

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO: Ensino de Ciências Naturais

FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS
NATURAIS NA PERSPECTIVA TEMÁTICA E
UNIFICADORA

MILTON ANTONIO AUTH

FLORIANÓPOLIS – SC

Fevereiro de 2002

Milton Antonio Auth

**FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS
NATURAIS NA PERSPECTIVA TEMÁTICA E
UNIFICADORA**

Tese apresentada à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, como exigência parcial para a obtenção do Título de Doutor em Educação, Linha de Investigação Ensino de Ciências Naturais, sob a orientação do Prof. Dr. José André Peres Angotti.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORANDO EM EDUCAÇÃO**

**"FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NATURAIS NA
PERSPECTIVA TEMÁTICA E UNIFICADORA"**

**Tese submetida ao Colegiado do
Curso de Pós-Graduação em
Educação do Centro de Ciências
da Educação em cumprimento
parcial para a obtenção do título
de Doutor em Educação.**

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 22/02/2002

Dr. José André Peres Angotti – CED/UFSC (Orientador)
Dra. Hermengarda Alves Lüdke – PUC/RJ (Examinadora)
Dr. Otavio Aloísio Maldaner – UNIJUI/RS (Examinador)
Dr. Demétrio Delizoicov Neto – CED/UFSC (Examinador)
Dr. Edmundo Carlos de Moraes – CCB/UFSC (Examinador)
Dr. Arden Zylbersztajn – CFM/UFSC (Suplente)
Dr. Lucídio Bianchetti – CED/UFSC (Suplente)

Prof. Dr. Lucídio Bianchetti
Coordenador do PPGE/CED/UFSC

Milton Antonio Auth

Florianópolis, Santa Catarina, fevereiro de 2002

Agradecimentos

Ao professor José André Angotti, pela sua dedicação e compreensão na orientação do presente trabalho.

Aos professores e servidores do PPGE/UFSC, pelos conhecimentos partilhados e pelas atenções dispensadas.

Aos colegas de turma, pelos muitos momentos convividos, por suas cooperações e amizades.

À esposa Cleusa e ao filho Gabriel, pelo seu apoio e compreensão.

À CAPES, UFSC e UNIJUI, pelo apoio institucional e financeiro.

Em Especial:

Aos professores, direção e alunos da EFA.

Aos professores e bolsistas do GIPEC-UNIJUI.

RESUMO

Formação de Professores de Ciências Naturais na Perspectiva Temática e Unificadora

Este trabalho se constitui numa proposta de formação inicial e continuada de professores de Ciência Naturais. Baseado na concepção histórico-epistemológica provocamos a discussão de distintas concepções sobre a natureza da Ciência, para levar os envolvidos a reconhecerem os aspectos que determinam a sua prática atual. Sob a forma de *temáticas* e de *situações de estudo*, foram estruturadas e desenvolvidas atividades de cunho interdisciplinar conjuntamente com dois diferentes grupos de professores, um da formação continuada e outro da inicial. A necessidade de se propor a formação profissional em outras bases decorre da carência constatada, atualmente, em que o exercício pedagógico alicerça-se na concepção da *ciência moderna*, desconhecendo a cultura e os saberes dos envolvidos no processo.

Palavras-chave: Formação de professores, interdisciplinaridade, história e epistemologia da Ciência.

ABSTRACT

Natural Science Teacher's Formation in a Thematic and Unified Perspective.

This work consist of a proposal about initial and continued Natural Science teachers' formation. Based on the historical and epistemological conceptions we conducted a discussion among different ideas about natural science and made people recognize the aspects that involve its current practice. Working with thematic and study situations, there were structured and developed interdisciplines activities with two differents teachers groups. One of continual graduation and one of initial graduation. The necessity of propose a professional formation in another bases is because of the actually evident lack, when the pedagogical exercise is based on the modern science conception, unknowning the people's involved culture and knowledge.

Keywords: Teacher's formation, interdisciplinarity, history and epistemology of Science.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	01
1. DEMARCANDO A PROBLEMÁTICA	04
1.1. O Percurso em direção ao problema	04
1.2. A fragmentação no aprendizado escolar de ciências	07
1.2.1. Entre disciplinas e tópicos	08
1.2.2. No enfoque da Ciência	09
1.2.3. Entre a produção e a veiculação da Ciência	11
1.2.4. Entre concepções de conhecimento	18
1.2.5. Entre o exercício e as pesquisas sobre formação docente	20
1.3. Ampliando a compreensão da problemática	21
1.3.1. Implicações sociais de Ciência&Tecnologia	21
1.3.2. Crenças e valores	23
1.4. Encaminhando a superação da problemática	25
2. HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA NA FORMAÇÃO DE UM “NOVO PROFESSOR”	28
2.1. Formação docente e práticas pedagógicas	28
2.2. Revelar e entender o próprio agir docente	30
2.2.1. A Ciência Moderna e o fascínio pela generalidade e simplicidade	30
2.3. Sobre a Ciência	34
2.3.1 A Ciência enquanto processo sócio-histórico	35
2.3.2. O caráter subjetivo, humanístico e social	42
2.3.3. Embates: questionando aprendizagens	45
2.4. Sobre a prática pedagógica	50
3. PROCESSO REFLEXIVO E INVESTIGAÇÃO-AÇÃO	54
3.1. Professores reflexivos em práticas de investigação-ação	54
3.1.1. Investigação-ação: alternativa para a prática pedagógica	55
3.1.2. Limites e possibilidades das práticas de investigação-ação	57
3.2. Outras habilidades: a dimensão artística	61
3.3. Da arte do design à <i>ciberarte</i>	65
3.3.1. Criatividade e design dos produtos tecnológicos	65
3.3.2. A Internet e a era dos "ciber"	69

4. PCN, INTERDISCIPLINARIDADE E O ENSINO DE CIÊNCIAS	72
4.1. Considerações iniciais.....	72
4.2. Nova LDB e Orientações dos PCN - Ensino Fundamental	73
4.3. PCN-Ensino Médio e interdisciplinaridade	78
4.4. Universais e Conceitos Unificadores.....	90
4.4.1 Origem e desenvolvimento	92
4.4.2. Possibilidades para o ensino de Ciências.....	98
5. ESTUDOS INTERDISCIPLINARES E FORMAÇÃO DE PROFESSORES	102
5.1. Questões metodológicas.....	102
5.2. Unidades temáticas.....	106
5.3. Estudo Interdisciplinar I: a formação continuada de professores.....	107
5.3.1. Primeiros momentos	108
5.3.2. Trabalho desenvolvido em 1998.....	112
5.3.3. Continuidade dos trabalhos.....	125
5.3.4. A pesquisa realizada	132
5.3.5. Considerações sobre o trabalho desenvolvido	134
5.4. Situações de Estudo	139
5.5. Estudo Interdisciplinar II: a formação inicial de professores	141
5.5.1. A SE “Como o Ser Humano Percebe e Interage no Ambiente”	142
5.5.2. Análise sobre a Situação de Estudo	182
6. CAMINHOS E PERSPECTIVAS PARA UM “NOVO ENSINO”	190
6.1. Trabalho realizado e indicadores de êxito.....	190
6.2. Continuidade e perspectivas	204
7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	211
8. ANEXOS (I a VI).....	221

APRESENTAÇÃO

A crença e, mesmo, a convicção de que qualquer objeto de análise, de observação, e de investigação possa ser separado de tudo é, ainda, amplamente vigente. Uma vez que este pensamento está fortemente presente no processo de ensino-aprendizagem formal que, por sua vez, está em crise, cabe-nos perseguir “caminhos” que levem a novas concepções de pesquisa na área educacional.

Neste trabalho começamos (Capítulo 1) por caracterizar a problemática do ensino vigente, principalmente na área de Ciências Naturais, com base em percursos e vivências pessoais, em experiências compartilhadas com colegas e em observações e pesquisas sobre a prática de outros professores. Presenciamos um grande desconforto entre os profissionais da educação, motivado pelas seguidas pressões a que são submetidos, seja pelo poder constituído ou pela comunidade escolar, seja pelo desprestígio aos olhos dos outros, seja pela ausência de projetos coletivos, seja pela intensificação e inflação de suas tarefas diárias e uma sobrecarga permanente de atividades.

O isolamento do professor em torno da disciplina que ministra, os recursos didático-pedagógicos que utiliza e o fosso existente entre as pesquisas acadêmicas e suas atividades docentes têm contribuído significativamente para a configuração de um processo de ensino-aprendizagem centrado na transmissão de informações. A ênfase tem sido nas definições e nos produtos da Ciência, com nítida negligência dos processos de construção dos conhecimentos científicos e dos aspectos tecnológicos, tão determinantes na sociedade contemporânea. Se, por um lado, essas evidências denunciam fragilidades na formação docente, por outro, motivam a investigação do problema de forma sistemática, a ponto de buscar a sua superação. Mais especificamente, no final do Capítulo 1, essa busca é explicitada quando se contextualiza a problemática da formação inicial e continuada de

professores relacionando-a à possível capacidade destes em estruturar o processo de ensino-aprendizagem, particularmente atividades didático-pedagógicas que possam dar um novo rumo à sua ação docente.

Uma possível superação da problemática, encaminhada a partir do Capítulo 2, dar-se-á com base na proposição de atividades pedagógicas voltadas para a formação inicial e continuada de professores. Aspectos históricos e epistemológicos, com apoio da idéia de *temas antitéticos*, foram explorados com os professores da área de Ciências Naturais, principalmente os do Ensino Médio, de modo a evidenciar conflitos (idéias e concepções antagônicas) que permearam a construção do conhecimento científico, e contrastar com seus procedimentos didático-pedagógicos, normalmente isentos de polarizações.

A adoção de “estratégias” como essa visa levar os professores a sentirem diretamente a problemática existente e suas limitações quanto à produção do saber, e torná-los mais acessíveis (receptivos) a novas possibilidades para o ensino-aprendizagem que desenvolvem, particularmente o processo reflexivo e a investigação-ação que são objetos de estudo no Capítulo 3. Há a intencionalidade de reconhecerem a importância da reflexão sobre sua própria prática (aspecto mais individual) e a reflexão em conjunto com seus colegas, tanto sobre o desenvolvimento, quanto sobre o planejamento das atividades pessoais e coletivas. Uma vez que o professor não se torna reflexivo e nem dialógico espontaneamente, estando distante de discussões e de atividades voltadas para esse fim, buscamos desencadear práticas que aprimoram esses aspectos determinantes nas interações entre os seres humanos e nas suas aprendizagens. Relevância também atribui-se aqui à questão da arte, do espírito de inovar, de estar atento ao diferente e extrapolar a indiferença; e da ciberarte, principalmente para quebrar rotinas e tornar as aulas mais dinâmicas e interativas.

Subsídios para tal buscamos (Capítulo 4) com a exploração das *Orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN) – área de Ciências Naturais e suas tecnologias, especialmente a idéia de *Eixos Temáticos* e de *Temas Transversais*, aportes legitimadores para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem sob uma nova ótica; com a questão da interdisciplinaridade (associada à idéia de *Temáticas* e de *Situações de Estudo*) propondo-se mudar o modelo de ensino que está sendo desenvolvido na escolarização básica, uma vez que isso é base para que os materiais inovadores possam surtir efeitos (só os materiais novos não bastam); com a idéia dos *Conceitos Unificadores*, para tornar mais visíveis as aproximações entre as áreas, bem como responder ao desafio que se põe para

construir idéias, conceitos ou modelos que tenham um grande poder de transferência a outros contextos (quais modelos ou idéias explicativas são mais potentes). Tais conceitos evidenciam aspectos da maneira *como* a ciência progride, sem cair numa visão unicista sobre a atividade científica, sobre a Ciência e sobre o processo do saber no ensino-aprendizagem da área.

Com base nesses aspectos, buscamos (Capítulo 5) descrever e analisar dois *estudos interdisciplinares* que compõem a pesquisa empírica sobre a formação inicial e continuada de professores. Trabalhamos diretamente com professores da área de Ciências Naturais, de forma a, colaborativamente, estruturar e desenvolver atividades de ensino-aprendizagem para a escolarização básica. Algumas delas foram desenvolvidas em sala de aula, no Ensino Médio. Outras foram desenvolvidas no curso de formação inicial de professores (Ciências: Licenciatura Plena, do Departamento de Biologia e Química – DBQ/UNIJUÍ). Com base nessas experiências e em pesquisas complementares realizadas com professores da área (ensinos Fundamental e Médio) que atuam em escolas públicas (e comunitárias) da região de Ijuí/RS, tecemos (Capítulo 6) nossos entendimentos e apontamos perspectivas para a ampliação não só do leque diretamente abrangido, mas também das capacidades de invenção e de proposição de alternativas, particularmente nas relações em Ciência, Tecnologia e Sociedade, de modo a concretizar um processo de ensino-aprendizagem diferenciado do ainda amplamente vigente.

1. DEMARCANDO A PROBLEMÁTICA

1.1. O percurso em direção ao problema

É sempre importante fazer uma retrospectiva e situarmo-nos no tempo e no espaço quando da intenção em articular e desenvolver novas perspectivas diante do que estamos acostumados a fazer. Repensar a prática pedagógica a partir das experiências já desenvolvidas e das em curso tende a contribuir para outras aspirações.

Começamos por situar a experiência profissional, o que deve possibilitar ao leitor evidenciar algumas das razões seguidas para se chegar à definição do problema de investigação. Após participar efetivamente em diversas atividades de pesquisa e refletir sobre a experiência educacional, percebemos que a docência, desde 1981, inicialmente nas séries iniciais do Ensino Fundamental e, posteriormente, nas disciplinas de Ciências e de Matemática (5^a a 8^a séries), configurou-se em ações sem maiores questionamentos sobre a própria prática pedagógica.

Algo similar ocorreu com a docência em Física (no Ensino Médio), cujo início coincidiu com o ingresso no curso de Licenciatura Plena em Física, em 1985. A aprendizagem obtida nestas licenciaturas serviu de elemento-base para o exercício da docência. A ênfase maior em aportes matemáticos e no desenvolvimento de atividades experimentais (e bem “atraentes”) do que em conceitos e fenômenos físicos “incentivava” a acentuar, em sala de aula, por um lado, o processo de ensino por redescoberta, apoiado em técnicas de fixação de conteúdos e, por outro, o tratamento matemático sobre o qual tinha maior domínio. A resolução de listas de exercícios envolvendo cálculos matemáticos era priorizada como forma de contribuir para desenvolver o raciocínio lógico-formal dos alunos. Tratamento similar era evidenciado nos manuais de laboratório e nos livros didáticos mais utilizados para o planejamento das aulas de Física, entre eles os da Coleção Física, de autoria de Bonjorno (1985).

A transferência desta vivência para a prática pedagógica, principalmente no Ensino Médio, e as atividades de estudo e reflexão realizadas paralelamente, aos poucos foram gerando insatisfações. Passava-se a não mais atribuir as freqüentes dificuldades demonstradas pela maioria dos alunos - que resultavam em constantes evasões e reprovações -, somente à pouca vontade dos mesmos. Mas, ao mesmo tempo, a inércia do sistema escolar em geral e as limitações nossas “abafavam” as intenções de mudanças. A atitude da direção de escola, dos professores e pais - de não buscar a identificação das principais causas para resolver esses problemas - gerava uma inconformação crescente de nossa parte.

A produção de material didático¹ (a partir de 1989), em parceria com outros professores de Física, de escolas da região de Três de Maio/RS (três licenciados em Física e dois especialistas em ensino de Física), foi o começo das atividades colaborativas e um forte indício de que é possível provocar mudanças no processo de ensino-aprendizagem. Podemos citar a participação de outros professores da região (que não os do grupo), em algumas reuniões de estudos/debates e a adoção desses materiais didáticos em suas aulas de Física. Merece registro a vontade de mudanças que acompanhava esses professores. Um exemplo disso é a retomada dos materiais didáticos (livros) para as revisões e alterações, basicamente durante o período de férias escolares, após constatadas falhas e limitações dos mesmos.

Mesmo assim, o processo de elaboração desses livros, apesar de ter contribuído para a melhoria da prática pedagógica de seus autores, continuou a gerar insatisfações, principalmente em alguns componentes do grupo, o que contribuiu para que buscassem cursar Especialização em Ensino de Física. Neste curso, particularmente numa das disciplinas, sob uma dinâmica diferenciada de trabalho, voltada para uma outra visão do processo de ensino-aprendizagem, conseguimos perceber que os materiais didáticos que havíamos elaborado ainda permaneciam com muitas limitações: o tratamento matemático, por um lado, e o empirismo, por outro, eram utilizados de forma excessiva.

O reconhecimento da problemática que estávamos vivenciando, aliado à disposição de um docente desse curso em participar de atividades colaborativas, nos levou a formar, em 1992, um novo grupo, cuja maioria eram colegas do próprio curso de especialização. O objetivo do grupo era repensar e re-elaborar o currículo de Física do Ensino Médio, e,

¹. Apostilas e livros de Física (um para cada série do nível médio).

conseqüentemente, elaborar material didático para ser utilizado em sala de aula, sob um enfoque diferente daquele usualmente trabalhado. Com esta nova conjuntura, já não nos sentíamos à vontade em utilizar os livros produzidos pelo grupo anterior em nossa prática didático-pedagógica, o que resultou no seu abandono.

As atividades deste grupo iniciaram no final de 1992, contando com quase duas dezenas de professores. Após alguns encontros, este número foi diminuindo até estabilizar numa dezena de professores. Começamos com planejamentos direcionados a efetivar uma nova proposta de trabalho para a primeira série do nível médio, baseada no livro Física Vol.1- Mecânica -, de autoria do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física do IFUSP. A metodologia básica de trabalho desse novo grupo seguiu as seguintes etapas: elaboração conjunta de um projeto para implementar uma proposta de ensino (um programa de pesquisa), com vistas a orientar a prática docente de cada componente em sala de aula; discussão e reflexão, após cada bimestre, da prática realizada e reorientação do trabalho para o bimestre seguinte em função das discussões feitas no grupo. Mesmo assim, com a avaliação que fizemos sobre os trabalhos desenvolvidos, percebemos que, apesar da construção com os alunos de conteúdos escolares sobre conservação de momento linear e conservação de momento angular, em comparação com a tradicional cinemática escalar, não se conseguiu avançar muito no tópico sobre energia e sua conservação. Atribuímos isso às limitações que tínhamos em relação à grade curricular oficial e ao calendário letivo das escolas.

As constatações realizadas sobre as atividades do trabalho, nesse grupo, somadas às preocupações acerca da importância do tema energia dentro da Física, como um todo, contribuíram para um envolvimento maior, de nossa parte, nesta perspectiva. Isto fez surgir a idéia de tentar enfocar o ensino de Física, tendo o conceito energia como elemento unificador, isto é, como um fio condutor curricular dos diversos tópicos escolhidos para as aulas de física de cada série do Ensino Médio. A realização deste estudo, de forma mais sistemática, foi possível com os trabalhos no curso de Mestrado, realizado no Programa de Pós-Graduação em Educação da UFSM e a elaboração e desenvolvimento de *atividades procedimentais*² junto a um grupo de professores de Física da Região de Ijuí/RS.

². Para dinamizar nossa interação com os professores, procurando contribuir para a reestruturação do ensino de Física do Ensino Médio, elaboramos e desenvolvemos um conjunto de três *atividades procedimentais*.

Mesmo assim, apesar dos avanços obtidos, com boas evidências de que é possível diminuir a fragmentação no ensino de Física, percebemos que havia ainda muito a se fazer nesta área de ensino (e de CN), principalmente quando começamos a colocar em prática, na sala de aula, as atividades decorrentes do curso de mestrado. É importante que a recorrência ao espaço acadêmico, na tentativa da aprendizagem de novas metodologias e elaboração de novos materiais para solucionar as dificuldades que enfrentamos no ensino de Física, tenha implicações concretas e seja confrontada na prática.

A continuação sistemática dos estudos deve contribuir para que consigamos compreender de forma mais categórica alguns dos grandes problemas que comprometem a produção do saber nos processos de ensino-aprendizagem escolar: a excessiva fragmentação, a veiculação de uma ciência descontextualizada e “pasteurizada” e as dificuldades para estruturar atividades didáticas alternativas. No item seguinte, procuramos melhor explicitar a problemática.

1.2. A fragmentação no aprendizado escolar de ciências

A revisão do desenvolvimento histórico da reconhecida Ciência/Física expõe concepções diferenciadas sobre a mesma. Na filosofia dos gregos (como a aristotélica), que também abrangia saberes relativos ao que hoje denominamos de Ciência, havia a preocupação de o homem estar em harmonia com a natureza, de compreender o todo. Já na Ciência Moderna, ao conceber o homem separado da natureza, começam a aparecer nítidas separações/divisões que, aos poucos, vão se ampliando. O advento da modernidade, com a diversidade de novos conhecimentos e novas concepções sobre *o que é e como* fazer Ciência, levou a separações, de acordo com certas características, inicialmente em áreas, como a Biologia, a Física e a Química e, posteriormente, em divisões internas, com separações nítidas das diversas partes.

As pressões da tecnologia, as revoluções científicas da Física, a produção crescente de conhecimentos, de certa forma, “impuseram” a especialização. A expansão do conhecimento, tanto em amplitude quanto em profundidade, acabou extrapolando a capacidade de domínio individual. Os avanços espetaculares na primeira metade do século XX, particularmente da Mecânica Quântica, levaram a derivações múltiplas. Isso tornou

difícil considerar e estudar tanta coisa em profundidade. Diante disto, muitas vezes, as pessoas são levadas a optar não só por uma área em particular, mas, inclusive, em áreas como a Física, por um ou outro ramo específico.

No entanto, a fragmentação não reside simplesmente no estabelecimento de novos campos do conhecimento. Se, de um lado, a Mecânica Quântica contribuiu significativamente para o crescente aumento do conhecimento na Física e por conseqüentes divisões, por outro, sua amplitude não se restringiu a ela. Tornou-se uma teoria com derivações em várias outras áreas, como a Química, a Biologia, a Filosofia. Mesmo que a fragmentação se justifique no âmbito internalista da Ciência, ela própria mostrou que as aproximações/interações com outras áreas são possíveis e, em muitos casos, necessárias.

O reconhecer e explorar aspectos como este pode servir para melhorar o aprendizado escolar de Ciências, principalmente para superar a fragmentação, por anos reforçada tanto no ensino quanto na veiculação e divulgação. A pouca compreensão dos conhecimentos científicos pela população em geral demonstra, nitidamente, que os meios responsáveis para isso não têm dado conta de sua tarefa. Os meios de comunicação, por diversas razões, com os pequenos espaços destinados às matérias de caráter científico, com o hábito de veicular tais conhecimentos de forma bastante “pasteurizada”, têm deixado transparecer a idéia de partes estanques, desconexas. Mesmo as revistas de divulgação científica e o ensino formal da escolarização básica, a exemplo da área de Ciências - com a organização curricular ainda fortemente baseada nos índices dos livros textos -, não têm conseguido superar esta problemática.

1.2.1. Entre disciplinas e tópicos

As bases curriculares da maioria das escolas refletem a inexpressiva relação entre os componentes curriculares de Ciências Naturais, bem como a completa ausência de áreas afins. Enquanto conhecimentos de Biologia, de Física e de Química, usualmente, são trabalhados como se um nada tivesse a ver com o outro, os de Geologia e de Astronomia raramente fazem parte do ensino de Ciências da escolarização básica.

A compartimentalização curricular de cada área e o tratamento individual que é dado pelo professor à sua área específica de conhecimento têm-se traduzido num ensino centrado em partes que o aluno “precisa” aprender, mesmo que isto não lhe constitua

“ferramenta” para melhor pensar, entender e agir em seu contexto. Exemplos são sempre oportunos, principalmente quando se ignora que o estudo isolado das partes descaracteriza a compreensão do todo. É usual estudar as partes de forma totalmente independentes umas das outras: na Biologia, a fisiologia do olho humano; na Física, os fenômenos ópticos e, na Química, a ionização. Especificamente no ensino de Física, é usual não fazer referência às transformações de energia que ocorrem em função do atrito. Estuda-se uma coisa, enquanto que as diversas situações vivenciadas pelos alunos lhes revelam outras. Mesmo no estudo sobre transformações de energia, dificilmente é feita alguma referência ao atrito. Isto deixa evidente que, da forma como o tópico sobre atrito é abordado, transmite-se ao educando uma informação a ser memorizada e que se opõe à sua concepção. Em qual delas será que vai acreditar e/ou continuar a pensar se não lhe forem propiciadas as condições necessárias para entender o que significa uma e outra?

A seqüência e hierarquia dos conceitos estruturados habitualmente nos textos e, provavelmente, dominadas pelos professores ou introjetadas como intrínsecas à educação científica, levam a uma lógica direcionada a ver a grandeza em destaque e ignorar ou suprimir as demais (grandezas, propriedades). Em outras palavras, estão direcionadas a evidenciar as particularidades dos fenômenos, suprimindo as generalizações.

Apesar de as discussões, na comunidade acadêmica, acerca da interdisciplinaridade terem iniciado, há décadas, presencia-se ainda (com algumas exceções) o ensino propedêutico, planejado e desenvolvido com base em um ou outro livro-texto (não raro em algum que vem praticamente “pronto” para “facilitar” a vida do professor já bastante atarefado). São relativamente poucas as ações coletivas envolvendo professores de Física, de Química e de Biologia e, menos ainda, as publicações de materiais didáticos que agregam conteúdos (conceitos, procedimentos e atitudes) desses componentes curriculares e que possam servir de referência para outras propostas a serem desenvolvidas diretamente em sala de aula.

1.2.2. No enfoque da Ciência

A tradicional forma de ensino, privilegiando diretamente os produtos da Ciência e ignorando-se os processos dos quais esses resultaram, tem difundido conteúdos descontextualizados e com pouco reconhecimento de sua complexidade. É explícita a

carência de abordagens e práticas que possibilitem aos alunos a compreensão da origem e desenvolvimento do conhecimento científico e, decorrente disso, a pouca eficácia para a compreensão dos fenômenos a ele associados. A norma é não se explorar como os conflitos, historicamente estabelecidos, as leis gerais e as diversas possibilidades de utilização destas, contribuíram para levar essa área do conhecimento ao patamar das grandes elaborações humanas.

Agregar recursos didático-pedagógicos para tornar o processo de ensino-aprendizagem compreensível aos estudantes não significa tratá-lo de forma simplória, com base em definições e tópicos. “Como se definições de conceitos primitivos fossem possíveis, como se alguém pudesse ver algum significado nas palavras amontoadas numa definição, como se ela não fosse marcada pelo conhecimento prévio do objeto a ser definido” (Robilotta, 1988:16).

Conduzir o processo ensino/aprendizagem pautado pela consideração da “simplicidade”, ao contrário do que muitos pensam, tende, antes, a fragilizar as bases da compreensão. Menezes (1994) afirma que, na ciência, a simplicidade, normalmente, é resultado de uma elaboração. Com isso, deixa implícito que, no ensino, o “ponto de partida” não é sinônimo de simplicidade e o que, normalmente, é denominado de “elementar”, como o estudo de cargas elétricas, não significa ser o mais fácil.

Programações curriculares pré-estabelecidas, imprimindo um processo linear que engloba inúmeras definições adversas ao contexto em que as mesmas estão sendo empregadas, já vêm sendo questionadas há algum tempo. Mesmo propostas com algum grau de inovação, mas cuja tônica foram os produtos da Ciência, têm deixado a desejar. Isso está em consonância com a incapacidade que o ensino da área revela em operacionalizar os conhecimentos mais diretamente relacionados à formação cultural dos estudantes. Para Perrenoud (2000:18), “o aluno acumula saberes, passa nos exames, mas não consegue usar o que aprendeu em situações reais”.

O não-reconhecimento da importância de se trabalhar o conhecimento científico em sua complexidade (com maior grau de extensão e profundidade), associado ao seu processo de evolução, contribui para que passe a ser visto como algo pronto, estanque e a serviço da tecnologia. Para Robilotta (1988:17), a abordagem da Ciência, de forma excessivamente lógica, tem deixado transparecer uma imagem falsa: “Ao identificarmos o processo ao produto, estamos afastando dela os estudantes. A apologia da lógica torna a ciência sobre-humana aos olhos dos estudantes, superior às possibilidades dos mortais”.

A pouca inclusão de aspectos correspondentes à produção do conhecimento no ensino de ciências tem dificultado a recorrência aos aspectos relacionados à imaginação, à singularidade e à complexidade, o que tolhe aos alunos a possibilidade de compreensões mais amplas que lhes possam servir de suporte para interpretar fenômenos do meio em que vivem.

No calabouço da incompreensão, da distância infinita das fontes originais do conhecimento, a ciência esvazia-se de seu significado primeiro, construindo, através da perpetuação da acumulação e da assimilação passiva de seus conhecimentos, um mundo ficcional de compreensões aparentes e de repetições mecânicas, estas sim verdadeiramente efetivas e eclipsadoras do conhecimento real. (Neves, 1992:216)

A supervalorização de determinados *produtos* em detrimento aos *processos* gera, no ensino, um proceder ingênuo ou incompatível com o que acontece, de essencial na Ciência. Holton (1979), por exemplo, ao tratar do aspecto *pessoas versus coisas*, aponta para problemas na prática pedagógica, como o ensino “reprodutor”, o que permite afirmar que, enquanto a verdade estiver centrada no professor, o aluno não chegará a se sentir agente e sujeito da aprendizagem. A difusão da ciência com ênfase nos aspectos lógicos e experimentais, excluído o fator psicológico (sentimento), reforça sua visão como algo, de certa forma, alheio ou independente do ser humano, ficando, assim, apenas a questão de se optar ou não por ela (e/ou decorar suas partes para passar nas provas).

Ao não reconhecer como as descobertas científicas se deram, nos mais variados contextos, estar-se-á, também, “escondendo” a riqueza que as mesmas representam para os cientistas, entre elas, a força de vontade que é renovada pelo “sabor” que sentem diante das novas descobertas. Abordar a Ciência de forma a se evidenciar apenas os produtos, é negar a historicidade do conhecimento e, com ela, a criatividade, as fontes originais do saber e as habilidades que levaram tanta gente a se empenhar na sua construção.

1.2.3. Entre a produção e a veiculação da Ciência

As usuais formas de veiculação do conhecimento científico, não raro, têm contribuído para a difusão de uma imagem distorcida e fragmentada da ciência (e do que significa fazer ciência). Mesmo diante de variadas “novas formas de divulgação”, não dá para ignorar, a exemplo do que Holton (1979:209) nos expõe, alguns “vícios” na

veiculação da Ciência. Ao tecer considerações, a partir de uma pesquisa de Anne Roe sobre centenas de importantes cientistas, deixa claro o quase total desprezo destes pela divulgação do fazer dos cientistas e pelas questões sociais, porque “embora essas relações também existam entre eles, são habitualmente mais obscuras e a técnica de relatar os resultados científicos serve antes para esconder o homem do que para revelá-lo”.

Não querendo entrar no mérito da questão de expor ou não o cientista em relação ao que faz, o certo é que por um bom tempo as atenções foram dirigidas quase que exclusivamente ao caráter interno da ciência, fazendo por desmerecer outros aspectos que, atualmente, são considerados de elevada relevância, entre eles o caráter subjetivo e as implicações sociais. Nesta ótica, também, era divulgado o conhecimento.

Cini (1998:10), ao afirmar a necessidade de as pessoas adquirirem conhecimento sobre e porquê se faz ciência e qual a relação desta com o desenvolvimento científico e tecnológico e os problemas tanto de seu cotidiano quanto da sociedade atual e futura, critica a divulgação científica ainda praticada. Para o autor, esta faz “parte do mercado do espetáculo e, portanto, não transmite a idéia da ciência como uma forma de conhecimento do mundo, associada com a vida diária das pessoas”. Não raro, a divulgação científica vincula a ciência a descobertas sensacionalistas, transvertendo eventos científicos. Para Granger (1994:18), a “vulgarização de uma idéia onipresente da ciência é capaz de induzir a atitudes perversas do próprio ponto de vista da ciência, diante de fatos mal conhecidos ou inexplicados”.

Exageros de atribuições ao papel dos livros e das revistas de divulgação científica continuam a gerar visões distorcidas, entre elas, a crença exacerbada na leitura, atrelando a ela a aprendizagem de tudo. Para Thuillier (1989:23), há muita gente que confia de forma excessiva no que é veiculado numa revista científica, acreditando em qualquer coisa escrita nela. “Há pessoas que, após ler 20 artigos sobre a teoria da evolução, adquirem a respeito idéias claras e precisas, enquanto os verdadeiros cientistas permanecem cheios de dúvidas, às voltas com enormes lacunas”.

Reflexos disso presenciamos no espaço escolar formal, principalmente em livros didáticos e em manuais instrucionais utilizados na ação pedagógica. Eles conseguem reproduzir de forma bastante fiel o que ocorre com a veiculação do conhecimento científico exitoso, em favor da ciência clássica, contribuindo para a sua imperativa divulgação, reprodução e/ou transposição. Mesmo com o avanço de discussões em torno

do relativismo e das diferenças de posição entre historiadores e epistemólogos, não raro continuam a reforçar uma imagem distorcida do que hoje se reconhece como “fazer ciência”.

Enquanto as ações educativas estiverem pautadas pelos produtos da ciência, usualmente fazendo parte dos textos utilizados em aula e/ou nos planejamentos, fica a impressão de uma ciência feita basicamente de textos, negligenciando-se toda uma prática que lhe é inerente. Essa idéia de ciência parece ser tão compreendida pelos aprendizes quanto é a produção de leite para quem está acostumado somente a comprá-lo e consumi-lo, sem ter vivenciado (ou, ao menos, presenciado) sua produção.

Para Thuillier (1989:23), há de se ter um relativo cuidado com a utilização das obras de divulgação, pois, “no seu afã de ensinar a ciência, as obras ou revistas de divulgação vão ao encontro de pessoas incapazes de crítica”, de refletir seriamente e de discernir que o verdadeiro saber é aquele com que são capazes de lidar. Nessa ótica, aprender ciências não significa, simplesmente, “conhecer os últimos resultados de cada ramo da ciência”. É necessário “saber como ela funciona culturalmente”.

Com as tramas que são realizadas para adequar a Ciência aos diversos níveis de compreensão, não se tem conseguido, de modo geral, mostrar o quanto ela é complexa. Frequentemente, são geradas séries de contradições, tanto na divulgação científica quanto no ensino de ciências. Por exemplo, para o pesquisador, os problemas se apresentam complicados; no ensino do terceiro grau, começa-se a simplificar; no ensino médio, simplifica-se mais ainda; e no ensino fundamental e/ou na vulgarização, “tudo fica mais simples”. No entanto, sendo a ciência complicada, complexa, no *facilitar* - seja na vulgarização, seja no ensino -, acaba-se simplificando e dogmatizando. Ao não mostrar bem o significado do que fazer científico e ao divulgar basicamente só os triunfos, acaba-se gerando e difundindo idéias muito “pasteurizadas” desta.

Ao não termos uma cultura científica amplamente difundida na nossa sociedade (a não ser entre uma minoria da população), a divulgação científica de forma muito simplificada pode, antes, confundir a maioria dos leitores do que lhes propiciar condições para sair da situação de “meros espectadores” a que estão condicionados. Uma vez que a cultura científica não se restringe às usuais atribuições que a divulgação científica lhe credita, mas é muito mais do que os resultados (produtos) veiculados em boa parte das revistas de divulgação e dos livros didáticos - e por envolver informações sobre o progresso do conhecimento -, é importante mostrar, também, o que é a instituição científica

e outros quesitos que fazem parte desta, tais como: pressões sobre os pesquisadores, financiamentos e a cultura política da Ciência. A divulgação, sem distinção de “níveis de vulgarização” e sem a distinção entre *vulgarização* e *cultura científica*, tende a gerar a difusão de efeitos desastrosos em relação à Ciência.

A busca por melhor formação científica vem ganhando força no âmbito da escolarização básica. Uma vez que é com uma boa formação científica que se amplia a cultura científica, cabe ao professor a tarefa de uma adequada divulgação científica associada ao aspecto da formação. Talvez seja este o “atalho” para um possível acompanhamento e atualização entre o que ocorre no âmbito da produção do conhecimento científico e tecnológico e o que se passa no dia-a-dia da população. Não acreditamos que a dissociação entre a construção e a divulgação do conhecimento e o processo de ensino-aprendizagem vá superar a grande lacuna existente entre os níveis da produção e da divulgação científicas.

A título de exemplo, o *biólogo professor*, diferentemente do *biólogo pesquisador*, necessita fazer a transposição didática dos conhecimentos - o que Schulman (1986) denomina de *conteúdo de ensino*³ -, transformando-os em conhecimentos em nível de compreensão dos estudantes: produção de conhecimento pedagógico pelo professor na “articulação dos diferentes conhecimentos, dentro de situações concretas da prática docente”. Isto requer uma formação político-pedagógica e epistemológica em relação ao conhecimento. Por isso, no seu curso de licenciatura está às voltas com o *pedagógico do conteúdo* (a ser ensinado), o qual se configura na transição entre o conhecimento científico do âmbito do pesquisador e o compatível com a sala de aula. Nesse processo, o professor age como um mediador da construção de conhecimentos pelo aluno. Para isso, o professor em formação deveria aprender o conhecimento pedagógico diretamente associado ao conteúdo específico, o que nem sempre ocorre.

Nesta perspectiva, é preocupação nossa criar as condições básicas (ao menos no aspecto cognitivo) para, tanto na formação inicial quanto na continuada, colocar os professores em sintonia com as produções que lhes possam favorecer o discernimento das questões do seu tempo. Os trabalhos que visam levá-los a *sentir* a necessidade de estar atentos ao que ocorre no seu contexto, e que os “impulsionem” para o caminho da inovação, devem ser complementados para que possam efetivamente surtir os efeitos

³. Citado por Fiorentini (1998:217).

desejados, ou seja, melhorar a sua formação e a sua prática. Ganhos significativos podem vir à medida que lancem mão de subsídios, tais como: uma diversidade de livros paradidáticos, de revistas de ensino, de CD-Room, de VHS e, inclusive, da WEB e TV a Cabo.

É preciso incrementar iniciativas no quadro de mudanças que estamos presenciando. Temos boas razões para acreditar que a melhoria do material didático de Ciências que está sendo produzido e disponibilizado, se adequadamente utilizado, tende a se refletir na prática do professor. Nossa área vem avançando nesse aspecto da divulgação. De um lado, parece que as muitas críticas que a academia vem sofrendo nos últimos anos, quanto à pouca sintonia entre suas pesquisas e produções e o ensino da escola básica, está se revertendo em crescente produção de materiais didáticos como revistas, paradidáticos e programas de computação, direcionados à escolarização básica. De outro, com o clima de perturbações criado pela intensa crítica aos livros didáticos produzidos, pela “pressão” do MEC com a avaliação destes, as editoras não só vêm ampliando o rigor com estes livros como também têm incrementado significativamente a produção de livros paradidáticos e de revistas científicas de qualidade.

Dentre as revistas, citamos:

- a) as publicadas por sociedades brasileiras da área científica, a exemplo de: *Ciência Hoje*, *Ciência Hoje das Crianças* e *Ciência Hoje na Escola*, pela SBPC; *A Física na Escola*, pela SBF, *Química Nova na Escola*, pela SBQ;
- b) as publicadas por instituições de ensino superior, a exemplo de: *Espaços da Escola*, pela UNIJUÍ, revista com corpo editorial e que oportuniza a publicação de artigos pelos professores que atuam diretamente no ensino fundamental e médio;
- c) os jornais eletrônicos, como da SBPC.

Na categoria dos paradidáticos, as editoras vêm publicando séries de coleções e volumes individualizados, facilmente encontrados em seus catálogos amplamente divulgados, muitos dos quais com reconhecida qualidade, a exemplo da coleção *Polêmica*, da Editora Moderna, particularmente os volumes *O azul do planeta*: um retrato da atmosfera terrestre, de Mario Tolentino e outros, e *Alquimistas e químicos*: o passado, o presente e o futuro, de José Atilio Vanin, e da coleção *Física, um outro lado*, da Editora FTD, os volumes *Calor e temperatura* e *Luz e cores*, de Aníbal Figueiredo e Maurício Pietrocola. Esses livros constituíram subsídios para o trabalho que realizamos em torno de *temáticas e de situações de estudo*.

Podemos, também, caracterizar a divulgação da Ciência que está na mídia: a TV Escola, a TV Futura⁴, a TV Educativa⁵ e os Canais a Cabo (Net), cujos catálogos permitem fazer um quadro do material ligado à difusão de Ciência e Tecnologia. Estes últimos, mesmo de acesso ainda restrito a uma minoria, têm contribuições a dar.

A TV Escola, por exemplo, é um programa da Secretaria de Educação a Distância, do Ministério da Educação, dirigido à capacitação, atualização e aperfeiçoamento de professores que atuam na escola básica (ensinos Fundamental e Médio) da rede pública. Este recurso didático visa ao acesso da escola às “possibilidades pedagógicas oferecidas pela educação a distância”.

Outros suportes que, aos poucos, estão sendo incorporados à sala de aula são:

- a) VHS (fitas individuais e Coleções, como a *Superinteressante - corpo humano* - da editora Abril);
- b) CD Room (coleções e CDs individuais);
- c) A WEB;
- d) As *Leituras de Física*, produzidas pelo GREF⁶, direcionadas aos alunos da escolarização básica.

Não podemos ficar ignorando estas diversas entradas. É imprescindível aos professores estarem, ao menos, minimamente informados sobre os materiais didáticos alternativos, ainda que por seus alunos e colegas. Não por acaso, mesmo utilizando um livro didático como base (os que o MEC envia gratuitamente às escolas), os professores⁷, em sua maioria, não se consideram como seguidores de um único livro. Eles percebem que assumir isso publicamente pode lhes causar um certo constrangimento, que podem ser colocados “contra a parede”. Boa parte deles já sabe da existência nas escolas do Guia Nacional do Livro Didático – o qual traz referências sobre alguns livros passíveis ou não de serem adotados nas escolas públicas - e dos PCN, que propõem uma dinâmica diferenciada de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem (mesmo que a maioria não

⁴. A exemplo do programa exibido em 06/2001, sobre a questão do virtual: simulações de vôos, explorações espaciais.

⁵. A exemplo dos programas como o “mundo de Beakman”, da TV Cultura..

⁶. GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Os referidos materiais didáticos são derivações de um extenso projeto de pesquisa desenvolvido por professores pesquisadores e pós-graduandos da USP, em parceria com professores da rede pública de ensino de São Paulo.

⁷. Foram realizadas pesquisas em várias escolas da região de Ijuí/RS sobre os livros didáticos utilizados nas aulas de Ciências do Ensino Fundamental e sobre a adoção de um livro em particular em determinada série.

tenha estudado nem um nem outro). Daria para se dizer que a atual participação dos licenciandos nas escolas, em particular na interação direta com os professores, está “mexendo”, ao menos com alguns, a ponto destes procurarem se inteirar dos referidos “guias” e PCN.

Nas aulas, particularmente na disciplina de Ciências I do Curso de Ciências - Licenciatura Plena do DBQ/UNIJUÍ, são estudadas e discutidas novas orientações, como as presentes nos PCN-CN do Ensino Fundamental e do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). No mínimo, os alunos chegam a perceber que os livros didáticos sofrem uma avaliação. Que não podem fazer mais qualquer coisa. Muitos deles, inclusive, discutem essas idéias com professores em serviço nas escolas. Diante disso, ao abrir o guia do livro didático ele tende a avaliar que há livros bons e outros menos e pode vir a se dar conta de que o livro que vem adotando não é recomendado ou o é com ressalvas.

Numa época quase paranóica de avaliações, temos também as entradas do ENEM e do Provão do MEC. Mesmo sendo ainda bastante determinante em nossa região a preocupação com o Vestibular, o aluno do ensino médio, aos poucos, vai se dando conta de que não é mais somente o vestibular que ele terá que passar para fazer um curso de graduação⁸. Além disso, ele sabe, pela imprensa, principalmente com base nos resultados do provão, que tem escolas que não merecem o seu crédito (seu investimento pessoal e/ou financeiro), inclusive escolas públicas de terceiro grau, e acaba optando por uma ou outra.

Pelo que se vê, há todo um conjunto de medidas que incomodam, que impõem desafios e que não devem ser desconsideradas pelos professores. Enfrentar tais desafios certamente não se restringirá à escolha de bons livros paradidáticos e revistas para explorar com seus alunos. Exigirá do professor uma atualização constante para se manter em dia com sua formação. Impressos acessíveis aos professores sempre serão oportunos. Dentre eles, *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*, de Ilya Prigogine; *O ponto de mutação*, de Fritjof Capra, *O mundo assombrado pelos demônios*, de Carl Sagan; *A dança do universo*, de Marcelo Gleiser; *Ciência, ética e cultura na educação*, de Attico Chassot e Renato Oliveira (Orgs.).

8. Como se vê, é interesse do MEC que as principais universidades brasileiras venham a utilizar os resultados do ENEM nos seus processos de seleção. Aliás, “muitas delas já se manifestaram oficialmente pela utilização. Algumas vão reservar vagas aos participantes que obtiverem média maior ou igual a determinada nota; outras, acrescentarão pontos à primeira ou à segunda fase; outras, ainda, substituirão a nota do vestibular pela nota do ENEM”.

Mesmo sabendo que, com seu tempo já bastante comprometido com as atividades de sala de aula, o professor acaba tendo dificuldades para ler e estudar, sentimo-nos no dever de proporcionar boas referências bibliográficas nas quais possa se basear para dar conta do quadro de perturbações existentes e, assim, cumprir o dever de continuar sua formação. Ao ler Prigogine (1996), consiga entender que ainda há muito a se saber (ou que quanto mais sabe mais descobre que sabe pouco) e que, não tão certo de suas certezas, esteja mais receptivo aos desafios que vêm pela frente; ao ler Capra (1986), possa perceber implicações e similaridades quanto à visão de mundo que emerge da Física Moderna e do Pensamento Oriental.

Consideramos, também, de fundamental importância, que o professor tenha acesso aos textos que analisam criticamente alguns impressos, a exemplo de Martins (2001) sobre o livro *A dança do universo*, ainda que uma e outra crítica seja exagerada. O professor deve estar ciente de que nem tudo que vem escrito nos livros é aceito de forma unânime ou inquestionável.

1.2.4. Entre concepções de conhecimento

A criatividade que as pessoas desenvolvem diante das mais variadas situações enfrentadas no seu dia-a-dia, bem como a curiosidade intrínseca ao jovem pelas coisas que ocorrem à sua volta, acentuada pelo fascínio aos objetos tecnológicos, têm estado pouco presentes no ensino de ciências, quando não ignorada ou sufocada. Não que lhes seja barrada explicitamente esta opção, mas pelo fato de o ensino estar desvinculado da sua realidade. Implicitamente são tolhidas possibilidades, como a de fazer perguntas criativas sobre o que está em pauta.

Ao ignorar o espírito criativo, os conhecimentos básicos dos alunos, onde eles se apoiariam para participar ativamente do processo de construção do conhecimento escolar? Não surpreende o fato de os alunos não terem nada a dizer em relação ao conhecimento abordado e ao processo de ensino-aprendizagem tradicional. Na realidade, pouco dizem diante da incapacidade de, por exemplo, formularem questões básicas sobre o “estranho” conteúdo tão repetidas vezes transmitido.

Interfere diretamente nesse processo a concepção que os professores têm sobre os conhecimentos prévios dos alunos e a maneira como os tratam. Tanto os pouco atentos a

esta questão, quanto os que pensam que basta ao aluno prestar atenção e se esforçar para aprender, ignoram a influência de conhecimentos anteriores para aprender o que estão a ensinar. Não por acaso, parte significativa dos professores é pouco sistemática nas tentativas de trabalhar, de problematizar os conhecimentos que os alunos trazem em sua bagagem cultural.

Uma vez que a participação dos alunos depende daquilo que já conhecem, considerar o que trazem a respeito do que está sendo tratado se torna uma boa oportunidade de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, não raro ouvimos em propagandas e nas conversas entre jovens, que o motor de um veículo tem mais torque do que outro, dando a impressão de que esta palavra representa “algo” capaz de o projetar avante com maior rapidez. Bem ou mal, ao repetir palavras e fazer relações, elas passam não só a fazer parte do seu vocabulário, mas também a ser significadas. As relações que estabelecem entre a palavra *torque* e a potência dos motores podem ser exploradas no ensino de Física (e/ou de Ciências). A curiosidade que possuem sobre o assunto pode ser realimentada com conhecimento teórico que lhes permita extrapolar sua condição anterior. Além de pensar o mesmo de forma mais ampla, consigam, também, estabelecer relações com outros fatores relacionados ao funcionamento dos motores de combustão, como a questão ambiental e as transformações de energia.

