-93.
- COELHO, F. S. **Fertilidade do Solo** –2ª edição. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.

DELORS, J. **Educação: um tesouro a descobrir**. 8ª ed. São Paulo: Cortez / Brasília, DF: MEC / UNESCO, 2003.

DEMO, P. **Conhecer & Aprender**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

FAZENDA, I. **Integração e Interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. São Paulo: atual, 1986.

\_\_\_\_\_. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. 4º ed. Campinas: Papirus, 1999

FONSECA, M. R. M.. **Completamente Química: química geral**. São Paulo: FTD, 2001.

FRACALANZA, H. et al. **O Ensino de Ciências no Primeiro Grau**. São Paulo: Atual, 1986.

GALLO, S. **Conhecimento, transversalidade e educação: para além da interdisciplinaridade**. Revista Impulso, UNIMEP, Piracicaba, 1997.

GEPEQ – **Experimentação no Ensino de Química** – Revista Química Nova na Escola. SP. v. 01, p.32, 1995; v.08, p.40, 1998.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Química Nova na Escola n.10, p. 43-49, 1999.

GONÇALVES, F. S. **Interdisciplinaridade**. Revista Presença Pedagógica, Belo Horizonte: Dimensão. V. 2n. 9, p. 78-81, mai/jun, 1996.

GUSDORF, G. Prefácio. In: JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: imago, 1976.

JANTSCH, A.P e BIANCHETTI, L. **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

\_\_\_\_\_. **Questões epistemológicas**. Rio de Janeiro: Imago, 1981.

JESUS, E. L. **Histórico e Filosofia da Ciência do Solo: longa caminhada do reducionismo à abordagem holística** – Revista Alternativas. AS-PTA- Caderno de Agroecologia. P. 64-74 – Rio de Janeiro, 1996.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo de ciências**. São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo.

KUENZER, A. **Trabalho, formação e currículo: para onde vai a escola?** São Paulo: Xamã, 1999.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva - 8ª edição, 2003.

LANG, F. **A Filosofia da Ciência e o Ensino de Ciências**. Em Aberto, Brasília, ano 11, n.55, jul/set, 1992.

LIBÂNEO, J.C. **Democratização da escola pública**. São Paulo: Loyola – 1998 – 15ª edição.

\_\_\_\_\_ **Didática**. São Paulo: Cortez, 1991.

\_\_\_\_\_ As Teorias Pedagógicas Modernas Revisitadas pelo Debate Contemporâneo na Educação. In: LIBÂNEO, J. C. e SANTOS, A. (Orgs). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2005.

LUCK, H. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teóricos–metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2002.

LUCKESI, C. – **Filosofia da Educação** – São Paulo: Cortez, 1.994.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.D.B. & LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo. Teoria e Prática**. Freitas Bastos Editora. 2ª edição. Rio de Janeiro. 2002. Apresentação / IX

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**. São Paulo: Agronômica Ceres,1992.

MALDAMER, O.A. **A formação inicial e continuada de professores de química professor/pesquisador**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2000.

MATEUS, A. L. **Química na cabeça** – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA: **Lei Orgânica do Ensino Agrícola**.(Decreto-Lei nº 9.613, de 20-8-1946). Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1946.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO: **Educação Profissional: Referências Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico**. Área Profissional: Agropecuária – Brasília, 2.000.

\_\_\_\_\_.SEMTEC.**Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Bases legais**. Brasília: Ministério da Educação/SEMTEC, 1998.

\_\_\_\_\_ **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional** Lei nº 9394/96, 20 de dezembro de 1996.

MOREIRA, M. A & LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. RS: Editora Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de Física**. Editora Universidade, POA, RS, 1983.

\_\_\_\_\_ **Aprendizagem Significativa** – Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1.999.

MOTIMER, E.F. **Linguagem e Formação de conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

NETO, A.E.F.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

NICOLESCU, B., **A evolução transdisciplinar da universidade – Condição para o desenvolvimento sustentável**. Disponível na Internet: <http://perso.club-internet.fr/nicol/bulletin/12/b12cgpor.html>

Centro Internacional de Pesquisas e Estudos Transdisciplinares, 1999.

OLIVEIRA, R. J. **A escola e o ensino de ciências**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 2000.

PENTEADO, S.R. **Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e viçosa**. Campinas: Bueno Mendes, 2000. 100p.