Para Piaget, os conhecimentos prévios correspondem a uma etapa indispensável no processo de conquista da realidade, servindo de subsídio para a elaboração de explicações causais mais satisfatórias, por parte dos estudantes. O conhecimento torna-se mais significativo para os estudantes quando estes participam do processo de construção do mesmo.

Mas, então, por que são tão pouco explorados? Conforme Zeichner (1993), parte significativa do conhecimento do cotidiano não é clara aos professores. Tampouco lhes é claro que as construções dos estudantes são resultantes, principalmente, das representações mentais a que eles chegam diante das interações com seu meio. Isto dificulta conhecer como pensam os estudantes, como percebem e compreendem os fenômenos a serem estudados em sala de aula. Sem querer, eles acabam sendo “descartados” do processo de construção de conhecimentos escolares.

1.2.5. Entre o exercício e as pesquisas sobre formação docente

É nítido o fosso existente entre as atividades desenvolvidas na escolarização básica e as pesquisas sobre formação de professores no âmbito da universidade. Constatações podem ser evidenciadas pelas interações diretas com os professores, pela quase ausência destes nos eventos da área e na pouca penetração das pesquisas na sala de aula. Para Zeichner (1998: 217), “os mundos dos pesquisadores acadêmicos e dos pesquisadores-professores raramente se cruzam”. É usual ignorar o que os professores conhecem e podem fazer (e com frequência se vêem descritos de forma negativa), criando-se uma lacuna entre esses dois mundos. Por outro lado, as proposições externas, em geral, como as dos acadêmicos, já vêm direcionadas a implicar em resultados anteriormente traçados, ao invés de focar os problemas que fazem parte do contexto escolar, na perspectiva de resolvê-los.

O certo é que muitas das atividades de investigação-ação em curso, seja na Inglaterra, seja nos EUA, seja no Brasil, apresentam lacunas explícitas. Reflexos evidentes são a sua vinculação a ainda tradicional grade curricular vigente, sem compromissos contextuais. A partir daí, e apoiado em Geraldí (1998: 250-1), podemos apontar vários aspectos em relação aos processos reflexivos e de investigação-ação:

- a “supremacia” da academia, mesmo em trabalhos de parceria, e a condição de “detentora” do papel de ajudar o professor da escola básica a refletir sobre suas atividades didáticas. Esta concepção de pesquisa não contribui para uma melhor reflexão dos professores sobre seu trabalho;

- a reflexão, associada à questão técnica do ensino, atribuindo-se papel central às destrezas e habilidades do professor, dissociadas de questões éticas e morais e dos fins da educação;

- a superatribuição à ação docente individual, seja em relação à reflexão ou aos sucessos ou insucessos na escola (individualizando responsabilidades). Por serem muitos os fatores externos que contribuem para isso, gera-se um *stress* desnecessário nos mesmos, o que compromete ainda mais seus trabalhos.

Para Geraldí (1998: 260), este tipo de pesquisa, muitas vezes tem primado mais pelas mudanças ocorridas na prática específica do professor do que em conceber a reflexão relacionada à “compreensão ampla e profunda do seu trabalho”, o que tem contribuído para

o próprio descrédito docente. As mudanças na prática pedagógica nem sempre ficam bem explícitas e, também, dependem de vários fatores, inclusive externos. Elas dificilmente ocorrerão se os professores forem tratados como meros executores passivos de idéias concebidas sem significado próprio para sua realidade direta, pois o êxito da reforma da formação dos professores dependeria das condições sociais, econômicas, políticas e culturais do contexto em que se realiza, incluindo-se a reforma da escola.

1.3. Ampliando a compreensão da problemática

Para além dos tradicionais problemas que têm interferido no processo de ensino-aprendizagem, consideramos relevantes outros fatores que, direta ou indiretamente, interferem na formação das pessoas, como as implicações sociais de Ciência&Tecnologia e a questão dos valores que não têm merecido a devida atenção.

1.3.1. Implicações sociais de Ciência &Tecnologia

Com a racionalidade crescente no século XIX, que atribuiu ao homem a tarefa de dominar e explorar a natureza, aliada ao também crescente processo de industrialização, o desenvolvimento centrado na Ciência e Tecnologia (C&T) passou a ser visto como sinônimo de progresso. Mas, à medida que o uso abusivo de aparatos tecnológicos tornava-se explícito, com os problemas ambientais cada vez mais visíveis, a tão aceita concepção exitosa de C&T, com a finalidade de facilitar a exploração da natureza especificamente para o seu bem-estar, começou a ser questionada por muitos.

Não obstante a presença de debates permeados pela visão dos benefícios acompanhados dos prejuízos, presentes até nos meios de comunicação, este recurso estratégico do “sucesso” ainda é evocado. De acordo com Luján (1996:129-32), as habituais divulgações de autonomia e neutralidade de Ciência e Tecnologia, principalmente por cientistas, políticos, engenheiros e legisladores, têm difundido uma imagem equivocada dessas, em favor de concepções que favorecem modelos tecnocráticos. Esta distorção não pode ser negligenciada por instituições e equipes responsáveis pela educação escolar e pelo ensino de ciências.

Está cada vez mais evidente que a exploração desenfreada da natureza e os avanços obtidos não beneficiaram a todos. Enquanto poucos ampliaram potencialmente seus domínios, camuflados no discurso sobre a neutralidade de C&T e sobre a necessidade do progresso para beneficiar as maiorias, muitos acabaram com os seus domínios reduzidos e outros continuam marginalizados, na miséria material e cognitiva.

Atualmente, alastraram-se as preocupações com as conseqüências da exploração desenfreada, associadas à destruição do ambiente natural, principalmente na produção de lixo (envolvendo grandezas macroscópicas), o que fica bem explícito aos olhos da maioria da população pouco crítica. Até parece que o lixo que nos “salta” aos olhos é o maior problema e sua coleta seletiva seria a solução. Enquanto isso os abusos que estão por detrás deste lixo todo aparecem pouco relevantes às maiorias.

Mesmo assim, a maioria da população continua assistindo a contradições e desmandos de forma bastante passiva. Conforme Borrero (1990:128), a lógica da eficiência de C&T, a falta de uma política social autêntica e a busca por necessidades básicas para garantir a sobrevivência têm levado os despossuídos a “serem cúmplices involuntários” em diversas ações, como a da degradação ambiental. A conseqüência disso é a difusão de pensamentos que levam a crer na quase impossibilidade de implementar ações que promovam a justiça social, principalmente em países emergentes.

Como aceitar passivamente que grupos minoritários explorem de forma discriminatória a maioria da população, gerando nela, por alguns períodos, uma sensação de perplexidade e mesmo de impotência? O que esperar de uma civilização como a nossa que está profundamente impregnada de ciência e tecnologia e, ao mesmo tempo, sua população continua sendo privada, tanto dos conhecimentos mais atuais quanto das políticas que regulamentam esse setor? A rapidez com que ocorrem as inovações tecnológicas, cada vez mais complexas e distantes do entendimento do cidadão comum, frente a um quadro com baixos índices de escolarização e ainda desajustado em relação à C&T, nos permitem prever um futuro nada animador.

Mesmo vivendo novos tempos, conforme Levi (1995: 23-4), ainda não dispomos de conceitos e instrumentos que nos ajudem “a organizar o mapa de um mundo cambiante, surpreendente e sempre inquietante”. Nessa sociedade do espetáculo, em que contrastam pólos de saberes, a “invenção, a criatividade social parecem curiosamente estar em pane, atrasadas em relação à invenção das mídias, à corrida das ciências e das técnicas”.

O distanciamento característico no ensino de Ciências da escola básica entre a área científica e a tecnológica retrata uma visão desajustada da realidade de convivência dos alunos. O ensino voltado, essencialmente, para o âmbito da Ciência, vem desmerecendo a interdependência entre Ciência e Tecnologia e suas derivações. Com o uso de linguagens, de sistemas lógico-matemáticos e de teorias, e o primor pela eficiência e pela criatividade, esse “novo” campo estruturou uma gama de conhecimentos que podem e devem ser ensinados para melhorar a compreensão da Ciência, da Tecnologia e do meio social como um todo. Paralelamente, associando outras questões (sociais, culturais, políticas) pode-se desvelar fatores e implicações que vêm tornando a Ciência&Tecnologia (C&T) quase independentes da realidade social que as sustenta, e, ao mesmo tempo, determinam a vida das pessoas.

1.3.2. Crenças e valores

A complexidade de problemáticas do contexto social, como a ambiental, é bem mais ampla do que o entendimento que delas possuem os indivíduos em geral, e em particular, parte significativa dos professores de Ciências Naturais da escola básica. Não é por acaso que o seu usual enfrentamento, com a simples recorrência a novas idéias, normalmente difundidas pela divulgação científica ou pela mídia, ficaram aquém de resolvê-la.

São ainda pouco claras as compreensões sobre a complexidade dos problemas a se superar. Não raro seus enfrentamentos se dão com base na concepção teórica que a Ciência Moderna tão amplamente difundiu na sociedade capitalista. A “nova” era, na questão comportamental – espelhada no mecanicismo, nas idealizações, na praticidade e na exploração da natureza -, influenciou significativamente a configuração de determinados valores e comportamentos. A suposta neutralidade do indivíduo com relação à natureza o levou a explorá-la quase que ao extremo, sem medir maiores consequências.

Estranho, talvez, seria se as pessoas tomassem outras atitudes quando, historicamente, foram privadas dos instrumentos que as levariam a explorar situações, como a do ambiente natural, sob a ótica que as consideram em sua abrangência global. Sua educação, ao ter sido dirigida em demasia *para* algo específico, acabou tolhendo-lhes as condições de fazer opções e escolhas de forma mais salutar, com reflexões sobre elas.

Embora o sistema de ensino esteja envolvido com movimentos de reestruturação, com objetivos bem expressos de tornar os alunos mais ativos ou criativos, tem lhes freqüentemente negado, mesmo que não intencionalmente, esta opção. Pais, professores e outros formadores de opinião pública vêm insistindo na excessiva passividade e até na alienação de adolescentes e jovens. Importante é estudar para “vencer na vida”, mesmo sem ter claro o que significa vencer. Pretender, ainda que implicitamente, a inclusão entre os privilegiados ou ampliar as condições para questionar e mudar a lógica perversa de exclusão, tão marcante em diversas sociedades. Dificilmente são promovidas discussões que levam em conta a finalidade de ser criativo, a quem esta contribuição vai beneficiar, ou o que esta criatividade vai desencadear.

Provavelmente serão de pouco valor as medidas adotadas que não vierem acompanhadas de mudanças de hábitos que originaram as problemáticas em questão. As crenças e os valores que as pessoas possuem, construídos socialmente, possibilitam-lhes uma determinada visão de mundo e as conduzem a agir de uma forma ou outra (ou a se acomodar diante das ações externas). São determinantes em suas atitudes e comportamentos. De acordo com os valores atuais de uma parte significativa das pessoas, é mais importante o acúmulo material e financeiro do que a conservação do ambiente.

Sob esta ótica, enfrentar coletivamente os problemas complexos já “comuns” na atual sociedade capitalista é tarefa nada fácil, embora necessária e urgente. Mas, por serem as problemáticas, como a ambiental, resultados das atividades humanas, o ato de indicar ou de introduzir novas perspectivas deve vir acompanhado de subsídios que possibilitem aos indivíduos compreender sua concepção e poder confrontá-la com a de outros. Uma vez que as expectativas de conquistar mudanças estão diretamente relacionadas ao mudar padrões de atitudes e valores, as problematizações em torno das próprias concepções poderão “abrir caminhos” para outras possibilidades. Muitos indivíduos escolarizados, ao compreenderem que não lhes cabe o direito de pensar o mundo para si próprios, poderão abdicar da plena inserção social, aquela que lhes confere os bens materiais, e sair da condição de consumidor ingênuo.

A participação de comunidades escolares na discussão de problemáticas, em particular a do lixo, vem crescendo, agregando-se nas atividades escolares. No entanto, a maior dificuldade está em percebê-las, problematizá-las e atacá-las em sua raiz, ou seja, para o referido exemplo, compreender *como e por que* todo esse lixo é produzido, *quem* se beneficia e *quem* se prejudica com isso. Só reciclar não basta. Similarmente, atividades

como a visita a um bosque, a uma usina hidrelétrica, o tratamento do lixo, não são significativas em si, mas poderão vir a ser à medida que vinculadas ao programa escolar e ao compromisso com uma outra visão/concepção de mundo.

1.4. Encaminhando a superação da problemática

O número expressivo de problemas no ensino de Ciências Naturais aponta para a necessidade de se repensar e reestruturar os mesmos, o que pode acontecer via desenvolvimento de atividades educacionais alternativas. Uma opção instigante é o estudo das possibilidades que se apresentam para elaborar e desenvolver programas de formação inicial e continuada de professores, de forma a reuni-los em planejamentos conjuntos, explicitando os componentes curriculares da área de Ciências Naturais. Para tal, projeta-se:

- estruturar e desenvolver atividades de cunho interdisciplinar, permeadas pelo conceito energia, na idéia de elemento unificador na estruturação de *temáticas*, envolvendo diretamente os componentes curriculares de Física, Química e Biologia (com atenção a conteúdos de Astronomia e de Geologia) e interfaces com outros, como Geografia e História;
- estabelecer, nestas atividades, prioridades que permitam explorar o conhecimento científico não como produtos a serem transmitidos aos alunos (ou introjetados em sua cultura), mas, principalmente, como processo de construção de conhecimentos;
- apropriar-se dos requisitos da *pesquisa participante* e de *estudos de caso*, como os instrumentos de análise e observação que, normalmente, são de domínio apenas dos pesquisadores educacionais. Mais especificamente, das técnicas de registro e observação de trabalhos desenvolvidos nos grupos de planejamento e em aula.

Para isso, aposta-se num trabalho colaborativo entre os professores. Mais do que apontar características do perfil de professor idealizado e tentar ditar normas, objetivamos envolvê-los em atividades de estudo e de planejamento para que eles próprios se dêem conta de que, por um lado, estão inseridos num processo que requer atualizações e renovações continuadas e, por outro, de que são capazes de tais propósitos.

Trabalhar somente com professores de uma área não dá conta da problemática da educação em Ciências Naturais na escola. Envolver, diretamente, professores de outras áreas, como de Química e de Biologia, na elaboração e desenvolvimento de unidades que

contemplem o ensino por temáticas, é uma boa e necessária opção para explorar a Ciência enquanto fator de desenvolvimento social, de superação da discriminação e da exclusão. Mais explicitamente, estruturar unidades de ensino numa perspectiva curricular em que sejam abordados conteúdos que possam dar conta da compreensão das “coisas” que fazem parte do cotidiano, evidenciando-se as relações que se estabelecem em torno destas.

As polêmicas geradas em torno da influência de Ciência e de Tecnologia na sociedade atual têm um papel essencial nesta perspectiva. Os temas atuais da cultura de nosso tempo, associados diretamente à C&T, em particular aos ganhos (de produção de alimentos, de recursos na medicina) e às perdas (marginalização de boa parcela da população, poluição ambiental), expõem o imperativo da alfabetização científica e tecnológica. O olhar e refletir sobre a realidade constitui elemento-chave na delimitação das temáticas de ensino e das bases curriculares de cada área, na indicação do conteúdo a priorizar (em termos de conceitos, procedimentos e atitudes e valores), com vistas à formação geral dos educandos.

Os trabalhos interativos e de parceria com os professores expressam facetas normalmente ignoradas no processo de formação. A tradicional atitude de desprezar a forma como conhecem a Ciência, como vêem a realidade, começa a entrar em pauta. Com as interações objetiva-se sentir como “reagem” e se inserem em discussões diferentes das que normalmente vivem. Importante é que o envolvimento em atividades desta natureza contribua para que tenham melhor discernimento sobre suas práticas, ficando-lhes a opção de mudar ou não.

A mudança e a evolução do coletivo dos professores, certamente, terá reflexos na estrutura organizativa do sistema de ensino, principalmente no que tange a romper as fronteiras rígidas das disciplinas e os círculos viciosos que há décadas vêm se repetindo e que têm, praticamente, isolado a escola dos problemas e questões da comunidade.

As atividades de interação com os grupos de professores, inseridas em *práticas de investigação-ação*, tendem a viabilizar pesquisas “na escola”, em parceria direta com os professores e não somente “sobre a escola”. Estabelecer relações abertas de troca, condicionando o processo de pesquisa de forma a provocar, indiretamente, um questionamento das práticas autoritárias vigentes na escola: tanto entre professores, professores e direção quanto entre eles e os alunos.

Constatações como estas, muitas das quais emergentes com as atividades de trabalho no referido grupo, somadas às preocupações dos professores acerca da importância do *tema energia*, fomentam a idéia de enfocar o ensino de Ciências Naturais, tendo o *conceito unificador energia* como um fio condutor curricular dos diversos tópicos que fazem parte das atividades de ensino, estruturadas sob a idéia de *temáticas* e de *situações de estudo*.

Enfim, objetivando-se dinamizar o ensino de Ciências Naturais (principalmente na escolarização básica), com a elaboração e o desenvolvimento de atividades colaborativas (interdisciplinares), tanto na formação inicial quanto na continuada dos professores e, nesta perspectiva, comprometê-los a se envolverem efetivamente em programas de formação continuada, seja no âmbito da escola, do município e/ou outro de maior abrangência, apontamos para o seguinte problema:

“A partir das disciplinas de Ciências Naturais, qual a possibilidade de formar professores que possam estruturar atividades do processo escolar mediante utilização de temáticas interdisciplinares ou transversais com apoio de uma abordagem conceitual unificadora, considerando-se os aspectos benefício/risco e processo-produto do conhecimento?”

2. HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA NA FORMAÇÃO DE UM “NOVO PROFESSOR”

“O passado pode ser copiado, mas o futuro precisa ser criado.” (Winston Churchill¹)

“A ordem é o prazer da razão, mas a desordem é a delícia da imaginação.” (Paul Claudel²)

2.1. Formação docente e práticas pedagógicas

Num tempo em que estão se tornando praticamente onipresentes as discussões em torno do processo de ensino-aprendizagem (com o suporte das orientações dos PCN), convive-se ainda com a tradicional prática de transmissão e repetição. Infelizmente, os “novos conteúdos” (conceitos, procedimentos e atitudes) têm servido para tornar os professores mais hábeis em fazer as mesmas coisas e reforçar suas concepções, o que dificulta nosso grau de convencimento para sua inserção engajada em novas perspectivas pedagógicas.

Mesmo a participação dos professores em cursos de atualização não tem conseguido mudar o quadro atual. Parece que as novas perspectivas aí postas saem pela tangente, não atingindo diretamente “o núcleo duro” do “círculo vicioso” do ensino tradicional, enraizado em boa parte deles. Os conhecimentos aí tratados têm sido concebidos mais como uma informação a se acrescentar do que para a configuração de alguma atividade que realmente esteja direcionada para o ensino da área e nível, sob viés diferenciado do habitual. Em Zeichner (1998: 82), vemos que os “professores freqüentemente modificam os conceitos transmitidos nos cursos para ajustá-los às idéias pré-concebidas que trazem consigo”, configurando-se, às vezes, “conflitantes com as intenções e as expectativas dos formadores de professores”.

¹. *Zero Hora*: Caderno Cultura, 20 Jan. 2001.

². Poeta francês - *Zero Hora*, 21 Jan. 2001, p.27.

Com poucos incentivos para a formação continuada, sistemática, em que pudessem ampliar sua formação e, ao mesmo tempo (ou preliminarmente), rever alguns aspectos, como a transmissão dos conhecimentos, o “normal” é que acabem difundindo abordagens pouco abrangentes e com dificuldades de estabelecer relações entre os conceitos. São raras as oportunidades propiciadas aos professores da rede pública, ao menos nesta região, para participar de encontros ou simpósio da área, principalmente os de abrangência nacional, como, o SNEF³, ELAPEF⁴, ENEQ⁵. Uma minoria participa de eventos regionais da área, como o EDEQ⁶. Mesmo assim, nem sempre ressoam o suficiente para refletirem sobre suas práticas e resultarem em avanços na sua ação docente.

Investigações (via questionários, conversas, encontros, recorrência à bibliografia existente sobre as concepções de professores) sobre a atuação desses professores revelam que parte significativa persiste na prática educacional que aprenderam em seus cursos de formação⁷. A falta de formação em contextualizar os conhecimentos e buscar outras “saídas” se reflete nas bases curriculares dessa área de ensino, da maioria das escolas.

Mesmo os que buscam refletir sobre sua prática e utilizam, por exemplo, apostilas, recortes de livros ou de revistas, com o objetivo de “enriquecer” seu trabalho - o que não deixa de ser uma inovação -, não têm conseguido romper as fronteiras das práticas consideradas tradicionais. Fiorentini (1998: 311), fundamentando-se em Barth, Car e Kemmis e Freire, revela que os professores tendem a valorizar os saberes que produziram na sua formação educativa, de forma a tomá-los como referencial, tanto para avaliar suas competências, quanto para aceitar ou reproduzir inovações.

Em suma, constata-se uma certa dificuldade desses professores reconhecer e experimentar pontos de vista alternativos que possam implicar mudanças na sua prática. Para Holton (1979: 255), a seleção dos conteúdos de Física em cursos introdutórios, com demasiada frequência, concentra-se “nos fragmentos considerados fáceis de ensinar. Muito mais é incluído simplesmente por hábito”.

³. Simpósio Nacional de Ensino de Física.

⁴. Escola Latino-Americana sobre Pesquisa em Ensino de Física.

⁵. Encontro Nacional de Ensino de Química.

⁶. Encontro de Debates sobre o Ensino de Química no Rio Grande do Sul.

⁷. Esse aspecto também foi apontado por Cunha, 1995, em sua pesquisa realizada com alguns professores apontados, por seus alunos, como “bons professores”.

A questão que fica é como romper com uma história de vida e quebrar essa “lógica” que ainda leva muitos professores a repetirem, de forma bastante similar, o processo educacional, ano após ano, centrado nas especificidades; como configurar o processo para que possam vivenciá-lo e inventá-lo de acordo com as configurações contextuais que se estabelecem, em conjunto com seus alunos e colegas, não ignorando a possibilidade de uma teoria ser olhada, sob mais de uma leitura.

2.2. Revelar e entender o próprio agir docente

Nossa participação em trabalhos de investigação-ação com grupos de professores de Física e de Ciências e pesquisas realizadas atestam que são comuns nas concepções e nas práticas dos professores da escola básica características presentes na Ciência Clássica. Contribuem fortemente para isso a formação empiricista e indutivista, a pouca ênfase aos conhecimentos científicos contemporâneos e o próprio entendimento ingênuo e aligeirado do fazer científico. Como no campo pedagógico persistem dificuldades para se perceber estes problemas, contradições e necessidades de mudanças, parece que iniciativas que estimulem apenas a reflexão sobre a prática docente não garantem minimamente a transição desejada. Os problemas pedagógicos dos professores de Ciências Naturais, advindos da formação inicial e do isolamento ao longo das atividades docentes, podem (não sem dificuldade) ser enfrentados à medida que estes os vivam e os percebam.

2.2.1. A Ciência Moderna e o fascínio pela generalidade e simplicidade

Já é notório que o usual ensino, normalmente restrito à perspectiva única do professor, com predominância de idéias essencialmente simplistas, idealistas e homogêneas – em que a norma é a passividade e a transmissão ao invés de questionamentos, discussões e embates -, compromete o que há de mais precioso na Ciência. Todavia, entendemos que a participação sistemática dos professores em atividades de caráter histórico-epistemológico lhes proporcione maior clareza e discernimento sobre os limites e as potencialidades de sua prática.

Propomos explorar concepções da Ciência que fazem parte de sua formação e influenciam nitidamente sua ação docente, de modo a reconhecê-las, como o forte apego ao conhecimento científico da Era Moderna. Este, com o destaque para as contribuições de Copérnico, Galileu, Bacon, Descartes e Newton, e das diversas realizações daí decorrentes, como as destacadas sínteses e leis, resultou em revoluções na concepção da própria Ciência e também de mundo, transcendeu fronteiras culturais e ideológicas, caracterizando-se como um empreendimento com forte apelo de “unidade” entre os homens nos diferentes locais do planeta. Aspectos marcantes da Ciência Moderna são sempre oportunos:

a) De um lado, Bacon engrandeceu a concepção *empiricista*. Admitia o conhecimento centrado nos objetos e o indivíduo, supostamente neutro, ao interagir com a natureza, conseguia extrair o conhecimento dela. Como era muito freqüente ter as mesmas percepções, deduzia-se o mesmo como verdadeiro. Aliado à capacidade cada vez maior de observar regularidades, foi um passo para resultar em generalizações com amplo grau de aceitabilidade. De outro, Descartes difundiu a concepção *racionalista*. O conhecimento estava “na cabeça”. Se é através dos órgãos dos sentidos que conhecemos as coisas, então o conhecimento não está nos objetos, mas em nossas mentes. Na sua obra *Do método*, busca determinar “as regras de todo o conhecimento científico”, o que vemos refletido em alguns preceitos que expõe: somente admitir algo como verdadeiro se (e somente se) precisamente conhecido, o que exigia sempre dividir as dificuldades para melhor resolvê-las. Era a forma concebida de organizar os pensamentos em ordem, sempre do mais simples ao mais complexo (como se fosse subindo degraus). Além disso, as enumerações completas e as revisões gerais deveriam abranger tudo para que nada fosse omitido (Granger, 1994: 49-50).

b) Por meio de metodologias que transcendem o suposto “método científico” e de processos lógicos, que a rigor não tenham obedecido estritamente às concepções *indutivista* ou *racionalista*, a Ciência e a Tecnologia desenvolveram corpos teóricos estruturados de grande alcance, embora sempre limitados. Exemplos da Física são oportunos: da mecânica, da termodinâmica, da óptica e do eletromagnetismo, sempre contemplados, ora isoladamente, ora em conjunto, à luz dos princípios de conservação da energia, carga, das quantidades de movimento linear e angular. Tais sínteses entusiasmaram não só cientistas, mas populações em geral, pelo menos as que tiveram contato com esse conhecimento, seja na educação escolar, seja pelas vias da divulgação.

c) Nos três últimos séculos, as mudanças sócioeconômicas e culturais mais amplas e profundas têm ocorrido mais ou menos associadas ao conhecimento de ciência e tecnologia. O domínio clássico (que muitos resumem aos 150 anos da era newtoniana) parece que ainda prevalece fortemente na concepção dos docentes, embora passados mais de 250 anos.

A impressão que resultou daí, principalmente diante do apogeu da racionalidade, da façanha das descobertas das forças de interação entre massas, da conservação da massa e da energia e das possibilidades de se resolver problemas seculares intrincados sobre o movimento dos corpos celestes, consolidou a idéia de que tudo está dado. Máquinas simples e avançadas, fundadas na termodinâmica e no eletromagnetismo, são exemplos a ilustrar este domínio e fortalecer mais ainda o consenso sobre a capacidade ilimitada deste conhecimento.

A estrutura conceitual resultante, como a busca e identificação de regularidades, as generalizações e sínteses, a ciência newtoniana, a termodinâmica, a mecânica celeste, os princípios de conservação, a cosmologia, e que conseguiu aplicar com enorme eficiência a Matemática na Física, desencadeou um desenvolvimento notável da Ciência Moderna, principalmente nos três últimos séculos. Esta, principalmente no tocante ao mecanicismo, adquiriu tamanho êxito, que pode ser derivada daí a idéia de que “todos os movimentos observados na Natureza, desde a familiar queda de uma gota de chuva até a trajetória cósmica dos cometas, podem ser compreendidos em termos de simples leis de movimento expressas matematicamente” (Gleiser, 1997:164).

Essa concepção, predominante até o início do século XX, foi pressuposto básico para fortalecer a idéia de que tudo estava pré-determinado, bastava fazer os eventuais “pequenos ajustes”. Maddox (1999)⁸ disse ser razoável esperar, ao final do século XVII, após Galileu e Newton terem estabelecido as bases da Ciência Moderna, que “um homem da época” fosse pensar “que pouco faltava para se descobrir”. Segundo Holton (1979:11), os cientistas, desde Copérnico, compreenderam como era atraente um sistema que dispusesse das qualidades *simplicidade* e *necessidade*, e que as novas relações habituais de motivações do trabalho científico, como a descoberta de remédios e curas contra epidemias, a eficiência das máquinas, entre outras, tendem “a ressaltar o lado baconiano do legado da ciência moderna”.

⁸. Jornal *Folha de São Paulo*, 09 maio 1999. Caderno Mais!, p.11.

Bernal (1969:77) alerta que a racionalidade da ciência, no que tange à possibilidade de manipular o ambiente de acordo com vontades próprias, levou a uma “nova” visão da ciência - à luz da gênese moderna -, na qual, “objetivamente, o mundo inanimado é muito mais simples que o mundo animado, e este mais simples que o mundo social; por isso, era intrinsecamente necessário que o controle racional e, em última análise, científico, do meio tivesse seguido precisamente essa ordem”.

No entanto, estes aspectos, apesar de sua aceitação até período bastante recente, não são suficientes para a compreensão da ciência. Não podemos esquecer que essa mesma concepção de ciência vem acompanhada de uma fragmentação dos conhecimentos sem par na História da Ciência. Conforme Bohm, a tendência fragmentária “é tão enraizada e ‘natural’ que, mesmo com as novas evidências da Relatividade e da Física Quântica, a regra é ignorar ou minimizar as reflexões distintas”. O pensamento dominante, principalmente do século passado (e da Ciência Moderna), face a diversos fatores, foi difundido na sociedade.

No presente estágio da sociedade e na maneira com que se ensina a ciência, uma espécie de preconceito a favor de uma autovisão fragmentária do mundo é fornecida, às vezes explícita e conscientemente, em geral de maneira implícita e inconsciente. (Bohm, 1980: 15)

Não podemos ignorar que fazemos parte de uma época e de uma sociedade em crise, cuja principal característica reside na divisão de tudo: a começar pela divisão das pessoas em classes sociais, até a divisão dos conhecimentos em especialidades. Conforme Guimarães (2001), vivemos uma crise reducionista, voltada às aparências, à competitividade, com forte contribuição do pensamento filosófico-mecanicista da Ciência Moderna, da visão pragmática de mundo.

É essa realidade que nos impõe o desafio de pensar e planejar os novos rumos do processo de ensino-aprendizagem. Para além dos conhecimentos específicos de cada área, chamam-nos a atenção os aspectos de cunho tecnológico que fazem parte da sociedade e que estão servindo mais como fator de exclusão do que de inclusão.

Seguindo os exemplos já elucidados, as leis da conservação da massa e da energia, que incorporam as distintas transformações no universo e as questões de Ciência&Tecnologia, muito familiares a poucos docentes e muito distantes da maioria, não podem continuar pouco presentes nas práticas docentes. Precisam, inclusive, ser melhor compreendidas enquanto constitutivas da produção do conhecimento.

Para além da presença, na Ciência, das concepções, como *empiricista e racionalista* (na ciência clássica), estudos histórico-epistemológicos da Ciência revelam:

- a concepção “construtivista” (na Ciência Moderna e Contemporânea);
- a ocorrência de rupturas entre conhecimentos anteriores e novos na Ciência;
- a influência de fatores externos à Ciência, tais como aspectos sociais e filosóficos;
- a presença da dimensão subjetiva na produção do conhecimento, bem como o caráter de “verdades” provisórias, o espírito aberto para a incerteza e o embate entre teorias concorrentes.

2.3. Sobre a Ciência

“O importante não é conhecer os últimos resultados de cada ramo da ciência, mas saber como ela funciona culturalmente.” (Thuillier, 1989: 23)

Nos tempos atuais o discurso está direcionado para os novos conhecimentos, para as questões de C&T, se bem que tenha surtido pouco efeito na prática pedagógica. Uma vez que as concepções relativas à Ciência Clássica e Moderna são marcantes na formação dos professores, é preciso saber lidar com elas. Acreditamos ser esta uma condição essencial para que ocorram transições em favor de visões mais contemporâneas do conhecimento. Seria ingenuidade, de nossa parte, esperar avanços significativos na prática pedagógica dos professores sem propiciar condições que lhes possibilitassem perceber determinadas limitações em suas formações.

Ao abordarmos estes aspectos, queremos advertir sobre alguns exageros cometidos em certos momentos históricos, tanto no âmbito da comunidade científica, quanto no da comunidade escolar (principalmente nesta última). Se para os cientistas, mesmo inseridos em ambientes de pesquisa, onde a busca por novos conhecimentos é uma das suas finalidades, há dificuldades para aceitarem mudanças significativas⁹, o que esperar dos professores, que não dispõem dessas condições?

⁹. Em Holton (1979), vemos que Max Plank acreditava ser difícil mudar as concepções já muito enraizadas dos cientistas mais velhos. Ele considerava o apoio dos cientistas jovens como um dos fatores importantes para a mudança das teorias ao longo dos tempos.

Não por acaso, nem intencionalmente, continua a exploração empírico-indutiva misturada a uma racionalidade simplória, principalmente nas aulas baseadas na realização de atividades experimentais, característica do Ensino de Ciências. Ainda “presos” ao “paradigma” da Ciência Moderna, muitos dos docentes têm dificuldade de compreender que esses aspectos são insuficientes para a aprendizagem de novos conhecimentos e para explicar as teorias. Conforme Chalmers (1993), a riqueza em que se constituiu o processo de produção dos conhecimentos científicos também envolve outros elementos, para além das observações e teorias.

2.3.1 A Ciência enquanto processo sócio-histórico

A pretensão de desenvolver atividades de ensino-aprendizagem, a partir da idéia de temáticas e com atenção especial aos fenômenos físicos, não se concretiza com o enfoque direto dos produtos da Ciência. É imprescindível, também, a exploração da Ciência enquanto processo histórico e contextualmente situado. Bizzo (1997) alerta sobre os riscos de transmitir imagens que ignoram “o rico contexto social e histórico” em que os trabalhos foram desenvolvidos. Para tanto há que se reconhecer, entre as concepções que fazem parte da História da Ciência, a(s) que possa(m) contribuir para a ação pedagógica:

- a relacionada basicamente à biografia dos cientistas?
- a relacionada ao caráter internalista, reproduzida nos artigos científicos e nos livros?
- as manobradas de forma tecnocrática, com ênfase nos problemas técnicos?
- as relacionadas ao caráter subjetivo, com o foco centrado no processo de construção da Ciência?
- as que levam os indivíduos (estudantes, professores, pesquisadores) a refletir sobre o problema da Ciência em geral, em que algum cientista, como Galileu, possa ser tomado como um caso de referência – uma vez que ele marca o começo da Ciência Moderna -, já que a epistemologia nunca é separável do social e, assim, necessita-se ver o contexto onde se deu tal desenvolvimento (toda uma concepção geral da sociedade, da Ciência)?

O que buscamos evidenciar aqui é aquela concepção que *designa uma atividade* (Thuillier 1989), em que, mais do que livros, revistas, laboratórios, universidades, a Ciência é concebida como uma atividade de engajamento entre os homens, com história social e política presente de forma marcante. Neste caso, entendemos a História da Ciência e a reflexão crítica como imbricadas ou interligadas.

Para a exploração didático-pedagógica da Ciência, numa concepção mais real, contextualmente situada, e atentos à sua evolução, apontamos, ao menos, alguns aspectos desta. A começar pela Ciência da Antigüidade que, concebida como originária dos gregos, teve grande influência da escola Aristotélica - entendida como a maior comunidade científica de Alexandria. Mesmo os gregos sendo considerados os grandes teóricos do Mundo Antigo, por ser deles a descoberta da Ciência-Matemática, esta não se restringiu a eles.

Na China, os filósofos naturais taoístas¹⁰ praticavam algum tipo de conhecimento, que se assemelhava à concepção da Ciência tida atualmente. No entanto, mesmo obtendo razoáveis resultados na prática da Ciência, conforme Kneller (1980:17), duvidavam da razão e, assim, não evoluíram muito em suas teorias, “nem as fundiram numa descrição sistemática da natureza, comparável à de Aristóteles”. Por consequência, “a Ciência chinesa permaneceu intelectualmente fragmentada, capaz de constante acumulação empírica em muitos campos, mas incapaz de um maior desenvolvimento teórico”. Talvez seja esta a principal explicação para o fato de os chineses, mesmo investigando por mais de um milênio, não terem desenvolvido o método matemático-experimental e nem a filosofia mecanicista.

Kneller (1980) sustenta que o homem antigo fazia ciência não pela ambição do poder, mas para encontrar formas que lhe possibilitassem superar o medo que sentia frente aos perigos que a natureza lhe impunha, tais como terremotos, incêndios, tempestades, doenças. Ele buscava respostas plausíveis para estas ocorrências na natureza e, assim, encontrar soluções para seus problemas, principalmente a paz de espírito que suas crenças místicas forjavam. Esse autor (1980: 12) menciona o sábio grego Epicuro, para quem:

se não fôssemos perturbados por agressões acerca de fenômenos no céu e a respeito da morte, se nada disso nos afetasse de um modo ou de outro, e também se não fôssemos perturbados por nosso fracasso em perceber os limites das dores e dos desejos, não teríamos necessidade alguma de estudar a natureza.

As tentativas em superar o assombro acerca da constituição do universo contribuíram para alavancar a pesquisa científica e auxiliar o homem no reconhecimento de

¹⁰. Os Filósofos Naturais Taoístas estudavam a vida interior do homem, relacionada à natureza. Eles defendiam a harmonia do homem com a natureza, isto é, o homem deveria viver de acordo com a ordem natural (tao) e, assim, não era concebida a idéia da ambição. Eles não confiavam na razão e nem na especulação.

que a natureza pode ser ordenada e é inteligível. Um novo impulso foi dado com as contribuições dos árabes, principalmente ao difundirem conhecimentos de outros povos - levaram ao Ocidente a filosofia grega e a alquimia chinesa -, e por terem estruturado um corpo singular de conhecimentos. Todavia, uma maior confiabilidade dos humanos em relação à natureza surge com a “força motriz” das grandes conquistas científicas.

Com diversas “brechas” abertas na fortaleza eclesiástica, com a força do pensamento e a paixão pela “universalidade e erudição”, começa a se “configurar” o período Renascentista. O surgimento do humanismo, na Itália, no século XIV, teve significativa influência na virada da condição de total submissão em que os indivíduos se encontravam diante do domínio eclesiástico. Entre as passagens marcantes, podemos citar:

- a contestação explícita do magistério escolástico (Roma locuta: causa finita) por Duns Scotus e Guilherme De Occan (cujo princípio até hoje conhecido - *A navalha de Occan* - tinha por base que “não se deve multiplicar essências sem necessidade”) e com isso os direitos das nações e dos cidadãos começaram a “ganhar terreno” em relação à “universal autoridade eclesiástica”;
- os poetas Petrarca (1304-1374) e Bocaccio (1313-1375), com suas obras, abriram novas perspectivas: inspiraram pintores, escultores, poetas e escritores, desafiando o misticismo e o asceticismo que marcaram o período medieval;
- o holandês Desidério Erasmo (1467-1536), grande pensador da época dos “descobrimentos”, “viu na humanidade uma maneira de combater a ignorância monástica, o abuso da Igreja [...]”. Com sua obra - *A instituição do príncipe cristão* -, busca legitimar a autoridade do príncipe e rejeitar a monarquia hereditária;
- Nicolau Maquiavel (1469-1527), cuja contribuição significativa na política com a obra *O príncipe* ensina a arte de governar e destaca a trapaça e a violência como recursos para alcançar o poder, mas sem perder o senso da realidade;
- as viagens para as Índias e as Américas concretizaram a descoberta de novos mundos geográficos. De repente, o mundo não estava centrado numa única e limitada região (um mundo eurocêntrico: geocentrismo situado nas limitações européias), mas havia muito mais a descobrir;
- as várias Universidades, criadas a partir do final do século XI, ao favorecer à civilização ocidental a retomada de seu autoconhecimento e do conhecimento do universo em que estava inserida, se tornaram importantes instituições produtoras e difusoras do saber;
- a Reforma, de Martinho Lutero, com a publicação, em 1517, das “95 teses”, propiciando a participação da população nos atos religiosos, com traduções da Bíblia para o idioma local e maior liberdade de pensamento (aspectos proibidos na Igreja Católica Apostólica Romana);
- o surgimento do papel e da imprensa, com impressões, como a da Bíblia, no século XV.

Esses acontecimentos interferiram significativamente na maneira de pensar, na liberdade de pensamento e até no desenvolvimento da Ciência. Para Ubiratan D'Ambrósio, o desenvolvimento mundial ao longo da história se dá em fases. “Como uma onda, atinge picos e depois entra numa fase de ‘normalidade’ até uma outra crista. Um grande pico foi dado há cerca de 500 anos com a era das navegações: novos espaços e novos povos, novas culturas. A modernidade começa a se delinear aí”.¹¹

No campo científico, igualmente, podemos citar significativas conquistas. A Biologia e a Botânica se beneficiaram do perfeccionismo dos pintores que retratavam a natureza em suas obras de arte; as Ciências Médicas, com o reinício da experimentação em anatomia e impulsionadas pelo surgimento das universidades, abriram novas perspectivas na área da saúde; a Alquimia, com as contribuições das técnicas de metalurgia e mineração - primeiros ramos da química a colaborar com aperfeiçoamentos tecnológicos - e das façanhas de médicos alquimistas e químicos como Paracelso abriu caminho para a Química; a Física, com obras como a de Stevin: *Princípios da hidrostática*, considerado o primeiro livro publicado sobre o assunto desde Arquimedes, foi configurando áreas como o magnetismo e a mecânica; a Matemática, com a redescoberta dos textos de Euclides (pelas escolas de tradutores), ofereceu soluções para intrigantes problemas, para construtores de catedrais; a Astronomia, com as proposições revolucionárias do alemão Nicolau de Cusa, entre elas a existência de vida fora da Terra, foi ganhando “expressão”.

Os diversos conflitos de pensamento entre diferentes correntes foram fundamentais para o declínio da escolástica e para a integração da Ciência à vida prática da sociedade. Começa a “engatinhar” a Ciência Moderna, num período em que havia todo um movimento na Europa que se fomentava nesta perspectiva. Mesmo diante do forte domínio eclesiástico:

- empreendedores de novas idéias, de novas concepções (inclusive sobre Ciência), buscavam nos livros sagrados, como o *Livro da Sabedoria* e a *Bíblia*, justificativas para que estas não fossem veementemente proibidas. Entre elas, “Deus quisera que o homem dominasse a natureza”; “Deus fez tudo segundo o número, o peso e a medida”. Essa última representa a defesa das cifras quantitativas, que vêm ao encontro da concepção de mundo moderno;
- a partir dos séc. XII e XIII, surgiu toda uma série de ‘práticos’ e a sociedade dos artistas-engenheiros. Esses impulsionaram o progresso das técnicas na Idade Média, cujas consequências foram o surgimento de uma nova classe - a burguesia -, e a reabilitação do trabalho;

¹¹. Projeto Desafios (2001).

- foram notáveis as contribuições de Leonardo da Vinci, especialmente no campo da arte e da engenharia;
- no século XV, com as estimativas em torno do número de soldados e da contagem diária da entrada de animais na cidade de Florença, iniciaram-se as operações estatísticas;
- no século XVI, ao lado das Universidades, foram criadas as Escolas de Cálculo, freqüentadas pelos comerciantes (havia a distribuição de livros).

Sobressaía aos olhos o início do “mundo moderno” - das cifras quantitativas. Diferentemente da Grécia Antiga e da Idade Média, que menosprezavam as artes mecânicas, a Idade Moderna chegou à valorização extremada das mesmas, a ponto de resultar numa nova concepção de Ciência e de Sociedade. A Ciência Moderna tornou-se essencialmente mecanicista, postulando a natureza como uma máquina (ela é racional) e o homem como alguém capaz de descobrir seu mecanismo para explorá-la.

Para Thuillier (1989:19), com estes aspectos, aliados ao desenvolvimento das cidades, “a Europa mudou de mentalidade, de modo de produção, de interesses e viu aparecerem novos personagens”. Os traços característicos da ciência moderna são, também, os da sociedade da época em que ela surgiu. A ciência tornou-se experimental porque os ‘práticos’ conquistaram nela seu lugar (“tomaram o poder”). A preferência pelo contemplar a natureza deu lugar ao agir e à exploração sobre ela. “Galileu chegou numa época em que se acreditava que o homem era capaz de agir”. Por viver numa região comercial e industrial (com minas, usinas têxteis, ...), estavam ao seu alcance os “subsídios” para implementar uma nova ciência, não mais só teórica, mas também experimental (atividade que os intelectuais até então desprezavam).

Segundo Thuillier (1989:20), a Ciência Moderna se fundou na “união entre o cérebro e as mãos”, na união da teoria com a prática. Galileu não foi o único, mas a exceção. Conseguiu “utilizar todos os elementos da época para reafirmar esta visão de mundo novo, para fazer uma ciência eficaz, racional, matemática, mecanicista”, tornando-se seu símbolo. Houve muitos “Galileus” antes e após ele (citando os de maior expressão: Copérnico, Newton).

Maddox (1999:11)¹², referindo a Ciência como um trabalho social, afirma que há muitas pessoas que foram fundamentais para grandes descobertas na Ciência sem, por conseguinte, terem sido consideradas importantes; que, para cada Newton ou Darwin,

¹². Jornal *Folha de São Paulo*, 09 maio 1999. Caderno Mais!, p.11.

houve milhares de cientistas trabalhando em pesquisa, “colocando seu pequeno tijolo no muro da Ciência”. Inclusive, chega a afirmar que os “Prêmios Nobel” deveriam ser compartilhados com aqueles em cujos ombros se apoiaram (relembrando a célebre frase de Newton ao reconhecer a influência de alguns de seus antecessores nas suas realizações).

Com os avanços em diversas áreas do conhecimento e com um certo destaque na área da Ciência, começa a figurar outra concepção significativa para a “libertação do homem”: o iluminismo. A revolução newtoniana na ciência ferveu o pensamento científico e contribuiu com novas posturas de ver o mundo. A Astronomia, a Física e a Matemática adquiriram o status de ciências e a Química, ainda marcada pela alquimia, passou a somar avanços significativos, com diversos cientistas, particularmente Lavoisier. Ao acreditar que em toda combustão ocorre a união entre a substância em combustão e o ar, obteve resultados e explicações mais satisfatórias para as combustões, diferentemente do que sustentava a teoria flogística. Lavoisier conseguiu dar um passo significativo para difundir uma nova concepção: a Química Moderna.

A expectativa gerada por esses diversos conhecimentos (com a sustentabilidade que as evidências experimentais e macroscópicas proporcionaram) levou a difundir, com enorme pompa, a concepção científica mecanicista, a ponto de estender-se reinante até o final do século XIX. Para Maddox (1998: 18), muitas das conquistas da “era da certeza” podem ser atribuídas a “uma importante tendência na prática da Ciência fundamental, a de associar fenômenos aparentemente díspares a uma mesma teoria geral”.

No século XIX, a matemática se tornou a principal ferramenta nas investigações científicas e tecnológicas. Maxwell, com sua teoria matemática, tornou possível “descrever a eletricidade e o magnetismo através de um único sistema de equações”. A sua coerência sobre o eletromagnetismo também se fez sentir no modelo ondulatório da luz e na associação desse a outros tipos de radiações. Na área tecnológica, as ferramentas matemáticas traduziam confiança quanto à eficiência e previsibilidade para estudar (e resolver) novos problemas de engenharia e na indústria química. Conforme Maddox (1998:20), no final do século XIX, “acreditava-se que uma vez um problema tivesse sido formulado em termos matemáticos estava automaticamente resolvido; poucos acreditavam que houvesse algo a acrescentar em termos de novos conceitos físicos”.

As contribuições de Maxwell e a exacerbada Matemática, nas últimas décadas do século XIX, dividiram o palco com outras marcantes realizações que “coroaram a era das certezas”. Entre elas:

- Pasteur comprovou a influência das bactérias na transformação de alimentos e dos microorganismos nas doenças infecciosas;
- Hertz produziu ondas eletromagnéticas, matematicamente projetadas;
- Röntgen descobriu os Raios-X (em 1895);
- Becquerel descobriu a radioatividade de elementos como o urânio (em 1896);
- Thomson provou a existência do elétron, contrariando a idéia de um átomo indivisível (em 1897).

No entanto, as próprias contribuições de Maxwell e de Faraday sobre o eletromagnetismo, associadas ao resultado de Michelson-Morley sobre a natureza do éter luminífero, foram fundamentais para abalar a concepção mecanicista. O conceito de campo eletromagnético expressou uma realidade independente da redução da matéria a componentes básicos. Com a teoria dos *quanta* de energia, de Planck (em 1900), e a Relatividade Especial, de Einstein (1905), ocorreu uma mudança radical na visão de mundo, a começar pela Física e daí extrapolando para outras áreas.

Para Cini (1998: 08), a partir da segunda metade do século XX, a Ciência passou por profundas transformações em que “deixou de ser uma ciência de leis para tornar-se uma ciência em que os processos evolutivos e o acaso têm papel predominante”, diferentemente da ciência das leis onde “o acaso era considerado fruto da ignorância, e o avanço do conhecimento o eliminaria progressivamente”.

Ao recuperar aspectos históricos buscamos enfatizar que conhecimentos das diferentes áreas foram fundamentais para a “libertação” dos indivíduos, e para o próprio desenvolvimento da Ciência. Além disso, ainda que “fortalezas” tivessem sido abaladas, a questão do poder de dominação de uns sobre os outros tem sido menos afetada. Não por acaso, com o avanço da Ciência, principalmente a partir de resultados de aplicações práticas, começa uma outra era de dominação: a científica. Tanto numa quanto noutra situação, o conhecimento serviu mais para o domínio de uns sobre os outros do que para a libertação dos povos.

Mas é importante perceber momentos históricos (e intenções) voltados para a libertação, tais como o humanismo e o iluminismo, constituindo-se em verdadeiros exemplos que levaram povos a acreditar na sua capacidade e em novas perspectivas. Essa constatação nos motiva a recuperar, ainda que sucintamente, algumas “riquezas” históricas para incluir no processo de ensino-aprendizagem e poder dizer, e/ou mostrar, que as pessoas são capazes, mesmo com dificuldades, de lidar com a Ciência. Conforme Maddox

(1999: 11), “as pessoas não precisam entender a letra miúda da Ciência, mas sim seus objetivos e suas limitações”, para entender, e acreditar, que nada é definitivo, que as coisas mudam. Sob essa ótica, hoje provavelmente em melhores condições do que antes - com diversos exemplos à disposição e uma enorme gama de recursos tecnológicos -, podemos melhor traçar a caminhada para a libertação.

2.3.2. O caráter subjetivo, humanístico e social

Com o desenvolvimento da *ciência madura* e da *epistemologia*, no século XX, a “racionalidade perfeita e imutável” do mundo moderno foi posta em questionamento. Elas têm “destronado” o conhecimento objetivo por essência e permitido demonstrar que a idéia de “verdades absolutas” acerca do conhecimento científico, mais marcante na época de predomínio da ciência moderna, é difícil de se sustentar, mesmo que esta visão esteja na própria raiz do pensamento formal.

Se a ciência pode ser relativizada, conseqüentemente a “razão” também o passa a ser. Se a “razão” impulsionou a Ciência, ela também se fez ao fazer ciência, ou seja, seus princípios lógicos também sofreram mudanças, com a transformação da Ciência. Bachelard (1978: 6-7), ao criticar a entrega dos cientistas a uma “pedagogia fracionada”, afirma que o “real progresso no pensamento científico necessita de uma conversão. Os progressos do pensamento científico contemporâneo determinaram transformações nos próprios princípios do conhecimento”. O autor defende a tese que “considera o conhecimento como uma evolução do espírito, que aceita variações, respeitantes à unidade e à perenidade do eu penso”. Visa uma “filosofia do espírito científico” aberta, tal qual “a consciência que se funda trabalhando sobre o desconhecido, procurando no real aquilo que contradiz conhecimentos anteriores”; que sabe “dialelizar os seus princípios, constituir em si novas espécies de evidências, enriquecer o seu corpo de explicação sem dar nenhum privilégio àquilo que seria um corpo de explicação natural preparado para explicar tudo”.

Bachelard (1978: 8-10) reclama dos cientistas uma certa flexibilidade na sua ação, de forma a desviar, em algum instante, “a ciência do seu trabalho positivo, da sua objetividade, para descobrir o que permanece de subjetivo nos métodos mais severos”. Pede a eles que transmitam, sobretudo, as suas *idéias vagas*, as suas *contradições*, as suas *idéias fixas*, as suas *convicções não confirmadas*. Sua crítica à atividade científica também é

contundente, ao afirmar que “os quadros mais simples do entendimento não podem subsistir em sua inflexibilidade, se deseja avaliar os novos destinos da ciência. A razão ortodoxa pode ser dialetizada em todos os seus princípios através de paradoxos”.

Holton, referindo-se ao “contexto da descoberta”, diz que “o momento nascente” tem sido usualmente mal documentado, pouco apreciado/compreendido até mesmo pelos próprios cientistas. Com algumas exceções, como Kepler e Einstein, a maioria dos cientistas (e filósofos),

mostraram-se até recentemente muito impacientes com esses estudos. As instituições mesmas da ciência ... destinam-se a minimizar a tensão para esse elemento. O êxito da própria ciência, como atividade compartilhada, parece estar ligado a essa indiferença sistemática por aquilo que Einstein chamou de “a luta pessoal”. (Holton, 1979:18)

Mais adiante (:254), o autor afirma que a maioria dos físicos acredita que faz falta para os futuros cientistas uma abordagem humanística na educação para a Ciência: “estes de fato necessitam, mais do que todos os outros, dos elementos humanísticos e sociais num curso de ciência - porque o espírito limitador dos cursos universitários descera sobre todos eles com demasiada rapidez”.

Em Bombassaro (1994:4), vemos que a sobrevivência das leis e teorias, para além de fatos culturais e históricos e do trabalho dos próprios cientistas, “ganha um caráter de universalidade e permite contar a história de nossos erros e da nossa ignorância”. Esta característica da Ciência como uma empreitada humana - e não especificamente de um ou outro cientista em particular -, como uma construção que não está isenta de erros e, portanto, é limitada e permeada de discussões e embates, também é marcante em Einstein:

A ciência, considerada um conjunto pronto e acabado de conhecimentos, é a mais impessoal das produções humanas; mas, considerada como um projeto que se realiza progressivamente, ela é tão subjetiva e psicologicamente condicionada como qualquer empreendimento humano. (apud Thuillier, 1994:227)

A educação escolar, o convívio religioso (judaico e católico), a permanente desconfiança em relação “aos ensinamentos oficiais” e as experiências na Suíça (lugar de encontro das forças revolucionárias da Europa) possibilitaram a Einstein uma mente aberta o suficiente para extrapolar os conhecimentos de sua época – e confiar em pressupostos que não se restringem aos aspectos lógicos e racionais, tão marcantes na Física Moderna.

Os conceitos físicos são livres criações do espírito humano e não são, como se poderia acreditar, determinados exclusivamente pelo mundo exterior. No esforço que fazemos para compreender o mundo, assemelhamo-nos um pouco ao homem que tenta entender o mecanismo de um relógio fechado. Ele vê o mostrador e os ponteiros em movimento, ouve o tique-taque, mas não tem como abrir o estojo. Se for engenhoso, poderá formar alguma imagem do mecanismo que ele tornará responsável por tudo o que observa, mas nunca estará seguro de que sua imagem seja a única capaz de explicar suas observações. Nunca estará em condições de comparar sua imagem com o mecanismo real, e nem mesmo pode se representar a possibilidade ou o significado de uma tal comparação” (Einstein e Infeld, 1948, apud Chrétien, 1994:43-44).

Esse tipo de visão da ciência vem adquirindo maior impulso com epistemólogos, como Kuhn e Holton. Kuhn, ao refletir sobre as principais críticas feitas à sua obra *Revoluções científicas*, principalmente relacionadas ao que denominou de *ciência normal*, aponta diversos exemplos historicamente ocorridos no processo de construção de conhecimentos da humanidade. Na *grande mudança da epistemologia*, a partir de Kuhn encontra-se imbricado o aspecto interpretativo na ciência. A busca pelos significados das descrições do que era fazer Ciência, em cada época, facilitou a percepção das teorias científicas como construções provisórias. Kuhn (1995: 25) aponta para uma reflexão séria, epistemológica, para além da historicização (de cronologia) para construir uma nova história da Ciência. Afirma que precisamos descrever as maneiras pela qual cada um dos episódios marcantes (principalmente os casos revolucionários) “transformou a imaginação científica, apresentando-os como uma transformação do mundo no interior do qual era realizado o trabalho científico”.

Holton (1979), para caracterizar a Ciência, recorreu a elementos históricos e aspectos externos ao desenvolvimento desta. Ao tratar da análise temática, valoriza a contribuição individual, subjetiva (humanística) e dá ênfase a *temas antitéticos* - embates ocorridos em torno de formulações, como *contínuo/descontínuo*, *análise/síntese*, *constância/evolução/mudança catastrófica*.

Contribui, também, para esse entendimento, a relação da consciência com a teoria compartilhada por cientistas, como o Prêmio Nobel de Física Eugene Wingner, e Roger Jones. Para esse último, é

a mente que vemos refletida na matéria. A ciência da Física é uma metáfora com a qual o cientista, como o poeta, cria e amplia significado e valor na busca por entendimento e propósito... O que torna a ciência útil para nós e que nos faz apreciá-la - previsibilidade, objetividade, consistência, generalidade - não existe de fato em alguma realidade externa, independente da consciência. É parte de nossa experiência e interpretação do mundo. Vejo a obra de Newton como uma

monumental criação mental, um sistema de mundo concebido humanamente, incorporando consistência e ordem causal, que satisfaz a mente humana e a ajuda a aplacar o medo de um universo caótico. Seu trabalho é tanto uma obra de arte como uma obra de ciência. Protestar que a concepção de Newton é validada por inúmeras observações do universo físico não é argumento, pois minha idéia é que a concepção ou teoria e as quantidades são criadas paralelamente para a corroboração mútua (não necessariamente sem conflito e não necessariamente consciente). Além disso, as próprias quantidades se baseiam em uma definição e procedimentos de medida, que são fundamentalmente subjetivos. (apud Guimarães, 2001:03)

2.3.3. Embates: questionando aprendizagens

A Ciência, ao longo de sua história, tem sido “palco” de muitos conflitos; alguns deles parecem perdurar sempre, como os pressupostos temáticos antitéticos do *contínuo* versus o *quantizado*. Há quem afirme (Gleiser, 1997) que a Ciência é, por natureza, uma atividade conflituosa; Morin (1998: 8) revela que a Ciência, mesmo a que objetivava leis simples sobre o funcionamento do universo, apresentava *constituição complexa*: “Ela só vivia em e por uma dialógica de complementaridade e de antagonismo entre empirismo e racionalismo, imaginação e verificação. Desenvolveu-se apenas em e pelo conflito das idéias e das teorias no meio de uma comunidade”. É possível indicar conflitos entre ciência dos fatos e conhecimentos religiosos e entre elementos da própria ciência, a exemplo da dimensão temática, proposta por Holton.

À medida que formos “portadores” do conhecimento científico, é imprescindível a tomada de consciência desses conflitos, até para não continuarmos a “ensinar” uma Ciência isenta de polarizações. Gleiser (1997: 359-62) afirma que vivemos numa realidade bipolar, que, na organização do mundo em nossa volta, a polaridade pode ser bastante útil.

Por considerar que podemos aprender muito com os conflitos e as controvérsias ocorridos na Ciência, a exemplo do que vemos em Bohr (1995:45)¹³ acerca do explicitado na palestra proferida sobre a “estabilidade intrínseca dos átomos”, em que contrastam a teoria da *física clássica* e a *teoria quântica*, descrevemos sucintamente algumas discussões e embates que permearam as formulações científicas:

¹³. “Espero ter-me expressado com suficiente clareza para que vocês possam avaliar o grau em que essas considerações entram em conflito com o esquema de concepções admiravelmente coerente que, com acerto, se denominou de teoria clássica da eletrodinâmica. Por outro lado, tentei transmitir-lhes a impressão de que – justamente pelo vigor desse conflito – talvez também seja possível, no correr do tempo, estabelecer uma certa coerência das novas idéias”.

a) As discussões sobre *geocentrismo* e *heliocentrismo* podem levar alunos e professores a acompanhar o caráter construtivo da Ciência e entender que, mesmo “corpos de conhecimento” estruturados e aceitos por séculos, não são inquestionáveis. Com diferenças marcantes, as concepções formuladas nesses “paradigmas” constituíram poder explicativo em certos períodos históricos, com amplo grau de aceitabilidade. A concepção geocêntrica do universo teve sua validade em determinada época, visto que estava de acordo com certas leis específicas, válidas então. De acordo com Bombassaro (1994: 3), “valeu enquanto durou aquela concepção de mundo que a defendia. Valeu dentro dos limites de uma determinada época de nossa cultura, de nossa civilização, onde tais leis eram aceitas e defendidas como invioláveis e infalíveis”. Todavia, esta concepção foi substituída pela *heliocêntrica*, a qual, embora tenha sido essencial na configuração de uma nova Ciência e sociedade, atualmente está longe de ser reconhecida como correta.

Com sua obra *De Revolutionibus*, Copérnico sinaliza os temas de *simplicidade* e de *necessidade*, que passaram a ser fundamentais na configuração e na aceitação do sistema heliocêntrico para o funcionamento do universo e para produzir modificações na consciência humana, na evolução cultural. A criação de seu esquema heliocêntrico para “o sistema de planetas tem a propriedade de que ‘não só os seus fenômenos se seguem disso, mas também a ordem e o tamanho de todos os planetas e esferas e do próprio firmamento estão de tal forma ligados que nenhuma parte pode ser deslocada sem desorganizar as demais partes e o universo como um todo’”. Diferentemente das concepções pré-copernicanas, nessa concepção “não há lugar para a menor (re)disposição *ad hoc* de qualquer órbita”. Esse sistema, “como um todo, revelou uma justificativa racional que une cada detalhe à configuração total”. (Holton 1979:11)

b) A polêmica sobre a vinculação dos postulados do *Princípio da Relatividade Restrita* com a experiência de Michelson-Morley. Thuillier (1994: 235-8) ressalta aspectos polarizados sobre a polêmica.

Em defesa dessa vinculação:

* Poincaré declara ser o princípio da relatividade um fato experimental, no mesmo sentido que as propriedades dos sólidos naturais; como tal, está sujeito à incessante revisão; como princípio, é, no máximo, “uma convenção sugerida pela experiência”. Lembra, ainda, que os físicos podem muito bem ignorá-lo, sobretudo se querem conservar seus “velhos hábitos”.

* Millikan considera que “a teoria da relatividade restrita tem sua origem essencialmente numa generalização da experiência de Michelson”.

* Joseph Petzoldt afirma que a “teoria einsteiniana depende inteiramente do resultado da experiência de Michelson e pode ser derivada dele”.

Contrárias à referida vinculação:

* Einstein afirma ter formulado o *princípio da relatividade* sem se basear em dados experimentais; que estava praticamente convencido da validade deste princípio antes de conhecer a experiência de Michelson e seus resultados; que, em seu “combate pessoal”, a experiência de Michelson não desempenhou nenhum papel decisivo. Einstein chegou a externar que “pensava visualmente” e que uma “espécie de devaneio experimental” estimulou por anos as suas reflexões.

* Segundo Thuillier (1994: 244), “o procedimento crítico que engendrou a teoria da relatividade” foi possível face à “real autonomia intelectual”, de Einstein. Na sua imaginação científica, para além da atividade lógica racional, ele recorreu a fatores emocionais, psicológicos, imaginativos, convicções filosóficas e, até, místicos (“sentimento religioso cósmico”).

* Segundo Jaffe (1967:91), “sustentar, como alguns fizeram, que a *Teoria Especial da Relatividade* de Einstein, era essencialmente uma generalização da experiência de Michelson, e que ela não teria existido sem aquela experiência, é exagerar a questão”. Nem mesmo o próprio Einstein negou que houve uma certa influência desta experiência. Ele admitiu isso, inclusive, publicamente, ao afirmar que ela fortaleceu sua convicção quanto à validade do princípio da Teoria Especial da Relatividade; que ela “removeu praticamente qualquer dúvida sobre a validade do princípio na Óptica e mostrou que uma profunda mudança dos conceitos básicos da Física era inevitável”.

c) A polémica em torno do *Princípio da Incerteza*. Heisenberg e outros ampliaram os domínios do *descontínuo*, em oposição a determinadas certezas até a época, em favor do *contínuo*. Em Holton (1979: 32), vemos que, com esse princípio, Heisenberg estava dizendo que o *tema explicativo fundamental* não é a seqüência simples e causal (ponto por ponto), como a do movimento progressivo de um satélite em torno de um planeta, mas a seqüência probabilista de um gerador de número randômico (um jogo do acaso). Isto estaria invertendo a *escada ontológica*.

Cini, ao estabelecer comparações entre a “ciência velha” (a “ciência das leis”, segundo a qual o acaso, considerado fruto da ignorância, seria eliminado pelo avanço do conhecimento) e a “nova ciência” (a dos processos irreversíveis e da desordem, onde o acaso tem um papel fundamental) sinaliza mudanças que ocorreram com o conhecimento e com o modo de ver o mundo.

A descrição matemática era baseada apenas nas funções contínuas. No novo modo de ver o mundo, surgem os fractais (estruturas fracionadas que, independentemente de sua escala, conservam a mesma forma da figura original). O mundo agora é uma mistura de continuidades e descontinuidades; a realidade está permeada desses dois aspectos. (Cini 1998:09)

O autor ainda afirma (p.10) que a própria mecânica quântica tem duas características fundamentais: “a primeira é o coroamento da idéia de lei básica, que tem o objetivo de fornecer a lei física que regula o microcosmos”; a segunda, é a introdução, de modo fundamental, pela mecânica quântica, da aleatoriedade. A “figura emblemática dessa ambigüidade é o próprio Einstein” que, de um lado, difundiu a expressão “Deus não joga dados” e, de outro, introduziu, em 1905, os *quanta*, “de forma independente e a partir de uma idéia de Max Planck (1858-1947). Einstein, imerso nessa contradição, deu início à mudança”. O paradoxal é que ele “buscou a lei que deve ser universal, que deve reger tudo”, mas também “introduziu o elemento da aleatoriedade que pode permitir uma melhor compreensão da complexidade dos aspectos biológicos”.

Mesmo diante da incursão de Einstein e Planck na questão do descontínuo, a partir da idéia do quantum, eles tiveram dificuldades em aceitar as derivações daí decorrentes. Juntamente com Schrödinger, se posicionaram contrários à idéia do descontínuo, do probabilístico. Eles não aceitaram o primado do tema do probabilismo fundamental na natureza física como comprovado. Einstein, num determinado diálogo com Heisenberg, chegou a admitir que qualquer experiência cujos resultados pudessem ser calculados por meio da mecânica dos quanta se processaria como Heisenberg dizia, mas, mesmo assim, tal esquema não podia ser uma descrição final da natureza. A expressão de Einstein - “Deus não joga dados” - reflete a sua crença numa rigorosa determinação dos fenômenos naturais, fator que lhe dificultava reconhecer a validade da mecânica quântica, mais especificamente “o modismo estatístico”, defendido por Bohr, Heisenberg, Pauli, e sobretudo seu principal interlocutor, Bohr. De acordo com Thuillier (1994: 232), Einstein “achava um absurdo que um corpúsculo pudesse deixar de ter um comportamento totalmente previsível”.

d) Debates e controvérsias sobre *geração espontânea*, particularmente os desenvolvidos, em meados do século XIX, entre Félix Pouchet e Louis Pasteur. Pouchet, com seus trabalhos sobre *heterogenia* e sobre a reprodução de animais superiores, chegou a evidências que o levaram não só a acreditar na geração espontânea e publicar a respeito, como defendê-la arduamente, a ponto de travar várias discussões (algumas até ríspidas) com Pasteur. Este último, por seu lado, à medida que avançava com seus estudos e experiências, crescia em sua oposição à idéia da geração espontânea (e às críticas a Pouchet).

É de registrar que o químico e “exímio experimentador” Pasteur não se restringia aos resultados de suas experiências, mas se utilizava, também, de outros aspectos, o que podemos identificar em um dos seus escritos a respeito da polêmica sobre *geração espontânea*:

Espero dar um passo decisivo, resolvendo, sem a menor confusão, a célebre questão da geração espontânea. Eu já poderia intervir, mas desejo ainda prosseguir minhas experiências. Há tantas paixões e obscuridades de um lado e de outro que se exigirá nada menos do que a clareza de um raciocínio aritmético para convencer os adversários de minhas conclusões. Pretendo chegar a isso. (apud Martins, 1992:15)

e) Debates e embates entre Lavoisier e os defensores da *teoria flogística*. De um lado, Lavoisier, por acreditar (e demonstrar via evidências experimentais) que em toda a combustão ocorre a união entre a substância em combustão e o ar, proclamou o princípio da Conservação da massa e passou a combater a teoria flogística. Contrariamente, os defensores desta não viam razões para abandoná-la. Entre eles Macqueur, que, segundo Chassot (1999:123), afirmava: “onde estaríamos nós com a nossa velha química, se fôssemos levantar um edifício completamente diferente? Confesso que, por mim, teria abandonado a partida”.

Não são poucas as expressões que revelam a tendência dos mais velhos em defender ardorosamente suas idéias, fator menos marcante nos mais jovens, portanto, mais suscetíveis a abraçar idéias novas.

f) A literatura existente aponta diversas outras divergências ocorridas na Ciência, tais como as discordâncias entre Millikan e Ehrenhaft sobre cargas elétricas; entre Newton

e Huygens, sobre a natureza da luz; interpretações oponentes entre físicos britânicos e alemães acerca dos “raios catódicos” investigados por J.J.Thomson.

Idéias como as de Einstein, para além da abordagem conceitual - da mecânica quântica e da relatividade -, são indicadoras da possibilidade de explorar o conhecimento científico sob outro viés e, ao mesmo tempo, reconhecer as limitações tidas nestes âmbitos. Não por acaso, Einstein acreditava que sua fidelidade ao contínuo nascia não de um preconceito, mas do fato de não ter conseguido imaginar algo orgânico para substituí-lo; Holton (1979: 34) afirma que há limites inerentes à imaginação científica e que devemos estar preparados para as críticas daqueles que estão afligidos, não com *nossos temas*, mas com *seus antitemas*; Prigogine, referindo-se à termodinâmica dos sistemas complexos, alerta sobre a crescente incerteza que paira em torno destes e afirma que os nossos meios de observação são imperfeitos.

Em vez de poder reconhecer no devir irreversível das coisas o análogo do devir que o constitui a si mesmo, o observador tem de admitir que a natureza, estranha a esse devir, limita-se a remeter-lhe a imagem do crescimento da sua própria ignorância; a natureza é muda, e o devir natural, longe de falar ao homem do seu enraizamento no mundo, é apenas o eco dos empreendimentos humanos e de seus limites. (Prigogine, 1991: 159)

Ora por desconhecimento, ora por decisões em favor das teorias vencedoras, docentes e pesquisadores ignoram as diferenças entre conhecimentos e reforçam, implícita ou explicitamente, os “valores” da *ciência clássica*. Desdobramentos dessa formação junto aos materiais didáticos e aos procedimentos e posicionamentos em sala de aula do ensino básico não podem ser alternativos aos da formação inicial.

Em tempos de reformulação curricular, é bastante oportuna e pertinente a inserção destes assuntos *sobre Ciências*, paralelamente aos assuntos *de Ciências* nos currículos dos cursos de licenciaturas e de bacharelado, não só de Física, mas de todas as áreas afins.

2.4. Sobre a prática pedagógica

Ao apontar e analisar exemplos históricos ocorridos na ciência (principalmente embates), buscamos possibilidades para as desejáveis rupturas nas concepções e práticas dos docentes. Analogamente, pensamos na vinculação da pedagogia, o campo reflexivo

crítico da educação, similar ao nível epistemológico para a ciência; e na viabilidade de sermos também “epistemólogos” no campo pedagógico. Na concepção bachelardiana, trata-se de fortalecer o vínculo entre obstáculos pedagógicos e obstáculos epistemológicos.

Estudos histórico-epistemológicos para ampliar a compreensão do por que, mesmo diante de novas proposições, tanto os professores, quanto os cursos de licenciatura, não apresentaram avanços significativos na implementação de novas alternativas, principalmente as direcionadas para um ensino mais progressista, em que pesem nossas pesquisas em ensino de Ciências/Física. Para um significativo contingente de docentes, o “novo” tem-se configurado, simplesmente, como um aprimoramento, uma reformulação do antigo, distante de uma revolução ou mutação.

A história da Ciência expõe inúmeros indícios do quanto é difícil mudar concepções “enraizadas” e aceitar e compartilhar novas idéias. O próprio Michelson, muito dedicado a investigações para revelar novos conhecimentos que contribuíram significativamente para novas concepções no pensamento científico, foi relutante em abandonar idéias clássicas e conceitos físicos que desenvolvera em sua vida. Embora reconhecesse o mérito do trabalho de Einstein, suas convicções o levaram a não dar importância à Teoria da Relatividade. Atribui-se a Planck a máxima que condiciona a mudança das teorias à morte dos cientistas mais velhos, pois uma teoria nova, alternativa à vigente, parece ser muito mais aceita pelos cientistas jovens.

Considerações como estas não estão indicando a exclusão de “professores mais velhos”, mesmo porque há nítidas distinções entre a prática pedagógica e a científica. Importa ao professor estar ciente quanto às dificuldades e resistências (não realimentar a ilusão de que mudar de concepção seja algo fácil); e de que algo novo adquire significado à medida que ele próprio entenda mais abertamente a complexidade do fazer pedagógico.

Nessa perspectiva, defendemos debater com os professores as constatações de que entre os epistemólogos e os próprios cientistas houve e ainda persistem controvérsias sobre o que é fazer Ciência, ou sobre como se desenvolve a Ciência, constituindo um passo importante para gerar inquietações. Difícil é continuar a aceitar as muitas certezas e convicções que ainda são difundidas em suas atividades docentes. Perrenoud (2000:38), atribui ao professor a tarefa de trabalhar com seus alunos a “imagem de professor” (não mais aquele “que sabe tudo”) que aceita mostrar suas “próprias divagações e suas ignorâncias”, mas também, seus êxitos.

A recorrência a aspectos históricos e epistemológicos e o debate sobre idéias conflitantes da Ciência, bem como sobre *temas antitéticos*, podem constituir fontes de visões alternativas para o ensino, enquanto opções para gerar o confronto de idéias e contrastar as visões oficiais presentes nos sistemas de ensino. Mas não como o fizeram alguns países, conforme Perrenoud (2000:18), de “reformular os programas tradicionais colocando um verbo de ação na frente dos saberes disciplinares”. A pressa levou-os a elaborar “programas sem dedicar tempo à observação das práticas sociais, sem identificar situações com as quais as pessoas são e serão verdadeiramente confrontadas”. Delors (1998:98) afirma que o “confronto através do diálogo e da troca de argumentos é um dos instrumentos indispensáveis à educação do século XXI”.

Holton (1979: 216), ao tratar sobre inovações curriculares, reafirma a necessidade de se “colocar pelo menos um mínimo de história da ciência, epistemologia e discussão do impacto social da ciência e tecnologia no material educacional utilizado nas aulas de ciências”. Considerações similares são externadas por Tricário (1996: 88), ao defender “que nas ações e nas estratégias planejadas sejam discutidas as distintas concepções sobre a natureza do trabalho dos cientistas e a forma como evolui a construção deste tipo de conhecimento”.

Para o trabalho, que contempla as dimensões aqui sustentadas, é fundamental a atenção constante à *tensão essencial*, categoria kuhniana que trata do *conflito entre o antigo e o novo*. O *antigo* que luta para se manter, e o *novo*, para conquistar seu lugar. Em termos pedagógicos, podemos admitir que o processo de ensino-aprendizagem consiste numa luta incessante entre a formação do pensamento fechado (acrítico) e o crítico.

Opções para gerar o confronto de idéias também são respaldadas pelos novos PCN (:26), quando alertam que não é fácil aos estudantes apreenderem o conhecimento científico quando este contrasta com suas idéias intuitivas, a exemplo do movimento diário do Sol que observam, diferentemente do que propõe a Ciência. “Situar o aluno nesse confronto é necessário, mas não costuma ser simples romper com conhecimentos intuitivos”. Daí a importância do professor como alguém capaz de gerar, desenvolver e, até, superar conflitos.

Para o ensino fundamental, os PCN (:40) propõem iniciar o estudo dos corpos celestes não pela concepção heliocentrista, mas pelo conhecimento que os estudantes trazem em sua bagagem intelectual, desenvolvendo-o sistematicamente. O papel mediador do professor ocorre quando auxilia “o estudante a imaginar e explicar aquilo que observa, ao mesmo tempo em que torna acessíveis informações sobre outros modelos do Universo e

trabalha com eles, quando for o caso, os conflitos entre as diferentes representações”. Mais adiante (:92), sugerem como viável trabalhar, já no quarto ciclo, “o significado histórico da ruptura entre o modelo geocêntrico de Universo e o heliocêntrico do Sistema Solar para o pensamento ocidental”.

Considerações como as acima apontadas auxiliam a “corroborar” a idéia de envolver os licenciandos, os professores recém-formados e os em serviço, em atividades de formação que contemplem a Ciência enquanto processo-produto, com atenção especial aos embates. Ao acompanharem as evoluções e transformações que ocorrem nos *modelos* da Ciência que utilizam, bem como na forma de trabalhar os *modelos*, possam tornar o mais dinâmico e interativo possível sua prática pedagógica.

3. PROCESSO REFLEXIVO E INVESTIGAÇÃO-AÇÃO

No capítulo anterior, partimos do pressuposto de que inquietar os professores em relação às suas atividades costumeiras, a ponto de eles próprios reconhecerem a necessidade de se inserir em atividades de investigação para mudarem suas práticas, seria dar um passo importante para rever posicionamentos e conquistar mudanças.

Acrescentamos que o processo de aprender a ensinar não se restringe aos cursos universitários, e sim, começa antes mesmo de os alunos freqüentarem os cursos de formação de professores e se estende ao longo do exercício do magistério. Por melhor que seja a formação no âmbito universitário, ela prepara o acadêmico para iniciar o exercício da docência e não para a vida toda.

Para além do reconhecimento da problemática pelos professores, projetamos a superação desta com práticas reflexivas inseridas num processo de investigação-ação. O exercício pedagógico, acompanhado de interações dialógicas e de reflexões contínuas, para que os professores possam enriquecer a sua formação e melhorar a atuação.

3.1. Professores reflexivos em práticas de investigação-ação

Formar bons professores passa pela concepção de criar condições para, conforme Geraldi (1998: 256), fazer “análises, críticas, reestruturação e incorporação de novos conhecimentos que poderão respaldar o significado e a escolha de ações posteriores”; discutir estratégias de formação e as estruturas dos programas de ensino, particularmente, o modo como estas servem às diferentes tradições; valorizar as competências dos professores, para que possam melhorar o conhecimento nas escolas e atuar na cooperação com a Universidade, sem desprezar um ao outro.

As práticas de investigação-ação podem responder a esse desafio, de modo a auxiliar o professor a compreender que é preciso romper com a idéia de que o conhecimento é somente produzido no âmbito da universidade e a chamá-lo para desempenhar “um papel ativo na formulação tanto dos propósitos e objetivos como dos meios para os atingir, o que equivale ao reconhecimento de que o ensino precisa voltar às mãos dos professores” (Zeichner, 1993:16).

Uma vez que o professor se disponha a estabelecer um diálogo entre diferentes saberes, estará, também, criando aberturas aos enfrentamentos inerentes ao processo que viabiliza os trabalhos em grupo e encaminhando as condições para a necessária flexibilização que as situações de ensino requerem para a sua efetiva realização.

3.1.1. Investigação-ação: alternativa para a prática pedagógica

Na década de 60-70, ocorreu, na Inglaterra, a implementação de propostas, no âmbito escolar, para desencadear um movimento de reestruturação curricular. Os professores que participaram dessa - denominados de *professores inovadores* - foram encorajados a colaborar com os especialistas acadêmicos das instituições superiores. As pesquisas, direcionadas ao estudo do conhecimento prático dos professores sobre a situação de classe e os dilemas que apresentavam para levar a cabo as metas educativas, revelaram que isto não aconteceu sem resistências. As tentativas de colaboração e negociação que ocorreram entre especialistas e professores atuantes nas escolas secundárias constituíram uma alternativa epistemológica na orientação do desenvolvimento da teoria curricular. Assim, o local de trabalho dos professores configurou-se no contexto de aprendizagem tanto destes quanto dos especialistas. Esse movimento ficou conhecido, mais tarde, como *pesquisa-ação*.¹

Esta e outras tantas experiências realizadas no âmbito escolar, em parceria entre professores da escola básica e da universidade (também em outros países), foi difundindo a idéia da *pesquisa-ação* ou *investigação-ação* como promissora para empreender processos mais dinâmicos de ensino-aprendizagem. Avanços têm sido perseguidos com idéias como a *do conhecimento na ação*, a *reflexão na ação* e a *investigação-ação emancipatória*.

Para Marcelo (1997), o *conhecimento na ação* está associado à pessoa que se ocupa com o fazer das coisas de forma espontânea e dinâmica, o primado prático, sendo que ela não é capaz de verbalizar ou justificar a sua atividade. Já no caso da *reflexão na ação*, tratar-se-ia propriamente de a pessoa estar ciente, no momento da ação, das opções e possibilidades em questão, ou seja, ela é capaz de *pensar sobre o que se está fazendo enquanto está fazendo*. É o que ocorre quando professores e pesquisadores se encontram na prática da sala de aula (um contexto mutável e às vezes imprevisível). Os problemas são construídos e estabelecidos a partir de fenômenos que surgem em sala de aula. Nesse caso, haveria a criação do novo, a improvisação e o diálogo reflexivo na resolução de problemas.

Avanços em relação à investigação-ação (Elliott 1998) têm ocorrido com a emergência de novas metodologias qualitativas, de forma a tornar as pesquisas mais acessíveis aos professores da escolarização básica; a reduzir os limites que dividem as culturas de pesquisas acadêmicas e o local de trabalho desses professores. O autor (: 143) alerta para o fato de que as pesquisas dos acadêmicos no contexto escolar só fazem sentido se forem capazes de habilitar os professores a se tornarem parceiros ativos na geração e disseminação de conhecimentos que possibilitem tanto produzir currículos quanto mudanças pedagógicas. A aprendizagem em contextos nos quais há liberdade para experimentar, desenvolver a prática e o praticante, objetiva tornar os professores mais hábeis para transformar reflexiva e discursivamente sua própria prática.

A *investigação-ação emancipatória* é o tipo de pesquisa que se fomenta num contexto de prática reflexiva crítica (Carr e Kemmis, 1988; Freire, 1987). De acordo com Fiorentini (1998: 323-6), a pretensão desses autores é estudar e refletir a apropriação dos conhecimentos, com base na *articulação dialética* entre conhecimento teórico e saber prático num contexto da *prática educativa emancipatória*. Segundo Carr e Kemmis, “ (...) os atos educativos¹ são atos sociais e, portanto, reflexivos, historicamente localizados, e abstraídos de contextos intelectuais e sociais concretos”; para Freire (1987), a reflexão do professor deve ser crítica, por ser “uma exigência da relação teoria/prática sem a qual a teoria pode ir virando blábláblá e a prática ativismo”.

¹ Embora optarmos pelo termo *investigação-ação*, o termo *pesquisa-ação* é utilizado para situar aspectos em particular, especificamente quanto à evolução desse tipo de pesquisa. A preferência por *investigação-ação* vemos em De Bastos (1994 e 1999).

São diversas as interpretações ou concepções sobre investigação-ação:

Segundo Fiorentini (1998: 323-6), Carr e Kemmis distinguem três tipos de investigação-ação: a *técnica* (os professores testam resultados de pesquisas de agentes externos), a *prática* (relação cooperativa entre agentes externos e professores) e a *emancipatória* (o assumir coletivo da responsabilidade do desenvolvimento e transformação da prática, considerando-a social e historicamente construída).

Thiollent (1985)² concebe a investigação-ação como “um tipo de pesquisa social com base empírica”, centrado diretamente numa situação ou num “problema coletivo”, onde os pesquisadores e “participantes representativos” estão envolvidos de “modo cooperativo ou participativo”, assumindo juntos o controle da situação.

Geraldi (1998: 255) a entende como um “instrumento de desenvolvimento profissional do professor” e de importância “fundamental para a implantação de reformas educacionais ou de transformação da escola em que os professores e professoras têm uma presença autônoma”.

De Bastos e outros (1999: 01) a situam como parte dos acontecimentos escolares (sociais), uma vez que sinaliza a compreensão “com profundidade dos problemas e situações práticas cotidianas”. O envolvimento dos sujeitos na construção de alternativas ocorre desde o início e de forma dialógica, de modo que as informações sejam compartilhadas por todos. O diálogo se torna representativo por possibilitar “a discussão e escolha dos meios propícios para a ação conjunta” e “evitar posições constrangedoras entre os investigadores”. O *fazer educativo* compatível com essa concepção é tido como algo *dinâmico e integrador*, sustentado por “atividades de ensino, investigação e extensão”.

3.1.2. Limites e possibilidades das práticas de investigação-ação

3.1.2.1. Casos limites

A exemplo de outras inovações, a empolgação com a idéia de *prática reflexiva*, por muitos dos professores, inclusive atuantes em cursos de formação, desencadeou um movimento de efervescência a ponto de promover a popularização desta. Zeichner, ao

². Citado por Geraldi (1998).

analisar as tendências de pesquisas, faz uma referência negativa que aponta para a perspectiva modista decorrente da forma com que se aplicou o conceito no processo de formação de professores.

O trabalho sobre formação de professores reflexivos tem variado bastante porque os formadores de professores usaram a palavra de ordem “prática reflexiva” para promover seus próprios objetivos e, em alguns casos, acabaram por não fazer nada de fundamentalmente diferente do que faziam antes de implementarem as reformas. (Zeichner, 1998:83)

As pesquisas sobre o processo de investigação-ação têm revelado que, em muitos casos, não se conseguiu superar a dicotomia entre a formação teórica, do âmbito dos pesquisadores, e o pensar e agir, que emerge da prática docente. Não raro, a estruturação dos conhecimentos básicos para o ensino é pautada pela visão dos pesquisadores, sem a participação dos professores atuantes em determinado nível de ensino e área.

Susan Lytle³ sinaliza as conseqüências que o desrespeito ao conhecimento dos bons professores e a deturpação do seu papel relativamente à investigação no ensino vêm acarretando. Diz ser notável, na literatura científica sobre o ensino, “a ausência dos professores, com as questões e problemas que põem, as estruturas de trabalho que usam para interpretar e melhorar a qualidade do seu trabalho e o modo como definem e compreendem as suas vidas de trabalho”.

Ao servirem simplesmente como “cobaias”, sem participação ativa nas investigações, ou serem ignoradas suas concepções, procedimentos e atitudes, os professores tendem a reproduzir práticas vivenciadas anteriormente, baseadas em modelos de ensino que aprenderam em seus cursos de formação, fazendo predominar a *ética do prático*. Mudanças no conhecimento (teórico) dos professores em formação não conduzem, necessariamente, a mudanças em sua prática. Além de serem escassas as suas reflexões, “poucas se referem ao nível de elaboração” (Marcelo, 1997:59).

Esses casos-limites tornam visível que a *investigação-ação*, ainda que se apresente como perspectivadora de práticas pedagógicas centradas no contexto de trabalho dos professores para habilitá-los a investigar sua própria ação, não é uma concepção de pesquisa fácil de se implementar. Os indicativos anteriormente apontados sinalizam a fragilidade da proposta para contextos como o brasileiro, em que a carga de trabalho dos

³. Zeichner (1993:16).

professores da escolarização básica é essencialmente centrada no ensino, e as oportunidades de experimentar situações compartilhadas com os pesquisadores ainda são bastante incipientes.

3.1.2.2. Avanços e possibilidades

Ainda que as pesquisas confirmem e indiquem sérias dificuldades quanto às mudanças desejadas, elas também revelam, embora quantitativamente em bem menor número, experiências eficientes na formação de professores.

Zeichner (1998:81) afirma que vários dos seus trabalhos mais recentes são direcionados a cursos de formação de professores, que utilizam a “investigação-ação como estratégia institucional para ajudar os futuros docentes a se tornarem reflexivos a respeito de sua prática”, de forma a englobar aspectos técnicos e morais e com atenção aos contextos em que ocorre o ensino. Ele fala em ensinar para a diversidade, em criar novos elos entre escola e comunidade, que os pesquisadores não encerrem suas pesquisas com a apresentação ou publicação dos trabalhos, mas retornem às escolas e contribuam com elas.

O autor destaca três modos de ultrapassar as barreiras entre acadêmicos e professores: *comprometimento* com os professores; *colaboração genuína* com eles nas pesquisas, de forma a romper com os padrões de dominação acadêmica e, *suporte às investigações* que fazem. Valoriza a apresentação dos trabalhos dos docentes, por exemplo, em eventos científicos e em publicações, e aponta alguns critérios para selecioná-los (diferentes dos usuais da academia): *qualidade* (clareza nas idéias expressas, problematizações, uso de evidências para suportar as conclusões), *subjetividade* e *dialogicidade* (se eles expressam um ponto de vista próprio; se eles promovem a reflexão através do diálogo).

O pesquisador cita um exemplo em que os resultados das pesquisas foram utilizados como elementos mediadores na aproximação e na interação dos acadêmicos com os professores, o que resultou em ambientes mais democráticos. O respeito pelos professores e pelos seus conhecimentos foi o fator essencial dos projetos, que obtiveram resultados significativos. A paridade no diálogo (e não a igualdade) possibilitou que as diferenças fossem tratadas e cada um pôde dar sua contribuição. Nesta concepção, os professores são sujeitos do processo e não meros colaboradores.

A valorização dos saberes pedagógicos e epistemológicos relativos aos conteúdos escolares, aliada à dialogicidade, tende a se constituir num passo importante para compreender a complexidade da prática pedagógica. Freire (1987: 86) defende o diálogo para conhecer, não só a objetividade das pessoas, mas também a consciência que têm acerca desta objetividade e “os vários níveis de percepção de si mesmas e do mundo em que e com que estão”. Nesta concepção de prática dialógica, a autonomia intelectual do professor é respeitada, ao mesmo tempo em que ele é desafiado a fazer reflexões que lhe facilitam explorar as constantes novas idéias e instrumentos, para os quais precisa estar aberto e flexível (inclusive a outras formas de saber não pertinentes a sua área específica). Afinal, são essas que lhe permitem perceber e construir relações mais complexas da prática.

Mais especificamente, o saber do professor consiste em conseguir transformar o conhecimento teórico em “saber complexo e articulado ao contexto em que ele é trabalhado/produzido”. A compreensão profunda deste possibilita não apenas negá-lo enquanto verdadeiro, neutro e aplicável diretamente à prática, mas também realizar o processo de abstração. Nesta ótica, há de se ressaltar o *caráter evolutivo* do saber docente como algo sempre provisório e produzido segundo uma “ordem pessoal” e “a experiência de cada um”. (Fiorentini, 1998: 319-21)

Este tipo de ação tende a se firmar com a investigação-ação num contexto de prática reflexiva crítica (Car e Kemmis, 1988; Freire, 1987). Esta concepção de pesquisa nos parece a mais adequada para desencadear o processo de ensino-aprendizagem em torno de *temáticas*, atreladas a um processo de formação continuada de professores, contextualmente situadas, para formar coletivos de professores capazes de assumir novos posicionamentos, princípios e valores em relação aos seus pares e aos educandos.

Um processo desenvolvido a partir dessa idéia deve estar voltado à exploração de aspectos diretamente relacionados ao contexto dos envolvidos, de forma a contribuir para a sua emancipação. O ensino não estaria, somente, direcionado para dar conta da superação da problemática específica, mas, também, para as contradições que gravitam em torno dela, de modo a propiciar a formação reflexiva crítica aos educandos (para que aprendam a pensar e a se posicionar criticamente).

3.2. Outras habilidades: a dimensão artística

Com a intenção de formar professores com capacidade e iniciativa para aprender e inovar, recorremos a Schön (1992), particularmente a sua referência às competências relativas à *arte*. Ele aponta para o fato de os professores perguntarem-se, mais abertamente, sobre que tipos de competências adquirir, por meio de que métodos e em que âmbito da prática, ainda que muitos duvidem que aquelas necessidades mais estimulantes no processo de aprendizagem, como a arte, possam ser aprendidas nos cursos superiores de formação profissional. Cita, como exemplo, a *residência* na formação dos médicos. Estes, quando internos e sob tutela dos veteranos, interagem com pacientes reais, aprendendo mais do que a “simples aplicação da ciência médica” que tiveram nas aulas teóricas. Nesses casos, os diagnósticos correspondem, tanto ao envolvimento da teoria científica, quanto à arte que adquirem ao lidar com as situações diferenciadas junto aos pacientes, o que é de amplo reconhecimento da classe médica. É de se notar que a qualidade na formação não se dá em função da aprovação de uma minoria (ou pela reprovação massiva), tal qual ocorre e é justificada em muitos cursos, a exemplo de bacharelados em Física.

Schön (1992) também se refere à arte que devem adquirir os advogados, frente às diversas situações de interpretação de leis e às possibilidades de aplicação das mesmas. O bom advogado não é apenas aquele que sabe as leis de cor e salteado, mas sabe, diante das diferenciações dos casos a que se atém, ter a habilidade (a arte) de interpretar cada situação e preparar sua defesa, mesclando arte e teoria (leis).

O pesquisador (1992:41-44) afirma que “a arte profissional se entende em termos de reflexão na ação e desempenha um papel central na descrição da competência profissional”; que o “prático experimenta surpresas que lhe levam a replanejar seu conhecimento na ação em aspectos que vão mais além das regras, dos fatos, das teorias e das operações disponíveis”⁴; que o conhecimento na ação e a reflexão em ação fazem parte dos experimentos do pensar e do fazer de todos os compartimentos profissionais. O aprender a arte de uma prática profissional corresponde a “aprender novas formas de utilizar tipos de competências que já possuímos” e o que muda, de uma para outra, é o contexto e também as razões de conhecer e refletir na ação, na prática profissional.

⁴. A esse respeito, Heisenberg (2000:8) explicita que na “viva reprodução da atmosfera” em que ocorrem as conversas/discussões dos cientistas, “se torna claro o processo criativo da ciência”.

Diante disso, e ao responder às situações que necessitam ser resolvidas, sem que se tenha, para estas, um conhecimento pré-determinado e pronto para aplicar, o profissional mantém uma conversação reflexiva com os materiais das diversas situações de sua prática, refaz uma parte de seu mundo prático e, com isso, revela o processo habitualmente implícito de construção do mundo subjacente a toda sua prática.

Sendo esta questão artística tão importante na formação dos profissionais em geral, de certa forma mesclada àquela que dá legitimidade aos conhecimentos que compõem o currículo específico da formação profissional, na formação dos professores, esta prática não seria também necessária? Se o médico precisa passar por um período de orientação direta quando inicia a prática (com seus pacientes), será que os professores não necessitam, também, de orientações mais diretas, durante um período mais específico quando iniciam a atividade docente? Não acreditamos que, mediante apenas estágios “supervisionados” - basicamente no que tange à observação de seus planos de curso, normalmente pouco diferenciados uns dos outros -, seja possível reorientar o atual quadro de ensino, principalmente da escola básica. Entendemos que a arte esteja relacionada às competências a serem desenvolvidas e mobilizadas pelo professor, para perceber o essencial a ser trabalhado em cada situação. Neste caso, considerar as diferenças na classe, reinventar seus planos e suas aulas parece ser condição salutar no ensino.

A reflexão não corresponde apenas ao reconhecimento da riqueza que está na prática dos bons professores, mas também na ação entre esses e os educandos e desses em particular. Schön se refere às práticas reflexivas como sendo aquelas que capacitam os alunos a se tornarem eficazes num tipo de reflexão na ação, a raciocinar acerca do caminho a seguir em situações problemáticas e saberem a hora de clarificar as conexões entre o conhecimento geral e os casos particulares. Também concebe uma prática reflexiva no sentido de um diálogo reflexivo e recíproco entre o tutor (professor orientador) e o aluno.

Nesta perspectiva, o professor ideal não seria aquele que ensina aos outros o que necessitam saber, mas aquele que os ensina a guiarem-se por si próprios, no sentido de perceberem as relações entre os meios utilizados e os resultados obtidos nos conhecimentos (científicos) abordados na escola. Assim, estar-se-ia orientando-os a verem “algo” à sua maneira, mesmo que o professor o passe à turma de forma “correta”.