PIETROCOLA, M., ALVES FILHO, J.P. & PINHEIRO, T.F. **Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências**. Investigação em Ensino de Ciências. V. 8, n. 2, 2003.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. Tradução de Juan Acuña Llorens, 3ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação** – São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

RAIJ, B. van; Andrade, J. C de; Quaggio, J. A. **Análise Química para avaliação da Fertilidade de solos tropicais**. IAC (SP), 2001.

RONCA, A. C. C. e ESCOBAR, V. F. **Técnicas Pedagógicas: domesticação ou desafio à participação?** Petrópolis: Vozes, 1980.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1998.

SANTOS, A. **Didática sob a Ótica do Pensamento Complexo** – Porto Alegre: Sulina, 2003.

\_\_\_\_\_. Teorias e Métodos Pedagógicos sob a Ótica do Pensamento Complexo. In: LIBÂNEO, J. C. e SANTOS, A (Orgs). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2005.

SOUZA SANTOS, B. , **Introdução a uma ciência pós-moderna**. Rio de Janeiro: Graal, 1989.

\_\_\_\_\_. **Um Discurso sobre as Ciências**. 2.ed – São Paulo: Cortez, 2004.

SCHERTZLER, R.P. **Construção do conhecimento e ensino de ciências**. Em Aberto, Brasília, Ano 11, n.55, 1992.

TRINDADE, L. S. P. **Interdisciplinaridade: necessidade, origem e destino**. Disponível na internet: <http://www.cefetsp.br/edu/sinergia/6p6c.html> - 11/3/2005.

ZENTGRAF, M. C. – **Metodologia da Pesquisa**. Rio de Janeiro, 2003.

## ANEXOS

### ANEXO A

ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE BARBACENA

Querido(a) aluno(a)

Este questionário tem por meta buscar informações que culmine num diagnóstico na avaliação do ensino de química no processo de ensino e aprendizagem, no curso Técnico em Agricultura.

Por gentileza, responda às questões com responsabilidade, para que possamos fazer uma avaliação criteriosa.

NOME:

CURSO:

- 1- Você acha que a Química tem um papel importante na sua formação técnica?
- 2- Você faz uso de conhecimentos químicos em outras disciplinas de seu curso? Caso afirmativo, cite essas disciplinas.
- 3- Você apresenta dificuldades em estabelecer relações entre a química e as disciplinas de seu curso técnico?
- 4- Você participou de aulas experimentais envolvendo a disciplina Química durante sua formação no Curso Técnico?
- 5- Caso a resposta seja afirmativa, descreva quais foram e o que representou para você.

Obrigada pela seriedade das respostas

Prof<sup>a</sup> Elisabeth do C. Mendes Casagrande

## ANEXO B

### ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE BARBACENA

Querido(a) aluno(a)

Este questionário tem por meta buscar informações que culmine num diagnóstico na avaliação do ensino de química, a partir do uso da experimentação como ferramenta do processo de ensino e aprendizagem, repensando as metodologias comumente usadas.

Essa proposta emergiu em função da Química ser de fundamental importância no currículo dos cursos técnicos desta instituição.

Por gentileza, responda às questões com responsabilidade, para que possamos fazer uma avaliação criteriosa da utilização dessa ferramenta de trabalho didático-pedagógico.

NOME:

CURSO:

- 1- Você acha que a Química tem um papel importante na sua formação técnica?
- 2- Você faz uso de conhecimentos químicos em outras disciplinas de seu curso? Caso afirmativo, cite essas disciplinas.
- 3- Você apresenta dificuldades em estabelecer relações entre a química e as disciplinas de seu curso técnico?
- 4- O uso da experimentação ajudou na compreensão dessas relações? Ela atendeu às suas expectativas?
- 5- A dimensão cognitiva (do conhecimento) é plenamente satisfeita com a experimentação? Culminou num aumento do conhecimento?
- 6- O que você tem a dizer do papel do erro na experimentação?
- 7- O que você tem a dizer do trabalho em equipe, utilizado nas aulas experimentais?
- 8- Você sentiu dificuldades para realizar os experimentos? Caso afirmativo, dê sugestões para saná-las.
- 9- Faça uma avaliação das aulas experimentais realizadas no laboratório de química.
- 10- As experiências realizadas ajudou-o num maior entendimento das aulas de química em sala de aula?
- 11- O que representa aula prática para você?

Obrigada pela seriedade das respostas

Profª Elisabeth do C. Mendes Casagrande