Ao professor cabe a tarefa de descobrir o que leva os alunos a tornarem-se criativos em certas atividades, visto que eles realmente aprendem com as práticas relacionadas àquilo que lhes interessa. Se for inovador, criativo, certamente os envolverá nas atividades que

desenvolver. De acordo com Delors (1998:16), cabe-lhe a missão de fazer com que todos façam frutificar seus talentos e potencialidades criativas, o que requer de cada um “assumir a responsabilidade pela realização de seu projeto pessoal”.

Assumir essa tarefa implica novas atribuições ao processo de ensino-aprendizagem, particularmente à questão da criatividade dos educandos. Implica, também, rever a concepção de ciência, ainda centrada nos produtos. Novamente Galileu pode ser considerado como referência ao, numa passagem sobre Miguelângelo, explicitar sua visão de Ciência bem diferenciada da usualmente ensinada. Thuillier (1989:21) a cita: “Eu, como cientista, interpreto a natureza, de certo modo, como um pintor” e a complementa.

Como pintor, o cientista é alguém que olha e escolhe certos traços da natureza, para organizá-los de modo coerente. Os ‘internalistas’ tendem a ignorar este gênero de produto cultural. Mas friso que não é possível, mesmo nos *Discorsi*, extrair o que é ciência ‘pura’ e deixar o resto.

A dimensão poética na Ciência, relacionando Ciência e Poesia, também vem tendo um certo reconhecimento, o que pode influenciar diretamente o ensino dessa área. Para o poeta e cientista Ricardo Kubrusly⁵, a “ciência pode inspirar a poesia e a poesia pode inspirar o cientista”. São elas que possibilitam ao homem criar “o caminho, inventar o infinito e a aventura de sua busca”. É esse sentimento de infinito, “de que quanto mais eu ando mais falta para andar” que une arte e ciências. Diferentemente da Ciência, “há coisas que só os poetas alcançaram”, por não estarem vinculadas a pré-requisitos, condição que lhes confere utilidade que já se faz sentir no “criticar com humor as descobertas científicas, evitando o ridículo do exagero lógico na compreensão do universo”.

A relação Ciência e Arte também é expressa por vários outros cientistas e/ou pesquisadores, a exemplo de Bazin (1995), Dentin (1996), Feynman (1999), Jaffe (1967). Este último (:130) se refere ao cientista Michelson, quando diz que não seria demasiado dizer que ele “conseguiu combinar a arte com a ciência de um modo tão objetivo, que mesmo um leigo poderia compreender.” Michelson, ao fazer observações sobre os perigos da especialização, de um lado critica a uniformidade: “Nós nos cansamos da uniformidade, mesmo das coisas agradáveis, e o elemento da variedade é tão importante na arte, como uma dissonância ocasional na música – sendo seu propósito aumentar o efeito da harmonia que se segue [...]”, e, de outro, busca traçar aproximações, ao antever “a crescente

⁵. *Jornal da Ciência/SBPC*, 8 jun. 2001, p.16.

importância do nascente campo da cristalografia”: o geólogo, o químico, o físico e o matemático (e a zoologia, a botânica, a arte, a música e a poesia), podem encontrar-se no campo comum da cristalografia.

Mesmo diante da riquíssima produção sobre a relação entre Ciência e Arte, infelizmente ainda são pouco ressaltados os aspectos criativos, de senso artístico e imaginativo, que fizeram parte da produção do conhecimento científico, a exemplo da imaginação estética empregada na representação dos modelos teóricos da Ciência. Até Prigogine (1996: 198), ao referir-se à construção de um *caminho estreito* entre o acaso e o determinismo, que ilustra o papel da criatividade nas ciências, diz ser estranho que a “criatividade científica” seja subestimada tão freqüentemente. Também afirma que as exigências a satisfazer e os critérios rigorosos que condicionam a aceitação da solução de um problema não “eliminam a criatividade, são desafio para ela”. Como exemplo, cita a *formulação do paradoxo do tempo* como sendo “em si mesma um exemplo extraordinário de criatividade e de imaginação humanas”.

Diante dessa visão de Ciência e da grande quantidade de produtos tecnológicos que, de uma forma ou outra, fazem parte do cotidiano dos estudantes, buscamos propor atividades alternativas que possam auxiliá-los a desenvolver sua criatividade. É claro que, em relação a esses aspectos, ainda nos situamos mais freqüentemente no campo do ideal, do desejável (do professor e do ensino ideal), seja para descaracterizar os excessos de tradicionalismo que muitos professores cultuam no ensino de Ciências e, particularmente no de Física, seja por força da realidade contextual.

Exagerando ainda mais a questão, podemos defender o desenvolvimento profissional pleno, capaz de promover uma formação humana, tanto do educador, quanto do educando, que não se ajuste ao poder hegemônico. Que possa contribuir para, conforme Gonçalves (1998: 131), que nenhum currículo de formação de professores seja dado de modo isolado da realidade social, cultural e política. Trata-se de trabalhar por “uma sociedade ‘contra-hegemônica’ mesmo que isto se caracterize como utopia”.

O conflito entre a concepção de professor ideal e real pode ser enriquecido com afirmações de educadores, como Menezes (1988), para quem

é possível pensar o professor como agente de transformação da sociedade, na qual não está como gostaria de estar. Atuar como parte do esforço social. Ter visão de conjunto do país, de suas potencialidades e de seus problemas. Ter uma competência técnica e científica na área de sua especialidade e a capacidade de formular pensamentos gerais e abstratos a partir dos problemas concretos. Cabe também ressaltar que o professor hoje está diante de um desafio para o qual não está preparado.

Mesmo sendo uma afirmação feita há mais de uma década, a situação atual dos professores, de modo geral, não difere muito daquela época. Se, por um lado, os problemas persistem; por outro, as tentativas de superação são, ao menos, em maior número e contam com algumas estratégias novas (ou renovadas). Hoje, atenta-se para a organização de professores e estudantes em torno de projetos de pesquisa, entre eles, *político-pedagógicos*, para construir uma *cultura de formação de professores* diferenciada, e acenar em direção a um novo porvir. Barth (1993)⁶, ao incluir aspectos pessoais, contextuais e culturais em sua análise, diz que o saber é *cultural* (por se constituir pela interação com os outros) e *contextualizado* (por ser no contexto que se aprende os significados do que é produzido, por envolver dimensões como a ética): “O nosso saber é o sentido que damos à realidade observada e sentida num dado momento”.

Ao se inserir numa prática de formação continuada, ampliam-se as condições de os professores acompanharem as evoluções que ocorrem na sociedade. Situação que pode propiciar-lhes os subsídios necessários para interpretar os seus saberes, para as reinvenções, para a escolha/obtenção dos instrumentos para tal.

Enfim, a *reflexão na ação* corresponde, mediante a ação de pensar, a conseguir reorganizar o que se está fazendo, enquanto o faz, o que equivale a, durante o processo, ter a possibilidade de reestruturar estratégias de ação, reavaliar a compreensão dos fenômenos ou as maneiras de formular os problemas. Conforme Perrenoud (2001: 15), os professores necessitam “agir na urgência e decidir na incerteza”. Quando voltam o pensar à experiência tida numa ação, pode ser que consigam consolidar a compreensão do problema ou imaginar uma solução melhor ou mais geral. Refletindo sobre uma situação vivenciada, começam um “diálogo de pensamento e ação” que lhes proporciona serem profissionais mais hábeis. São estes distintos níveis de reflexão que desempenham um papel importante na apreensão da arte, da criatividade, em diversas profissões.

3.3. Da arte do design à ciberarte

Estamos assistindo a uma transformação radical nas culturas humanas. Mesmo que alguns aspectos da propalada ficção científica não se tenham tornado realidade, outros sequer previstos extrapolaram a imaginação se fazendo reais nos tempos atuais. A difusão

⁶. Fiorentini (1998: 322).

de um novo espaço de comunicação mundialmente organizado via rede de computadores, aliado a um conjunto de técnicas materiais e culturais, de práticas, de valores (entendido como *cibercultura*) expõe novas relações entre os indivíduos e o saber, radicalmente diferenciadas das usualmente difundidas no meio sociocultural e das desenvolvidas no espaço escolar formal.

3.3.1. Criatividade e design dos produtos tecnológicos

O espírito criativo e a arte, fatores determinantes na sociedade contemporânea, não se resumem à nossa era. A questão da arte e das habilidades dos sujeitos já vem expressa na palavra grega *téchne*. Para Aristóteles, *techne* significava um estado de capacidade para fazer algo, envolvendo um verdadeiro exercício de raciocínio.

A imaginação criativa de várias gerações de *artífices*, cada qual procurando aperfeiçoar mais e mais as técnicas já existentes e herdadas de seus antepassados, foi fator importante para as realizações em todos os tempos. Esta característica ganhou novo alento com a imbricação da *técnica* e da *ciência* a partir do século XVII. Não só cunhou a palavra *tecnologia*, como também interferiu diretamente na mudança de toda uma concepção de sociedade.

A utilização dos *princípios de óptica*⁷, juntamente com os *métodos de tentativa e erro*, dos negociantes e fabricantes de aparelhos ópticos, resultou em instrumentos cada vez mais eficazes. A *máquina a vapor*, engenhosidade de inventores práticos e semi-analfabetos, com a utilização do condensador de resfriamento (contribuição de James Watt com base no conhecimento científico), conseguiu aumentar sua performance. A partir daí começa uma fase em que as aproximações crescentes entre *ciência* e *técnica* e as sistematizações passam a configurar novas perspectivas. A partir do século XIX, as teorias e descobertas da Ciência começaram a ter novos fins, principalmente com a instalação dos primeiros laboratórios industriais (meados do século XIX) e, com eles, o emprego de cientistas objetivando criar novas tecnologias. A eletricidade e as redes telefônicas no final do século XIX começaram a imprimir uma nova panorâmica no cenário mundial. No início do século XX, a eletrificação em cidades como Nova Iorque e São Paulo já era realidade.

⁷. Baseados nas teorias óticas de Kepler (1571-1630).

A concepção concreta e visual das artes, associada ao raciocínio prático do senso comum, influenciou significativamente novos planos de ação, de forma a representar novas estruturas que levavam à criação dos produtos tecnológicos. Ao mesclar-se praticidade na produção, com aspectos que “agradam a vista”, chegou-se à valorização da forma apresentada pelos produtos, às vezes mais do que dos próprios conteúdos. O trabalho intencional e racional do tecnólogo, visualizando formas, traçando planos, usando ferramentas, materiais e técnicas para a melhoria da produção, além de reduzir tempo e custos na produção, visava impressionar os indivíduos de forma a seduzi-los com apelos aos novos produtos, nem sempre tão bons quanto a propaganda apresentava-nos e a agregar novas necessidades e novos compradores e mercados.

A crescente aproximação entre *ciência* e *tecnologia*, utilizando-se da linguagem, de sistemas lógico-matemáticos, de teorias que materializam a aquisição e o progresso do conhecimento da *ciência básica* e *aplicada*, trouxe características quali e quantitativas, de modo que desenvolvesse um processo de produção cada vez mais sistematizado e conscientemente trabalhado sob a égide do capital em expansão. Novos produtos são previstos e modulados bem antes de sua fabricação, gerando-se artefatos de forma mais eficaz, efetiva e econômica. A produção e a utilização em larga escala da robótica, dos computadores, entre outros tantos aparatos eletro-eletrônicos, imprimiu mudanças profundas na sociedade, com implicações nos diferentes segmentos de organização. Por exemplo, Haug (1997), a respeito da necessidade da propaganda e seus aspectos manipuladores, do imperativo do *design* e sua permanente demanda de “belas formas”, revela o domínio absoluto e refinado das mercadorias sobre os homens, o aprimoramento técnico-industrial da comunicação e informação, promovendo, na cultura, o máximo da exuberância da forma (o ilusório das aparências), não raro às custas da pauperização do seu conteúdo.

O espírito criativo e a ousadia (que levaram a Ciência&Tecnologia ao patamar dos grandes empreendimentos humanos) e a arte/design (que tanto impressionam os indivíduos a ponto de se deixarem influenciar em demasia pelo estético, em detrimento de outros fatores), contrariamente ao discurso propalado, não se concretizaram em avanços para o desenvolvimento dos seres humanos, como um todo.

A questão que se coloca é sobre essa crescente influência da tecnologia sofisticada sobre a sociedade. Terá sido mera coincidência que a expansão do sistema escolar formal (não só em número de estudantes, inclusive em porcentagens) se deu em paralelo à mesma?

Por que, mesmo com a expansão da escolarização, a dominação sobre as maiorias tem aumentado? O que nos parece mais razoável é que enquanto, no âmbito da tecnologia, o espírito criativo e a ousadia eram incentivados, no sistema escolar formal não mereceram a devida atenção; Enquanto, de um lado, a arte do design representa inspiração e desafio para a criatividade, para novas produções, de outro, representa simplesmente encanto, admiração e acomodação.

Todavia, no aspecto legal, a escolarização deve levar à compreensão dos saberes que servem de fundamento à vida cotidiana, ao desenvolvimento da cidadania, para que seu exercício seja possível. Numa sociedade impregnada de artefatos tecnológicos, a maioria das pessoas desconhece os princípios científicos mais elementares e não consegue pensar o seu mundo com o aporte da *ciência* e da *racionalidade científica humana* historicamente construídas.

Ainda que as experiências realizadas na formação de professores (Capítulo 5) tenham sido desenvolvidas sob a ótica de *temáticas* e de *situações de estudo*, há outras experiências que também merecem nosso respeito e consideração. Diante da dificuldade dos trabalhos interdisciplinares ou por opções pessoais, outras propostas (GREF, 1991; Mion, 1999), que buscam associar o saber à questão da tecnologia, tão impregnada no meio social e com interferência direta na vida das pessoas, podem resultar significativas.

Também podemos citar exemplos bem atuais que englobam conhecimentos de várias áreas: a fotografia microscópica, com base em câmeras adaptadas a espectroscópios, envolve variados aspectos diretamente explorados pela Ciência, como as radiações na faixa do visível, as infravermelhas (em fotografias no escuro), as ultravioletas (em fotografias que possibilitam restaurações, como de obras de arte), as reações na Química e as investigações em Biologia; a estreita relação da temperatura e do calor na confecção mais precisa de peças artesanais; e as micrografias artísticas, imagens que fazem elos entre Ciência e Arte, a exemplo da *micrografia de um tendão humano* e da *micrografia de um cristal de açúcar*, feitas por Benedicto Vidal, odontólogo e professor de Biologia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)⁸.

Mesmo assim, um ensino envolvendo aspectos tecnológicos tem estado pouco presente na educação formal, quando, na verdade, deveria ser objetivo de todos os sistemas educativos, particularmente em se tratando de uma orientação para a temática do meio

⁸. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, 08 dez. 2000.

ambiente. As justificativas podem ser respaldadas em alguns pressupostos, como: na exploração sistemática e crítica de Ciência&Tecnologia que pode contribuir para conscientizar os sujeitos sobre a importância de suas intervenções quanto à produção/utilização dos aparatos tecnológicos; na projeção hipertransversal da tecnologia na configuração do novo sistema educacional, particularmente os PCN, que são forjados nessa matriz, a exemplo das Ciências Sociais e suas Tecnologias, as Ciências Humanas e suas Tecnologias. A tecnologia passou a ser o principal referente não somente nas Ciências Naturais, mas em todas as áreas. Sem sombra de dúvida, a escola, considerada ambiente de construção de conhecimentos, deve assumir o compromisso de alfabetizar os alunos também acerca dos conhecimentos de Ciência&Tecnologia.

3.3.2. A Internet e a era dos "ciber"

A rapidez das transformações que ocorrem no mundo atual (seja nos aparatos tecnológicos, seja nas relações socioculturais) faz com que muito do que aprendemos numa certa fase da vida, como na juventude, torne-se obsoleto quando noutra fase (como a do exercício profissional). Muito do que aprendemos na escolarização numa época acaba perdendo seu valor num breve período. Aspecto este que nos impõe o desafio da mudança radical no processo de ensino-aprendizagem formal: viabilizar um “saber dinâmico”, compatível com o presente, em contrapartida ao “saber estático” ainda em curso, cuja maior importância talvez se resuma ao passado histórico.

Ubiratan D’Ambrósio, ao considerar o desenvolvimento mundial como uma onda, afirma que “a nova crista que está surgindo é a Internet. Esse é o desafio atual que nos leva a um novo tipo de sociedade”.⁹ Resta saber se é para melhor ou para pior. Neste atual mundo digital, a comunicação se torna cada vez mais imperativa. Uma arte que deve ser trabalhada, estudada e aprimorada o tempo todo.

Para Lamikiz (2001), os especialistas em marketing (na “arte de vender”) definem a *cibercultura* como “o novo estilo de vida que está sendo criado ao redor da informática e da Internet”. Todavia, eles não estão interessados em novas formas de organização dos

⁹. Projeto Desafios (2001).

cidadãos, “nas possibilidades que as novas tecnologias oferecem para criar um tecido social mais rico, descobrir novas formas de arte ou favorecer a criação de meios de comunicação independentes”. O objetivo principal reside em “captar e fidelizar uma nova geração de consumidores”. Este autor afirma que os bancos, as empresas de informática, os designers das grandes redes de TV se apropriaram da estética da cultura digital e acabam ditando o que é ou não a cibercultura. Por exemplo, “seus departamentos de marketing perceberam que o prefixo ‘ciber’ tem o poder mágico de converter qualquer mercadoria obsoleta em um produto ‘da moda’”. Preocupação similar é expressa por Dentin (1996:133), ao afirmar que o virtual tem se “tornado a palavra de ordem de uma nova estética, acompanhada de uma certa ideologia da *comunicação*”.

Contrariamente, Lamikiz salienta não esquecer que “a cibercultura tem uma ideologia, ou, numa linguagem mais jovem, uma ‘atitude’”, impregnada com a finalidade de utilizar a tecnologia para a criação de material audiovisual próprio: fazer uso da inteligência para enriquecer a vida e as relações humanas, ao invés de priorizar a lucratividade. Dentin (1996:133), ao salientar a *contracorrente da imagem*, afirma que somente ao eliminar a “ordem da reprodução, do simulacro e da cópia” é possível encontrar o lugar adequado do *virtual*: “diminuir a luminosidade até reencontrar um limiar de revelação. Para aprender a ver”. A questão é quem vai dar conta disso, para enfrentar o lado perverso, da era das comunicações, voltado unicamente ao *consumidor*. O professor de artes certamente terá um papel importante nisso.

Na questão das novas tecnologias de imagens, temos a configuração entre o digital e o virtual. Imagens sintéticas ou infográficas, geradas eletronicamente pela computação gráfica, tornam-se totalmente manipuláveis e permitem simulações que podem auxiliar na compreensão de diversos fenômenos, entre eles os físicos. São muitas as possibilidades de interatividade que podem tanto auxiliar na formação quanto para alimentar ilusões. Por um lado, os experimentos estéticos, no âmbito das tecnologias de ponta, permitem a geração de simuladores (como os de vôos), de vídeos e de textos, e, por outro lado, tem-se presenciado a fixação de jovens e crianças em torno de jogos e de outros artifícios que têm implicações diretas no seu comportamento, na sua formação, comprometendo-a, inclusive.

Recentemente, passamos a conviver com as novas possibilidades fornecidas pelas mídias eletrônicas, o processamento de imagens e o tratamento mais aberto, menos sisudo, do conhecimento científico. Novos chips, redes neurais, redes de computadores e satélites

que cobrem o planeta, se bem explorados, podem ser úteis para o processo de ensino-aprendizagem, como instrumental do professor para o exercício de sua docência. Contudo, a oportunidade oferecida poderá ser apenas mais um veículo poderoso de reforço às velhas concepções que desejamos superar. Cabe utilizar as mídias para as mudanças de rumo, tanto dos conteúdos *de e sobre* ciências: *clássicos, modernos e contemporâneos*, como de *metodologias plurais, tradicionais ou novas*, com *atividades presenciais e à distância*. É sempre oportuno o acesso a endereços e simulações na WEB para poder enriquecer o processo de ensino-aprendizagem. Entre eles, endereços como www.if.ufrgs.br/kepler; www.fsc.ufsc.br; www.fisicanet; www.unijui.tche.br/dbq/gipec.

4. PCN, INTERDISCIPLINARIDADE E O ENSINO DE CIÊNCIAS

“A terra não pertence ao homem; é o homem que pertence à terra. Disto temos certeza. Todas as coisas estão interligadas, como o sangue que une uma família. Tudo está relacionado entre si. O que fere a terra fere também os filhos da terra. Não foi o homem que teceu a trama da vida: ele é meramente um fio da mesma. Tudo o que ele fizer à trama, a si próprio fará”.¹

4.1. Considerações Iniciais

As tentativas de organizar o processo de ensino-aprendizagem de forma a forjar uma outra ótica de pensamento e ação esbarram na realidade que está aí, impondo limitações inclusive aos professores com atitudes inovadoras. Não por culpa deles, mas o pouco envolvimento de forma direta e sistemática dos professores da escola básica nas discussões e nas produções do conhecimento escolar tem contribuído para que, relativamente, poucos cheguem a conhecer os problemas em sua raiz e extrapolar o imediatismo das usuais práticas. Daí nossa intenção de desenvolver trabalhos em parceria nos quais seja possível exercitar reflexões em grupo, uma vez que as possibilidades de práticas equivocadas são mais reduzidas, embora cabíveis de ocorrer.

O medo de perder a sua autonomia pode aumentar substancialmente a resistência do professor para atuar em grupos de trabalho. Ao evidenciar esse aspecto em nossa experiência, buscamos explorá-lo sistematicamente de modo que os professores entendessem que trabalhar em grupo não significa abrir mão de sua autonomia. Compartilhamos a idéia de que o professor necessita de autonomia para guiar os trabalhos em sala de aula e defender suas posições - para que, assim, não precise impô-las.

¹. Trecho da carta do Cacique Seattle ao Presidente dos EUA em 1855. In Guimarães (2001).

De nossa parte, temos perseguido avanços com trabalhos de cunho interdisciplinar, orientados para construções dialógicas do saber, pela sua potencialidade de originar a estruturação e o desenvolvimento de atividades (ou unidades) de ensino que façam convergir idéias e análises de ângulos distintos, que não se resumam aos conhecimentos de uma área específica do saber, mas que favoreçam a intercomplementaridade desses.

Apostamos na formação dos professores a partir de questões de caráter histórico-epistemológico, associadas a outros aspectos, para configurar um processo que esteja pautado na dialogicidade (Freire, 1987), em estudos e debates sobre a interdisciplinaridade (com atenção, também, às orientações dos PCN - CN), e nos *conceitos unificadores* (Angotti, 1991).

4.2. Nova LDB e Orientações dos PCN - Ensino Fundamental

Para regulamentar e orientar a definição legal da LDB foram propostas as Diretrizes da Educação, traduzindo a intenção legal quanto aos princípios norteadores gerais e a organização curricular, e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), para orientar o processo de formação educacional da escola básica. Num tempo de inquietações como o que estamos vivenciando, e pela sua “sensatez”, os PCN tornam-se, inclusive, referenciais para espelhar e legitimar novas possibilidades.

Os PCN do Ensino Fundamental (3º e 4º Ciclos) visam ampliar e aprofundar o debate educacional envolvendo os diversos segmentos da comunidade escolar para desencadear a transformação do sistema educacional. Sugerem a revisão dos currículos, por não darem conta da demanda “imposta pela competição e pela excelência” com base nos avanços científicos e tecnológicos que exigem dos jovens novas competências. Com a idéia de estabelecer um referencial nacional comum, mas respeitando as diversidades regionais, propõem criar condições nas escolas que permitam aos jovens ter acesso aos conhecimentos que lhes são necessários ao exercício da cidadania.

Para Lopes², os PCN “procuram legitimar o que há de mais sensato na educação”. Eles refletem basicamente o que, ao menos, várias das áreas do conhecimento já vinham debatendo. Estes documentos caracterizam-se por conter “velhas novidades” (e não grandes novidades) ou, mais especificamente, uma reorientação sensata do que vem sendo discutido há pelo menos 30 anos.

Quanto aos objetivos, os PCN enfatizam a questão do diálogo na mediação de conflitos e na tomada de decisões coletivas, fator essencial para posicionamentos de maneira crítica; atribuem aos estudantes a capacidade de perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente; incentivam desenvolver o sentimento da auto-estima e da confiança em suas várias capacidades (física, cognitiva, ética, de inter-relação pessoal e de inserção social) como condição para a busca de novos conhecimentos e o exercício da cidadania. Fazem (:21) a crítica à Ciência puramente objetiva e enfatizam a importância de se perceber a associação entre desenvolvimento científico e tecnológico e interesses políticos e econômicos. A “Ciência deve ser aprendida em suas relações com a Tecnologia e com as demais questões sociais e ambientais”, refletindo-se sobre os aspectos éticos e culturais.

Os PCN (:22), ao mesmo tempo que reconhecem a pouca abrangência de forma efetiva das novas teorias de ensino na educação fundamental, pretendem contribuir para uma nova compreensão “do sentido mesmo da educação e do processo no qual se aprende”, e mudar o estado atual onde “persistem velhas práticas”. Há de se “mostrar a Ciência como elaboração humana para uma compreensão do mundo”. Também visam favorecer o desenvolvimento de posicionamentos reflexivos e investigativos, bem como, a autonomia de pensamento e ação dos envolvidos no processo educativo, o que representa não aceitar algo *a priori* somente com base em informações. Requer capacidade de “participar e julgar decisões políticas relativas aos produtos científicos e tecnológicos ou de divulgação científica na mídia”.

Embora o Ministro da Educação, na apresentação dos PCN, afirme a necessidade da “formação de cidadãos”, os PCN indicam ampliar a cidadania que já se possui para exercê-la em sua plenitude, o que entendemos abranger, inclusive, a sua participação no espaço escolar formal. Diferentemente da concepção de estudar para o futuro, defendemos o

². José Antonio Lopes, professor do Centro de Educação Matemática – CEM – da PUC/SP, in palestra proferida na UNIJUI em abr. 2000.

estudar para entender o presente e poder agir eficaz e conscientemente sobre ele, o que é compatível com o que traduzem os PCN do Ensino Médio, particularmente no que tange aos “conhecimentos de Física”, em que é atribuído ao estudante perceber o significado da Física no momento em que ele a estuda (e não posteriormente). É daí que poderá se desencadear um futuro mais promissor.

Ao conceberem a Ciência enquanto processo historicamente desenvolvido, associando a produção científica a rupturas, a debates e controvérsias, o que extrapola o âmbito interno das ciências, favorecem um olhar retrospectivo sobre o passado para entender o processo que propiciou essa rica produção. Sugerem situar o estudante no confronto de idéias suas e científicas para romper com os conhecimentos intuitivos, embora reconheçam ser tarefa nada fácil.

Afirmam que diferentes propostas têm sugerido trabalhos com temas que contextualizam os conteúdos e permitem uma abrangência de disciplina de modo inter relacionado, buscando a interdisciplinaridade possível na área de Ciências Naturais (CN). Com base nestas, apontam para *temas* flexíveis de trabalho, de modo a desenvolver o ensino de CN dentro de contextos social e culturalmente relevantes. Enfatizar relações no âmbito da *vida*, do *universo*, do *ambiente* e dos instrumentos tecnológicos. Ao se tornarem significados aos estudantes, favorecem o indispensável “clima de interações” para o “sucesso das atividades”.

Os PCN (:29) consideram o professor como problematizador e o aluno como sujeito de sua aprendizagem. Ao evidenciar as suas concepções e seu desenvolvimento cognitivo pode-se ampliar seu papel de (re)significar o mundo, mediado pelo professor. Para tal, valorizam o trabalho em equipe, em torno de *temas* selecionáveis conjuntamente entre as áreas ou em uma especialidade em particular, de modo a ampliar o entendimento deste tanto em complexidade quanto em profundidade. O fato de os estudantes conhecerem fenômenos e organizarem relações em suas explicações e debates em torno dos problemas mais imediatos é um indício da possibilidade de “construir noções científicas com uma menor complexidade e abrangência, ampliando suas primeiras explicações”; à medida que avançam (já nos ciclos finais do ensino fundamental), “poderão trabalhar e sistematizar idéias científicas mais estruturadas”.

Em relação ao pressuposto geral dos PCN (:29), os conteúdos não se resumem aos conceitos explicativos das Ciências Naturais, mas abrangem os procedimentos, as atitudes e

os valores humanos. O ensino de procedimentos, por exemplo, “só é possível pelo trabalho com diferentes temas de Ciências Naturais, que serão investigados de formas distintas, com atenção para aqueles que permitem ampliar a compreensão da realidade local”. Os procedimentos poderão ser praticados pelos alunos, inicialmente “a partir de modelos oferecidos pelo professor e, aos poucos, tornando-se autônomos”. Quanto ao ensino de atitudes e valores, os PCN (:30) apontam que, no espaço escolar, estão sempre em foco, seja sinalizando-os, coibindo-os ou legitimando-os. “Esta dimensão dos conteúdos demanda a reflexão sobre situações concretas, para que os valores e posturas sejam promovidos tendo em vista o cidadão que se tem a intenção de formar”.

É ampla a abrangência que o desenvolvimento de atitudes e valores pode/deve assumir no ensino de Ciências Naturais, seja com relação aos aspectos da vida, à diversidade de opiniões ou à interação de grupos, o que requer atribuir-lhe tratamento adequado uma vez que são imprescindíveis para se posicionar de forma crítica e construtivamente diante de diferentes questões. Por exemplo, em relação à *integridade ambiental*, não basta dizer “que não se deve jogar lixo [...] ou desperdiçar materiais [...]”. Para que essas atitudes e valores se justifiquem [...], é necessário compreender as implicações ambientais dessas ações” (PCN:44).

Quanto à avaliação, esta é considerada como um dos elementos associados aos demais, cujo objetivo é informar não só os avanços, dificuldades e possibilidades aos estudantes, mas também encaminhar o professor (ou grupo de professores) para a reflexão sobre a eficácia de sua prática pedagógica. É sugerida a formulação de questões sobre situações e a interpretação de situações pelo estudante em que ele necessite fazer uso de conceitos, atitudes ou procedimentos que estão sendo (e/ou foram) trabalhados. Isto deve permitir que sejam avaliadas, tanto “a evolução conceitual quanto a familiaridade com procedimentos e o desenvolvimento de atitudes” (PCN:32).

Para dar maior dinamicidade aos conhecimentos, foram propostos os *eixos temáticos*. Estes sinalizam uma organização articulada de diferentes conceitos, procedimentos, atitudes e valores para cada um dos ciclos da escolaridade. Foram elaborados para permitir o estabelecimento, na sala de aula, de diferentes seqüências de conteúdos internos aos ciclos; o tratamento de conteúdos em diferentes situações e locais; a conexão entre conteúdos dos diferentes eixos temáticos, entre os conteúdos e os temas transversais e entre estes e os conceitos de outras áreas.

Recomendam não forçar a integração aparente de conteúdos, mas abordar conhecimentos de várias naturezas que se manifestam inter-relacionados de forma real. O suporte básico para isso são os quatro *eixos temáticos* estabelecidos: *Terra e Universo, Vida e Ambiente, Ser Humano e Saúde e Tecnologia e Sociedade*. Eles visam à organização da área de Ciências Naturais numa perspectiva interdisciplinar, de forma a abranger conhecimentos biológicos, físicos, químicos, sociais, culturais e tecnológicos e levar à compreensão dos fenômenos naturais articulados entre si e com a tecnologia. Propõem o planejamento de acordo com temas de trabalho e de problemas para a investigação, facilitando o tratamento interdisciplinar das CN e a organização dos conteúdos de modo flexível e compatível com critérios de seleção. No eixo Tecnologia e Sociedade, a exemplo dos demais, a dimensão dos procedimentos comporta os modos de reunir, organizar, discutir e comunicar informações. Cita exemplos de interesse da Biologia, da Física e da Química.

Os PCN (:35) também propõem *temas transversais*, os quais destacam a necessidade de dar sentido prático às teorias e aos conceitos científicos, de favorecer a análise de problemas atuais e de considerar diferentes pontos de vista, que não somente os dos apresentados por cientistas. Os *temas* são concebidos (na visão freiriana), não como algo isolado, apenas para explorar escolarmente conteúdos, mas como existindo “nos homens, em suas relações com o mundo, referidos a fatos concretos”, o que sinaliza sua contribuição para superar “interpretações ingênuas sobre a realidade”. Os considerados essenciais são: Ética, Saúde, Meio ambiente, Orientação sexual, Pluralidade cultural e Trabalho e Consumo. Além destes, outros temas são citados, como *água e seres vivos*.

No tópico sobre *Orientações didáticas para os terceiro e quarto ciclos*, apresentam o item “Planejamento: unidades e projetos”, em que é sugerida uma possível sequência de etapas a serem seguidas. No item “temas de trabalho e integração de conteúdos” é reforçado o sentido dos PCN (:117-9) de “buscar situações significativas nas vivências dos estudantes, tematizá-las, integrando vários eixos e temas transversais” (a questão da interdisciplinaridade). Condição para identificar e formular atividades e elaborar projetos de ensino (currículos significativos e de interesse dos alunos). O espaço de troca e de produção dos professores da área científica pode ser melhor compreendido com o *tema* citado: “Como o ser humano percebe e se relaciona com o meio em que se encontra?”, cujas sugestões apresentadas e comentadas visam “estimular o debate entre educadores da área das Ciências Naturais sobre possibilidades de desenvolver a interdisciplinaridade e a multidisciplinaridade na prática escolar”.

Uma atividade interdisciplinar com um título similar foi desenvolvida na UNIJUÍ, no segundo semestre de 1997, por um grupo de professores de Biologia, Física, Química, Geologia, e Pedagogia. Em 2001, com o título *Como o ser humano percebe e interage no ambiente*, sob a ótica de *Situação de Estudo*, considerando-se as orientações dos PCN, um grupo de professores do GIPEC-UNIJUÍ estruturou e desenvolveu duas atividades interdisciplinares: Uma no primeiro semestre de 2001 na Formação Inicial de Professores de Ciências Naturais para o Ensino Fundamental (compõe o *Estudo Interdisciplinar II* - Capítulo V) e, outra, no segundo semestre, na Formação Continuada de Professores.

4.3. PCN-Ensino Médio e interdisciplinaridade

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (:34) estabelece que a formação educacional deve promover “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática no ensino de cada disciplina”, juntamente com “a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando” e seu aprimoramento “como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”. Conforme Menezes (2000:6), o “novo ensino médio, desde a promulgação da nova Lei de Diretrizes da Educação Nacional (LDB, dez. 96), é uma definição legal, mas não é ainda uma realidade efetiva”.

Já os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), elaborados para compor coerentemente um quadro mais amplo de propostas educacionais, acrescentam que o aprendizado das ciências deveria levar a compreendê-las “como construções humanas [...] relacionando o conhecimento científico com a transformação da sociedade”. Orientam o ensino das disciplinas e de sua articulação dentro de cada área, dando alguns contornos do que poderá vir a ser aprendido. Para Menezes (2000:7), a orientação geral dos PCN fundou-se na compreensão de que as articulações não deveriam se restringir às disciplinas de cada área específica, mas também ocorrer entre as áreas, “no sentido de promover as qualificações humanas mais amplas dos educandos”.

A primeira impressão que tivemos ao começar a ler os PCN Ensino Médio, no que tange à apresentação, tanto por parte do Ministro da Educação, quanto do Secretário de Educação Média e Tecnológica, é mais uma tentativa de atribuir aos professores deste nível

de ensino a responsabilidade para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Ambos deixam bem explícito que o papel dos PCN é orientar o professor em suas atividades didático-pedagógicas e que acreditam na “capacidade do professor” de transformar a educação, o que aparentemente parece lhe atribuir um voto de confiança. No entanto, será que foram consideradas as reais condições para que o professor possa desenvolver as “capacidades” que lhe são delegadas?

Pelo que entendemos, a partir dos documentos sobre as *Diretrizes de Formação de Professores* e sobre as *Licenciaturas*, há uma preocupação centrada na profissionalização do professor a partir da sua atividade prática, a docência, para o que seriam necessárias várias *competências*. Para tanto, deverão apropriar-se do conhecimento específico de sua área de saber; do pedagógico; do sócio-histórico-político-cultural; do local; do conhecimento das crianças, jovens e adultos; da capacidade de cooperação; da implicação com a comunidade escolar e articulação com as outras dimensões comunitárias e com suas entidades profissionais, além de ter que estar em constante processo de atualização, formulando projetos de pesquisa.

Exige-se do professor em formação que ele, ao assumir a sua atividade, ensaie - pela experiência - um conjunto de competências que o qualifiquem para proceder da mesma forma junto aos colegas, alunos e comunidade. Parece claro que se trata de transferir para a educação e à comunidade escolar a responsabilidade de assumir os problemas cada vez mais diversos e complexos do mundo contemporâneo. Trata-se de um problema dos envolvidos a ser resolvido por eles e, fundamentalmente, um problema de educação/formação.

Não é por acaso que a propaganda educacional se torna central no momento histórico atual. Cria-se, assim, uma disposição social para reconhecer que é preciso resolver os próprios problemas que figuram cada vez mais como seus e não como decorrentes de uma centralização de poder do Estado, mas que transfere os compromissos para a sociedade civil. Há muitos fatores em jogo e que não mereceram a devida atenção nos documentos que regem a Educação Nacional, para que as proposições neles expressas sejam postas em prática. Entre eles, a desajustada carga horária do professor: excessiva quanto às atividades frente aos alunos e inexpressiva quanto à pesquisa e planejamentos.

Nos planos está dito claramente que os professores são autores de seu planejamento, de suas ações, embora faltem-lhes as condições reais para que entendam esse dito e possam

exercê-lo em suas ações e práticas. Com estas palavras queremos expressar nossa desconfiança e angústia com a real abrangência que as proposições dos PCN alcançarão. Se, mais uma vez, a responsabilidade de um possível fracasso na sua efetiva implementação cairá sobre os ombros dos já bastante criticados (e desprestigiados) professores. O certo é que os professores precisam dar-se conta disso para não interiorizar ou assumir culpas que não são suas. Por melhor que sejam suas intenções, sabe-se que capacidades não são produzidas apenas em torno de boas intenções.

Mesmo assim, “arregaçamos as mangas” para trabalhá-los à luz das novas possibilidades, uma vez que há muito de positivo. Para Lopes, os PCN, de certa forma, respaldam a questão relativa à importância do que ensinamos/aprendemos. Neste caso, é preciso ter coragem para assumir que há conteúdos que não servem mais para nada. “Os PCN jamais serão um documento de implementação mecânica”. Creditamos aos mesmos um importante papel para o desenvolvimento de novas proposições, principalmente às direcionadas ao desenvolvimento do conhecimento em torno de *temas*. Também, por terem sido elaborados e revisados por grupos de professores com ampla experiência em investigação sobre o ensino da área. Eles acabaram recolocando idéias e propostas que já estiveram em pauta e que, em vários casos, não haviam merecido a devida atenção (e/ou credibilidade) por parte da categoria. Fatores são vários, como a formação sob outros pressupostos, a desconfiança de muitos dos professores, receosos em abraçar causas para as quais, provavelmente, não encontrariam respaldo em instituições escolares e entre muitos dos próprios colegas.

Os PCN, ao “legitimarem” tais idéias “em roupas novas”, contribuem fortemente para gerar um melhor “clima” para a retomada de propostas que inspiram, que carregam “ares de otimismo”, para uma educação que valoriza a formação do ser humano. Não por acaso são realizados vários eventos que retomam idéias como as de Paulo Freire, em Fóruns regionais (III Fórum “Leituras de Paulo Freire”, Canoas/RS, maio 2001), nacionais e internacionais (Porto Alegre, maio 2001), e contam com a participação de docentes dos vários níveis de ensino.

Apesar de nos defrontarmos com realidades adversas, e das várias críticas feitas aos PCN (Macedo, 1998), temos razões (expostas ao longo desta tese) para acreditar que avanços são possíveis sim, ainda que não no nível proposto pelos PCN, principalmente a curto prazo. Diante disso, destacamos alguns aspectos que merecem ser explorados na formação inicial e na continuada de professores.

Para a reforma curricular do Ensino Médio, a interdisciplinaridade assume uma concepção associada a abordagens mais relacionais entre as áreas, “em que sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência” (PCN:22). As bases legais dos PCN (:22) contêm um item específico para aprimorar as relações entre disciplinas e áreas. Enfatizam que, através da “organização curricular por áreas e da compreensão da concepção transdisciplinar e matricial” (que articula as linguagens, a Filosofia, as ciências naturais e humanas e as tecnologias), pretendem “contribuir para que, gradativamente, se vá superando o tratamento estanque, compartimentalizado, que caracteriza o conhecimento escolar.” Nesta mesma página, atribuem à interdisciplinaridade (na perspectiva escolar) uma função instrumental, o que reflete a preocupação na utilização de conhecimentos das diferentes áreas para dar conta de problemas concretos ou para a compreensão de fenômenos.

Estas considerações apontadas nos PCN subsidiaram o debate com os professores, particularmente para situá-los quanto à configuração das fronteiras disciplinares; para reconhecerem sua atual condição e daí pensarem a interdisciplinaridade (e a transversalidade); para não pensarem que são incapazes diante das propostas e discursos sedutores sobre a interdisciplinaridade, que em geral não explicitam as dificuldades reais para sua implementação. Como a interdisciplinaridade não é dada previamente, mas é algo construído no processo, é preciso (ao construí-la) “desconstruir verdades” já arraigadas.

É importante que percebam que, na Ciência, sob a ótica do “paradigma analítico” (cartesiano), a compartimentalização do saber foi incentivada, considerada necessária. Era bastante forte a crença de que a divisão dos problemas maiores e complexos em partes menores resultaria na compreensão e solução mais fáceis destas, o que, conseqüentemente, levaria ao entendimento e à solução do todo. O conhecer bem cada parte gerava mais confiança quanto à capacidade de dar conta dos problemas.

Essa concepção até faz sentido para quem concebe o conhecimento como neutro, imparcial e olha os problemas em si, isolados do contexto. Embora a mudança na concepção de Ciência e de Sociedade tenha levado a questionar (e não mais legitimar) este tipo de pensamento, ele continua, ainda que não no mesmo patamar, a ser difundido na própria Ciência e na sua divulgação, já discutida no Capítulo 1.

No Ensino Médio de Ciências, apesar dos debates sobre a interdisciplinaridade estarem em pauta com autores como Japiassu (1976), Fazenda (1979), desde a década de 70, infelizmente, pouco mudou. Poderíamos dizer que já estamos acostumados com a compartimentalização do saber e com a valorização deste. Não raro é reforçada a idéia de que o profundo conhecedor de um desses saberes é alguém muito inteligente, “sabedor” (ainda que seja um completo ignorante das muitas das coisas que ocorrem em seu entorno).

Todavia, se esta concepção é histórica e conseguiu dar conta de alguns quesitos, há outras concepções, também históricas, que contribuíram para o desenvolvimento do conhecimento e da humanidade e que, no entanto, não foram tão agressivas (com o planeta e suas espécies). Ao reconhecer o aspecto histórico-cultural do conhecimento, acompanhando sua evolução, percebemos outro movimento, desde os gregos até o Iluminismo (e nos pressupostos marxistas), que concebia o homem em sua totalidade, afirmando-se no mundo objetivo, tanto em nível de pensamento quanto com os demais sentidos: a dimensão holística³.

Compreender hoje a questão da interdisciplinaridade é, antes de tudo, conhecer o ser humano em seu dimensionamento sócio-histórico. Fazenda (1993:28) afirma que Gusdorf relaciona a exigência de conhecimento interdisciplinar à retomada da concepção expressa na Paidéia, porém num contexto mais complexo: mediante o exercício de olhar a realidade humana e “reconhecer nela o pressuposto ineliminável de todo o empreendimento epistemológico”.

Giordani (2000) concebe a interdisciplinaridade como “estratégia de ação” para reativar o que, em princípio, é indivisível. Ela vê a interdisciplinaridade com o “significado de recompor a forma humana de conhecer e relacionar-se com o mundo”. Seu objetivo é a formação integral dos indivíduos. Nesta perspectiva, Bazin (1995:112-3) elogia os cientistas que passaram a valorizar a educação por “fazer da Ciência uma coisa normal, fazer do procedimento científico um conjunto de práticas não isoladas da prática Humana”.

³. Holos, do grego, conforme Giordani (2000), significa harmonia circular do conjunto. No dicionário Aurélio, holismo é expresso como a “teoria de que existe uma tendência à interação dos elementos do universo e em especial dos seres vivos, e não uma soma destas partes”.

Para Gusdorf (1977)⁴, o

que se designa por interdisciplinaridade é uma atitude epistemológica que ultrapassa os hábitos intelectuais estabelecidos ou mesmo os programas de ensino. Nossos contemporâneos estão sendo formados sob um regime de especialização, cada um em seu pequeno esconderijo, abrigado das interferências dos vizinhos, na segurança e no conforto das mesmas questões estereis. Cada um por si e Deus por todos (...).

A idéia de interdisciplinaridade é uma ameaça à autonomia dos especialistas, vítimas de uma restrição de seu campo mental. Eles não ousam suscitar questões estranhas à sua tecnologia particular, e não lhes é agradável que outros interfiram em sua área de pesquisa. A interdisciplinaridade implica verdadeira conversão da inteligência (...)

Somos testemunhas de uma renovação da inteligência, e nossas solidões acabam por reencontrar nessa maravilhosa aventurada vida (...).

A atual atenção à interdisciplinaridade no Ensino Médio deixa transparecer a preocupação com uma outra forma de gerir o conhecimento. Se, para muitos, a exemplo dos PCN, ela se faz necessária, é porque representa uma opção com potencial para dar conta do entendimento de situações-problema que a prática, ainda largamente predominante, não tem conseguido satisfazer. Para a constituição do interdisciplinar, acredita-se no esforço conjunto de pensadores, de professores-investigadores e de especialistas das diversas áreas do saber.

Necessário se faz canalizar este movimento para a realidade da escola básica, até para extrapolar a condição atual que, conforme Severino (1995:11), ao tratar sobre a *situação de interdisciplinaridade*, a prática concreta desta “é ainda um processo tateante na elaboração do saber” e na atividade de ensino. “Ela é antes algo pressentido, desejado e buscado, mas ainda não atingido”.

São diversas as justificativas para implementar a interdisciplinaridade no processo de ensino-aprendizagem. Cachapuz⁵ afirma que a maior preocupação é o conhecimento. “Como não estamos satisfeitos com a relação entre o conhecimento que temos, estamos a buscar uma nova relação.” Já Fourez (1997:98) afirma que se no ensino médio se impõe a busca pelo interdisciplinar, “o problema central não provém das disciplinas, mas da falta de sentido em seu ensino”.

⁴ Fazenda (1993:24).

⁵. Palestra proferida na UNIJUÍ/RS, 12 abr. 1999.

Seja em termos de conhecimento, seja em metodologia, para viabilizar trabalhos interdisciplinares na nossa região (Ijuí/RS), começamos por atividades visando a aproximação e interação dos professores da área de Ciências Naturais do Ensino Médio, de certa forma já enfatizado nos capítulos 2 e 3. De acordo com Marques (2000:75), a “educação se cumpre numa interlocução de saberes”, na busca do entendimento compartilhado entre todos os participantes, em que os saberes de cada um não sejam simplesmente justapostos ou transpassados uns aos outros, mas resultem em novos saberes.

Procuramos transitar no caminho das parcerias e dos convênios, para, estabelecendo e ampliando relações pedagógicas, “tomar-Ciência” de fenômenos e aprimorar-se para “fazer Ciência”, o que, segundo Nogueira (1995:107), exige reconceituar e ampliar, tanto as concepções, quanto o trabalho intelectual, que surge como fruto das interfaces entre os diferentes; para que nos tornemos capazes de conviver com as diferenças, com as divergências e com os conflitos surgidos no grupo. Para Madalena Freire (1993), “é no grupo que se exercita o pensamento, a inteligência e se constrói o conhecimento”. Já para Solomon (1987)⁶:

A falta da troca de idéias dentro dos grupos, na atualidade inibe a construção saudável das convicções pessoais, uma vez que estas só se nos tornam reais e claras quando delas podemos falar com os outros. A reflexão construtiva sobre a experiência na sala de aula obriga-nos a constituir um *fórum* social para a sua discussão.

Para tanto, um desses caminhos leva à universidade, o que corresponde à necessidade de estabelecermos parcerias com o sistema, a exemplo da interação da universidade com a rede municipal de ensino de São Paulo, no período de 1989-1992, que, conforme Delizoicov (1993:11), “deu resultados positivos”. Outro, leva ao encontro com seus pares mais imediatos da área e das áreas afins, o que está mais para a formação de grupos locais ou regionais de trabalho. Para Terrazzan (1992:214), é preciso ampliar os contatos com quem atua diretamente no ensino básico e estabelecer uma “programação alternativa real para o ensino”, de modo a propiciar alguns elementos para a reflexão sobre a problemática da formação de professores, visando a reformulação e a melhoria deste.

O intercâmbio das pesquisas realizadas no âmbito acadêmico, concebido por Jantsch & Banchetti (1995:202) como “amplo laboratório de conhecimento/pensamento”, com o

⁶. Zeichner (1993:33).

fazer pedagógico da escola básica (incluindo aí a experiência dos docentes), pode contribuir satisfatoriamente para redirecionar a relação de ambas com a sala de aula. É condição desejável para desencadear novos *que-fazer*es na prática educativa, para construir um novo modelo de organização curricular, que vise (ou privilegie) a unidade e a organicidade do saber. Os autores, pressupondo o *princípio da interdisciplinaridade*, defendem a necessidade de criar e aprofundar espaços de iniciação científica e de investigação.

A realização de trabalhos de cooperação entre os professores tende a fortalecer esta premissa. Ainda mais, confrontando-se com as idéias dos outros, dando-se conta de que não existem verdades absolutas, únicas, mas idéias que, quando conflitadas e organizadas em conjunto com seus pares (e com a comunidade escolar), tendem a capacitá-los para enfrentar as situações de sala de aula com mais coerência.

Até a usual falta de tempo dos professores da escola básica para empreender mudanças pode ser melhor gerida com os trabalhos de parceria, seja com colegas mais próximos, seja com professores das universidades e/ou com ambos. Não negamos que os avanços mais significativos e em maior escala nas atividades interdisciplinares (nas escolas) estão condicionados à questão do tempo dos professores; tempo não só para desenvolver as atividades em si, mas, também, para o estudo e preparo que os conhecimentos teóricos requerem para o desenvolvimento de atividades desta natureza. Por outro lado, é ilusão, ao menos por enquanto, pensar que teremos à disposição o tempo desejável para tal.

Com isso, estamos querendo contrapor à idéia, bastante difundida no âmbito escolar, de que o desenvolvimento de trabalhos de cunho interdisciplinar só será possível à medida que vier acompanhado de um significativo ganho de tempo para os planejamentos e as discussões em grupo. Talvez seja mais estratégico pensar que este tempo, requerido para as investigações de cunho individual, para ampliar a bagagem teórica que possibilite melhor compreender a complexidade de seu objeto de estudo e trabalho, possa ser, em parte, diluído e dividido com os parceiros do grupo. Se todos os componentes se empenharem nas tarefas de investigação e socializarem seus “achados” no grupo, cada docente, além de ter acesso a uma gama de conhecimentos referidos ao tema em questão, ainda terá a oportunidade de ajudar na escolha dos que julgar mais convenientes.

Os resultados de pesquisas (como a de Bastos, 1999:01) apontam para a real necessidade dos professores de avançar nas questões tanto práticas quanto teóricas ligadas à interdisciplinaridade. Trabalhos interdisciplinares predispõem um “novo olhar” sobre o

conhecimento, que envolva conteúdos em termos de conceitos, de procedimentos ou de atitudes, o que, sem dúvida, requer demanda e otimização de tempo por parte dos professores.

As atividades de cunho histórico-epistemológico ganham uma relevância especial frente à dificuldade de desenvolver propostas interdisciplinares. Ambas estão direcionadas a combater as patologias da fragmentação do saber escolar, a flexibilizar as, ainda, rígidas fronteiras entre as especialidades no âmbito escolar. Enquanto a exploração de aspectos histórico-epistemológicos “quebra” fronteiras e abre espaço para as aproximações entre as especialidades (para a dialogicidade), a interdisciplinaridade depende, em grande parte, das construções dialógicas. Estas últimas realimentam o respeito pela individualidade de cada área ou especialidade do saber, ao mesmo tempo em que geram novos desafios a cada uma delas. Respeitar o *proceder* dos outros é condição para ampliar as possibilidades de aproximação com os diferentes, para estabelecer as relações. É nas seções de diálogo/debate que cada um melhor percebe, por um lado, as potencialidades de sua especialidade para o enriquecimento da unidade e, por outro, a necessidade de perseguir novos conhecimentos.

A questão da interação também adquire significado importante na concepção piagetiana, entendida como se constituindo sempre em grau de novidade, gerando perturbações no sujeito e determinando buscas e novas aprendizagens. Da mesma forma, na concepção vigotskyana, o aprendizado com base na interação social, que se efetiva nas trocas realizadas com o outro, mediando e negociando significados, gerando novos entendimentos.

Na concepção freiriana, quanto mais capazes forem os sujeitos de pôr em prática, de forma metódica, a sua “capacidade de **indagar, comparar, duvidar, aferir**”, tanto mais eficazmente curiosos podem se tornar e mais crítico pode se fazer o seu bom senso. (Freire 1997:68; grifo nosso). Um entendimento mais apurado disso, a partir de trabalhos coletivos, tende a se refletir no desvelamento do “percurso teórico pessoal”⁷ de cada um, condição primeira para estabelecer um diálogo “vivo e efetivo” entre os participantes.

A dialogicidade, associada à questão da interdisciplinaridade, vemos em Freire (1987:102), ao afirmar que a “tarefa do educador dialógico é, trabalhando em equipe

⁷. Fazenda (1993:25).

interdisciplinar o universo temático recolhido na investigação, devolvê-lo, como problema, não como dissertação, aos homens de quem recebeu”. Nesta ótica, julga-se possível aprimorar as capacidades acima apontadas.

Não menos importante em trabalhos interdisciplinares é o desenvolvimento de atitudes, como a de saber escutar. Para Freire (1997:127), é condição indispensável ao ensinar; é escutando que aprendemos a falar com as pessoas e é sabendo dizer as coisas de forma respeitável e ciente de não ser o único a ter algo a dizer; é saber lidar com o diferente para melhor entender o eu e para tornar possíveis os trabalhos de cooperação, de interação.

Consideramos oportuno “levar” os professores especialistas a perceber que, para além da importância dos conhecimentos de sua área, o das outras e mesmo o do *senso comum* tem algo a contribuir para com os empreendimentos a serem realizados. A título de exemplo, Gerard Fourez⁸ fala sobre a construção de uma ponte em que os moradores locais não foram consultados (foram totalmente ignorados, excluídos do projeto), quando, no entanto, tinham muito a contribuir. Os especialistas, considerando-se “donos da verdade”, não foram capazes de considerar outros fatores importantes para a execução do projeto, como o da neblina, uma vez que, em certas épocas do ano, esta inviabilizava a movimentação segura de veículos naquele local.

Valorizando os saberes de cada área do conhecimento, mas sem se restringir a eles, defendemos a interdisciplinaridade, principalmente quanto a dois aspectos, embora imbricados. Por um lado, a indispensável aproximação, troca e cumplicidade dos colegas professores para dar conta do entendimento de uma situação problema na qual fique constatada a importância e a necessidade dos saberes das várias áreas e, por outro, apoiado em autores como Freire (1997:133-4), a não ficar restrito à “quase exclusividade dos conteúdos” para não privilegiar uma compreensão muito estreita do que é ensinar e aprender no espaço-tempo da escola. Mas, ao conceber e difundir isso com outros aspectos aos quais os primeiros estão condicionados, criar as condições para melhorar a compreensão e a produção do próprio conhecimento pelos educandos no âmbito escolar. Ao invés de clarear-lhes a *substantividade do conteúdo*, importante é incitá-los a produzir a compreensão do objeto a partir dos materiais e das condições que lhes são oferecidos, de modo que possam “se apropriar da inteligência do conteúdo para que a verdadeira relação de comunicação se estabeleça”.

⁸. Seminário realizado no PPGE/UFSC, 08 a 19 out. 1999.

Nessa concepção, a interdisciplinaridade apresenta aspectos em comum com a (inter)complementaridade, uma vez que ambas comportam os conceitos mais fundamentais de cada especialidade como necessários para outras áreas (quando de fato os conceitos de uma área são necessários para outra). Mas, ao mesmo tempo, é compatível com a transdisciplinaridade, ao visar uma certa postura, como a da Ciência, sobre uma situação complexa. Nesse caso, é importante ao professor reconhecer a incompletude da área específica para flexibilizar a fronteira de seu saber e abrir espaço para a (inter)complementaridade de outros saberes. Por exemplo, num estudo interdisciplinar, o conceito pressão adquire importância não só para a Física (área responsável pelo seu ensino), como também para a Biologia, por dar conta, entre outras questões, de entender o processo da respiração e da audição⁹, sem se restringir a compreender os conceitos em si. O educador dialógico, através de uma postura transdisciplinar, colaborativa e democrática com seus educandos e colegas de trabalho, torna-se capaz de trabalhar o específico da sua área de atuação, numa inter-relação com a totalidade escolar, educativa e social (Freire, 1987).

Fourez (1997: 87) afirma que só “podem subsistir de maneira significativa as atitudes e capacidades, uma vez que a maioria acaba esquecendo os ‘conteúdos disciplinares’”. Assim, a interdisciplinaridade passa a ser vista, também, enquanto difusora de algo (transdisciplinar), como a questão da autonomia, do ser dos educandos, das atitudes, da *inconclusão do ser humano*, do espírito científico. Essa concepção de interdisciplinaridade, para além dos conteúdos, que contribua para ampliar a capacidade de pensamento de professores e estudantes, no sentido de melhor observar, questionar e produzir novos entendimentos, buscamos viabilizar com os *conceitos unificadores*, sobre os quais discorreremos no tópico seguinte (4.4).

Nos PCN Ensino Médio, *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, são enfatizadas relações do conhecimento científico, nas três áreas, com a tecnologia, com o contexto cultural, social, político e econômico, condição para ampliar a cidadania. A interdisciplinaridade é proposta, freqüentemente, na intenção de possibilitar articulações entre conhecimentos científicos e tecnológicos, considerando a contextualização sócio cultural e histórica destes, bem como a questão de valores e atitudes.

⁹. Veja o *Estudo Interdisciplinar II*, no capítulo 5.

A concepção do Ensino Médio na perspectiva da universalização da Escola Básica fez com que os PCN (:08) relacionassem o desenvolvimento dos saberes desta área como *condição de cidadania*, o que se dá não só pela participação individual, mas muito em razão do coletivo. O tratamento interdisciplinar em torno de *temas* tem potencial para consolidar o “caráter ativo e coletivo do aprendizado”.

Já são nítidos alguns movimentos de caráter inter e transdisciplinar, principalmente no âmbito da educação ambiental. Medina (1994:61-2) enfatiza a importância de se “partir de situações concretas do entorno, mais próximo, para situações mais globais”; da “análise e intervenção sobre a realidade física e social que envolve o educando”; de orientar “a aprendizagem no sentido da procura de qualidade de vida.” O autor ainda sugere (:63)

um trabalho coletivo que oportunize uma educação científica, permitindo o desenvolvimento da percepção crítica e da responsabilidade, através de projetos de ação, métodos de problemas, núcleos temáticos que possibilitem a observação e a compreensão das inter-relações, tendo a interdisciplinaridade como um objetivo a ser alcançado no processo educacional, a ser construído pelo conjunto dos professores ao longo da formação do educando.

Para Moraes (1995: 4), a “complexidade intrínseca do meio ambiente acaba gerando uma complexidade metodológica para seu estudo”, o que, conseqüentemente exige novas estratégias educacionais como a interdisciplinaridade, para o seu entendimento. Assim, a atividade interdisciplinar não estará apenas centrada no conteúdo que cada profissional traz de sua especialidade, mas também incluirá as concepções resultantes do “seu modo característico de ver o mundo e portanto de enfrentar certa questão”.

Os PCN também regem sobre a importância das questões contemporâneas, que requerem ações articuladas de novos conhecimentos, a exemplo do “aprendizado disciplinar em Biologia, cujo cenário, a biosfera, é um todo articulado, é inseparável das demais ciências”. A percepção de grande alcance da “unidade da vida”, que, pela sua diversidade, constitui uma complexidade sem paralelo em toda a Ciência, “demanda uma compreensão dos mecanismos de codificação genética, que são a um só tempo uma estereoquímica e uma física da organização molecular da vida”. Considera, tal entendimento (:9-10), não um luxo acadêmico, mas “um pressuposto para uma compreensão mínima dos mecanismos de hereditariedade e mesmo da biotecnologia contemporânea, sem os quais não se pode entender e emitir julgamentos sobre testes de paternidade pela análise do DNA, a clonagem de animais ou a forma como certos vírus produzem imunodeficiências”.

Nas três áreas é manifestada a importância de se trabalhar os aspectos históricos permeando todo o ensino destas, o conhecimento socialmente produzido, portanto dinâmico e mutável, e a consideração de modelos explicativos, com seus alcances e limites. Um processo que representa avanços, erros e recuos, aspecto que o sujeito deve ter consciência para a sua necessária visão crítica. É de se ressaltar que esse assunto, dada a importância que lhe atribuímos, preferimos aprofundar num capítulo (2) em separado. Buscamos configurá-lo de forma a representar algo diferenciado na formação de professores e contribuir para dinamizar o processo de ensino-aprendizagem, particularmente com a questão dos *embates*, de *idéias conflitantes* e dos *temas antitéticos*. Além disto, os PCN destacam outras questões, como a capacidade de elaborar sínteses, a busca e tratamento das informações e comunicações para o processo de aprendizagem, a questão de códigos e linguagens específicas a cada área.

4.4. Universais e Conceitos Unificadores

Os gregos, por exemplo, não se restringiam ao simples descobrir das causas de acontecimentos, como terremotos, inundações e doenças. Pode-se dizer que são de lá as origens das doutrinas da conservação da matéria e do império das leis universais. Preocupações e reflexões sobre o ato de conhecer e, particularmente, sobre algo que se conserva, vêm sendo registradas desde a Antigüidade.

A busca histórica dos *universais*, com ênfase nos dois últimos séculos, resultou na obtenção e compreensão de *leis* e *princípios* com amplo grau de generalidade, que, por sua vez, possibilitaram a articulação de saberes e uma maior compreensão sobre o mundo. Esta notória característica da Ciência vem adquirindo importância, também, na relação entre essa e outras áreas do saber, particularmente a tecnológica. Exemplos sempre oportunos são os potentes telescópios, sismógrafos, projetados e construídos com base nos conhecimentos de Ciência&Tecnologia.

A estruturação dos conhecimentos pela Ciência envolve diversas relações, mas também recortes em relação aos fenômenos naturais a serem considerados. A Ciência, ao não revelar o mundo como ele é, mas formas ou maneiras de olhá-lo e de representá-lo em determinadas situações, prescinde de olhares mais aguçados em determinada direção. Por

exemplo, na determinação quantitativa das forças gravitacionais entre a Terra e a Lua, busca-se compreender os fenômenos ali presentes, visto que, nesta situação, há outras massas interagindo, como a do Sol, mas que não são consideradas frente às opções que se faz. Tal procedimento equivale a tentativa de simplificar os cálculos e, mesmo assim, conseguir resultados que sejam compatíveis com o conhecimento científico vigente.

Por outro lado, muitas das “coisas” que nos parecem desconexas, acontecem associadas a outros eventos, como a pedra que “cai” obedece às mesmas forças gravitacionais que mantêm os planetas em seus cursos. Quer dizer, se os recortes são necessários, também necessário se faz conceber os conhecimentos de forma associada.

Esta perspectiva de, na Ciência, construir teorias unificadas pode ser identificada nas intenções de se obter uma força única que seja matriz das diversas manifestações das forças da natureza (das interações entre partículas). A esse respeito, Angotti (1991) afirma que as interações entre partículas constituem totalidades intermediárias, o que corresponderia a unificar conhecimentos pelas transformações que ocorrem com os materiais, por envolver “análises e sínteses”.

A tendência de articular diversos conhecimentos pode ser explorada também no ensino de Ciências. Para tal, é possível eleger determinadas categorias que possibilitem estruturar conhecimentos de Ciências Naturais com características voltadas para evidenciar o que é essencial, o que é universal e o que é mais geral nas suas várias leis e teorias. Para tal, é possível recorrer aos *conceitos unificadores* propostos por Angotti (1991)¹⁰. A idéia de utilizar tais conceitos está direcionada a evidenciar aspectos sobre como a Ciência progride - sem cair numa forma linear de proceder (visão única) -, bem como compreender como alguns conceitos chegam a se constituir potenciais para pensar grandes categorias, que podem ser utilizadas para melhor entender a atividade científica.

¹⁰. Não se tem a pretensão de pensar que esses são os únicos conceitos apropriados para orientar o processo de ensino-aprendizagem. O Movimento de Reorientação Curricular, implantado pela Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura de São Paulo, no período de 1989 a 1992, além desses quatro, utilizou outros dois: *Regulações e Dinâmica dos Equilíbrios* e *Revolução e Evolução*. Parece que, somente com a utilização dos quatro conceitos, não conseguiram abarcar toda a diversidade daquilo que pretendiam trabalhar ou, apenas com os quatro, não deram conta das preocupações das pessoas envolvidas em tal proposta.

4.4.1. Origem e desenvolvimento

Os *conceitos unificadores - Transformações, Regularidades, Energia e Escalas* -, sistematizados por Angotti (1991) em sua tese de doutoramento e utilizados em algumas ações pedagógicas, entre elas, a desenvolvida pelo Movimento de Reorientação Curricular, da Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura de São Paulo, refletem relações que ocorrem, de modo geral, nas Ciências Naturais. Mesmo não sendo considerados nem como modelos e nem como teorias - mas tendo relações com ambos -, estes conceitos, explícita ou implicitamente, perpassam diversos tópicos e áreas como a Física, Biologia, Química, Geologia e Astronomia.

Um procedimento ou uma estratégia mais geral nas Ciências Naturais está em extrair o que se “mostra” mais relevante. Saber entender a ciência significa ter habilidades para perceber transformações e agrupá-las em regularidades, que são os conceitos, entre os quatro, os mais vagos (simples, presenciais) e, por isso, denominados de primeira ordem. Quer dizer, é possível sua compreensão sem a condição necessária de trabalhar somente com abstrações.

O conceito *energia* permite olhar as transformações extrapolando o aspecto da constatação e perceber “algo” que as perpassa. Apresenta características que o tornam mais geral que os outros dois que ele incorpora e, por isso, é considerado de segunda ordem. Por fim, o conceito *escalas* que, de certa forma, está associado aos outros três, de modo geral, e faz parte de todos os processos científicos, que implicam realizar verificações e análise de medidas, e fazer comparações acerca do alcance e limites das teorias.

4.4.1.1. Transformações

É considerado o mais simples dos *conceitos unificadores*. É também o mais usual nas investigações científicas. Engloba as transformações que ocorrem com a matéria (incluindo energia), tanto no espaço, como no tempo. Permite ampla diversidade em termos de aprofundamento, podendo ser trabalhado tanto em níveis mais elementares de ensino, quanto em níveis mais avançados, abstratos. A título de exemplo, as plantas evidenciam transformações a olho nu devido às reações químicas, não perceptíveis e nem compreensíveis aos escolarizados pelo ensino básico. Essas transformações podem ser

trabalhadas em direção a uma possível compreensão do *porquê* e do *como* elas ocorrem. Partindo da evidência delas, em níveis mais elementares, para depois abordar suas finalidades de ocorrência, identificando-as com reações químicas em um nível superior de compreensão.

As transformações são acompanhadas de alterações em algumas de suas características, cuja compreensão pode dar-se em diferentes níveis e exige estratégias adequadas. Por exemplo, as transformações ocorridas com um pêndulo, que, inicialmente, possui certa quantidade de movimento e, após algum tempo, atinge o estado de repouso, têm sido pouco compreendidas pelos estudantes. Ao não perceberem as transformações e regularidades, os alunos acabam tendo uma visão muito “pasteurizada” do fenômeno.

4.4.1.2. Regularidades

As diversas tentativas dos homens de evidenciar as propriedades dos objetos do seu meio, e a posterior comparação entre elas, indicam a procura de invariantes, de identificar o que há de comum entre as diversidades. Estas práticas estão associadas à noção de conservação, amplamente utilizada pela Física e os princípios dela decorrentes.

É importante salientar as tentativas registradas, desde a Antigüidade, de evidenciar “algo” que seja comum a todas as ocorrências de fenômenos naturais. Esta tendência ocorre na busca por regularidades quando da explicação dos movimentos das estrelas, dos fenômenos das águas, entre outros. Na atualidade, com o aporte de um significativo corpo teórico de conhecimentos e de estratégias de observações e registros, é possível identificar uma grande quantidade de fenômenos, cuja compreensão ficaria bastante limitada sem lançar mão de certas regras (regularidades) previamente propostas, e das sínteses daí decorrentes.

Nesta perspectiva, o conceito *regularidades* coloca-se como possível normatizador no desafio de contrabalançar (ou equilibrar) a “gangorra”, com a qual se tenta estabelecer um equilíbrio entre a enorme diversidade de fenômenos e as coisas em comum a buscar-se neles, de forma a simplificar as suas descrições, sem reduzir sua compreensão à superficialidade. Regularidades podem ser evidenciadas nas propriedades dos elementos químicos. Todos os átomos que tiverem, por exemplo, dez prótons em seu núcleo,

apresentam determinadas características comuns. Mesmo que haja alguma variância no número de elétrons (seja diferente do número de prótons), caso “receba” ou “perca” algum elétron, as suas características básicas permanecem as mesmas.

A busca incessante e sistemática de algo que se conserva nas transformações da matéria (e da energia) no espaço e no tempo - que os humanos souberam identificar e sistematizar - resultou em determinadas *leis gerais* com amplo grau de abrangência e utilização. Devido a eficiências mostradas em diversas situações adquiriram um *status* na comunidade científica, a ponto de não precisarem ser testadas a cada situação empregada. Por tal propriedade, contribuíram significativamente para se evidenciar as características dos materiais e afirmar que a composição de todos os tipos (sejam vivos ou inanimados) se dá com base em cem elementos químicos. Ao se direcionar a atenção especificamente para a área da Biologia, é possível distinguir algo ainda mais característico de regularidade que o ser humano soube sistematizar, que é o DNA, o qual assegura a hereditariedade em todas as espécies vivas.

Enquanto as transformações na natureza parecem infinitas, as regularidades são relativamente em quantidade menor, porém, são mais abrangentes, o que lhes atribui elevada importância em relação ao estabelecimento (formulação) de leis e teorias. A esse respeito, Angotti (1991:126) afirma que:

O regular é a obediência às regras das teorias e modelos que procuram copiar a natureza, com a melhor validade para a sua época. As teorias substituídas por outras, mais explicativas e densas, menos frágeis para a época. Contudo, as novas estão também carregadas de regularidades.

As duas grandezas de primeira ordem, *transformações-regularidades*, constituem-se numa dualidade que se *alimenta mutuamente* e se *auto-regula*, sendo concebida, no espaço e no tempo, diferentemente da dualidade clássica, “semelhança-diferença”, em que a dimensão tempo não é requisito necessário a ser considerado. Em resumo, é possível dizer que, nas Ciências, há a tendência de se estabelecer regras gerais, através do que há de mais elementar num conjunto de fenômenos, sem descaracterizar, no entanto, as diferenças presentes.

4.4.1.3. Energia

Apesar de um certo entendimento sobre essa grandeza física, por estar presente no pensamento dos estudiosos há mais tempo, o conceito *energia* somente foi reconhecido pela comunidade científica, na sua formulação atual, a partir de meados do século XIX.

Energia é uma grandeza não palpável e nem modelável e, portanto, não “coisificável”. A imponderabilidade que lhe é inerente dificulta sua explicitação (sua efetiva compreensão e utilização). À primeira impressão, aparece e desaparece como num estalo. Por exemplo, ao se fechar um circuito elétrico, ela “aparece” e, ao abri-lo, “desaparece”, o que pode ser concebido como uma dificuldade de compreensão intrínseca ao conceito, conferindo-lhe maior grau de abstração, principalmente se comparado aos outros três conceitos unificadores. Por incorporar os dois anteriores (T e R), seu campo de abrangência, logicamente, atinge maior amplitude do que qualquer um deles individualmente, requerendo maior grau de análise e síntese para sua compreensão.

As diversas manifestações naturais relacionadas à energia indicam que este conceito não está associado somente a “algo coisificável”, mas, também, a formas, como a eletricidade e o calor, a interações (mesmo à distância) e a posições. Por estar presente em várias esferas do conhecimento, como na área de Ciências Naturais, com possibilidade de associar conhecimentos até então tidos como separados, *energia* pode ser considerado um *conceito unificador*.

Ao ser entendido como “agente das transformações” e ao incorporar os conceitos de *transformações* e *regularidades* e, ainda, utilizar a matemática - de grande generalização e condensação -, para instrumentalizar as transformações e conservações, o conceito *energia* tem, assim, possibilidades de atingir maior abstração. Para indicar a versatilidade deste conceito, Angotti (1991:115-136) refere-se ao mesmo como sendo

um “sutil camaleão” do conhecimento científico. Transforma-se espacial e temporalmente, na dinâmica mutável dos objetos, fenômenos e sistemas, conserva-se na totalização das distintas formas e degrada-se porque uma de suas formas - o calor - é menos elástico e reversível do que as outras. [...] A utilização sistemática das transformações de energia nos eventos, associada a sua conservação total para sistemas isolados, pode facilitar no ensino de Ciências Naturais a apreensão de unidades de conhecimento. Permite totalizações entre fragmentos dos escopos da Física, Química e Biologia e de outras ciências congêneres, como Geologia e Astronomia, além de totalizações a nível intradisciplinar.

Em algumas situações, por ter um caráter mais abstrato e ser, ao mesmo tempo, identificada sob várias formas, como luz e calor, a energia passa a ser concebida como algo superior, não compreensível. Já em outras, sua consideração se resume a uma abordagem simplista, ignorando-se seu grau de abstração. As duas visões, com forte apego ao imediatismo das evidências, fazem parte da cultura primeira das pessoas. Elas sabem que a energia é útil, identificam-na em fenômenos elétricos, solares e nos processos vitais (para a sobrevivência). No entanto, têm dificuldades em perceber outras possibilidades, além das diretamente observadas.

Esta forma de proceder também está presente no ensino básico. Por exemplo, mesmo que a maioria perceba que, para o funcionamento das lâmpadas incandescentes, se necessita de energia, poucas chegam a compreender o modo inconveniente da sua utilização, principalmente em épocas ou locais quentes. A escolarização normalmente não capacita as pessoas para estabelecer relações que as levem a decidir, conscientemente, que tipo de lâmpadas utilizar (incandescentes, fluorescentes, PL) e em que locais, considerando-se, também, a relação custos/benefícios.

Os processos de abstrações, com o emprego adequado do ferramental matemático permitem, também, ampliar o grau de compreensão das coisas que fazem parte do dia-a-dia das pessoas. No entanto, seu tratamento no espaço escolar formal, que não leva a aprendizagens que os incorporem ao seu grau de compreensão e interesse, será de pouca valia. Elas sabem da importância dos alimentos quanto ao suprimento energético dos organismos vivos, mas isso não basta. Se não forem capazes de distinguir entre a unidade de energia utilizada na Biologia e na Física e, além disto, organizar sua dieta, de pouco valor seria o ensinar, por exemplo, os valores energéticos dos alimentos.

O *conceito unificador energia*, além de inter-relacionar conhecimentos de Ciência e Tecnologia, pode favorecer a relação destes com o de outras áreas, como das Ciências Sociais, principalmente no que tange ao uso da energia na sociedade. O estudo das Leis da Termodinâmica, associado a aspectos do ambiente, deve contribuir para o discernimento das diversas formas de energia utilizadas e suas conseqüências ambientais¹¹.

¹¹ Estudos dessa natureza foram desenvolvidos com atividades estruturadas sobre máquinas térmicas na EFA/UNIUI, em 1998 e 1999.

4.4.1.4. Escalas

Uma característica básica dos fenômenos naturais é a ocorrência, em todos eles, de transformações em determinadas dimensões, mesmo que, à primeira impressão, diversos deles mais se pareçam com conservações. A normatização das dimensões das diferentes espécies de transformações corresponde à existência de *escalas* para estas transformações.

O conceito *unificador escalas* engloba as diferentes dimensões em que ocorrem os processos de transformações e de regularidades, sejam as percebidas diretamente a “olho nu” ou as que necessitam de determinados instrumentos, como as ocorridas aos níveis micro e macroscópico. Por exemplo, em nível de escala, a reação química de um combustível como a “gasolina” pode ocorrer em diversas proporções (pequenas, médias ou grandes) e de formas variadas (explosão ou queima), dependendo da quantidade de combustível utilizada e respeitadas suas condições de transformação (como as de misturar os reagentes - combustível e oxigênio).

O tratamento sistemático de grandezas, como as que envolvem fenômenos naturais, entre eles o dia e a noite, as mudanças de clima em determinadas épocas, auxiliam o estudo dos modelos de CN, no sentido de explicitar limites e domínios de validade. É possível evidenciar o conceito *escalas* no ensino dessa área, desde o nível mais elementar, no que diz respeito à construção da noção de quantidade. Angotti (1991:142), enfatiza a necessidade do trabalho com quantidades para a aprendizagem em CN, ao afirmar que essa

ferramenta é indispensável e pode ser usada a favor do conhecimento, embora na “ciência dos currículos, dos professores” nem sempre isto ocorra. Não se trata de aborrecer alunos com “cálculos e continhas intermináveis”, mas de lutar com eles para adquirirem a capacidade de estimar, dimensionar com relativa precisão. Essa capacidade é típica dos homens de Ciências Naturais, em particular dos físicos, mas não é socializada, não passa pelos crivos do conhecimento escolar em Ciências Naturais.

No ensino, *escalas* requer constituir a noção de qualidades, desde o nível mais elementar (como qualidade dos materiais e das diferentes formas de energia). Também contribui na regulação entre *quantidade* e *qualidade* de conhecimentos a serem abordados e na regulação entre *abordagem conceitual* e *formalismo matemático* a ser tratada em cada nível de ensino e de profundidade, para acompanhar a capacidade cognitiva dos educandos. Por englobar grandezas e padrões de medidas, tem potencial para auxiliar na exploração das grandezas (quantitativas) que envolvem relações matemáticas que são do conhecimento dos

estudantes. Por exemplo, o kwh pode tornar-se referência no estudo sobre eletricidade quando se considera essencial que os estudantes saibam determinar a quantidade de energia elétrica que é transformada em outras formas (como em térmica nos chuveiros) num determinado tempo, nas diversas situações que aparecem em seu cotidiano. O mesmo pode-se afirmar em relação ao funcionamento de máquinas térmicas, particularmente no que tange às relações de quantidade de energia útil e degradada.

Mesmo assim, sob a ótica do conceito de *escalas*, defende-se que as relações quantitativas, para além dos cálculos matemáticos, estejam associadas também à questão, mesmo não mensurável, dos valores e atitudes. Neste caso, ao nível de consciência dos sujeitos, o que representa o funcionamento, por exemplo, de milhares de máquinas térmicas (motores a combustão e poluição) para o ambiente em que vivem.

4.4.2. Possibilidades para o ensino de Ciências

Os conceitos não são unificadores a partir do ponto de vista do ensino, mas sim, porque, nas ciências, consegue-se perceber ligações entre as áreas, através deles, e isso podemos utilizar como um guia para o ensino. Ao olharmos a evolução científica, tentando perceber um certo movimento em suas teorias, não para mostrar simplesmente como ela se comporta, mas de tal maneira que oriente práticas de ensino dessa ciência, estamos buscando compatibilizar a utilização dos *conceitos unificadores* numa perspectiva epistemológica e pedagógica.

Na *dimensão epistemológica*, localizar e indicar possibilidades que contribuam para não incorrer em certos excessos cometidos no desenvolvimento (e na divulgação) da Ciência, a exemplo da concepção positivista que primava pelo racionalismo em detrimento de outros fatores que influenciaram o desenvolvimento da própria Ciência; para levar em consideração os processos de produção científica, abarcando as discussões de Ciência e de conceitos, como o de energia, sem absolutizá-los, nem deixá-los à margem dos compromissos sociais e culturais.

Na *dimensão pedagógica*, propiciar a relação entre tópicos de uma área do saber e entre as áreas, de modo a possibilitar abordagens mais amplas dos fenômenos. Nesta visão, conferir aos envolvidos, sejam alunos ou professores, um instrumental básico que os oriente

e capacite para avançar na significação dos conceitos e, assim, progredir nas atividades que envolvem abstrações. É condição para romper com o imediatismo do senso comum, transcendendo para relações mais complexas, compatíveis com os referidos níveis de ensino. *Energia*, por exemplo, por fazer uso de um instrumental matemático que permite, por um lado, grandes generalizações e, por outro, condensações acerca das transformações e conservações que ocorrem na natureza, assume a condição de conectar diversos conhecimentos dos presentes de modo fragmentado no processo de ensino-aprendizagem, principalmente do ensino médio.

O repensar e reestruturar as diversas áreas com base nas características dos *conceitos unificadores* também visa minimizar as dificuldades que os alunos enfrentam - diante de situações diferenciadas das tidas em sala de aula -, face aos diversos conhecimentos que, usualmente, lhes são apresentados de forma independente uns dos outros. Sua importância pode ser sentida no estudo sobre os objetos reais do cotidiano, ao evidenciar transformações e regularidades e, a partir delas, produzir entendimentos de modo a atingir níveis mais avançados de abstração. A utilização dos *conceitos unificadores* contribui para situar o que há de comum nos objetos e, mesmo na ausência do objeto concreto, para que a sistematização já efetuada permita ações e transformações no objeto de estudo. Tal característica facilita estruturar atividades no ensino de Física, de Química e de Biologia, seja de abrangência disciplinar ou interdisciplinar.

Por não serem considerados teorias, os *conceitos unificadores* não estão limitados a uma única área, nem a um único paradigma da Ciência, condição que lhes permite desdobrar e associar conteúdos independentemente de restrições a tópicos ou áreas, e efetuar incursões em outros campos de estudo. Facilitam a organização de unidades de ensino com possibilidades de estruturar os conhecimentos de forma mais abrangente, independentemente destes pertencerem, por exemplo, à Física clássica ou à moderna. Neste sentido, são amplas as possibilidades para romper ou superar as barreiras rígidas, impostas na organização curricular do ensino tradicional.

O conhecer histórico e socialmente determinado, conjuntamente com a utilização dos *conceitos unificadores*, pode enriquecer as discussões referentes às abordagens, no plano curricular, seja em cursos de formação de professores de CN, seja em debates com os professores em serviço. Estruturações curriculares (e de atividades de ensino), voltadas para um processo de ensino-aprendizagem mais contextual, devem ocorrer à medida que os

professores forem diretamente envolvidos em discussões e problematizações sobre os conhecimentos que aprenderam em seus cursos, de forma fragmentada, dissociada e, à medida que ressoarem significativas, possam rearticulá-los em sua mente e modificar a forma de tratá-los na prática pedagógica.

O desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, de forma a relacionar conhecimentos, pode ser viabilizado com a exploração de *temas*¹² de importância do meio em que vivem os educandos, associando-se conhecimentos de Ciência e Tecnologia, o que é compatível com os *conceitos unificadores*, apesar de suas diferenciações. A consideração, no processo de ensino-aprendizagem, de aspectos significativos para os estudantes, corresponde, além da criação de espaços para o diálogo crítico, à busca simultânea dos focos principais que norteiam as tentativas dos estudantes em compreender a realidade.

Em Angotti (1991), evidenciamos que as *dimensões epistemológicas e pedagógicas*, presentes nos *conceitos unificadores*, são de caráter distinto da *dimensão ontológica*, que sustenta o ensino de Ciências Naturais através de *temas* (no sentido freiriano). As concepções de Freire, de *tema gerador*, são fortemente determinadas pela *dimensão ontológica*, qual seja, a determinação de temas que estejam em sintonia com o cotidiano dos envolvidos no processo. Assim, reafirma-se a prevalência dos determinantes sociais e das visões de mundo, pautadas pelo senso comum, com relação aos temas a considerar. Para Angotti (1991:108), os *conceitos unificadores* são complementares aos *temas*, por carregarem a *veia epistêmica* e que, no campo cognitivo, “constituem ganchos teóricos que podem articular/organizar conhecimentos aparentemente distintos em níveis intra e interdisciplinar. Por consequência, minimizam o risco de fragmentação”.

Os *conceitos unificadores* permitem que se organizem currículos, atividades de ensino e, enfim, o ensino de CN, nos diversos âmbitos, e, em cada âmbito, de maneira diferenciada. No Ensino Fundamental, os estudantes aprendem, também, o significado, a conceituação de *transformações, regularidades, energia e escalas*, o que equivale a dizer que o aspecto de conteúdo específico vai ser explorado. Neste caso, ou são considerados teorias, ou se assemelham a elas. No Ensino Médio, os *conceitos unificadores* também podem ser estudados enquanto potenciais para auxiliar na articulação das atividades pedagógicas. Por exemplo, para favorecer o entendimento sobre o “consumo de energia

¹² Paulo Freire (1987) afirma que os *temas* existem nos homens, em suas relações com o mundo, referidos a fatos concretos.

elétrica” em diversos aparelhos, pode-se estabelecer certas relações entre aparelhos e/ou seus componentes: a maioria dos aparelhos funciona sob a mesma tensão e frequência; as diferenças entre comprimentos de resistores, como nos chuveiros, e entre espessuras, no caso das lâmpadas, estão diretamente relacionadas à *quantidade de energia* que transformam. Esse aspecto é apontado, também, nos PCN - Ensino Médio.

Os *conceitos unificadores* foram e estão sendo utilizados em várias ações pedagógicas e têm servido como referência nas intervenções realizadas em vários níveis de escolaridade (diversos níveis de profundidade e crítica), bem como na produção de material instrumental e didático. Como exemplos, podemos citar os trabalhos desenvolvidos no âmbito da SME/SP durante os anos 1989-1992 e no Pró-Ciências/SC, nos últimos anos.

5. ESTUDOS INTERDISCIPLINARES E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Neste capítulo discorreremos sobre a pesquisa empírica efetuada na formação de professores da área de Ciências Naturais. Configuramos as atividades em duas *unidades de ensino* colaborativas, interdisciplinares, do planejamento à execução, com a participação direta dos docentes. A partir da idéia de temáticas contemplamos a formação continuada de professores, e da idéia de Situações de Estudo a formação inicial. Ambos os trabalhos carregam traços da *pesquisa de estudos de caso* e da *pesquisa participante*.

5.1. Questões metodológicas

Diante das características que assumiram os trabalhos que realizamos tanto na formação inicial quanto na continuada de professores, para configurar a pesquisa realizada, recorreremos à *pesquisa de estudo de caso* e à *pesquisa participante*. À *de estudo de caso* - uma vez que essa tipologia visa investigar casos de uma realidade que é, ao mesmo tempo, “multidimensional e historicamente situada” e encerram em si um valor intrínseco -, e à *pesquisa participante* - particularmente pela nossa intervenção, em várias ocasiões, nas atividades pedagógicas, tanto no planejamento quanto na execução.

Conforme Lüdke e André (1986: 18-23), a pesquisa de *estudo de caso* “visa à descoberta”. Ainda que fundada em pressupostos iniciais, enfatiza a “interpretação em contexto”, o que deve levar a “uma apreensão mais completa do objeto”; ao focar uma situação-problema estabelece inter-relações entre os conhecimentos; recorre a “uma variedade de fontes de informação” ao longo do caso em estudo, via observação direta, entrevistas, gravações, conversas informais, etc; viabiliza “generalizações naturalísticas” para possibilitar a associação de dados da investigação com os da experiência própria do pesquisador; procura representar os diferentes e conflitantes pontos de vista decorrentes da situação-problema. Além disso, os “relatos do estudo de caso utilizam uma linguagem e uma forma mais acessível do que outros relatórios de pesquisa”.

Embora não hajam fronteiras nítidas de separação, as autoras consideram que o desenvolvimento de um estudo de caso siga três fases: a *exploratória* (mais aberta), a *coleta de dados* (mais sistemática), e a *análise e interpretação dos dados*. A flexibilidade que assume a *fase exploratória* permite que “seja enfocada sob diferentes pontos de vista, envolvendo discussão e debate”. Ainda que as hipóteses não estejam claras a ponto de prever o “jogo das variáveis”, “intuições iniciais que aguçam o interesse do investigador” podem ser suficientes para iniciar um estudo de caso. Assim, ao invés de seguir visões predeterminadas da realidade, indica “aprender os aspectos ricos e imprevistos” que envolvem o recorte feito, articulados com a experiência do investigador; “captá-la como ela é realmente, e não como se quereria que fosse”. Os dados obtidos podem ser representados sob diversas formas e os relatos escritos assumir um “estilo informal, narrativo” e ilustrativo.

É importante ao pesquisador conhecer bem o assunto para que possa inserir-se na realidade em foco, relacionando e efetuando a coleta de dados de forma eficaz e, assim, estudá-la para poder vislumbrar possíveis soluções, auxiliando os que nela atuam mais diretamente e propiciando a visão particular dos diferentes atores nele envolvidos. Por sua “virtude” de adequar o caso em estudo ao estilo da “experiência pessoal” dos prováveis leitores, a generalização de um estudo de caso para outros contextos estará vinculada à vontade própria do leitor e do usuário. Isso poderá ocorrer ao traçar semelhanças ou diferenças, “fazer generalizações e desenvolver novas idéias, novos significados, novas compreensões”.

Enfim, uma vez que este tipo de pesquisa não prescreve “hipóteses que orientem a coleta de dados”, oportuniza e atribui ao pesquisador maior autonomia para fazê-las.

A natureza flexível do estudo de caso favorece exatamente o crescimento do âmbito do estudo para abrigar novas suposições que venham tentar explicar os problemas constatados. E aí, no calor da corrente vital apreendida pelo caso, o pesquisador propõe suas próprias explicações, baseadas em tudo o que sabia antes de começá-lo, mas sobretudo em tudo o que aprendeu ao realizá-lo. (Lüdke e André, 1986: 58)

Por sua vez, a *pesquisa participante* consiste de uma “alternativa epistemológica” na qual pesquisadores e pesquisados são considerados sujeitos da produção de conhecimento (Veiga, 1985), ainda que a preocupação participativa possa estar “mais concentrada no pólo pesquisador do que no pólo pesquisado” (Thiollent, 1984: 83). Demo (1995: 308-9) a considera uma proposta metodológica fundamental e necessária para mudar

a realidade, e aponta alguns importantes êxitos dessa tipologia: a “união de teoria e prática”, por entender que a prática é “necessidade da teoria” e, também, produtora de conhecimento; a “conjugação de saber e mudar”, por valorizar o engajamento de pesquisadores e professores na “construção de contra-ideologias”, consorciando o saber popular com outros saberes, de modo a criar “bases mais realistas de processos emancipatórios”; a “crítica ao atrelamento da ciência ao poder”, por questionar o “elitismo da ciência” e à propalada neutralidade desta para acobertar intencionalidades obscuras; a “percepção pelo aprender a aprender”, por enaltecer o aspecto construtivo.

Para Campos (1984) a *pesquisa participante* vem tendo interesse especial nas experiências da educação popular, à medida que busca valorizar o saber popular, o respeito pelo ritmo próprio dos envolvidos, portanto, sujeitos do processo. Visa conhecer melhor certos aspectos da realidade e assim poder agir sobre ela. Implica estabelecer um canal aberto de troca e, ao mesmo tempo, questionamentos, ainda que indiretos, das práticas investigadas. Ao associar o conhecimento à realidade dos pesquisados (integração do conhecimento da realidade às atividades suscitadas pela investigação), e considerando que todos participantes aprendem e auxiliam na aprendizagem, os “observados” são vistos como sujeitos do processo de investigação. Em Boterf (1984: 70) vemos que os pesquisados têm acesso ao saber à medida que participam da elaboração desse saber. É a condição para se apropriarem da pesquisa, para serem participantes do processo. Segundo esse autor (:81) há a necessidade de uma busca permanente para combinar e equilibrar as intervenções dos especialistas e as dos pesquisados.

No âmbito escolar, a pesquisa participante coloca pesquisador em contato direto com o ambiente da sala de aula, facilitando as trocas entre esse e os professores. De um lado, o pesquisador contribui na escolha de temas, nas indicações bibliográficas, nas orientações sobre o desenvolvimento do trabalho de pesquisa, e de outro, além dos dados para a pesquisa, adquire conhecimentos e experiências sobre a prática pedagógica.

Nessa ótica, a escola não é concebida como um mero espaço ou local de aplicação de propostas e de coleta de dados. Segundo Campos (1984: 65), a “experiência mostra que só os resultados de trabalhos realizados com a escola têm possibilidade de modificar a prática concretamente seguida por ela”. Se os professores se iniciam também na pesquisa, ampliam-se suas condições de continuar o tipo de trabalho iniciado com a participação do pesquisador “externo”.

A dimensão educativa da pesquisa participante expressa-se, no caso da escola, na forma de uma apropriação, por parte dos professores, de instrumentos de análise e observação que são de domínio dos pesquisadores educacionais, como por exemplo técnicas de observação e registro do trabalho em sala de aula. Aprendendo a usar essas ferramentas, o professor acaba por apropriar-se, também, de meios que o auxiliam a encetar, por si próprio, um trabalho de revisão e aperfeiçoamento de sua prática.” (Campos, 1984: 64)

A participação direta nas atividades da escola favorece a percepção e a vivência dos vários atores, condição essencial para compreender o que realmente ocorre em seu âmbito, e fazer a análise mais cuidadosa de trâmites, as vezes, pouco explícitos e que influenciam a prática pedagógica; favorece a inclusão de fatores na análise nem sempre perceptíveis por pesquisas de caráter mais amplo, além de criar as possibilidades de iniciar a transformação no momento e local da ação em curso.

O pesquisador, diante da realização conjunta do trabalho, tem ampliada sua condição de sentir e avaliar os impactos da pesquisa. Limites e possibilidades são percebidas durante o desenvolver das atividades, daí aumentando a relevância do estudo. Já os registros (de vídeo ou tape) permitem que o pesquisador observe a si próprio, e discuta com os colegas, o que pode levar a mudanças “em situação de trabalho”.

Para além dos aspectos favoráveis apontados, a pesquisa participante também tem recebido críticas (Campos, 1984; Demo, 1995), fator também considerado em nosso trabalho de pesquisa. Campos (1984), afirma que, com essa tipologia, corre-se o risco de o trabalho se tornar exercício rotineiro, de modo a desmerecer a devida análise crítica da realidade, o que poderia levar a reafirmar a realidade ao invés de transformá-la. Para Demo (1995: 310), entre outros aspectos, tem-se confundido “criatividade com desorganização e amadorismo”, a exemplo da substituição freqüente “do cuidado científico por conversas soltas, improdutivas, acobertadas por pretensos acertos ditos coletivos”; a valorização da vertente ideológica superior à do conhecimento; a dificuldade de “estabelecer a conjugação entre pesquisar e **participar**”, em que o pesquisador se deixou levar por ativismos ou participação pouco sistêmica, sem resultar em retorno à teoria (orientação maior pelo viés da participação do que pelo da pesquisa).

5.2. Unidades temáticas

À medida que ampliamos nossa compreensão sobre o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem com base na idéia de temáticas (Freire, 1987), nos damos conta da necessidade de rever a tradicional seleção prévia de conteúdos; da importância da dialogicidade para criar as possibilidades de uma interlocução mais efetiva entre educador-educando; de favorecer a produção conjunta do conhecimento e sua compreensão crítica da realidade.

Para Freire (1987), a dialogicidade da educação começa na *investigação temática*, que, por sua vez, é ponto de partida para a escolha e organização das *unidades temáticas*. Ela inicia ao se considerar o conhecimento dos educandos desde a organização programática do conteúdo e é ampliada à medida que o professor se atém às suas inquietações e ao que se passa com eles. É tarefa do professor problematizador fazer com que os envolvidos cheguem a revelar a consciência que têm em relação ao que se está estudando. Ao tratar a respeito, tanto da metodologia da *investigação temática*, quanto da *educação problematizadora*, refere-se à questão de *temas significativos*, para que possam reconhecer dimensões relevantes da temática, bem como a interação entre as partes constituintes dessa.

A exploração de temas significativos da realidade dos alunos, numa perspectiva de alcançar compreensões mais amplas desta, procuramos viabilizar com o desenvolvimento de *unidades temáticas*. Os textos elaborados sobre conservação da massa da ciência clássica, conservação e degradação da energia da ciência contemporânea, a exemplo da *temática ambiental*, das *combustões*, constituem parte do instrumental didático das atividades estruturadas e desenvolvidas.

Priorizamos um trabalho em equipe interdisciplinar e a atenção à exploração de fenômenos da realidade dos educandos, sejam físicos, químicos, biológicos. As atividades de ensino e pesquisa, na abordagem de temáticas, foram desenvolvidas, em diversos cenários, com docentes em formação continuada, da área de Ciências Naturais: Física, Química e Biologia, na Escola de 1^o e 2^o Graus Francisco de Assis - EFA/FIDENE/RS e com professores de escolas públicas da região de Ijuí/RS.

5.3. Estudo Interdisciplinar I: a formação continuada de professores

A partir da elaboração conjunta de um projeto de investigação direcionado a “Novas Perspectivas para o Ensino Médio: Área de Ciências Naturais”¹, iniciamos um novo e diferenciado trabalho na Escola de Formação Básica Francisco de Assis (EFA)². A EFA, ao longo de sua existência (desde 1968), tem assumido uma postura para o desenvolvimento de um processo de ensino-aprendizagem que acompanhe as demandas de seu tempo, com abertura a novas idéias didático-pedagógicas, embora haja dificuldades para sustentar algumas condições que isto requer.

A EFA visa um ensino que, pelo conhecimento em si, pela sua construção, bem como sua aplicação, contribua para a formação do cidadão (um ser pleno, capaz de se perceber enquanto intérprete e sujeito do seu meio político-social). A escola objetiva formar sujeitos competentes, críticos, participativos, tanto em nível profissional, quanto social. E isso só é possível a partir de uma postura democrática da escola na sua composição enquanto pais, alunos, professores e equipe diretiva.

No entanto, há o reconhecimento de que, na prática, a proposta pretendida para o ensino médio encontra dificuldades para sua efetivação, uma vez que é uma modalidade de ensino que ainda busca sua identidade. No desenvolvimento de cada disciplina, o ensinar e o aprender, muitas vezes pela pressa e pela tendência imediatista, confundem-se com a idéia de resultado, perdendo sua característica de processualidade, onde está em jogo o conhecimento, a formação do cidadão, a preparação para o trabalho e o próprio vestibular como forma de acesso ao terceiro grau. Neste sentido, o amadurecimento da proposta da EFA precisa acontecer na ampliação dos canais de discussão e integração interdisciplinar, o que só será possível com a intensificação da busca coletiva e a realização constante do trabalho de modo a enfrentar mais acirradamente as questões pedagógicas interdisciplinares, metodológicas e a própria avaliação.

¹. Ver anexo I.

². A EFA está localizada no Bairro São Geraldo, em Ijuí/RS, próximo à antiga sede da UNIJUI. É uma das mantidas da FIDENE (Fundação de Integração, Desenvolvimento e Educação do Noroeste do Estado). Face a essa vinculação, os alunos da escola contam com a estrutura da Universidade de Ijuí - UNIJUI - para a realização de atividades diversas: laboratórios de Física, de Química, de Microscopia, Anatomia, Nutrição, Matemática, Computação, entre outros. Também contam com o acervo da biblioteca da UNIJUI e com a colaboração de alguns departamentos, principalmente em projetos que visam a melhoria do processo de ensino-aprendizagem na escola.

O Projeto Político-Pedagógico da escola contemplava um espaço/tempo de 4 horas semanais, em três quartas-feiras de cada mês (das 13h30min às 17h30min), para encontros dos professores do ensino fundamental (de 4^a a 8^a série) e do ensino médio. Nesse período, semanal ocorriam reuniões, ora conjuntas no coletivo de professores de ambos os níveis, ora com os de cada nível separadamente e ora entre áreas específicas. Foi a partir de reuniões por área que iniciaram as discussões para desenvolver atividades interdisciplinares. Realizamos alguns encontros, boa parte informais, nos quais foram realizadas discussões em torno do que significa ser professor e questionando práticas vigentes. Buscávamos preparar o terreno para a estruturação e o desenvolvimento de atividades colaborativas/interdisciplinares.

Como em nosso país a formação sistemática de professores da área de Ciências Naturais, em torno de temáticas, de forma interdisciplinar, está longe de ser uma realidade, o desafio inicial foi conseguir envolvê-los em atividades que enfocassem esta tendência para, paulatinamente, comprometê-los. Envolver/comprometer os professores em atividades colaborativas, interdisciplinares e investigativas que pudessem inquietá-los e desafiá-los em suas concepções de ciência, de “ser professor”, de forma a assumir e explicitar suas limitações em termos de conteúdos e de metodologias, sem constrangimento.

Propostas como a desenvolvida no Ensino Fundamental do município de São Paulo no período de 1989-1993, as novas orientações curriculares apontadas pelos PCN e PRC, também serviram como indicativos, ao menos para realimentar as utopias e acreditar na possibilidade de desenvolver um processo de ensino-aprendizagem diferenciado do tradicional.

5.3.1. Primeiros momentos

As inquietações realimentadas por alguns professores da escola, a partir de um trabalho sobre o que significa ser professor nos tempos atuais, aliadas à vontade de melhorar o processo de ensino-aprendizagem, foram importantes na busca por novas opções. Aos poucos, inicialmente através de diálogos informais, de tarefas de busca de novos materiais didáticos, como textos, revistas, entre outros, configuraram-se em aproximações entre os componentes curriculares da área de Ciências Naturais e de outras áreas, deixando explícita a possibilidade de desenvolver um processo didático-pedagógico diferenciado do usual.

Acreditando que o conhecimento é uma conquista humana que se constrói na interação entre sujeitos e objetos de aprendizagem, principalmente em torno de atividades diretamente relacionadas ao cotidiano dos indivíduos, buscamos oferecer oportunidades e condições que contribuíssem para o desencadeamento do processo de formação do saber no âmbito escolar. Procuramos envolver os professores em trabalhos coletivos, inclusive quanto ao aspecto da responsabilidade coletiva em relação aos sucessos e insucessos da ação docente, de forma que esta não recaísse nos ombros de um ou outro em particular.

A concepção educacional norteadora das atividades, com suporte básico em Freire - por tratar de temáticas sociais, priorizando uma leitura crítica da realidade - e em Vygotsky - por sua contribuição quanto à abordagem sócio-histórica -, mostrava-se promissora. Denotava a necessidade de uma leitura inicial do meio, decodificação e apreensão de conhecimentos necessários para reinterpretá-lo e, na medida do possível, modificá-lo. Metodologicamente, priorizamos a dialogicidade entre educandos e educadores em torno de situações de vivência dos alunos.

Pretendíamos, com o planejamento e desenvolvimento de atividades interdisciplinares, principalmente envolvendo as disciplinas de Biologia, de Física e de Química no ensino médio, proporcionar ao educando melhores condições para agir em seu meio. Para tanto, em alguns encontros, buscamos traçar proposições norteadoras sobre os trabalhos que seriam desenvolvidos.

No ciclo de estudos realizados na semana que antecedeu o início das aulas de 1998, os professores da área de Ciências Naturais (um de Biologia – P1, três de Física – P2, P4 e P6 e dois de Química – P3 e P7), reuniram-se para o planejamento das atividades que seriam desenvolvidas no ensino médio daquele ano letivo.³ Nas reuniões realizadas durante a semana de 23 a 27/02/98, optaram para desenvolver um trabalho interdisciplinar na segunda série do ensino médio. Participariam diretamente os professores de Biologia, de Física e de Química, e ocasionalmente, de outras disciplinas que pudessem contribuir, a exemplo do professor de Geografia (P5). De modo a resguardar a identidade do “pesquisador externo” e, ao mesmo tempo, sinalizar a sua participação nesse Estudo Interdisciplinar, diremos que ele é um dos professores acima citados.

³. Para auxiliar na elaboração das atividades e perceber possíveis relações entre os conceitos, os professores elaboraram um mapa conceitual. Ver anexo II.

Diante das discussões sobre *temáticas* (Freire, 1987) e sobre *conceitos unificadores* (Angotti, 1991), particularmente o de *energia*, fizeram a opção por priorizar o “tema energia”. Consideraram importante a continuidade do que vinha sendo trabalhado na primeira série do ensino médio e a fecundidade do tema frente aos propósitos do grupo.

Aos poucos, os professores iam compreendendo que cada componente curricular da área de Ciências Naturais abordava conceitos, como o de Energia, com linguagens e enfoques diferentes, sem estabelecer inter-relações. Isso dificultava a busca por novas significações dos conceitos, no sentido de possibilitar-lhes uma compreensão mais articulada e ampla dos mesmos e de fazer desdobramentos, de modo a extrapolar as situações específicas de sala de aula.

Paralelamente, componentes do grupo sinalizavam para desenvolver um trabalho sobre a problemática ambiental, embora não houvesse clareza de como trabalhá-la em sala de aula no ensino médio. Era importante aproveitar o momento e explorar com os professores a idéia de que os currículos, metodologias e processos político-pedagógicos prevalentes nas escolas, em geral, levavam ao entendimento de problemáticas como a ambiental, de forma a ainda se restringir à visão naturalista, quase romântica.

O consenso mínimo, até hoje estabelecido, não passa da opinião segundo a qual algo de novo deveria ser elaborado, já que as várias disciplinas envolvidas nas questões ambientais demonstram cada vez mais abertamente sua impotência referente à necessária abordagem da estrutura complexa do meio ambiente. A sensação de desamparo profundo, frente à falta de fundamentos suficientes para a prática educacional, dirigida para a conscientização em relação aos problemas ambientais está onipresente. Por isso, não se pode esperar de ninguém uma solução rápida do impasse; deveríamos, no entanto, tentar, num esforço comum, contribuir com alguns elementos no mosaico cuja forma não pode ser antecipada. (Flikinger, 1994:198)

Para garantir uma compreensão mais ampla sobre esse tema relevante - a problemática ambiental -, uma vez que as noções de meio ambiente e educação ambiental são bastante polissêmicas, nos baseamos, também, em estudos de cunho filosófico. A falta de atenção para a filosofia educacional no desenvolvimento da educação ambiental, segundo Jickling (1992:5), tem permitido a difusão de idéias bastante questionáveis, enfoques pontuais e superficiais.

Insistimos na perspectiva histórica, na educação para um presente e futuro de melhor qualidade de vida para todos, no caráter relacional da dimensão ambiental e nas representações sociais de natureza e de meio ambiente, dimensões ainda incipientes no

âmbito escolar. De nossa parte, acreditamos que as reflexões e discernimentos com base na história e na filosofia da ciência têm importante papel nos desdobramentos que podem ser desencadeados, de modo a permitir deslocar o eixo de compreensão homem-ambiente. De uma visão simplista, com o homem separado do ambiente e com a função de apenas explorá-lo, para uma visão mais ampla, considerando-o enquanto sujeito integrado com o mesmo, ciente da necessidade de sua conservação.

Consideramos importante o entendimento, por parte dos professores, de que não seria realimentando superficialidades que homens e mulheres chegariam à condição de mudar o curso atual de “convivência” no planeta; de que seria preciso refletir seriamente sobre os alertas de geocientistas, de que o *homo sapiens*, mesmo pertencendo à *esfera*⁴ planetária mais recente (a *noosfera*) e sendo fisicamente mais fraco do que muitas outras espécies, tornou-se tão poderoso que influi na extinção de outros animais e está levando quatro outras *esferas* “- a hidrosfera, a atmosfera, a criosfera e a biosfera – à iminência de mudanças drásticas” (Weiner, 1992:6).

Para trabalhar os conteúdos em torno de um tema comum (a exemplo da temática ambiental), buscamos organizá-los em torno de unidades temáticas (na diversidade), de forma que os mesmos estivessem relacionados entre si.

Encontramos respaldo na idéia dos *conceitos unificadores* para o tratamento científico e epistêmico do processo. Os professores perceberam no conceito energia um bom potencial para estabelecer relações entre tópicos de mais de uma área e com temas de outras áreas, como os de Fotossíntese e Reações Químicas. Para compreender as abordagens conceituais unificadoras, de modo a contribuir para uma prática pedagógica pertinente ao ensino de Ciências Naturais na perspectiva cultural, da ‘ciência para não cientistas’, ou melhor, da ‘ciência para todos’⁵, tomaram Energia como uma categoria unificadora para orientar o ensino/aprendizagem intra e interdisciplinar no ensino médio.

Os *três momentos pedagógicos*, de Delizoicov & Angotti (1992), a *problematização inicial*, a *organização do conhecimento* e *aplicação do conhecimento*, subsidiaram as atividades de sala de aula. Por um lado, buscava-se ter uma boa noção do conhecimento dos alunos sobre o assunto e, por outro, levá-los a perceber as limitações que possuíam para dar conta da compreensão e exploração do tema.

⁴. Weiner (1992:3-4) afirma que o planeta Terra é um sistema que possui sete elementos básicos (ou esferas) em operação, “tanto no sentido figurado quanto no sentido literal, em um número surpreendente de casos”. São eles: *Terra, Água, Ar, Fogo, Vida (biosfera), Gelo (criosfera) e Inteligência (noosfera)*.

⁵. Em Auth, M. e Angotti, J. (1999:02).

Para servir de parâmetro inicial para os estudos interdisciplinares e as atividades com os alunos, foi escolhido o texto *Gaia*⁶, de José Lutzenberger. Num primeiro momento, os professores leram o texto e se prontificaram para, na reunião seguinte, apontar possíveis tópicos a serem desenvolvidos pelos componentes curriculares de Ciências Naturais.

No encontro seguinte (27/02/98), de forma conjunta, (re)elaboraram o texto para ser utilizado nas atividades com os alunos, tendo como premissa a discussão do módulo de ensino realizado em torno do trabalho desenvolvido na 1ª série do ensino médio, no ano anterior. Assim, a atividade foi planejada para ser desenvolvida na 2ª série do ensino médio, quando então seriam retomados conceitos abordados na série anterior, o que possibilitaria perceber o grau de aprendizagem desses e, inclusive, ampliar sua significação, atentando para a complexidade inerente ao nível e série em questão. Entre os conceitos citados, alguns já trabalhados na primeira série do ensino médio, constam: Substância e Transformação Química (combustão, chuva ácida, efeito estufa); Transformação, Transporte e Conservação de Energia; Produção e Transformação de Energia na Cadeia Alimentar, Fotossíntese e Respiração. Outros conceitos iam sendo selecionados à medida que avançavam os estudos e debates relativos a cada temática em foco.

5.3.2. Trabalho desenvolvido em 1998

No começo do ano letivo, mais precisamente no dia 05 de março, foram envolvidas as três turmas da 2ª série, num total de 80 alunos. Inicialmente foi tratado do projeto interdisciplinar que seria desenvolvido com as três turmas. Feita a apresentação dos professores aos alunos e estes aos professores, foi discutida com todos a idéia da realização de um trabalho sistemático a partir de uma readaptação do texto *Gaia*.

Na aula do dia 06 de março, os professores fizeram uma problematização inicial com os alunos em torno do assunto para, por um lado, ter uma boa noção do conhecimento que estes tinham sobre o mesmo e, por outro, levá-los a perceber que o conhecimento que possuíam não era suficiente para dar conta da compreensão e exploração do tema, principalmente no caso de alguns conceitos que o artigo suscitava, a exemplo de vida⁷, energia, poluição e transformações bioquímicas do metabolismo energético. Procurava-se

⁶. O texto completo é encontrado no site www.fgaia.org.br/texts/t-gaia.html

⁷. É de se observar que o texto *Gaia* traz a hipótese do Planeta como um ser vivo, aspecto merecedor de discussão uma vez que extrapola o conceito habitual (ou científico) de vida.

criar condições para que os alunos pudessem ficar cientes de aspectos que limitassem a compreensão de algo (e com possibilidades de superá-los), uma vez que isso serve como importante fator de motivação para novas aprendizagens.

Na aula seguinte, os alunos leram, silenciosamente, o texto e fizeram apontamentos de partes do mesmo que não compreendiam. Em seguida, foi realizada a leitura coletiva do texto, com os alunos expondo suas dificuldades de compreensão. A dinâmica de trabalho, com questionamentos que permearam a exploração do texto e as derivações subseqüentes, desencadeou direcionamentos nem sempre previstos. Foram diversas as questões levantadas e que serviram de base para explorações posteriores, entre elas: Quais as condições necessárias para a origem e manutenção da vida em nosso planeta? Que relações têm a temperatura, os gases, a água, e as próprias interações entre seres vivos? As plantas sobrevivem sem a existência dos animais e vice-versa? Qual o papel dos “decompositores”, como fungos e bactérias, na manutenção das condições ambientais?

Na seqüência das aulas, atentou-se para a complexidade que existe, tanto na integração do homem com o ambiente, quanto com o instrumental que a C&T possibilitou desenvolver para auxiliar/facilitar essa integração. Rosa (1992:45) salienta a importância de se associar o conceito de biodiversidade ao de sócio-diversidade como estratégia de eco-desenvolvimento.

Os professores procuraram dar certa ênfase à questão ambiental como estando inserida numa problemática maior, fazendo parte, entre outros, dos aspectos culturais, sociais e políticos e, como tal, devendo ser compreendida nas relações sociais. Os professores consideraram importante a ampliação do espectro das relações, uma vez que essa deve estar ligada a outras questões, contempladas nas suas origens e nas suas conseqüências.

Foram geradas discussões sobre a degradação de ambientes como o da Amazônia, salientando que a depredação destes não traz melhores condições de vida para as populações que ali habitam e suas circunvizinhanças. Ao invés de derrubar parte da floresta e preservar outra, seria mais importante pensar na sua conservação como um todo, mas com atividades econômicas planejadas. Que haveria de se encontrar soluções mais criativas, uma vez que o homem precisa tirar seu sustento de algum lugar e, ao mesmo tempo, conservar o ambiente no qual convive.

Provavelmente, com a continuidade dos trabalhos e das investigações sobre a problemática ambiental, venham a compreender o que Menezes situa como o maior desafio

da humanidade: “superar seus limites de espécie, inscritos em seu DNA, compreender-se ser de cultura, inseparável da biosfera, e desenvolver uma nova ética, articulando conhecimento natural e valores universais”.⁸

Exploraram a idéia da Biosfera⁹ - o conjunto dos componentes biológicos e sua correlação com outras *esferas*, concebendo o homem incluído juntamente com os elementos físico-químicos -, visando ampliar o grau de percepção acerca do condicionamento existente entre as outras *esferas* e a vida e da interação e evolução das coisas de forma imbricada.

A relação dos seres vivos com o ambiente mereceu boa atenção nos trabalhos desenvolvidos com os professores e alunos, embora uma maior clareza foi possível, posteriormente, a partir de Moraes (1998: 42-3), principalmente, com o entendimento da concepção *co-evolução*. Para o autor, “a co-evolução dos sistemas biológicos e físico-químicos criou as condições para o desenvolvimento dos seres humanos, que introduziram um novo tipo de interação: a interação humana”; a interatividade desses sistemas pode ser considerada “consequência de uma característica intrínseca aos seres vivos: sua natureza biológica e físico-química, de modo que a evolução dos dois tipos de sistemas pode ser entendida como ocorrendo de forma interconectada e interdependente.”

O estudo sobre a *origem da vida* e seus reflexos na dinâmica da evolução do ambiente compreendeu a idéia da evolução conjunta dos seres vivos e do ambiente, para facilitar o entendimento da questão do *equilíbrio/desequilíbrio*; ou a de que não há equilíbrio estático, uma vez que o universo e suas partes estão sempre mudando, ora em períodos breves, quase instantâneos, ora em prazos muito longos, remotos e distantes de nossa experiência comum, daí aparentemente em equilíbrio.

Nas reuniões dos professores, realizadas paralelamente ao desenvolvimento das atividades, com os alunos, durante as três semanas que seguiram o início das atividades com base na exploração do texto sobre Gaia, discutiu-se algumas possibilidades de desmembramentos de “subtemas”, de modo a resultarem em outras atividades a serem

⁸. Projeto Desafios (2001).

⁹. O termo “biosfera”, de acordo com Weiner (1992:4), foi cunhado pelo geólogo suíço Eduard Suess, no século XIX, ao incluir a vida no globo (em suas esferas). Este termo foi retomado (e consagrado) em 1920 pelo geoquímico russo Vladimir Vernsky. Mesmo vindo de longa data, ainda hoje persistem dificuldades em determinar sua extensão, principalmente em relação à existência de formas de vida em condições bem diferenciadas das que estamos acostumados, tais como bactérias, “fósseis vivos” nos vulcões e profundezas do oceano (Maddox, 1998) e, mais especificamente, a “bactéria *Polaromonas vacuolata*, que vive quilômetros abaixo da superfície, nos pólos, sob temperaturas dezenas de graus abaixo de zero”. Oliveira Filho (2000: 04)

trabalhadas de forma interdisciplinar ao longo do ano letivo. As atividades até então desenvolvidas ficaram num âmbito mais geral, numa visão mais ampla da problemática. Os professores sentiram a necessidade de estruturar “temáticas menores”, para melhor organizar e explorar os conteúdos de cada disciplina sem dissociá-los da “temática maior”.

Do trabalho até então realizado, emergiram algumas questões que assumiram um certo caráter norteador das atividades que seriam desenvolvidas na sequência dos trabalhos com os alunos:

- 1) Qual a importância de se entender como ocorre a interdependência dos seres vivos? Quais as relações entre alimentação, respiração (aeróbica e anaeróbica) e fotossíntese (reagentes e produtos)? Qual o papel dessa interação na manutenção das condições de vida na Terra (Ciclos Biogeoquímicos, Teias Alimentares e Equilíbrio ou Desequilíbrio Ecológico)?
- 2) De onde provém a energia solar? Como ela chega até nós? Como é transformada e como interfere no ambiente?
- 3) Como se processam as combustões incompletas e quais as consequências para o meio ambiente? Como se forma a chuva ácida e o efeito estufa e que interferências provocam na atmosfera?

A partir dessas questões, foram definidos alguns *temas* que pudessem contemplar esses aspectos a serem desenvolvidos com os alunos (denominados de *temáticas menores*): “a água como solvente e regulador térmico”; “capacidade respiratória” e “combustões e relação matéria-energia”. Em todas estas atividades estiveram envolvidos diretamente os componentes curriculares da área de Ciências Naturais.

Temática 1. A água: solvente e regulador térmico

A partir das discussões de sala de aula, os professores perceberam a importância desse estudo para dar sequência aos trabalhos iniciados dentro da temática ambiental e, também, à formação geral dos estudantes. Para além dos alertas veiculados pela mídia sobre a escassez da água e o bem precioso que a mesma representa para a humanidade, considerou-se necessário seu estudo em relação ao metabolismo humano, à sua relação com as condições ambientais provocadas pelo ciclo da chuva, pela sua capacidade de absorver grande quantidade de energia radiante (faixa do visível) e reemitir-la na faixa do infravermelho (calor).

Agora citamos alguns conhecimentos relacionados à disciplina:

a) de Biologia

- Reações metabólicas (fotossíntese X respiração/fermentação);
- Transporte;
- Osmoregulação;
- Regulação térmica (em animais);
- Ciclos biogeoquímicos.

Ao estudar a importância desses processos, foram feitas relações com os ciclos d'água, do oxigênio, do carbono, do nitrogênio, a decomposição, a cadeia alimentar (alimento e digestão), e a manutenção da temperatura corporal. Foram realizados estudos e sistematizações sobre a adaptação dos seres vivos em diversos ambientes (e como estes ambientes interferem no desenvolvimento da vida, da saúde); sobre a fotossíntese (organismos que realizam o processo, reagentes e produtos, importância e função); sobre a respiração e fermentação (relações: alimentos x digestão x energia x respiração); sobre a água como regulador orgânico (excreções, equilíbrio de sais, água como base da saliva e do suor).

b) de Física

- Energia: transformações e conservação;
- Energia e seletividade das radiações: o fenômeno da transparência da água e a transferência de energia para regiões abaixo da superfície;
- Processos de propagação do calor;
- Calor específico, capacidade térmica, calor latente e sensível e temperatura;
- A energia nos ciclos de água e mudanças de estado físico;
- Pressão e aspiração.

Questões e considerações marcantes

- Como o planeta consegue manter temperaturas bastante estáveis, inclusive à noite, mesmo sem receber energia radiante do Sol nesse período (como a energia se mantém no ambiente)?
- Nas regiões litorâneas do Sul do país, dificilmente se formam geadas. Que fatores contribuem para isso? Por que a temperatura, principalmente junto à orla marítima, não varia tanto, se comparada com outras regiões, incluindo desertos? Pode-se afirmar que a água é o regulador térmico do Planeta, uma vez que ocupa em torno de 3/4 da superfície terrestre e tem uma grande capacidade térmica?

- Estudo do sistema de distribuição local de água e a Física no seu funcionamento (na estação de tratamento; na extração de água das fontes para abastecimento: rios, lençóis subterrâneos, poços artesianos e a física; na distribuição da água).

Espectro eletromagnético e comportamento dual da luz

Para entender como a energia solar consegue chegar até a superfície do planeta e sua influência em diversos fenômenos que acontecem na biosfera, foram estudados o espectro eletromagnético e o comportamento dual da luz. Os estudantes ficaram interessados em compreender como a radiação solar consegue interferir em tão variado número de situações. Entre elas, no organismo (bronzamento, câncer de pele, visão, ...), na atmosfera (sua relação com a camada de ozônio, o arco-íris, ...), na água (no aquecimento, na evaporação, na sua capacidade de penetrar até uma certa profundidade ...). Para seu estudo (o espectro todo, e em especial a radiação visível), os professores utilizaram transparências, vídeos, artigos e textos, de modo a enfatizar o comportamento dual da luz.

c) de Química

- A água como solvente: propriedades físico-químicas da água;
- Natureza microscópica da matéria e polaridade da água;
- Forças intermoleculares (pontes de hidrogênio);
- Formação das soluções (interação entre as substâncias e quantidades envolvidas);
- Soluções que ocorrem no interior dos organismos vivos (70 % de água nos humanos).

Questões marcantes

- Por que a água é considerada solvente universal?
- Como podemos explicar a existência do gás oxigênio dissolvido na água?

Comentário

Numa das aulas, quando do ensino sobre fotossíntese, os professores de biologia simplesmente falavam em luz, dando a idéia de que é a claridade o elemento essencial para a realização da fotossíntese (e os alunos acabam entendendo assim). Numa das reuniões do grupo participante dos trabalhos interdisciplinares, foi retomada e discutida essa questão e a orientação decorrente indicou explorar o processo da fotossíntese sob o enfoque do “conceito unificador energia”, o que pareceu viável aos professores. A partir daí, uma das

professoras de biologia (P3) resolveu investigar sobre como a energia se manifesta e interfere nesse processo da fotossíntese. Sugeriu-se que essa preocupação fosse passada, também, aos alunos participantes da temática.

Temática 2. Capacidade Respiratória

O desenvolvimento desta temática iniciou com os debates e estudos sobre a capacidade respiratória das pessoas. Com a utilização de um garrafão e uma mangueira, foi realizada a atividade experimental sobre a capacidade respiratória de alunos da turma¹⁰. Também foram estudados conceitos de Biologia, de Física e de Química.

Uma derivação, ocasional (não planejada previamente), dessa atividade foi o estudo sobre a capacidade respiratória de um camundongo e as comparações feitas com a do homem e de animais como o elefante. Questões feitas pelos alunos nas aulas foram retomadas na reunião de planejamento (06/05/98), o que suscitou atividades de investigação. Descobriu-se que o rato tem um metabolismo maior que o do homem (proporcionalmente: massa/quantidade de oxigênio), uma vez que sua superfície de contato com o ambiente (área externa) é, proporcionalmente, em torno de 17 vezes maior do que a do homem. Esse fator é responsável por uma maior taxa de transferência de energia térmica para o ambiente, o que requer do camundongo uma maior quantidade de alimento e de oxigênio se comparado proporcionalmente à massa do homem. A partir destas discussões, percebeu-se que outros conteúdos, como o de taxa de transferência de calor, poderiam ser abordados.

Nessa temática foram estudados, principalmente, os seguintes conteúdos relacionados à disciplina:

a) de Biologia

- Função da respiração, respiração pulmonar x respiração celular;
- Importância dos gases para a manutenção da vida;
- Luminosidade/fotossíntese e transformações de energia;
- Manutenção da temperatura corporal.

¹⁰. Ver o experimento “estudo dos gases”, no anexo III.

b) de Física

- Taxa de transferência de energia térmica (influência da área superficial);
- Pressão e diferenças de pressão;
- Diferença de temperatura;
- Processos de propagação do calor.

c) de Química

- Composição atmosférica;
- Comportamento dos gases (pressão, volume, temperatura, quantidade de matéria);
- Metabolismos dos diferentes seres vivos e conseqüentes gastos diferenciados de O_2 ;
- Combustão - Respiração - Energia - (Termoquímica);
- Realização da atividade experimental: “capacidade respiratória”.

Momento coletivo de sistematização

O grupo organizou, ao término do desenvolvimento das temáticas citadas, o “encontro de sistematização” do qual participaram as três turmas e os professores envolvidos no projeto. Na ocasião, foram retomados os principais conhecimentos até então trabalhados e, na seqüência, os alunos produziram textos.

Os professores (auxiliados pelos alunos) explanaram e discutiram os principais tópicos e conceitos de cada componente curricular das Ciências Naturais. A participação dos professores e da maioria dos alunos foi de tal forma enriquecedora que se pôde considerar essa atividade como um seminário de discussões.

Num segundo momento, ocorreu a produção textual dos alunos (sistematização dos conhecimentos aprendidos). Isso permitiu a consolidação de idéias e conceitos trabalhados ao longo da atividade, bem como a retomada de questões que haviam ficado em aberto e, ao mesmo tempo, desafiá-los a produzirem os textos que, posteriormente, foram retomados e analisados pelo conjunto de professores a fim de identificar a compreensão que os alunos tiveram. As imprecisões foram apontadas e discutidas com os educandos, proporcionando a retomada e reconstrução dos conceitos, de modo a que novos significados fossem atribuídos a eles, no contexto em que estavam inseridos¹¹.

¹¹. Veja no anexo IV, texto II, as frases dos alunos, passadas a eles, para orientar uma das suas (re)escritas textuais.

Temática 3: Combustões¹² e relação matéria-energia

As relações que foram feitas das combustões (queimadas, das emissões dos veículos ...) e da energia radiante do Sol com a problemática ambiental, na problematização e discussões iniciais, suscitaram a estruturação desta temática. Nas reuniões e encontros de planejamento foram apontados e organizados os seguintes itens:

3.a) Radiações provenientes das combustões

Questões problematizadas com os alunos

1. O que as combustões têm a ver com a energia? Explique!
2. É possível afirmar que numa combustão a massa se conserva? Justifique!
3. É possível afirmar que numa combustão a energia se conserva? Justifique!
4. Que relações são possíveis de se estabelecer entre as combustões e os seres vivos? Exemplifique!
5. Como é possível enxergar cores diferentes na chama de uma vela?

Atividades experimentais

- a) Combustão do papel;
- b) Combustão da vela;
- c) Combustão da lã de ferro (bombril);
- d) “Prova da chama”.

a, b, c) Com a utilização de uma balança de dois pratos, 01 folha de papel, 01 vela e 01 pedaço de bombril, foram realizadas combustões e problematizações em torno de algumas concepções como a *teoria flogística* e a *lei da conservação da massa*. Além disso, foi explorado o texto “Do fogo à lei da conservação da energia” (Auth, 1996:120-128).

d) Com o desenvolvimento da atividade “Prova da chama”¹³, buscou-se compreender a absorção e emissão de energia que ocorrem em nível atômico, particularmente quando um elétron, ao absorver energia, passa de níveis mais baixos a mais elevados e, ao retornar, emite certas quantidades de energia radiante, na faixa do visível do

¹². Mais detalhes sobre esta temática podem ser evidenciados no anexo V.

¹³. Ver anexo III.

espectro eletromagnético e na faixa do infravermelho. A parte teórica foi desenvolvida com base em alguns textos (Russel, 1994; Masterton, 1990; ...), explorando-se o modelo atômico de Bohr, o espectro eletromagnético, a estrutura de Lewis.

3.b) Ciclo do carbono

As problematizações e discussões iniciais revelaram um significativo interesse dos alunos sobre a participação do elemento carbono na composição de combustíveis e de alimentos e sua relação com a energia. Em relação a este tópico, foram investigados, discutidos e relacionados diversos itens, como:

- A fixação de carbono pelas plantas;
- O carbono na composição dos combustíveis;
- Energia de ligação química (termoquímica); Energia entre as moléculas (forças intermoleculares, dissolução, entalpia, entropia, ...); Como se manifesta a liberação de energia numa combustão;
- O desequilíbrio provocado frente à emissão, pelas máquinas térmicas, do CO₂ e do CO dos combustíveis fósseis oriundos do interior da Terra e a avaliação do efeito global da presença dos mesmos na atmosfera;
- Eficiência das máquinas térmicas e possibilidades de melhorar rendimentos;
- Utilização e importância dos catalisadores nos automóveis.

3.c) Fusão nuclear no Sol e radiações

As problematizações e discussões iniciais não só deixaram explícita a importância da energia solar para a fotossíntese e para a vida no Planeta, como também a origem de toda essa energia irradiada. Diante disso, foram exploradas as seguintes atividades:

1. Massa e Energia: invariantes? Conversíveis?

O que acontece, em nível microscópico, numa reação de “combustão”, numa fissão e/ou fusão nuclear? De onde resulta a energia nesses tipos de reação? Há transformação de massa em energia? Ou a massa e a energia continuam a se conservar de forma independente uma da outra?

Um tipo de problematização que pareceu bastante oportuna foi a reação nuclear da fusão do Hidrogênio em Hélio:



com massa total inicial ($m_i = 4,028200$ u.m.a.), maior do que a final ($m_f = 4,024695$ u.m.a.). A diferença entre as massas (0,003505 u.m.a) não é prevista ou explicada pela teoria clássica; a energia liberada na reação é de (3,27 MEV ou $5,24 \cdot 10^{-13}$ J). Os cálculos foram realizados com a equação $E = M \cdot c^2$, onde E é a energia liberada, M a variação de massa e c a velocidade da luz.

O que ocorre afinal? “Conversão de massa em Energia”? Conservação da massa-energia ou conservação das duas grandezas independentemente?

A partir dessas questões foram geradas discussões com os alunos, de modo a explicitar que nem tudo é consenso nas ciências, tal qual o fazia crer o ensino centrado na Ciência Moderna.

3.d) Aproximação com a epistemologia

A continuidade dos trabalhos de investigação sobre combustões (Auth e Angotti, 1999) possibilitou mapear algumas discussões e polêmicas sobre as interpretações:

a) Uma das interpretações assume que energia e massa têm sido conservadas cada uma separadamente, ou seja, massa e energia não são interconvertíveis. Por exemplo, numa reação, a variação de massa indicada é apenas aparente, porque as partículas (fótons) liberadas na reação carregam massa correspondente à sua energia (os 3,27 MEV no exemplo acima). De seu lado, a energia liberada (cinética dos fótons) é obtida às custas de um rearranjo de posição das partículas nucleares, com redução da energia potencial interna dessas partículas nos núcleos produtos. Assim, temos para essa interpretação a conservação independente de massa e de energia.

b) Outra interpretação é a da equivalência entre as duas grandezas (massa e energia), uma vez que a relação de igualdade é estabelecida pela velocidade da luz (c): a conservação passa a ser atribuída ao par de grandezas. Com o advento da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade, apontou-se para a questão da relação Massa-Energia, anunciada por Einstein, em 1905, em sua teoria especial da relatividade, quando afirmou que toda massa, necessária e inevitavelmente, tem energia. Isto tem sido aceito pelos físicos em geral e testado em inúmeros experimentos de alta precisão. Desde Einstein é aceito um só princípio mais amplo: o da *conservação da energia*, que pressupõe, inevitavelmente, a *conservação da massa*.

c) Uma terceira interpretação é a que atribui ao processo a conversão de massa em energia, sendo bastante utilizada em vários textos de segundo e terceiro graus, tanto de Física como de Química (Hallyday & Resnick, 1992; Russel, 1994, Gleiser, 1997).

As reflexões sobre combustões, com base na idéia de temas antitéticos (Holton, 1979), nos levaram a perceber que essas três interpretações diferenciadas sobre massa e energia, podem ser exploradas de outra forma, diferente da desenvolvida em 98. Ao invés de problematizações com a turma toda, em relação a uma ou outra interpretação, podemos dividir a turma em três grupos, em que cada um seja responsável por pesquisar e defender uma dessas concepções. Trabalho similar, feito em torno de concepções como flogístico e conservação de massa, já mostrou indícios favoráveis a esse tipo de atividade.

Após essas investigações e estudos, vemos com mais clareza o quanto pode ser importante para o processo de ensino-aprendizagem organizar atividades em forma de seminários ou outras modalidades, onde são propiciadas condições para que todos possam defender suas posições e ampliar a compreensão do trabalho desenvolvido. Exemplos oportunos em relação a esta ou outra atividade, são:

- a partir da problematização das três concepções sobre massa e energia, ampliar as discussões e, de certa forma, explicitar que vários autores consideram a terceira interpretação forçada ou mesmo errada - com forte convicção e com argumentos baseados nos originais de Einstein. Eles alertam para as incompreensões dos autores desses textos, que acabam se generalizando entre os estudantes;
- ampliar o debate sobre a conservação da energia, a partir de situações da realidade dos alunos e, inclusive, questioná-la. Ao situar o debate no âmbito científico, deixar evidente que esta é uma alternativa aceita, embora pouco encampada; de que há exemplos de cientistas que já o tentaram, no passado e mesmo atualmente, mas até o momento, pelo menos, não obtiveram sucesso;
- debater o comportamento da luz: se é partícula ou onda. Pode-se dividir a turma em dois grupos. Há uma literatura farta e vídeos sobre o assunto. Num ensaio realizado, mesmo pouco sistemático, foi possível perceber o potencial desse tipo de atividade. Ao menos, os alunos compreenderam que a luz pode assumir um comportamento dual: ou como onda ou como partícula, de acordo com sua interação com a matéria;
- atentar para outras formas de conhecimento com poder explicativo sobre os fenômenos, o que demanda não passar aos alunos a idéia de que o conhecimento científico dá conta de tudo, ignorando-se outros, a exemplo de conhecimentos de sua cultura primeira.

3.e) Influência dos *conceitos unificadores*

Mesmo diante das limitações em relação à compreensão da idéia dos *conceitos unificadores*, é possível traçar algumas considerações acerca da sua importância no processo. Procuramos explorar com os alunos a idéia, que nas Ciências Naturais é mais tranqüila, de que há a tendência de se estabelecer regras gerais através do que há de mais elementar nos fenômenos, sem descaracterizar, no entanto, as suas particularidades.

O conceito *transformações*, favoreceu associar certos fenômenos que acontecem com a matéria (viva e não viva), no espaço e no tempo. Entre eles, as transformações (reações químicas) que ocorrem nas plantas, pela absorção da energia radiante proveniente do Sol. As plantas são consideradas conversores biológicos em função da absorção de energia luminosa e do armazenamento de energia de ligação química.

No que tange à *regularidade*, chamou-se a atenção para observar o que se passa ao nosso redor, de modo a identificar os “algos” que se mantêm nos fenômenos e que possam simplificar suas descrições, que permitam estabelecer certas regras sobre o que acontece nos fenômenos físicos, químicos e biológicos, a exemplo de repetições que ocorrem no espaço e no tempo. Identificamos regularidades nas propriedades dos elementos químicos, uma vez que todos mantêm constantes certas características. No caso do elemento Sódio ($Z = 10$), com dez prótons e dez elétrons, quando o número de elétrons é alterado ele passa a manifestar propriedades elétricas. Estas deixam de influenciar o espaço em torno do átomo quando ele volta ao estado normal (igual quantidade de prótons e elétrons).

Quanto à *energia*, os alunos (e professores) demonstraram que essa *grandeza*, de difícil compreensão dentro do conhecimento em Ciências Naturais, pode ser melhor compreendida, observando-se sistematicamente como ela está presente nos diversos fenômenos (sejam físicos, químicos ou biológicos). Os alunos do ensino médio conseguem relacionar conhecimentos de transformações de uma forma de energia em outra, inclusive em térmica, e diminuir suas dificuldades em utilizar, em outros contextos, o que aprenderam em determinada situação.

No que se refere à *escala*, foram observadas diferentes dimensões (sejam macro ou microscópicas; instantâneas ou de duração normal) em que ocorreram os processos de transformações e de regularidades. Por exemplo, o que ocorreu em nível de escala numa reação química de um combustível como a “gasolina”. Os alunos conseguiram compreender que essa transformação pode dar-se em diversas proporções (pequenas,

médias ou grandes), dependendo da quantidade de combustível usado, ou ocorrer de forma instantânea (explosão) ou de forma mais duradoura, de acordo com as possibilidades que se estabelecem de misturar os reagentes (combustível e oxigênio).

5.3.3. Continuidade dos trabalhos

5.3.3.1. Ano letivo de 1999

Convencidos da importância de continuar os trabalhos interdisciplinares iniciados na escola, em 1998, sob a ótica do conceito *energia*, o mesmo grupo de professores, com a colaboração de um dos professores de Português (P8), resolveu dar continuidade aos trabalhos dessa natureza, com as três turmas da 3ª série do ensino médio. Os próprios alunos oriundos das três turmas da 2ª série, então matriculados na 3ª série do Ensino Médio, reivindicaram a continuidade dos trabalhos.

1. Atividades Desenvolvidas

a) Inicialmente, foram encaminhados alguns temas de investigação, tais como:

- Combustíveis e combustões de diferentes materiais (como petróleo, carvão e álcool);
- Geração e produção de energia elétrica (produção de pilhas e eletrólise da água; tecnologias associadas à energia; visitas à usina hidrelétrica local e à de Itaipu ...).

No desenvolvimento das atividades relacionadas a esses temas de investigação, buscava-se ampliar a compreensão de aspectos, a exemplo de:

- Como algumas formas de energia (associadas a combustíveis, ao carvão, ao urânio, água represada) são transformadas em energia elétrica e em outras formas;
- Como a energia elétrica pode ser transferida do local de geração para diferentes locais, conservando suas características;
- Situações envolvendo energia térmica e as alterações provocadas por ela no ambiente;
- Que formas de energia estão envolvidas quando da utilização de um estilingue, de um arco e flecha, bem como, que outras situações podem ser relacionadas a esta, principalmente relativamente às transformações de energia.

Para as atividades de investigação, os alunos se agruparam em pequenos grupos, contando com o acompanhamento e orientações dos professores. Cada grupo apresentou resultados escritos e atividades práticas e experimentais, demonstrando transformações de energia envolvidas no seu assunto específico de investigação. Isto enriqueceu os trabalhos,

uma vez que os demais grupos, acompanhando as explicações e demonstrações experimentais, além de ampliar seu grau de compreensão sobre o assunto explorado, conseguiam, muitas vezes, fazer relações com o seu próprio tema.

Durante a apresentação dos trabalhos ficavam pendentes questões que a Física, ou a Biologia ou a Química, sozinhas, não davam conta ou para as quais não conseguiam lograr explicações satisfatórias em nível de compreensão dos alunos. Entre elas:

- Na transformação da energia envolvida nos processos químicos, que reações ocorrem? Por que algumas substâncias interagem entre si formando novas substâncias?
- Como ocorrem as transformações bioquímicas de metabolismo energético das células?
- As pessoas que necessitam (ou são aconselhadas a) fazer dietas, que tipos de alimentos devem consumir? Por quê? Quais as conseqüências, para o organismo, dos “inibidores de apetite”?

Essas questões foram retomadas nas aulas seguintes, de modo a que se chegasse a compreensões satisfatórias. Quanto à terceira, por exemplo, foi estudada uma dieta que havia sido prescrita a uma pessoa conhecida do grupo.

b) Na continuidade dos estudos e investigações sobre energia, sua transformação e conservação, os alunos consultaram pais, avós, vizinhos e outras pessoas que tinham conhecimento e experiências sobre o funcionamento de uma roda d'água. As atividades da pesquisa resultaram na apresentação de relatos, por grupo de alunos, e na sistematização escrita dos conhecimentos, com o acompanhamento direto da professora de língua portuguesa.

c) Num outro momento foi visitada uma das unidades de geração de energia elétrica de Ijuí: a “Usina Velha”. Os alunos observaram as instalações da usina, desde a barragem até a estação de alta tensão. Diversas foram as questões feitas a trabalhadores da usina e ao guia. Posteriormente, compararam os dados empíricos com os obtidos na visita à usina e na pesquisa sobre a roda d'água.

d) Num terceiro momento, foi realizada uma viagem à Usina Hidrelétrica de Itaipu e à subestação de Furnas, em Foz do Iguaçu/PR. Inicialmente, foi projetado um vídeo que tratava sobre a construção e funcionamento da usina e, logo após, uma pessoa especializada no assunto se dispôs a esclarecer os questionamentos dos alunos e professores, dentre eles:

- Qual a vazão por turbina?

- Que tipos de válvulas são utilizadas para fechar as turbinas, para eventuais consertos?
- Todas as turbinas são iguais? Como funcionam?
- Qual a potência por unidade geradora? Qual a energia elétrica total gerada (por hora)?
- Quantas turbinas estão ativas?
- Qual é a tensão de geração?
- Qual o objetivo de elevar a tensão para transmitir a energia a outras regiões?
- A tensão é transmitida por corrente contínua ou alternada? Por quê?
- O que é blecaute?
- Por que certas cidades utilizam tensão de 110V e outras de 220V?

e) Visando ampliar a compreensão de determinados conhecimentos e associá-los com aspectos sócioeconômicos, foram encaminhadas atividades de pesquisa bibliográfica e de campo. Dentre elas:

- 1) Comparações entre energia elétrica total gerada por hora em uma roda d'água, na usina velha e em Itaipu.
- 2) Comparação entre a localização geográfica de cada usina e a influência da barragem no ambiente local (fauna e flora).
- 3) Como acontecem as transformações de energia desde a água represada até chegar nas residências?
- 4) Quais os benefícios que a energia elétrica traz? Há prejuízos?
- 5) Quem aproveita mais essa energia? Qual é a quantidade de energia elétrica "consumida em média" por uma família brasileira de classe média? Se todas as famílias brasileiras tivessem, em média, os aparelhos elétricos que uma família de classe média possui, a energia elétrica atualmente gerada seria suficiente para todos? Haveria alguma consequência quanto ao abastecimento de energia elétrica se as populações mais carentes tivessem melhorado significativamente suas condições de vida e mantivessem o padrão de consumo das classes mais abastadas? Comente.
- 6) É possível estabelecer uma relação do "consumo de energia" entre uma família brasileira e outra dos Estados Unidos ou de algum país da Europa?
- 7) Como é determinada a quantidade de energia elétrica "consumida" por uma família, durante um mês? É possível determiná-la de outra forma? É possível saber que parcela cabe a cada aparelho eletrodoméstico?

As aulas seguintes foram desenvolvidas com base nessas questões. Em diversos momentos, os professores exploravam alguma delas e os alunos, divididos em grupos, realizaram pesquisas, complementando os trabalhos. Em outras os educandos traziam suas dúvidas geradas a partir das disciplinas e os professores faziam um trabalho complementar em sala de aula.

f) Atividade sistematizadora

O desenvolvimento dos trabalhos contou com a participação direta dos professores de Biologia, de Química, de Física, de Geografia e de Língua Portuguesa. Por exemplo, nas aulas de português os alunos elaboravam seus textos, sendo diretamente acompanhados e orientados pela professora (P8). “Eles iam escrevendo e mostrando os textos e eu fazia a orientação da produção escrita, contribuía na organização das idéias [...]. Foi um trabalho muito interessante. Dava gosto de ver a empolgação e o empenho de muitos dos alunos”.

As orientações e encaminhamentos dos professores dessas áreas propiciaram uma boa qualidade, tanto na elaboração, quanto na apresentação dos trabalhos efetuados pelos alunos em forma de seminários. Para a produção e a apresentação os alunos fizeram entrevistas orais e escritas, utilizaram filmadora, fotos (imagens), retroprojektor, cartazes, computador, entre outros. A boa preparação dos alunos resultou em clareza na exposição de suas idéias.

A avaliação revelou bons níveis de aprendizagem no grupo como um todo, de modo que, tanto os professores, quanto os alunos envolvidos, ficassem satisfeitos com os resultados obtidos. A partir das apresentações, assistidas e acompanhadas por todos os professores diretamente envolvidos neste trabalho interdisciplinar, foram realizados trabalhos posteriores em sala de aula: comentários e discussões com os alunos de cada turma em separado, complementações e posterior sistematização conjunta. Isso possibilitou um “fechamento” bem satisfatório da temática abordada. Conforme P2,

tivemos um crescimento como grupo quando esse ano, partimos mais para questões de pesquisa de campo com os alunos [...] fizemos então uma atividade tentando sistematizar tudo isso e um seminário envolvendo as três turmas, em que eles foram os apresentadores. Eles fizeram produções e utilizaram vários recursos para pesquisa e para a apresentação: realizaram entrevistas com pessoas da comunidade, usaram vídeos, retroprojektor, computador, fizeram cartazes. Após esse seminário, novamente fomos para a produção de textos com os alunos.

g) Além disso, durante o ano letivo de 1999, outras atividades foram contempladas no Ensino Médio, embora nem sempre com o alcance desejado:

- Na primeira série, os professores desenvolveram um trabalho sobre a influência das forças gravitacionais no organismo humano, a partir de uma fita de vídeo sobre populações indígenas, estudada em Geografia; discutiram a *temática de máquinas térmicas* e organizaram uma versão preliminar para desenvolverem em sala de aula. Face a alguns fatores, sua sistematização ocorreu de forma parcial. ODiante disso, os professores combinaram retomá-la, de maneira mais sistemática em 2000).

h) De modo geral, esteve em pauta a importância dos conteúdos contemporâneos para o ensino nas Ciências da Natureza, a realização de atividades experimentais e a reflexão sobre o tema em questão e que permitiram a complementaridade dos conceitos básicos abordados. Foram realizadas oficinas¹⁴, prestigiando-se a especificidade de cada disciplina, sem desmerecer a relação entre elas. É oportuno registrar a fala de professores, como de P1, para explicitar o que representou esse trabalho para o grupo, inclusive, para a comunidade escolar. Aí está, também, refletida a iniciativa dos professores de flexibilizar, de inovar o currículo, de valorizar o senso artístico (já explicitado no Capítulo 3).

A gente fez com os alunos do 3º ano, o que chamamos de oficinas. Foi um momento em que os alunos prepararam algumas pequenas oficinas para apresentar aos pais e aos colegas do ensino fundamental numa amostra pedagógica. Foi muito interessante porque eles se organizaram, eles montaram cartazes, textos chamativos, convidaram as pessoas para virem na sua oficina. Então os colegas e outros alunos se inscreveram nas oficinas deles. Eles trabalharam os temas e os conceitos que foram estudados durante o ano letivo. (P1)

2. Perspectivas para o ano de 2000

Para a terceira série, haviam sido selecionados e organizados materiais didáticos, como textos, traduções, entre outros, visando o desenvolvimento da atividade sobre Luz Solar e Câncer de Pele. No segundo semestre de 1999, o coletivo de professores estudou e debateu um artigo específico sobre Luz Solar e Câncer de Pele; efetuou a gravação e o “fichamento” de uma fita de vídeo sobre assuntos e conteúdos de Biologia, tais como: DNA, gene, cromossomos, células, para ser utilizada como material didático-pedagógico para o desenvolvimento desta atividade.

No geral, as unidades temáticas inicialmente previstas para serem desenvolvidas em sala de aula em 2000 foram:

- Luz Solar e Câncer de Pele;
- Máquinas Térmicas;
- Continuidade das atividades relacionadas às usinas hidrelétricas.

¹⁴. As oficinas consistiram de elaborações e apresentações, pelos alunos da 3ª série do Ensino Médio, de atividades práticas e interativas no âmbito escolar. Entre elas, o olho humano, fabricação de sabão, fenômenos eletrostáticos. Seus interlocutores foram os alunos de outras turmas (inclusive do Ensino Fundamental) e pais.

Diante da satisfação dos professores e alunos com os trabalhos interdisciplinares desenvolvidos em 1998 e 99, originou-se um movimento na escola para ampliar tais atividades. Ao final de 1999, eram nítidas as negociações para conseguir mais tempo-espço para a continuação e implementação dos trabalhos já iniciados. Na última reunião do ano letivo, ficou praticamente acertado que os professores que participassem do desenvolvimento de trabalhos interdisciplinares teriam um tempo de duas horas semanais especificamente destinado para tratar do referido trabalho (planejamento, elaboração de materiais, reflexões sobre o trabalho desenvolvido...); que a grade curricular comportaria um tempo de duas horas, especificamente para o desenvolvimento de trabalhos interdisciplinares em cada série do ensino médio.

Face aos trabalhos já desenvolvidos e à perspectiva de continuidade, a área de Ciências Naturais teria a responsabilidade pelos trabalhos numa das três séries. Das outras áreas, quem viesse a apresentar algum projeto nesta direção poderia ocupar as duas horas numa das outras duas séries. Caso isso não viesse a ocorrer, ou fosse apenas numa delas, a área de Ciências Naturais poderia assumir, também, os trabalhos em outra série. Isso gerou uma grande expectativa nos professores.

5.3.3.2. Trabalho previsto e desenvolvido em 2000

No ciclo de estudos realizados na semana que antecedeu o início do ano letivo de 2000, foi retomada a “mobilização” feita no final de 1999. Chegou-se até a marcar um horário para as reuniões interdisciplinares (terças-feiras das 17h às 18h40min). Isso realimentou a empolgação e expectativas dos professores. Se nos dois anos anteriores eles conseguiram, mesmo diante das dificuldades (como pouco tempo, falta de experiência neste tipo de atividades), desenvolver bons trabalhos, imagine então quando teriam tempo e espaço específicos e, além de suas aulas normais, mais duas horas semanais especificamente destinadas para o trabalho interdisciplinar. Parecia até bom demais.

No entanto, dias depois os professores eram informados de uma norma estabelecida na instituição e que previa um radical corte nos gastos da escola, principalmente com pessoal. De imediato, foram canceladas as duas horas semanais previstas e, para piorar a situação, outra medida adotada levou à perda das quatro horas semanais já instituídas, nas quais os professores se reuniam para tratar de questões gerais da escola, mas também dos planejamentos da área, do grupo interdisciplinar e outros individuais. Isso foi um “duro golpe” nos seus ideais.

A consequência disso não é tão difícil de imaginar. Difundiu-se um “baixo astral”, um desânimo nos professores que não foi nada agradável de ver. Vários professores se revoltaram com a situação. Dois professores bem atuantes nos trabalhos interdisciplinares pediram afastamento temporário da escola, alegando necessidade de tempo para seus estudos no mestrado que estavam cursando. Assumiram na escola dois novos professores, um de biologia e outro de química, que não tinham nenhuma experiência com trabalhos interdisciplinares.

Reflexos disso são percebidos na fala dos próprios professores, a exemplo de P2 ao se referir aos trabalhos coletivos. “A gente não está conseguindo trabalhar direito depois que se perdeu o espaço de planejamento. Isso gerou, de certa forma, um inconformismo, uma situação complicada na escola”.

Com essa situação inusitada, as previsões de continuidade não foram atingidas. Os trabalhos realizados ficaram aquém do que realmente foi projetado. Mesmo assim, um e outro professor ainda tentou desenvolver o trabalho *interdisciplinar* sobre *Luz Solar e Câncer de Pele*, mas sem maiores consequências. A professora de Biologia desenvolveu estudos sobre DNA, genes, a interferência da radiação com os seres vivos, o que teve a contribuição direta da Física, com as explorações sobre radiações e o espectro das ondas eletromagnéticas. Os trabalhos realizados na terceira série, em 1999, em relação às usinas hidrelétricas, tiveram continuidade, embora fossem poucos os avanços, se comparados com os obtidos nos dois anos anteriores. Não tiveram a mesma repercussão dos trabalhos desenvolvidos em 1998 e 1999.

Durante o ano letivo, algumas horas das quartas-feiras foram reconquistadas, os ânimos foram se acalmando, os novos professores foram se entrosando com os antigos, o que deixou a entender que nem tudo estava perdido; a “plantinha”, que já havia “germinado” estava meio que “hibernando”, mas continuava viva, à espera de um clima mais favorável para continuar seu crescimento e “fincar raízes” mais consistentes.

5.3.3.3. Trabalho desenvolvido em 2001

O início do ano letivo de 2001 trouxe de volta o ânimo, de forma a revigorar uma característica que já estava sendo difundida na escola. O retorno de uma das professoras que havia se afastado da escola em 2000, somado à experiência que adquiriu ao ter

participado da elaboração da Situação de Estudo¹⁵ sobre o ar atmosférico no GIPEC-UNIJUÍ¹⁶, e o maior entrosamento dos professores iniciantes no ano anterior, favoreceu a continuidade do trabalho interdisciplinar. Com os estudos realizados no tradicional “Ciclo de Estudos”, e a possibilidade de contar com a colaboração do GIPEC-UNIJUÍ, foi “reacendido o espírito” dos trabalhos coletivos na escola, ao menos na área de Ciências Naturais. Apesar de não ter sido previsto nenhum tempo para planejamentos, alguns professores da área (de Biologia, de Física e de Química, inclusive os dois novos) toparam o desafio de desenvolver a *Situação de Estudo: O ar atmosférico*, na primeira série do ensino médio, durante o primeiro trimestre de 2001. No segundo trimestre, os mesmos professores desenvolveram a *Situação de Estudo: água e vida*. O trabalho realizado em 1998, sobre a Temática: *a água como solvente e regulador térmico*, com a segunda série, serviu de apoio.

Avaliação com os alunos

A avaliação, seja em relação ao andamento do projeto ou à aprendizagem dos alunos, tem sido baseada na produção de textos por parte dos mesmos, na escolha e no entendimento dos conceitos quando da elaboração e apresentação das oficinas e seminários.

O envolvimento e o aproveitamento dos alunos foi constatado, de modo especial, através da:

- participação mais ativa de parte significativa deles nas aulas;
- participação nos seminários realizados;
- produção de textos, englobando conhecimentos das disciplinas envolvidas;
- produção de poesias;
- sistematização em geral, como as avaliações escritas.

5.3.4. A pesquisa Realizada

A pesquisa sobre esse Estudo Interdisciplinar foi realizada com base no acompanhamento direto de algumas das atividades desenvolvidas com os estudantes,

¹⁵ Sobre Situação de Estudo, veja o Estudo de Caso II.

¹⁶ Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências vinculado ao departamento de Biologia e Química da UNIJUÍ/RS.

durante as aulas e nos momentos de sistematização, particularmente observando e registrando a participação dos mesmos, o diálogo estabelecido entre eles e com os professores, a produção textual, as iniciativas próprias e as respostas aos desafios postos.

Além disso, foram considerados outros procedimentos, a exemplo de:

- participação em alguns encontros de planejamento dos professores, acompanhando as discussões e elaborações, as reflexões realizadas e o reconhecimento de limitações, os diálogos estabelecidos, a capacidade em propor e estruturar conhecimentos relacionados à temática em questão;
- realização de entrevistas orais e escritas com os professores diretamente envolvidos no projeto e a análise das mesmas;
- entrevistas orais com alunos que participaram das atividades desenvolvidas de 1998 a 1999;
- retomada e análise dos registros e apontamentos feitos pelos professores, ainda que alguns tenham sido parciais;
- gravação em “cassete” e posterior transcrição e análise de atividades realizadas de forma interativa entre professores e alunos, a exemplo do seminário de 1998;
- mudanças conquistadas no processo de ensino-aprendizagem, como a flexibilidade, a dialogicidade entre professores, entre professores e alunos e entre alunos, a questão da arte, da solidariedade, entre outras;
- as implicações no modo de planejamento e na prática de pesquisa dos professores;
- discernimentos dos professores na elaboração e apresentação de trabalhos e relatos em encontros e simpósios da área;
- a participação quantitativa de professores no trabalho realizado na EFA, de 1998 a 2001, e seu grau de envolvimento;
- a capacidade demonstrada pelos professores de dar continuidade ao trabalho interdisciplinar na escola e de iniciar outros similares em escolas da região.

Acreditamos, também, ser importante apontar “resultados” que foram alcançados ao longo dos trabalhos desenvolvidos e que são difíceis de enquadrar nos registros acadêmicos. Para além dos dados e resultados obtidos com as entrevistas, bons indícios foram obtidos diante da interação direta com os professores, principalmente em momentos informais. Um exemplo disso é a satisfação que alguns professores e alunos expressavam quando se falava de um ou outro aspecto do trabalho e que é difícil registrar ou expressar em palavras. Outro exemplo é a empolgação de alguns desses professores quando da participação em eventos da área, como no Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), particularmente quando puderam falar sobre o que fizeram, inclusive compartilhando idéias com outros participantes dos eventos de pesquisa. Um terceiro exemplo, que merece ser citado, foi a alegria e a capacidade demonstrada pelos alunos nas atividades de sistematização coletiva, nos seminários realizados e em outros momentos de apresentação de trabalhos, na configuração de uma maior liberdade na sala de aula, principalmente por se sentirem também sujeitos do processo.

Além disso, podemos tranqüilamente afirmar que a participação dos professores foi por vontade própria. A interferência da direção da escola foi mais no sentido do consentimento para a realização desse trabalho, não havendo diferenças no tratamento dado aos professores que participaram do projeto em relação aos outros que continuaram com sua prática pedagógica de forma individual.

Os discentes participaram das decisões, das escolhas sobre *o que e como* trabalhar. Tanto é que muitas sugestões, procedimentos e atitudes partiram deles próprios, alguns a partir dos trabalhos de sala de aula em que o pesquisador externo não esteve presente. Um exemplo disso é a derivação ocorrida a partir das atividades realizadas sobre a capacidade respiratória, em que foram sugeridos alguns conteúdos como o estudo sobre fluxo de calor (energia térmica). Sobre isso, a professora de química diz:

Nem todas as atividades foram planejadas por nós, algumas aconteceram porque foram questionamentos dos alunos. A partir da pergunta de um aluno sobre quanto oxigênio o homem consumia por dia e o interesse da turma sobre isso, a gente acabou fazendo a atividade da capacidade respiratória. Mas foi uma iniciativa que partiu deles e nesse momento a gente usou muita física, química e biologia, e muita fisiologia inclusive. Tivemos que entrevistar muitos colegas, doutores inclusive.

5.3.5. Considerações sobre o trabalho desenvolvido

A partir da intenção de melhorar o processo de ensino-aprendizagem em Ciências Naturais, buscamos iniciar um trabalho de cunho interdisciplinar, ao menos numa escola, e dar seqüência a ele. Mesmo que as atividades pontuais tiveram sua razão de ser, e suas contribuições foram pertinentes, acreditávamos, na época, e atualmente muito mais, que resultados mais significativos viriam com a continuação dos trabalhos, ainda mais em se tratando da formação continuada de professores. Não nos preocupamos em esgotar uma única unidade temática, mas acompanhar o trabalho desenvolvido por um período maior e a participação dos envolvidos em várias atividades. Isso possibilitou observar a continuidade no processo dos mais antigos e suas influências na continuidade dos trabalhos interdisciplinares, particularmente sobre o envolvimento dos novos colegas da área que iniciaram a prática docente na escola.

As atividades de sala de aula foram desenvolvidas, de forma individualmente (ou conjunta) entre os professores das áreas de Biologia, Física e Química, sendo que cada professor procurou trabalhar os conceitos e conhecimentos específicos da sua área, visando uma compreensão ampla do tema em questão.

Diferenças marcantes foram percebidas e documentadas. Ainda que a maioria tenha se envolvido apaixonadamente nas atividades, houve alguma exceção. Ficou evidente que, paralelamente à vontade de fazer algo diferente - à manifestação dos professores de uma boa disposição para novas aprendizagens -, outros fatores interferiram no processo. Para alguns professores, “faltou tempo” para um engajamento maior.

Nos encontros realizados, procurava-se discutir sobre as dificuldades e limitações sentidas, seja em relação aos aspectos procedimentais, seja quanto aos relativos a compreensões conceituais. Foi importante aos professores tomar consciência de que isso, não era decorrência da falta de capacidade dos mesmos, mas de um processo iniciado há mais tempo e que impunha limites a projetos como o que desenvolvemos. Não ignoramos que os professores fazem parte da atual estrutura do ensino básico do país, e particularmente do ensino médio; que, entre outras, são influenciados pela excessiva preocupação com o vestibular, pela distribuição dos tempos (fragmentados em períodos disciplinares), pela carga horária - por um lado excessiva com atividades de sala de aula e, por outro, reduzidíssima para planejamentos e pesquisas -, pelo currículo escolar (provavelmente seja mais marcante o que os professores interiorizaram ao longo dos anos do que o conteúdo que consta na grade da escola), e pelas condições em geral, nem sempre satisfatórias.

Mesmo assim, os professores e alunos que participaram do processo, aos poucos, conseguiram mostrar que é possível desenvolver um processo de ensino-aprendizagem mais satisfatório e promissor para ambos, embora nem todos os entraves fossem removidos. As dificuldades que apareceram no caminho, de modo geral, foram encaradas de frente, de forma a não inviabilizar sua sequência e seu êxito.

Os professores estavam cientes de que os alunos, em geral, têm poucas iniciativas, têm dificuldades de pensar acerca do que é ensinado, uma vez que são frutos de um sistema que não primou pelo desenvolvimento do espírito crítico e científico. Isso é possível identificar na própria fala de alguns professores, a exemplo de P4, ao afirmar que “os alunos vêm muito escolarizados e têm medo de falar”; e de P1, ao dizer que “não é toda a turma que se propõe a esse tipo de trabalho. Têm alguns alunos que são mais acomodados e preferem a coisa pronta”.

Mas isso não foi empecilho para o bom êxito dos trabalhos, uma vez que os professores não se intimidaram com os obstáculos encontrados. Eles perceberam que trabalhando juntos teriam melhores condições e possibilidades de enfrentar as dificuldades: “... daí é mais desafiador. É importante aprendermos como lidar nesses casos.”

Ao serem questionados se os trabalhos interdisciplinares desenvolvidos na EFA em 1998-99 teriam conseguido atacar (ou dar indícios de que é possível enfrentar) esse problema, eles acenaram positivamente:

- “Acredito que é um começo. Mas não pode parar aí. A formação do sujeito deve ser plena. Portanto, não só de química o aluno necessita.” (P3)
- “Acredito, pois a interdisciplinaridade exige do professor e do aluno uma nova postura frente ao conhecimento. Não como verdade absoluta, única, mas como algo sempre em construção.” (P1)

Os professores, apesar de sua formação e sua experiência profissional ao longo dos anos não terem sido nessa direção, dão indícios de que é possível superar limitações e tornar sua ação docente mais dinâmica e proveitosa para os educandos. O trabalho colaborativo, interdisciplinar, oportunizou o crescimento do grupo, principalmente em relação ao aspecto da formação continuada. Os professores foram, constantemente, desafiados a estudar mais e, em vários momentos, a refletir sobre sua própria prática. Isso resultou na busca, na investigação de novos conhecimentos e aprendizagens e no redirecionar de conteúdos, de procedimentos e de atitudes. A professora de biologia, ao falar sobre o trabalho, assim se expressou:

Nessa parte de considerações sobre o trabalho, dá para dizer que ele foi importante, na medida em que a gente conseguiu trabalhar vários conceitos relacionados a fenômenos, a situações do dia-a-dia. E aí conseguimos, também por questionamentos dos alunos, de certa forma, dar uma importância aos conteúdos contemporâneos de ciências naturais.

Pôde-se entender que as discussões em torno de aspectos históricos e epistemológicos foram importantes para que os professores sentissem mais diretamente que não há verdades pré-estabelecidas nem na ciência, e compreendessem melhor a ciência enquanto processo-produto.

Mudanças mais explícitas na sua prática foram se delineando à medida que passavam a interagir mais ativamente no grupo e conseguiam pôr em prática suas angústias e aspirações. P2 deixa explícita a influência dos grupos de estudo nas mudanças em sua formação:

Acredito que as mudanças minhas foram fortemente influenciadas pelo fato de estar sempre participando de grupos de estudo [...]. Quando fui trabalhar na EFA, foi um dos primeiros momentos em que efetivamente houve participação de um grupo de estudo e que vivenciei uma situação interdisciplinar em sala de aula.

De modo geral, configuraram-se mudanças significativas no processo de ensino-aprendizagem, tanto por parte dos educadores, quanto dos educandos. Ambos passaram a participar de forma mais ativa e intensa do processo, tanto na sala de aula, quanto nas atividades extra-classe, a exemplo das investigações que eram atribuídas a partir do tema em foco e que tiveram desdobramentos na sala de aula e na escola como um todo.

A produção de poesias¹⁷ pelos alunos foi outro fator que demonstrou a flexibilidade conquistada nos trabalhos desenvolvidos. Mesmo assim, não foi preciso abrir mão do rigor, tão indispensável ao desenvolvimento de trabalhos sérios e compromissados. Em relação a este aspecto, cabe explicitar a fala da professora P3 sobre a mudança ocorrida com um dos alunos quanto à sua capacidade de expressão e sobre o depoimento dado pela sua mãe.

O aluno (A1), conversando com seus familiares e com professores que teve desde o pré-escolar, tinha muitas dificuldades na escrita. O português para ele era um terror. Ele tinha muita dificuldade de colocar no papel aquilo que queria dizer, que queria manifestar. No terceiro ano este menino despertou, ele despertou para a poesia. Só que a poesia que ele estava fazendo era dentro da área da Química, da Física e da Biologia. Ele usou os conceitos de outra forma.

Sobre a fala com a mãe do aluno, a professora assim se expressou:

Em janeiro eu encontrei a mãe desse aluno e ela me abraçou e me disse assim. Estou muito feliz com o meu filho, a escola ajudou a fazer uma coisa muito boa para o meu filho. No Ano Novo ele nos presenteou com uma poesia e fez toda a família chorar. Então, ele conseguiu despertar, de alguma forma, ele conseguiu.

Outro aspecto a considerar, pela importância que assumiu na formação dos professores, é relativo aos desdobramentos que tiveram os trabalhos desenvolvidos na EFA:

- Projeto apresentado na “Semana Acadêmica da Pedagogia” da UNIJUÍ, no 2º semestre de 1998;
- Apresentação de trabalho, em forma de Painel, no XVIII EDEQ (Encontro de Debates Sobre o Ensino em Química), realizado no 2º Semestre/98, em Cruz Alta/RS. Título: *Novas perspectivas para o ensino de Ciências Naturais no ensino médio: uma prática docente*;
- Projeto aprovado como Proposta Inovadora, pela pesquisa do CENPEC – Banco Mundial;

¹⁷. Ver no anexo VI.

- Apresentação de um Relato de Estudo no XIX EDEQ, realizado em Jul/2000, na PUC/RS;
- Recentemente, a experiência está sendo retomada, agora avançando para a organização na forma de “Situações de Estudo”.

A participação dos professores em eventos locais, regionais e estaduais da área é um dos reflexos decorrentes dos trabalhos de formação continuada realizados. Tínhamos um problema a investigar para saber se, com trabalhos interdisciplinares na formação continuada, seria possível a sua capacitação para a estruturação de atividades de ensino, de forma a dar conta de trabalhos desta natureza e dar seqüência aos mesmos. Ao nosso ver, esses trabalhos são reflexos da capacidade de novas produções, de forma coletiva, por parte dos professores. Suas falas também revelam os resultados conquistados.

Os professores deixaram explícito que esse trabalho coletivo foi um marco, uma referência para ampliar a sua formação, no sentido de melhor capacitá-los para estruturar e desenvolver atividades interdisciplinares, seja em forma de *temáticas*, seja em forma de *situações de estudo*, para o ensino formal. Ao serem questionados a respeito, embora com algumas ressalvas, todos eles afirmaram positivamente. P4, por exemplo, respondeu de tal forma que pareceu estar falando em nome do grupo:

Com certeza, porque, a princípio nos formamos de uma forma. A formação que nós tivemos não foi a que estamos tentando fazer agora em sala de aula. Então, no momento em que nos propusemos a fazer algo diferente, corremos atrás da máquina. Busca um livro, um autor, vai atrás de uma coisa, vai atrás de outra [...].

Surpreendeu-nos, de certa forma, a professora P4. Inicialmente, ela não acreditou e resistiu em participar ativamente no grupo, mas, aos poucos, percebendo que os trabalhos estavam demonstrando ser uma alternativa viável, começou a participar de forma mais sistemática. Ao ser perguntada se os trabalhos interdisciplinares feitos na EFA têm contribuído para que outros professores da escola, vendo os trabalhos realizados, sintam-se mais desafiados a realizar trabalhos dessa natureza, ela foi categórica em responder:

Sem dúvida. Eu, pessoalmente, quando comecei, até então não tinha a prática. Me senti envolvida justamente por causa do grupo, quando você estava junto. Ao pensar a respeito, vejo que isso saiu para fora da EFA e veio, por exemplo, aqui no Colégio 25 de Julho. Estamos tentando fazer coisas diferentes. E isso também se vê em relação aos alunos que se formam na EFA. Eles vão para a Universidade e esse reflexo é sentido lá. Os depoimentos já são dados por professores da universidade.

5.4. Situações de Estudo (SE)

Nestes tempos, os debates que ocorrem nos diversos simpósios e congressos das diferentes áreas do conhecimento, a organização de coletivos de professores, a promulgação da Nova LDB (1996), a orientação dos novos PCN, os documentos sobre novas diretrizes para a formação de professores, sinalizam um movimento generalizado a conclamar as comunidades escolares a construir suas propostas pedagógicas, seus modelos alternativos de ensino. Embora muitos dos entraves permaneçam, processos dinâmicos e articuladores de uma formação mais intencional e mais atenta à perspectiva da relevância social e científica da escolarização são possíveis.

Nesta perspectiva, foi originada e desenvolvida a idéia de *Situação de Estudo* (SE) pelo GIPEC-UNIJUÍ.¹⁸ Ela corresponde a um roteiro básico de orientação, uma modalidade de organização para desenvolver o processo de ensino-aprendizagem, a partir de uma situação concreta, de vivência dos alunos, rica conceitualmente para diversos campos da ciência, de forma a permitir uma ação interdisciplinar. Há a proposição de viabilizar um processo de gênese do saber na escola, em que seja essencial a organização, a coerência, a sistematização e a intencionalidade para um novo nível de entendimento da situação; de apresentar múltiplas interfaces de interação, sempre mediada pela ação de outros e dos próprios conceitos que começam a ser significados, permitindo a reconstrução de totalidades no recorte feito da realidade. É o aspecto da tematização de uma SE, que visa estabelecer interações e intermediações que constituem aprendizados de saberes inter-relacionais e intercomplementares, na constituição do saber escolar.

Uma SE deve ser aberta e contar com um número pequeno de conceitos, mas representativos do conjunto de disciplinas (ou de alguma específica, se for o caso). Numa primeira situação, os conceitos terão um entendimento inicial. Algumas vezes, num primeiro contato com o conceito, só a palavra representativa do conceito aparece. Ao reaparecer na mesma SE e em outras deve evoluir em seu significado.

As Situações de Estudo são consideradas fundamentais na reconstrução teórica do real, onde os conceitos científicos se enriquecem de vivência e seus significados evoluem enquanto os conceitos do cotidiano se reorganizam, caminhando para abstrações,

¹⁸. Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências, vinculado ao departamento de Biologia e Química da UNIJUÍ/RS, que conta com a participação direta de professores de outros departamentos, como o de Física e o de Pedagogia.

despregando-se sempre mais da vivência imediata. A produção ocorre no confronto de uma situação prática, pela compreensão conceitual do que está além das aparências e das impressões primeiras.

A problematização de uma SE deve ocorrer a partir de situações de negociação de significados aos conceitos introduzidos, de modo a permitir o entendimento e a ação no contexto em novos níveis. Ao professor cabe fazer perguntas desafiadoras para perceber os sentidos que os alunos atribuem aos conceitos quando de suas falas e poder recolocá-las em outro nível de significação. Isso deve tornar possível aos alunos refletir crítica e conceitualmente sobre o meio social para que possam recriá-lo, modificá-lo, à medida que aprendem e modificam-se a si próprios.

Objetiva-se:

1 – Abordar os conhecimentos de acordo com o planejado pelo grupo interdisciplinar de professores (e colaboradores – bolsistas ...). O conhecimento desenvolvido na perspectiva em que os futuros professores o possam trabalhar em sala de aula, com seus alunos, no referido ciclo ou série. Busca-se ultrapassar o discurso habitual de falar aos alunos o que eles deveriam ou poderiam fazer quando forem professores de Ciências. Ao fazer nas aulas de Ciências (I a IV), os professores universitários possam perceber conjuntamente as dificuldades que os docentes do Ensino Fundamental e Médio sentem. Também, é não transferir os problemas a quem, em princípio, não dispõe das mesmas condições para gerir a organização do conhecimento em novos e desafiantes patamares, uma vez que este tipo de trabalho requer significativos espaços e tempos para seu desenvolvimento e para as investigações posteriores. Atitudes como estas estão direcionadas a assumir juntos, professores e licenciandos, a tarefa de melhorar o processo de ensino-aprendizagem em Ciências Naturais.

2 – Promover a discussão com os alunos sobre o desenvolvimento do conhecimento durante a aula, considerando a quantidade de conceitos e o nível de profundidade em que aparecem. Além da aprendizagem dos conceitos, há a nítida intenção de propiciar condições para que os alunos tenham uma participação mais efetiva na elaboração e desenvolvimento das aulas.

Para o desenvolvimento de uma SE, em sala de aula, são consideradas, basicamente, três etapas:

1. *Problematização*. Buscar e explicitar o primeiro entendimento que os alunos têm a respeito da problemática;
2. *Primeira elaboração*. Remete para textos de aprofundamento, de atividades que vão desembocar num trabalho de finalização e socialização;
3. *Função da elaboração e compreensão conceitual*, que se enquadra com o nível conceitual atribuído a cada ciclo de estudos ou à série, e a volta ao problema em foco.

Mesmo diante das condições atuais de trabalho dos professores, com base em experiências e estudos já realizados, a idéia de SE é considerada viável. Ela permite que cada professor avance em sua área de conhecimento (ainda que um ou outro falhe ou tenha um engajamento aquém do desejado) e o contexto possa ser analisado, nem que seja do ponto de vista de uma das áreas. A falta de tempo para reuniões sistemáticas pode ser contornada à medida que forem produzidos os textos em comum e estejam disponíveis aos professores, ainda que não (e nunca) definitivos. Aliás, a falta de material didático para orientar os trabalhos do grupo e para ser utilizado em sala de aula, aliado à questão do tempo, foram, dos entraves para desenvolver trabalhos interdisciplinares nas escolas, os pontos mais sinalizados pelos alunos entrevistados.

De modo geral, as manifestações favoráveis dos licenciandos do curso de Ciências Plenas da UNIJUÍ ao trabalho com SE revelam o potencial dessa idéia, como algo promissor ao seu alcance. Dentre elas citamos a seguinte: “Para mim, significa perspectivar novas condições para o ensino de ciências, aproveitando a aprendizagem realizada e as potencialidades já desenvolvidas e visualizadas pelos estudantes” (Licenciando 1).

5.5. Estudo Interdisciplinar II: a formação inicial de professores

As reuniões sistemáticas de um grupo de professores de Ciências Naturais (de Biologia, de Física e de Química) e as discussões e elaborações daí decorrentes têm possibilitado “novas entradas” na formação inicial de professores da área de Ciências Naturais, além de produzir subsídios para o desenvolvimento curricular no Ensino de Ciências. A constituição do grupo GIPEC-UNIJUÍ possibilitou elaborar uma forma

diferenciada de desenvolver o processo de ensino-aprendizagem (a idéia de *Situação de Estudo* - SE), que privilegia abordagens pedagógicas de forma colaborativa, interdisciplinar, com a participação direta, tanto no planejamento, quanto nas aulas, de docentes das áreas de Biologia, de Física e de Química, e, eventualmente, de Geologia e de Pedagogia.

Nessa ótica, no primeiro semestre de 2001, desenvolvemos a SE: *Como o Ser Humano Percebe e Interage no Ambiente*, na disciplina de Ciências IV. Paralelamente, nos propusemos a pesquisar a elaboração e desenvolvimento da mesma e produzir material didático-pedagógico (como textos) para subsidiar atividades posteriores.

5.5.1. SE “Como o Ser Humano Percebe e Interage no Ambiente”

Com este *estudo interdisciplinar*, buscamos situar e investigar os trabalhos realizados em torno de uma *Situação de Estudo* (SE), desenvolvida de forma interativa na disciplina de Ciências IV, com a turma CIP 71, do sétimo semestre, do Curso de Ciências: Licenciatura Plena, do Departamento de Biologia e Química (DBQ). Esta turma, composta por 38 alunos, teve suas aulas no Campus Ijuí/UNIJUÍ, no turno da noite. Participaram da elaboração e desenvolvimento dessa SE três professores de Biologia (Pr1, Pr4 e Pr5), dois de Física (Pr2 e Pr7) e dois de Química (Pr3 e Pr6) e duas bolsistas de iniciação científica (B1 e B2). Entre eles se inclui o pesquisador externo, cuja identidade pensamos preservar ao não revelar explicitamente seu nome.

Sobre procedimentos e registros da experiência planejamos seguir etapas como:

- a) As reuniões seriam gravadas em fita cassete e depois transcritas. Nas reuniões seriam discutidos os procedimentos adotados pelo grupo de professores para as atividades de sala de aula; seriam apontados os conteúdos que cada componente curricular pensava serem importantes para a SE em questão, para daí, no grupo, analisar se eram ou não representativos, se possibilitavam interações; seriam escolhidos e discutidos os textos complementares, as fitas de vídeo e outros materiais que subsidiariam as aulas; foi combinado que em todas as aulas, na medida do possível, estariam participando, ao menos, um professor de cada componente curricular.

- b) As aulas seriam filmadas e posteriormente transcritas. O grupo de professores considerou adequado um número de sete aulas para dar conta dessa SE, que compreenderiam desde problematizações, o desenvolvimento dos conteúdos, do seminário, a análise e discussão sobre os livros didáticos de Ciências Naturais do Ensino Fundamental - escolhidos pelos licenciandos -, até a avaliação final;
- c) Das transcrições seriam selecionadas as partes que representassem, minimamente, o trabalho realizado e os aspectos indicativos de avanços e limites, a exemplo da dialogicidade entre professores e entre esses e os licenciandos, das reflexões feitas e suas implicações, dos conflitos surgidos, as discordâncias e dificuldades, da percepção quanto aos conceitos e relações com o tema em estudo, pelos participantes.

Para a obtenção e organização dos resultados da pesquisa consideramos importantes alguns procedimentos, como os que seguem:

- d) Acompanhamento das reuniões de planejamento e das aulas, com participação nas discussões e nas elaborações, e em alguns momentos das aulas. Objetivávamos observar diretamente avanços e limites, a exemplo das dificuldades que as atividades colaborativas impõem; do quanto o trabalho realizado iria se tornar receptivo aos alunos; das possíveis resistências de professores, ainda que implícitas, em mudar sua forma de atuar, de ceder em certos momentos; das implicações quanto ao aspecto de argumentar mais ao invés de impor e de socializar ao invés de ditar;
- e) Entrevistas orais e escritas com licenciandos, e entrevistas orais com professores, sobre como eles perceberam a experiência feita, sobre destaques de pontos positivos e negativos, sobre a viabilidade ou não desse tipo de experiências, entre outras;
- f) As implicações da experiência em relação a compreensões mais plenas do conteúdo (conceitos, procedimentos e atitudes);
- g) A compreensão dos professores e licenciando dessa forma de atuar e as considerações dos licenciandos quanto à possibilidade de eles virem a fazer elaborações semelhantes e trabalhá-las em sala de aula.

As principais atividades desenvolvidas, as respectivas datas e os professores envolvidos, estão descritas no quadro a seguir:

Data	Caráter do encontro	Participantes	Atividades
05/03/01	Reunião de planejamento inicial	Professores de Biologia (Pr1, Pr4 e Pr5), de Física (Pr2 e Pr7) e de Química (Pr3 e Pr6) e duas bolsistas (B1 e B2)	Discussão sobre a idéia de SE, sobre a possibilidade de desenvolver novas SE na formação inicial de professores, e escolha da SE a ser desenvolvida.
12/03/01	Reunião	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, B1 e B2	Planejamento da aula de 15/03/01
15/03/01	Aula inicial	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr7, B1 e B2	Apresentação da proposta; composição dos grupos de registro e sistema nervoso
19/03/01	Reunião	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr6, Pr7, B1 e B2	Planejamento da aula de 22/03/01
22/03/01	Aula	Pr1, Pr2, Pr3, B1 e B2	Matéria, energia e substâncias
26/03/01	Reunião	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr7 e B1	Planejamento do sentido <i>visão</i>
29/03/01	Aula	Pr1, Pr2, Pr4, B1 e B2	Fisiologia da <i>visão</i>
02/04/01	Reunião	Pr1, Pr3, Pr4, B1 e B2	Planejamento: <i>visão e audição</i>
05/04/01	Aula	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, B1 e B2	Visão e Audição
16/04/01	Reunião	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr7, B1 e B2	Planejamento: <i>olfato, paladar</i> e sistematização final
19/04/01	Aula	Pr1, Pr2, Pr3, B1 e B2	<i>Olfato e paladar</i>
26/04/01	Aula	Pr1, Pr2, B1 e B2	O <i>tato</i>
30/04/01	Reunião	Pr1, Pr2, Pr3, Pr4, Pr6, Pr7, B1 e B2	Planejamento e avaliação do coletivo
30/04/01	Aula e avaliação	Pr1, Pr2; Pr3, Pr4, Pr7, B1 e B2	Relatos, análise dos livros didáticos de ciências e sistematização

Reunião de 05/03/2001

O grupo de professores decidiu elaborar e desenvolver uma *Situação de Estudo (SE)* na Licenciatura de Ciências, na disciplina de Ciências IV, ainda no primeiro semestre de 2001. Havia o desafio de discutir bem sobre como elaborá-la e desenvolvê-la para que viabilizasse uma nova forma de conduzir o processo de ensino-aprendizagem. Dada a importância de iniciar levantamentos e análise de dados sobre a repercussão, viabilidade e acompanhamento da SE junto a estudantes e professores que se envolvessem em sua produção e desenvolvimento nas escolas, também ficou claro que isso implicaria em bastante trabalho durante e após.

Pr3- Temos que discutir com os professores para saber como podemos fazer para interferir, não no sentido de atrapalhar, mas de ajudar.

Foi combinado que o grupo conduziria uma primeira SE e os alunos seriam responsáveis pela produção de uma segunda. Pr6 enfatizou sobre a importância do grupo estar ciente de que se quer romper e superar a linearidade.

Pr6- Em nome do compromisso que temos com a ciência, por acreditarmos fortemente na sua importância, como outra forma de pensar, entender e falar sobre o mundo. Não precisamos ter medo de fazer esse trabalho. A SE teria que deixar claro o que pensamos vai mudar, romper, ...

Pr2 manifestou sua preocupação diante da ainda existente confusão em relação a um *Tema* e uma *SE*, até porque os *Eixos Temáticos* (ET) e os *Temas Transversais* (TT), de uma forma ou outra, são parte de seu desenvolvimento.

Pr3- Bom. Não podemos confundir Tema com SE. Isso é uma questão-chave e talvez nós estejamos invertendo a forma de encaminhamento. Talvez devêssemos definir os temas mais claramente. Lembrem de que eles estão definidos na forma de ET, que sempre acontecem juntos e atravessam todo um sistema de educação. Se criarmos mais uma coisa intermediária, talvez dê confusão. Temos que rejeitar a idéia de tema para nos fixar nos ET e TT. Fazer esta distinção claramente, pela característica que definimos para SE, e esta característica já está mais ou menos aceita no grupo.

Pr1- Entender os Eixos Temáticos implica dificuldades. Quando da SE sobre o rio, tentamos trabalhar conceitos de Química, Física e Biologia e contemplar, em conformidade com os ET Ser Humano e Saúde, e Meio Ambiente, [...]. É assim que eu vejo uma SE.

Seguiram-se intensas discussões sobre SE e sua relação com os ET e os TT, o que auxiliou a perceber aspectos práticos e concretos. Pr3 afirmou que “tem uma questão no ar” e, ressaltando a experiência já tida, sugeriu duas SE, em particular a “como o ser humano percebe o ambiente”.

Pr3- Com as características que estamos definindo, não vai ser fácil. Se fosse fácil, já teríamos feito. Nós temos dúvidas e podemos fixar esse como um dos assuntos.

B1, encarregada dos contatos, falou do interesse de vários professores que haviam participado da SE sobre “resíduos sólidos”, de continuar os trabalhos. “Com os que eu falei, querem voltar e continuar trabalhando SE. No último encontro, eles sugeriram uma SE sobre alimentos, para dar continuidade”.

Seria importante aproveitar as experiências já vivenciadas nesses assuntos, de modo que os professores em formação inicial pudessem experimentar o trabalho interdisciplinar, organizado e desenvolvido em SE, durante a sua formação; que essa experiência pudesse ter continuidade no próximo semestre, quando dos trabalhos com professores da rede pública municipal e estadual da região (de Ijuí/RS). Pr7 frisou trabalhar bem as SE para ir adquirindo mais segurança e indicou a segunda-feira seguinte (12/03/01) para planejar a primeira aula.

A professora titular da disciplina ficou responsável pela condução do planejamento e execução das aulas e os outros professores de colaborar, interagir, trabalhar juntos, dividindo as tarefas. Preliminarmente à aula inicial da SE, Pr1 faria a discussão sobre os PCN, com ênfase nos *eixos temáticos* e nos *temas transversais*.

Reunião de 12/03/01

Momento de planejar a aula inicial. Pr1, titular da disciplina, faria a apresentação dos professores e coordenaria a apresentação dos alunos e, na sequência, a problematização em torno da idéia central da SE, com a colaboração dos demais professores. Pr3 explicaria essa dinâmica para desenvolver trabalhos coletivos.

A partir daí, Pr1 iniciaria o estudo sobre o sistema nervoso e suas partes, ressaltando sua função no organismo associada à percepção e interação das pessoas no ambiente. Para o fechamento, fariam a avaliação e a discussão da aula, particularmente quanto à forma, aos conceitos explorados e à possibilidade de se fazer algo similar no ensino fundamental. Em face de problemas de ordem técnica, ficou comprometido o registro desse encontro de planejamento.

Aula de 15/03/01¹⁹

Depois da apresentação dos docentes e licenciandos, Pr1 falou da importância desta disciplina para a formação dos professores de Ciências no Ensino Fundamental; da intenção de proporcionar esse espaço na disciplina de Ciências IV para fazer uma reflexão, uma discussão, em torno *do que ensinar, como ensinar e para que ensinar*; de ser esse o objetivo do grupo de professores estar aí trabalhando com eles.

Pr1- Temos o propósito de formar o professor em Ciências, não apenas Química e Biologia, mas Química, Física e Biologia, com condições de atuar no momento em que vai exercer a profissão. Gostaríamos de superar a idéia de professor passador de conteúdos, que sabe ou não sabe [...]. A participação de todos pode tornar as aulas mais significativas para vocês e para nós.

Pr1 deixou explícita a intenção de instrumentalizar os alunos para que tenham condições de selecionar conceitos de Química, de Física, de Biologia e, inclusive, de Geologia. Não só conceitos, mas, também, procedimentos, atitudes e valores. Suas convivências com variados meios de comunicação requerem preparo para acessar as

¹⁹. Cada aula corresponde ao período das 19h10min às 22h30min.

diferentes formas do conhecimento, também em termos de valores, como responsabilidade, cooperação, iniciativa e autonomia. A professora, ainda, referiu-se a mapas e marcos da aprendizagem como recursos possíveis de “observar, percorrer e perseguir”, para trabalhar a programação dos conteúdos pretendidos para o ensino fundamental, especialmente o terceiro e quarto ciclos. Da mesma forma, enfatizou o saber fazer, as habilidades a serem desenvolvidas com os alunos, como a de produzir textos, de comparar e diferenciar, de argumentar, de ser e conviver. Enfim, considerou a SE como uma modalidade didática, uma forma de organizar o conhecimento para superar a abordagem linear e fragmentada dos conteúdos e que requer trabalhar de forma colaborativa, em que cada um assumisse a tarefa de participar, estudar e contribuir na elaboração e na construção de uma proposta pedagógica.

Pr1- Vamos trabalhar com a SE: Como o ser humano percebe o ambiente. Na dinâmica da aula eu costumo sugerir três momentos básicos, embora eles se inter-relacionam, têm por objetivo fazer com que o aluno fale, coloque suas experiências suas idéias. No *primeiro momento*, o aluno é convidado a falar, a refletir, no *segundo*, existe a oportunidade de aprofundarmos os conteúdos, os conceitos, com a mediação, que a idéia de SE requer e, no *terceiro*, deve ocorrer a sistematização dos conhecimentos.

A partir daí Pr1 convidou os alunos a participarem desse primeiro momento, sem se preocuparem com a filmadora. Relacionando os seres com o ambiente natural, social, tecnológico e cultural, os incitou a falar, a argumentar. “Como sabemos que não estamos isolados?”

A- À medida que se convive com a natureza, com os animais, com o equilíbrio da natureza, a água, seres vivos. Porque com esse convívio busca preservar a existência do homem, o ambiente saudável e propicia para as próximas gerações as condições de sobrevivência em nosso planeta.

A- É pelo fato de estar na sala de aula trocando idéias, aprendendo, mudar idéias, mudar métodos.

A- Participamos deste ambiente, utilizando os cinco sentidos que temos bem desenvolvidos.

Pr1- O que mais?

A- Ele interage no ambiente na medida em que busca o conforto, sobrevivência. É uma questão de interagir positivamente e negativamente. Ele modifica o ambiente pela própria existência. Sabendo que ele é um mero consumidor, busca no ambiente o produtor de alimentos, a alimentação que está aí, modificando-o em busca do conforto, da sobrevivência.

Pr1- O que nos possibilita a percepção?

A - Conhecimento adquirido de experiências passadas, adquiridas em sala de aula, dentro da própria família. A família repassa conhecimento, pessoas com quem conviver, amigos, meios de comunicação, internet, rádio, tv.

A- Sabemos que tudo está aí pelas trocas de informações.

Pr2- Deixe-me complementar a pergunta. Será que teríamos a capacidade de vivermos isolados, seja agora, de um certo período em diante, ou amanhã? Teria essa possibilidade?

Als- Não.

A- Há interação, dependência.

Pr2- O que é esta interação? É uma interação verbal ou o quê?

A- Por conhecimentos transmitidos. Nós aprendemos.

Na continuação das atividades, os alunos foram solicitados a fechar os olhos e fazer total silêncio, para depois descrever o que perceberam naquele exercício.

A- Esses sentidos que eu estou tendo e ouvindo, se eu ficar em silêncio, no caso, de olhos fechados, usar o tato, tudo isso me vem à lembrança, conhecimentos adquiridos anteriores. Eu só vou perceber o meio no momento em que tiver conhecimentos anteriores, ter o tato e o olfato bem desenvolvidos. No momento que eu me deparar com uma situação que eu desconheço, seja um barulho, ou [...]. Se eu não tiver conhecimento anterior, vai ser difícil me localizar, saber do ambiente onde estou. Penso que o principal ainda é o conhecimento adquirido anteriormente.

Mesmo tendo conhecimento sobre os órgãos dos sentidos, os alunos demoraram a associá-los à questão inicial, sendo necessários vários questionamentos e comparações. Na sequência, Pr1 introduziu o conteúdo básico de Biologia, incentivando a participação dos alunos, como estímulos, sistema nervoso central (células, nervos, neurônios, dendritos, axônio ...). Pr2, referindo-se à recepção de estímulos e à capacidade de desencadear respostas adequadas aos estímulos por parte do cérebro, questionou: “Como os alunos entendem isso, será que não seria importante explorar mais esta questão?”, com o que Pr1 concordou.

Pr1- Se pisar em um prego, o que você faz?

A- Tira o pé, porque;

Als: Sentiu dor.

Pr1- Sentiu o estímulo do prego. O que faz você sentir a dor? O cérebro. A pessoa pisa no prego, o estímulo é o prego. A ação é recebida pela medula espinhal. Os nervos raquidianos recebem este estímulo e conduzem para a medula espinhal, que conduz para o cérebro que aí sente a dor. Um outro estímulo importante perceberem é o reflexo patelar. Alguém de vocês já o fez?

Poucos alunos responderam que sim, dando detalhes sobre. Fizeram a experiência e seguiram com a abordagem sobre o sistema nervoso, os mediadores químicos, os anestésicos (vários tipos de anestesia e seus efeitos sobre o organismo e sua relação com partes específicas deste). Ao falar da poliomielite como uma doença que destrói as células nervosas, e os músculos ficam sem o curso, Pr1 frisou que no estudo sobre o sistema nervoso é importante trabalhar as doenças que atingem ou atacam o sistema nervoso. Sobre esse assunto, houve uma boa participação dos alunos.

Pr1 ainda falou da memória da aula, que todos devem fazer os registros, o seu relatório e Pr3 complementou manifestando sua intenção de desenvolver um trabalho

diferenciado do habitual, com a idéia de SE, onde a memória da aula pudesse possibilitar a análise dos rumos que tomariam os debates e as atividades. Os alunos se organizaram em pequenos grupos, para em cada semana um deles fazer o registro com os detalhes da aula e suas complementações. Pr1 se responsabilizou de acompanhar essa execução, inclusive as pesquisas feitas e o nível atingido, para que ficasse o registro, de modo que os professores que irão trabalhar no ano seguinte (com aquela mesma turma), já saibam que SE foram desenvolvidas e até que níveis foram significados os conceitos. O registro passaria a ser um documento importante que faria parte da avaliação do aluno, uma vez que ele tem participação nesta elaboração e seria, posteriormente, arquivado.

Os alunos expuseram uma série de coisas impressionantes, algumas nem cogitadas, como a ênfase à questão dos conhecimentos e às vivências para a percepção de que não se está isolado. O planejamento do trabalho havia sido em cima dos órgãos dos sentidos, e os alunos insistiram muito na percepção pelos conhecimentos. Diante disso, Pr3 enfatizou o agir do homem primitivo, suas vivências, seus conhecimentos e sua sobrevivência. Falou das faculdades mentais primitivas, como sendo próprias de qualquer ser que reage ao ambiente, aos estímulos do ambiente.

A partir das questões “Como você reage a um estímulo?”, e “O que são estes estímulos?”, afirmou a necessidade de ampliar as discussões sobre esse assunto; que a professora de Biologia ficou mais do lado da centralidade da posição desses estímulos e que a Química e a Física devem explorar outros conhecimentos. Após o intervalo, os alunos formaram grupos (de 4 ou 5 componentes), ficando cada um responsável pelos registros de uma das aulas e a elaboração do respectivo relato, cuja apresentação seria ao final da SE. Em seguida, assistiram ao filme “O Cérebro”, da *Coleção Superinteressante*, com duração de 25 minutos. Foi chamada a atenção quanto aos conceitos que aparecessem no filme para posterior sistematização.

Da discussão sobre o filme, foram destacadas várias falas dos alunos, como o inconformismo expresso por A1 sobre a já usual analogia entre o computador e o cérebro. “Não entendo por que tanta analogia, por que o cérebro é o cérebro e o computador está mais distante da realidade do aluno do que se entendeu. Uma visão do homem no centro dominador, o cérebro que domina o mundo”. De outra parte, numa outra direção, da aluna A2, sobre como trabalhar um filme como esse com os alunos, diz que, além de um comentário geral do filme, de discussões e de pesquisa pelo próprio aluno para aprender sobre o córtex, o cérebro “faria um texto, e até composição de poesias. Poderia ser trabalhado de forma sistematizada, com desenhos, com artes”.

Pr2 provocou uma discussão sobre a energia indispensável ao funcionamento do computador e do cérebro (apontada no filme). Diante da pouca interlocução, já foi possível uma primeira impressão das dificuldades quanto ao conteúdo de Física e de Química. Pr3 aproveitou para falar do cérebro, biologicamente completo há milhares de anos, mas incompleto quanto à aprendizagem: “Ele se desenvolve tanto mais quanto mais se aprende”. Situou a linguagem como decorrente de construções originadas da interação entre as pessoas; da sua capacidade de reconstruir a cultura em cada momento histórico, a qual se faz sentir no fazer ensino e aprendizagem intencionalmente.

Comentários

Nesse primeiro dia, percebemos que os alunos participavam pouco da aula, mesmo sendo estimulados. Mas isso não levou ao desânimo, uma vez que já é de conhecimento público que eles tiveram toda uma escolarização centrada na passividade. Chamou a atenção e incitou reflexões a ênfase dada ao conceito estímulos sem, no entanto, avançar na sua significação. Pr1 falava sobre estímulos diversas vezes durante o momento da aula que estava dirigindo. Mas ficava nisso. Eu fiquei pensando: que bom que estavam presentes os professores de Física e de Química. Se as aulas fossem administradas somente pela professora de Biologia, os alunos estudariam, basicamente, o organismo e suas percepções do ponto de vista biológico. O atual quadro de desenvolvimento dessas três áreas, a reciprocidade entre elas, nos leva a crer que não seria muito diferente se fosse pelo enfoque da Física ou da Química: o ensino voltado para a área de formação do professor.

O trabalho colaborativo iniciado com os licenciandos, direcionado a romper com a tradicional forma de ensino, começou a mostrar sinais da possibilidade de implementar mudanças no ensino fundamental e médio. Se as pesquisas (Zaichner, 1993) estiverem “corretas”, e os futuros professores seguirem a tendência de “continuarem ensinando assim como aprenderam na graduação”, teremos “semeado em terreno fértil”. Em vez de seguir a tendência da fragmentação (como o ensino sobre o corpo humano na 7ª série, sob o enfoque da Biologia), poderão ser implementadas atividades interdisciplinares. Soma a seu favor o vivenciar e o sentir diretamente a problemática e seu enfrentamento, particularmente o desencadeamento do sentimento de capacidade para as pretendidas mudanças.

Ainda que de forma bastante incipiente, já se pôde perceber que esse trabalho, sob a idéia de SE, com a participação efetiva de professores desses três componentes curriculares, pode resultar noutra configuração. Não mais restrita, diante do planejamento e ensino

individual, à expressão “estímulos”, e concebendo um martelo como o estímulo externo (ao ser golpeado levemente contra uma região particular do joelho), considerando o cérebro não mero receptor de estímulos, mas processador de informações, as quais devolve aos outros órgãos, como a sensação dolorosa ao pé.

O trabalho coletivo mostrou ser possível ampliar a compreensão do fenômeno e viabilizar uma outra dinâmica do processo de ensino-aprendizagem. A participação dos professores na aula e nas reflexões, no intervalo e ao final dessa, assinalou um começo promissor dos trabalhos. Surpreendeu-nos a importância atribuída ao conhecimento, por vários alunos, como fator essencial na identificação do que acontece no ambiente.

Para ampliar a compreensão do fenômeno da *visão*, buscamos frisar o aspecto físico sob a ótica dos Conceitos Unificadores. A começar, a visão depende da energia e de sua transformação sob certos limites. A pupila controla (limita) a quantidade de radiação luminosa (Energia: ondas, fótons) que penetra no olho (Escalas). Essa se transforma no interior do olho regularmente (Transformações-Regularidades) em impulsos elétricos que possibilitam ao cérebro processar a informação que chegou via energia luminosa ao olho.

Reunião de 19/03/2001

Nessa reunião, foram retomadas as discussões feitas ao final da aula passada: a ênfase dada ao sistema nervoso. Com o trabalho já realizado, o grupo percebeu que essa é uma SE muito rica, embora fossem necessários amplos cuidados para não priorizar em demasia alguns conhecimentos, desviando do objeto principal e, inclusive, dificultando as interações. Por exemplo, a centralização de três tempos da aula sobre o cérebro (Sistema Nervoso - SN), ainda que integrador das sensações, mas nessa situação os órgão dos sentidos são a idéia central, e não o SN, como pareceu na primeira aula.

Pr1- Eu entendi que vamos começar pelo SN e já fazer uma relação com os órgãos dos sentidos, porque os estímulos externos são recebidos pelo SN. Entendi que começamos pelo SN, por mais que se vá retomar em outros momentos.

Pr3- Sim. Então a nossa compreensão precisa ser afinada. A idéia é que se vá várias vezes. Há situações em que precisamos saber o SN, mas temos que dar uma descrição bem ampla, para ter uma idéia. Existe um SN presente para entendermos o que acontece com a sensação, mas não se deverá discutir, por exemplo, memória, inteligência, regiões cerebrais que não tenham a ver agora.

Com as discussões sobre qual a importância, extensão e aprofundamento sobre o sistema nervoso nessa SE, Pr1 entendeu que seria estudado SN de uma forma bem

elementar para “desencadear o estudo dos órgãos dos sentidos”. Mesmo assim, continuaram as discussões sobre o mesmo, pois ainda havia dúvidas em relação a que regiões do cérebro são ou não importantes para essa SE.

Pr3- Eu fiquei preocupado. De repente a questão era discutir falhas do SN ligadas a problemas de paraplegia, estudar problemas de depressão, problemas de psicose. Não é esta a função desta SE, porque não é o estudo do SN. É claro que, num certo momento, quando se tiver outra SE, estas questões vão ter que ser estudadas. Mas aqui no caso, na minha opinião, interessa o caminho que existe no SN, como ele é não é o momento, a hora de estudar.

Pr1- Eu penso que é agora, mas posso estar enganada. Vou ceder, não tem problema. Nós estamos trabalhando em equipe. No meu ponto de vista, era o momento de estudar o cérebro, sem aprofundar. Aquele dia eu nem precisava ter colocado tudo aquilo, mas eu penso que nós não podemos usar o cérebro sem todas as conexões, do tato, do olfato, da visão...

B1- Nós não estaríamos, de certa forma, se estudar agora o SN, tendo uma coisa um pouco linear, fragmentada? [...] porque, se a gente estudar mais por esta forma que Pr3 coloca, eu penso que também dá mais abertura para a Química e para a Física.

Pr1- Neste sentido, eu acredito. Para se estudar o SN, quer queira quer não, se dá mais ênfase à Biologia, uma vez que é um conteúdo mais voltado para a Biologia, mas não importa que agora se entre com as outras.

Pr2- Como nesta disciplina estamos em conjunto, é uma disciplina instrumental, estudar o cérebro seria o suficiente para ter o entendimento de como o homem se percebe no meio? Qual a função do cérebro nessa codificação dos estímulos, tão enfatizados na primeira aula?

Pr1- Então seria só uma introdução ao cérebro?

Pr3- Seria somente como um órgão onde acontecem coisas importantes. É tipicamente uma daquelas tuas *caixas pretas* Pr2, que não seriam abertas, a não ser com a concepção da idéia de um órgão, como ele age. Nós não daríamos, porque o cérebro vai entrar em inúmeras outras situações.

Pr3 chamou a atenção quanto ao ensino de Ciências (fundamental), que tem a função de “indicar grandes necessidades”, sem poder, efetivamente, entrar numa compreensão aprofundada, que poderia desviar-se do objetivo central da SE. A linha de discussão, a busca dos conceitos, os conteúdos mais fundamentais, mais preliminares, seja de Biologia, de Física ou de Química ou dos órgãos propriamente dos sentidos ou dos sistemas integradores (como o endócrino e o nervoso) são prioridades na SE. Por exemplo, se o objeto fosse a percepção, aí sem dúvida teríamos que relacionar com o SN; se a retina for lesada e não se conseguir mais captar os impulsos do meio, seria necessário entender o que isso implicaria na própria função do cérebro em relação à visão.

Para se ter uma panorâmica da estrutura da atividade, de modo a perceber melhor a relação entre conteúdos, Pr2 sugeriu a idéia do “mapa conceitual”. “Eu tinha pensado em situar o cérebro, por exemplo, e depois os órgãos dos sentidos, uma vez que todos eles estão ligados a ele quanto ao processamento das informações. O mapa pode dar uma visão mais ampla”. Mas ficou a dúvida se ele ia dar conta ou não.

A partir daí foi explorada a função do cérebro, dos nervos quanto aos impulsos elétricos (da corrente elétrica, potencial elétrico), objetivando romper com uma linearidade, com algo que não unifica. Havia a preocupação com a questão das interações (entre substâncias que permitem perceber o meio através do cheiro e do gosto e quanto à energia, sinais elétricos, gerando interfaces com os terminais nervosos que estão presentes em todos os sentidos, as ondas mecânicas ou eletromagnéticas que interagem também com os órgãos). O grupo discutiu sobre o SN não como coisa única, mas como algo que abrange o SN Autônomo, SN Central e SN Periférico, para começar a usar estas palavras e significá-las na interação pedagógica. Juntamente com as sinapses, fizessem parte das discussões dos órgãos especializados do ser humano, em termos de órgãos que se integram, percebendo a idéia central.

Houve concordância em não esgotar todas as questões ligadas aos órgãos, e sim procurar o aprofundamento necessário para um entendimento que fosse compatível com a compreensão dos conceitos pela turma. Foi citado o exemplo da reverberação (na Física) como um conceito a ser explorado, uma vez que acontece em auditórios, e interfere na qualidade do som e pode estar relacionado às características de onda e ao funcionamento do tímpano. Mas é importante estudar ondas até onde for necessário, para compreender a possibilidade de percepção do homem. A mesma coisa em Química: analisar estruturas, tratar de substâncias, deixando claro que têm representação química, que são bem conhecidas e que, no seu interior, podem produzir efeitos; onde, às vezes, a falta delas ou a inibição delas produz a impossibilidade dos sentidos, de alguma coisa se completar. Um dos desafios residia em saber limitar bem, trabalhar os conceitos mais fundamentais.

A partir daí o grupo tratou da energia, das partículas e substâncias, relacionando-as aos “estímulos”, a exemplo das trocas de energia entre o ser humano e o ambiente, através de substâncias presentes no ar atmosférico que o envolvem. Isso ajudou a pensar, na questão principal de que o homem não está isolado: ele interage através de energia e de substâncias. Esse seria o conteúdo a ser tratado na próxima aula: *energia* pelo professor de Física e *substância* pelo de Química.

Pr1- Aí vamos ter que fazer aquela problematização novamente.

Pr2- Não sei se seria o caso. Depende, também, do interesse deles. Porque nessa questão de interagir energia e substância, por exemplo, utilizando um ventilador numa sala, mesmo que o ventilador transforme uma parte da energia elétrica em energia térmica e esquente mais o ambiente, ele consegue transmitir uma sensação melhor ao organismo. Ele está forçando o movimento dessas substâncias em contato com o organismo.

Pr3- Sim. Que é a evaporação, acelera a evaporação.

Pr2- Sim. A evaporação, e até renovando as partículas, pois ele acaba afastando-as.

Pr3- Isso é tipicamente a coisa que se deve explicar.

Pr4- Exato. Porque é bem do cotidiano.

Com base nisso, Pr3 alertou que o grupo não estava captando, ainda, tudo, embora esta fosse uma “questão-chave”. A dificuldade residia no uso dos conceitos para explicar algo, em desacordo com a concepção de ensino de Ciências do GIPEC-UNIJUÍ. A partir de uma situação de vivência, explorar as explicações que as pessoas têm para daí introduzir os conceitos, para significá-los; para que a explicação atinja novos níveis. Apreendido o primeiro significado, fazer questões em que os conceitos vão aparecer, para perceber até onde os conceitos estão servindo e até onde eles precisam ser ressignificados. Aí, o assunto ventilador passou a ser entendido não como entrada, mas de análise.

Para a próxima aula, o foco seria *matéria* e *energia*, e sua relação (sem isolá-las): a *energia* pela Física, caracterizando os vários tipos e seu movimento ondulatório, e *substâncias* pela Química, com atenção ao movimento das partículas. Os professores de Física e de Química, conjuntamente, explorariam a relação *energia-matéria*, uma vez que a energia depende das atividades que ocorrem na matéria. É na interação que se percebe a luz enquanto onda ou partícula.

A Física estudaria as ondas eletromagnéticas e mecânicas, como algo que possui determinadas características, com semelhanças e diferenças (comprimentos de onda, frequência ...). Quanto às ondas mecânicas, seria importante mostrar que não é a matéria que saiu da fonte, mas a energia, que há diferença de velocidade, o que seria uma forma de preparar o “terreno” para o professor de Química entrar na questão da organização da matéria (em termos de substâncias e interação de substâncias, que permitem perceber pelo tipo de interação que têm com as terminações nervosas). A partir daí, seria explorado o potencial elétrico das células.

Cada professor ficou de selecionar atividades experimentais. Pr2 sugeriu assistir duas fitas de vídeo: uma sobre ondas eletromagnéticas (10 minutos) e outra sobre ondas mecânicas (8 min), bem como utilizar o retroprojeto para mostrar e explorar o espectro eletromagnético.

Aula de 22/03/01

Num primeiro momento, Pr3 falou sobre o trabalho que estava sendo desenvolvido. Externou a preocupação em construir de forma coletiva aquilo que o grupo GIPEC-UNIJUÍ

pensa ser uma forma de ensino de ciências, que rompe com as coisas que são sempre ditas como negativas. Explicitou que esta era uma oportunidade de tentar, juntos, criar algo que deve continuar e ter outros desdobramentos. Retomou a idéia de SE como forma de organizar e discutir o ensino de ciências em novos níveis, e com aporte dos *Eixos Temáticos* (que são propostos hoje como a base dos currículos de ciências) e dos *Temas Transversais*. A SE começa com a exploração de vivências dos alunos, colocando seus conhecimentos em foco e, a partir daí, introduzir os conceitos de Física, de Química, de Biologia, de Geologia, de Geografia e outros necessários, inclusive relacionados aos TT.

Os momentos da aula seriam em número de três: 1^o) a condução da aula conforme o planejado para o ensino fundamental; 2^o) os conceitos que são fundamentais para cada assunto e o provável nível de entendimento exigido para a série ou ciclo; 3^o) discussão com o grupo todo (professores e alunos) sobre as formas didáticas, os conhecimentos profissionais para a ação de professores e se o número de conceitos e o nível de entendimento foram adequados.

Num segundo momento, o professor de Física introduziu os conteúdos básicos desse componente curricular que faziam parte da SE, retomou a expressão *estímulos* e associou-a aos órgãos dos sentidos pela relação direta com *energia e substância*.

Pr2- Vou começar pelos “estímulos”, enfatizados na aula passada. O que são esses estímulos?

A- Os estímulos visuais, os objetos que se vê, não deixam de ser um estímulo. Daí olha as cores, percebe o cheiro, [...] para que se conheça ele, é estímulo.

Pr2- Sim, mas o que é esse estímulo visual, que nos permite enxergar? Como é produzido?

A- Depende. Se, ao chegar numa rua, e deparar com um animal que eu tenho medo qual é a minha reação: é pânico. Ou [...].

Pr2- E a questão do som. Vocês já pensaram como se consegue ouvi-lo? O que capta, como?

A- São as ondas propagadas pelo ar, que o ouvido capta e que batem no tímpano e que fazem vibrar, não é isso?

A- O que faz essa onda se propagar, no caso, é a energia da luz, o comprimento de onda, que o elétron recebe energia depois muda de tudo. Não, os fótons.

A- É um barulho, uma coisa, [...] uma vibração.

Pr2- E se eu bater bem forte vou precisar de mais energia?

A- É mais energia que você aplicou.

Incentivando a participação dos alunos, Pr2 explorou:

- o conceito energia e sua evolução histórica, bem como formas de energia;
- o conceito de ondas e as características de onda (frequência, comprimento de onda, velocidade, amplitude, refração ...);

- ondas mecânicas: a influência do meio material, a diferença de velocidade em meios de diferentes densidades; ondas sonoras e suas características (particularmente a qualidade do som, a altura e o timbre). Foi assistido ao vídeo de oito minutos sobre ondas mecânicas.
- ondas eletromagnéticas: estudo quase que minucioso sobre esse tipo de ondas, desde o significado de cargas elétricas, campos elétricos e magnéticos, como foram conceituados historicamente, como são gerados, como um influencia o outro, a aceleração de cargas, a questão da energia, a representação gráfica, e assim por diante; o estudo do espectro eletromagnético a partir de uma transparência, identificando vários tipos de ondas e associando-as aos seus comprimentos/frequências; foi assistido ao vídeo de 10 minutos sobre ondas eletromagnéticas e brevemente comentado.

Após o intervalo, Pr3 introduziu os conteúdos básicos de Química, enfatizando o papel das ondas e das substâncias que precisam chegar, sensibilizar, para a percepção do ambiente. Sob uma dinâmica diferente, conceituou substância, caracterizou-a como matéria organizada, que possui nome, características e representação química.

Pr3- Não estou isolado se chegar substância. Se fechar a boca ou o nariz, não vou sentir o quê?

A- Cheiro [...] ou gosto.

Pr3- Se a substância não chega até mim, eu não consigo sentir. Por que não sinto o cheiro do ferro?

A- Porque não é estimulado, o ferro não libera estímulos para que você possa sentir o cheiro.

Pr3- Que estímulos seriam esses? Se o ferro liberasse algo, seriam [...].

A- partículas de ferro.

Pr3- Ótimo, por que não saem partículas de ferro?

A- Porque as partículas estão muito juntinhas, umas das outras, [...] na forma sólida.

Utilizando alguns frascos tampados contendo seis tipos diferentes de substâncias, Pr3 continuou as interações com os alunos explorando características como volatilidade, cheiro, e retomou a questão proposta no primeiro encontro, sobre a necessidade de conhecimentos anteriores. Afirmou que os seres humanos possuem células especializadas que conseguem interagir com as substâncias, o que permite, por exemplo, diferenciar a água do ácido acético (vinagre); que não sentimos o cheiro da água, caso o fosse, sentiríamos o cheiro da umidade do ar a todo o instante. Explorou diferenças entre os cheiros que sentem os humanos e os animais, ressaltando a necessidade das interações e a relação com cargas elétricas e ligações químicas.

Para o entendimento do que acontece nas células quando chega uma molécula de perfume e tem desencadeamentos no cérebro, novamente precisa-se da ajuda da Biologia. Condição para que se possa sentir, conforme Pr3:

- o cheiro de alguma substância: volatilidade para ocorrer a interação com células especializadas (os receptores);
- o gosto: equivale à interação com as papilas.

Ainda foi relacionada a capacidade de identificar algo segundo experiências vivenciadas anteriormente, e nos últimos 20 minutos, feita a avaliação da aula, principalmente quanto à sua condução, se compatível ou não com o que se pode fazer lá no ensino fundamental.

Pr3- O que vocês dizem da SE até aqui desenvolvida?

A- É preciso que o professor proporcione para o aluno condições de ele expressar o conhecimento que tem. Não aquele escolarizado, mas o espontâneo, da vivência, para que depois o professor faça a mediação para a formação dos conceitos e a sistematização vai se dar no momento em que o aluno vai expressar seu conhecimento.

A- Em novas experiências e novas vivências.

Pr3- Hoje especificamente, como e até que nível aconteceu isso?

A- Eu penso que hoje foi focado muito conhecimento. Mas, foi boa a forma da abordagem da segunda parte da aula. Todos ficaram alerta e queriam falar, participar. É dessa maneira que nós professores temos que criar esse ambiente, porque a aula é o professor e os alunos, eles estão interagindo. Se o professor está lá na frente, sem fazer com que o aluno se sinta participante da aula, vai haver uma transmissão de conhecimento sem que haja interação. Vai se tornar uma coisa imposta, isto porque ele não conseguiu fazer a conexão [...]. Então, cabe a nós professores fazer essa relação. É um papel muito difícil. Eu penso que tem que haver uma preparação.

Pr3- O ideal é conduzir de tal forma que os conhecimentos surjam a partir do que as pessoas possam falar e introduzir os conceitos, como substâncias, [...] e criar situações novamente em que esse possa ser usado.

A- Exatamente, em que o aluno possa formar o conceito a partir daquelas experiências.

A- O professor não deve trazer o conhecimento que ele julga ser correto. Há um conceito e o aluno vai formar o próprio conhecimento, a partir da mediação com o professor; vai criar o próprio conhecimento e só assim vai aprender. Senão vai decorar e não vai saber utilizar no dia-a-dia.

Quanto aos conceitos, os alunos consideraram ser, quantitativamente, em demasia, principalmente os de Física. Porém, consideraram bem adequada a forma como foi conduzida a segunda parte da aula.

Comentários

Durante o intervalo das aulas foi discutido e refletido sobre o que havia sido trabalhado até então. Constatamos que o eletromagnetismo foi explorado de forma muito profunda para esta SE. O professor de Física também percebeu que sua aula poderia ter sido mais interativa e proveitosa se, em vez de ter iniciado pela representação senoidal da onda,

tivesse explorado primeiro algumas partes e características sobre ondas, de forma a ampliar a interação com os alunos. Esse seria o momento de (re)explicar alguma característica que se julgasse necessária. Para Pr2:

Esta aula jamais sairá da minha memória. Se, por um lado, a presença do grupo me deixou intraquilo, o que dificultou um pouco a minha participação, por outro, a análise da aula e, em particular, a minha participação com o grupo todo, me trouxe muitas contribuições. Em primeiro lugar, percebi (e o grupo também) que essa aula não foi das melhores. Em segundo, isso contribuirá para melhor planejar e dar a próxima aula.

Quanto aos alunos, é importante explicitar a fragilidade dos seus conhecimentos sobre ondas, fator que, de uma forma ou outra, limitou as interações. Como o professor não se deu conta disso, mais transmitiu conceitos do que gerou as condições de significá-los. Constatamos que esta seria uma importante questão a investigar pelo próprio grupo, para a sequência dos trabalhos.

Reunião de 26/03/01

No início dessa reunião foi tratado sobre os PCN, salientando que eles serviram como documentos de referência no RS para a organização dos Planos Estaduais. Pr3 falou sobre a importância de ações dinâmicas nos trabalhos interdisciplinares, que “o conhecimento é tão dinâmico que precisamos formar inteligências”.

Foi retomada a idéia de trabalhar os conhecimentos como o grupo pensa deva ser, uma vez que não adianta fazer pesquisa avançada sobre aulas tradicionais, bem como de propiciar aos alunos participação mais efetiva na elaboração da SE. Não falar do que poderiam ou deveriam fazer com seus alunos, mas fazer na aula, sentindo as dificuldades. Pensar coletivamente como eles podem fazer mais adiante, enquanto professores de ciências no ensino fundamental.

Os participantes discutiram sobre o número mais adequado e o nível dos conceitos, uma vez que foi constatado, na aula anterior, um número exagerado, e sobre como os conceitos são significados na interação. Coube aos professores a tarefa de elaborar perguntas bem desafiadoras, o que poderia auxiliar para perceber os sentidos que o aluno fala e recolocá-los em significação mais avançada.

A reflexão *na* e *sobre* a aula anterior levou à discussão da forma didática empreendida, e que outras opções são adequadas, possibilidades e limites. Pr2 questionou o

grupo sobre o momento da aula adequado para trabalhar conceitos como ondas eletromagnéticas (e suas características), uma vez que são pouco compreendidos, mas que necessitam ser significados para propiciar condições de trabalhar esse assunto quando ensinarem Ciências no ensino fundamental. “Acredito que não podemos, também, cair nessa onda do construtivismo, onde, de repente a maioria pensou que tinha que ser daquele jeito e deu uma liberdade total e virou bagunça”.

Pr3 concordou que o importante é que temos o conceito que queremos significar; que é necessária a nossa fala, desde que o aluno saiba que é para produzir significados, se refere a algo no mundo, uma vez que a Ciência é o conhecimento produzido sobre as coisas.

Pr3- Por exemplo, como é que enxergamos. Bom, a gente enxerga porque [...]. O que não se pode é esquecer sobre o que está se referindo e começar a fazer uma explanação muito abstrata. Tem que estar claro o que estou falando sobre esta situação, e a Ciência tem algo a dizer sobre ela. Queremos realmente ensinar o conhecimento da ciência e isso é o professor que faz.

Pr1- Eu penso que, se pudermos partir do conhecido para chegar ao conhecimento científico, isso vai ajudar o aluno a entender. Porque nessa situação ele pode falar [...].

Pr4- Mas ele vai falar do nível do conhecimento que ele tem.

Pr1- E nós temos que trabalhar isso, fazer a mediação, para chegar ao conhecimento científico.

Pr3- Temos que cuidar porque é outro significado, é outra lógica, como diz Bachelard, se eu não rompo com a idéia de senso comum, eu não vou fazer conhecimento científico.

Pr1- Claro, eu [...].

Pr2 falou da importância da reflexão conjunta sobre a aula. “Para mim essa aula serviu para entender que comecei num nível muito alto e, com certeza, exagerei no início, nas questões; para compreender como não trabalhar a próxima aula e até que ponto se pode chegar.” Pr3, se referindo à *Zona de Desenvolvimento Proximal*, de Vygotsky, completou afirmando sobre a importância de ir percebendo até onde o aluno acompanhou o professor na interação. “Até aqui sim, daqui ele não me acompanhou mais, então eu preciso voltar, esta é a questão”.

Na aula seguinte seria retomado como os “estímulos” chegam ao olho. Pr1 iria utilizar as peças anatômicas para explicar o funcionamento do olho e suas partes, a penetração da luz e onde esta chega para ser transformada.

Pr3- O meu medo é o seguinte [...].

Pr1- Que tenha muitos conceitos?

Pr3- A função não é a anatomia do olho, mas mostrar como o olho está preparado para receber a luz, que é uma faixa de onda eletromagnética. Daí usar os termos como ondas eletromagnéticas [...].

Não precisa perguntar para eles o que é. Vamos usando. É sempre melhor retomar que tem comprimento e frequência, e que uma pequena faixa de frequência é chamada visível e chega ao olho humano.

Pr2- Eu estava pensando em retomar para explicar o comportamento retilíneo dos raios, para tentar entender o caminho da luz no olho e a função do cristalino como lente na formação da imagem.

Pr3- Então, Pr1 pode dizer qual é a faixa e passa a palavra para o Pr2, que pode falar sobre ela. Não vamos falar da lente agora, pois isso vem depois.

Ao professor de Física coube fazer a abordagem sobre as implicações da luz no interior do olho; ao de Química, sobre soluções, substância, composição química (da lágrima e dos humores), transformação das substâncias e estímulos elétricos.

Pr3- Eu vou elucidar quimicamente o que acontece com o fóton ou quantum de energia; sobre quando o homem começou a entender esta questão da excitação, nos metais, isto é, no começo do século XX.

Pr4- Por isso que não se sabe bem. É só um século.

Pr1- Quando começo uma aula dessa natureza, como me sinto pequeno. Começam a vir as dúvidas da Física, da Química.

Pr2- O fóton está relacionado com feixe, uma quantidade de energia que vai determinar, em níveis celulares, os saltos energéticos e o que vai ocasionar as correntes elétricas.

À Física caberia explorar a questão tecnológica associada à visão, como as lentes, a lupa, o microscópio, a máquina fotográfica, enfatizando a correção do caminho ótico, a ampliação da visão, [...]; realizar algumas atividades experimentais para evidenciar imagens reais, como na caixa-preta, a projeção de uma imagem invertida num anteparo; a atividade sobre a refração da luz. Além disso, explorar o modelo geométrico de formação de imagens reais em lentes convergentes e a função das divergentes quanto à correção de problemas de visão.

Após o grupo relacionar e discutir que conceitos e atividades trabalhar no estudo da visão, um dos professores cogitou postergar a parte pedagógica (os três momentos) que seria feita coletivamente ao final da aula, dado que as atividades planejadas se estenderiam também para a aula da semana seguinte. Eles trataram, ainda, sobre o seminário a ser feito ao final da SE, a partir dos relatos que cada grupo estava elaborando.

Aula de 29/03/01

Inicialmente foi combinado com a turma que o grupo três seria responsável pelos registros da aula. Na sequência, retomaram-se os principais conceitos da aula anterior,

como energia, ondas eletromagnéticas e suas características, e as partes constituintes do olho. De posse de transparências e do modelo anatômico, Pr1 explicou a visão, sempre atenta à função da energia luminosa, conforme foi planejado. Pr2 a auxiliava nessa tarefa.

Previamente à atividade da dissecação do olho, houve a retomada da parte teórica sobre a visão, atentando para as interações entre alunos e professores.

Pr1- Vamos ver o que ficou. Quais as partes fundamentais do olho?

Als- Córnea, íris, cristalino, retina [...];

Pr1- Tem também a coróide. É só raspar a retina que se encontra a coróide e o nervo óptico. Quais são as estruturas que nos possibilitam ver as coisas?

A- Os cones e os bastonetes. Os cones nos possibilitam distinguir [...].

Als- as cores.

Pr1- Mas o que são os cones e os bastonetes? São células? Todo ser vivo é formado por células

Pr2- fotossensíveis.

Pr4- Relembrando da aula passada, a percepção do meio é feita através de estímulos de duas naturezas: eletromagnética e;

A- mecânica.

A- Professora: A gente percebe as cores do ambiente por causa da luz branca. Não é isso que incide sobre? Essas cores, se eu focar uma luz de outra cor sobre o amarelo vou vê-lo de outra cor. Isso é o olho que faz a mistura da cor? Como funciona isso?

Pr4- Na verdade, a luz, como o Pr2 explicou [...].

Pr2 explicou a relação da energia com as ondas eletromagnéticas, enfatizando ter sido esta uma importante contribuição da ciência para a compreensão de diversos fenômenos, particularmente a luz. Conseguiu boa interlocução.

A- Quer dizer que o olho faz uma mistura de cores?

A- O olho recebeu a cor branca, mas verá o amarelo? E meu olho capta a frequência do vermelho, como se houvesse uma mistura de cores?

Pr2- Para isso, é preciso entender a fotossensibilidade das células. O fóton é um conceito que [...]. Quanto às cores, [...] a própria Ciência não tem respostas definitivas. Há de se investigar muito ainda. A explicação mais aceita é [...].

Pr4- Daí o nome daquele impulso que chega no cérebro, conforme a cultura, o grupo social a que pertence, vai dizer que aquilo é amarelo [...].

Pr2 explicou que as cores são, sob o ponto de vista da Física, comprimentos de onda diferentes. Portanto, energias diferentes que ativam células diferentes, o que não é percebido diretamente pelo cérebro. Na realidade, o cérebro recebe impulsos elétricos, não recebe os fótons. Os fótons se transformam em energia química/elétrica à qual o cérebro responde quimicamente. Mesmo sendo conceitos mais complexos, complicados, é

importante a negociação de significados, de forma que o estudante compreenda que não chega luz no cérebro, que não existe essa capacidade de interpretar a luz. Que há transformações anteriores.

A professora de Biologia tratou sobre cones, bastonetes e outros componentes do olho humano e, na seqüência, com o roteiro básico sobre o procedimento (inclusive quanto à questão de segurança e higiene, como a utilização de luvas), encaminhou a dissecação do olho. Foi projetada a imagem do olho para que fossem observadas mais atentamente as partes difíceis de identificação pela observação direta do órgão.

Após a atividade, os professores continuaram com a exploração teórica dos conteúdos e desenvolveram atividades experimentais de Física:

- a) do prisma e a decomposição das cores da luz;
- b) da refração da luz, relacionando os meios materiais transparentes diferenciados;
- c) da câmara escura. Imagem invertida projetada num pequeno anteparo dentro da caixa;
- d) sobre a nitidez das imagens, utilizando vela, lupa e anteparo. Ao deslocar a vela, ver imagens mais ou menos nítidas. Essa atividade também auxiliou na compreensão do conceito de acomodação visual e os problemas de visão, como miopia, e suas correções.

Antes de finalizar a aula, estiveram em pauta os conceitos trabalhados, a dinâmica da aula e sugestões sobre como trabalhar a Visão.

Pr1- Então, o que acharam da dinâmica de hoje?

Als- Ótima.

A- Com a prática aqui, deu para notar que de nada adianta o professor ficar colocando um monte de coisa se o aluno não consegue perceber através do contato que tem; ao experimentar [...].

A- A função se vai discutindo [...]. Num primeiro momento, classifica os órgãos, as partes. Depois, aprofunda e aí entra com a pesquisa desses problemas de visão, a função de cada um dos órgãos.

Os alunos fizeram sugestões sobre como trabalhar o conteúdo desse órgão, particularmente investigações sobre problemas de visão:

A- Fazer uma pesquisa sobre as dificuldades visuais. Uma coisa muito interessante, porque nas famílias se encontra, principalmente o pessoal de olho claro, uma tendência de ter problemas de visão bem maior do que os de olho escuro. Por que isso acontece? O que provoca?

Pr1- Interessante isso.

A- A influência ambiental, que seria a incidência da luz solar, que traz muito dos raios ultravioleta, acaba prejudicando a visão.

Pr1- Isso, ótimo.

Pr4- Será? Acho que deveríamos fazer um levantamento nessa população, se as pessoas de olhos claros têm mais problemas de visão. Se olharmos nessa sala, aqui todos que têm óculos possuem olhos escuros. Tem uma só de olho claro. E aí?

A- A pessoa de olho claro tem uma tendência muito séria de ter problema de visão. Então [...].

Pr4- Talvez pode ter problema de visão face à reação à claridade. Mas isso não quer dizer [...]. É bom fazer uma análise na população escolar de vocês. Podem fazer uma pesquisa, [...]. Os problemas podem ocorrer se o gene para a visão está alterado nessa família. Não porque o olho é claro. Às vezes se faz alguma associação que não é verdadeira.

Para a continuidade dos trabalhos na aula seguinte, foi sugerida a leitura do texto: “De olho no olho” (GREF, 1998).

Comentários

Em vários momentos da aula, ficou nítido que os professores ainda continuam, embora menos do que antes, com o hábito de não esperar que o aluno possa pensar mais e contribuir com sua fala. Quando não respondiam imediatamente, já expressavam as suas idéias, explicavam. A professora de Biologia, que na primeira aula deu ênfase à palavra estímulos, sem mencionar o que significava conceitualmente, nessa aula já falava de ondas eletromagnéticas, comprimento de onda e frequência, associando-os à energia. Ela arriscou-se a explicar aos licenciandos sobre a luz e suas características, mostrando que compreendeu bem a Física estudada na aula anterior. Consideramos isso um avanço significativo.

A avaliação dos alunos indicou que ainda permanece a herança, embora não tão forte, de que a aprendizagem é mais significativa quando se parte de atividades práticas. Ao repensar a aula, foi possível notar que os alunos colocaram o cristalino do olho dissecado sobre letras e palavras, vendo imagens ampliadas. No entanto, os professores não falaram nada a respeito e nem retomaram mais adiante essa questão. Parecia algo tão normal eles verem a imagem ampliada. Só que eles, ainda bastante acostumados com as aulas tradicionais, não se deram conta de que essa não é a função do cristalino na visão. Não conseguiram diferenciar a função de lentes bicôncavas (similares ao cristalino) de alguns instrumentos tecnológicos, a exemplo da lupa (e a ocular dos aparelhos) e da função das lentes no olho humano.

Reunião de 02/04/01

Diferentemente das anteriores, a reunião foi de (re)planejamentos. Os professores deram-se conta de que não havia mais tempo para continuar tratando sobre a *visão*. Restavam apenas mais três aulas e a última seria de avaliação. “Vamos fazer questões para ver se eles conseguem enxergar sob ponto de vista dos conceitos trabalhados. Eu penso que a melhor forma é fazê-los escreverem, na hora. Vamos utilizar um certo tempo e um outro tempo para discussão”.

Foi (re)confirmado dar um fechamento aos estudos sobre a *visão* e iniciar em seguida a *audição*. Decidiu-se centrar o trabalho no essencial sobre *audição, paladar, olfato e tato*. Quanto à *visão*, seria assistido o filme (25 minutos) da *Coleção Superinteressante* e, após, feito o fechamento com o estudo do modelo da Física para explicar a formação de imagens nas lentes convergentes e a divergência nas lentes divergentes, uma vez que este tipo de lente é utilizado em óculos para a correção de problemas de visão. Quanto à *audição*, já havia sido feita a introdução sobre ondas mecânicas e suas características, e o conteúdo previsto para sua compreensão se resumiu, basicamente, à Biologia e à Física, por considerar-se que seu estudo não necessitaria de tanto tempo.

Como o professor de Física não pôde participar dessa reunião, ele ficou de planejar a parte da Física a ser trabalhada na aula seguinte. Um dos colegas do grupo o informaria do conteúdo da reunião e combinaria o que trabalhar.

Aula de 05/04/01

Por problemas nos equipamentos de audiovisual, essa aula começou com o estudo geométrico sobre formação de imagens em lentes convergentes. Deslocando o “objeto” em relação à posição da lente, foi problematizado o assunto sobre acomodação visual e a importância do cristalino quanto à nitidez das imagens. Foram comparadas as imagens formadas geometricamente e as obtidas experimentalmente. Pr2 retomou o conceito de refração, associando as diferenças nos índices de refração de meios transparentes ao comportamento da propagação da luz no interior do olho. Também construiu geometricamente a imagem que é formada quando o objeto é colocado bem próximo da lente (entre o foco e a lente), explicando o funcionamento da lupa. Além disso, mostrou a divergência dos raios nas lentes biconcavas (divergentes) e sua função na correção de problemas de visão.

Em seguida, já sanado o problema de audiovisual, assistiram ao vídeo sobre visão e discutiram seu conteúdo.

Pr4- Mas aquela coisa sombreada que está ali é o cristalino.

Pr2- É o cristalino, mas ali ele faz [...].

Pr4- No caso dos velhos, tem a bifocal, que só usam aquele pequenininho só para perto. Como, para mim, que tenho astigmatismo num olho e hipermetropia no outro e não consigo enxergar, não tenho foco para distância curta, porque o que é o bifocal é uma parte da lente.

Pr2- Bifocal são duas lentes, porque o astigmatismo é problema no próprio cristalino. Significa que, em algumas regiões, a energia luminosa não chega exatamente sobre a retina. Se a formação da imagem é [...].

Seguiram as discussões, até Pr2 se dar conta que os alunos pudessem não estar entendendo o assunto. Ao solicitar que participassem, atenderam prontamente:

A- Esses problemas que acontecem. Eles nascem com a gente, ou ocorrem com o tempo, como o caso da miopia. Diz o ditado popular que a miopia vai aumentando, não sei se é verdade, gostaria de saber porquê.

Pr4- Tem vários graus de miopia, e a miopia, em princípio, é hereditária. Algum ancestral teu devia ter miopia para que você a tenha. Inicialmente, pensava-se que era dominante, funcionava a partir de um gene dominante. Hoje já se tem dúvida. Alguns casos já têm comportamento recessivo, mas ainda não se tem uma coisa bem definida [...].

A- Então é por isso a necessidade de andar melhorando a lente?

Pr1- Essas três anomalias da visão (miopia e hipermetropia e astigmatismo) são hereditárias. As adquiridas são a catarata, o glaucoma e o estrabismo.

Pr4 e uma das alunas questionaram sobre a influência, na visão, de quem fica muito tempo olhando no microscópio ou no monitor de um computador, face às dificuldades já sentidas. Como esse assunto não é trabalhado usualmente pelos professores, e por isso não tinham uma resposta preparada, ficaram de pesquisar posteriormente. Na sequência, estudaram o funcionamento de alguns instrumentos tecnológicos, como a luneta, o telescópio e a filmadora.

Para iniciar o estudo da *audição*, os alunos responderem, por escrito, às questões:

1. Como são percebidos os estímulos auditivos?
2. Como o som chega aos nossos ouvidos?

Houve boa interação entre professores e alunos a respeito das questões.

A- Através da propagação do som em determinado espaço, dependendo da distância, chega ao ouvido com maior ou menor intensidade e aí é enviado ao cérebro através dos estímulos nervosos.

A- Eu coloquei na 1, por ondas sonoras [...].

A- Nós estamos discutindo sobre a densidade da onda, de um meio onde essa onda passa. No ar não é tão intensa, no meio líquido [...]. Tem a composição do meio [...].

Pr1, de posse do modelo anatômico do sistema auditivo e de transparências, explorou a morfologia do sistema auditivo. Pr2 contribuía na explicação, recorrendo a conceitos de Física, como o de pressão para a compreensão da ampliação da onda no ouvido médio.

Na avaliação, ao final da aula, os alunos explicitaram alguns conceitos apreendidos e se referiram brevemente sobre a dinâmica da aula. Falaram da necessidade de mais material instrucional, como textos para poderem complementar os trabalhos para o seminário. Foram indicados mais alguns, como o intitulado “A indústria da produção da cegueira”.

Reunião de 16/04/01

Num primeiro momento, os professores das duas SE planejaram, conjuntamente, a avaliação que seria feita em cada uma delas. Formular questões para que os alunos pudessem explicitar os principais conceitos trabalhados em cada uma das SE; para perceber se, na intervenção pedagógica, conseguiu-se mediar novos níveis de aprendizagem e compreensão dos conceitos e se os alunos conseguiriam pensar diferente, se eles passaram a se expressar utilizando os conceitos. Discutiu-se sobre a importância de o professor ler o pensamento do aluno nas expressões escritas da avaliação e de ficar atento ao provável entendimento que o aluno tenha da questão, mesmo que ele chegue a ter dificuldades em expressá-lo. É condição para perceber que conceitos não foram apreendidos suficientemente, o que pode desencadear numa nova tarefa em que possa avançar na sua significação.

Combinou-se que seria proposto aos alunos um trabalho a ser feito sobre os livros didáticos de Ciências Naturais do ensino fundamental, entre eles os utilizados nas escolas, de certa forma, já do conhecimento dos mesmos.

Pr3- Então a gente podia pedir para eles trazer estes livros. O que vocês pensam?

Pr1- Uma das questões é fazer uma análise, uma leitura [...].

Pr3- Isso. Como são abordados. Se está junto com os órgãos dos sentidos ou separado. E quando está junto, que assuntos são tratados, por exemplo, a questão da audição, se são tratadas as ondas transversais, ondas longitudinais, essas coisas todas.

Pr4- Se estão tratando Química, Física e Biologia, e que conceitos são trabalhados.

Pr2- Se eles relacionam [...].

Parecia que já se havia chegado a um entendimento, mas com a continuidade dos planejamentos, novas dúvidas surgiram.

Pr3- Parece-me que cada um está entendendo uma coisa. Vamos ter que nos acertar. O que o aluno vai olhar no livro de Ciências?

Pr1- Eu entendi que ele vai escolher o assunto dos sentidos e ver como são enfocados os conceitos;

Pr3- Não. Não é como é enfocado o assunto [...].

Pr1- É quais os conceitos. Quem sugeriu como, fui eu.

Pr3- Não. Não falamos em conceito, falamos em assunto, como o assunto órgãos dos sentidos é tratado. É isso que nós combinamos. Então não tem eu. Nós estamos discutindo aqui na mesa. O trabalho que vamos solicitar tem que estar claro para eles. Se não está claro nem para nós, como vai ficar claro para eles?

Foram elaboradas quatro questões: 1) Descrever como o livro trata o assunto; 2) Quais conceitos de Q, F e B, estão relacionados ao assunto; 3) Se isso é tratado de forma integrada; e 4) (condicionada às considerações dos alunos, se o grupo pensa ser necessária) Como o aluno pensa que deveria ser tratado o assunto.

Ao continuar o planejamento, Pr3 lembrou que não iria estar presente na aula da semana seguinte, na qual seriam trabalhados os sentidos paladar e olfato. Como nesses dois sentidos é preciso saber alguns conceitos de Química, o grupo decidiu alterar a programação que havia sido iniciada no encontro de aula da semana anterior. Em vez de continuar com a audição, seriam explorados os sentidos *olfato* e *paladar*.

Pr1- Paladar e olfato entra bastante Química.

Pr4- Nesta quinta tu vais trabalhar? Começamos pelo *paladar* e *olfato* que envolve mais a Química.

Pr3- Eu também seria mais por aí [...].

Pr4- E no dia 26 nós trabalhamos o *tato*.

Pr3- Então eu retomo o conceito de substância [...] e interação com os órgãos dos sentidos.

Pr1- Isso. Eu pretendo trabalhar na Biologia as papilas gustativas, as regiões da língua, fazer atividades práticas sobre a identificação das substâncias, os sabores (salgado, doce ...).

Pr3- O principal é que eu os faça pensar que são interações entre as substâncias que estão ali na [...].

Pr1- Isso eu acho importante. Na hora em que eu faço essa prática das papilas gustativas, a identificação das regiões da língua, você já entra junto.

Pr3- Sim, aí eu vou reforçar. Mas eu começo a aula naquele encontro.

A reunião continuou com os professores discutindo as contribuições de cada um (como sobre a produção de saliva, sua relação com o mau hálito, a questão dos ácidos na alimentação ...). Em relação à tecnologia, seria estudado sobre o gás de cozinha e o cheiro característico que “solta” ao vazar, reconhecido imediatamente pelo olfato.

Planejamento da aula de 26/04/01

Como na semana seguinte o grupo teria dificuldades para se encontrar, resolveram fazer o planejamento da aula do dia 26 de abril, sobre o tato, nessa mesma reunião.

Pr4- Vamos fazer o tato simplório ou com todas as suas nuances, que é a pressão, o calor, o frio, porque senão fica só o tato do que eu encosto.

Pr2- Da transferência de energia entre o corpo humano e o ambiente; calor como onda eletromagnética (infravermelho).

As discussões seguiram mais um pouco, sendo sugeridas uma fita de vídeo a ser assistida e atividades experimentais a serem realizadas. Cada professor deveria complementar a preparação para sua intervenção na aula, sempre pensando na idéia central: o órgão dos sentidos em foco.

Planejamento da aula de 30/04/01

Nessa reunião, os professores ainda planejaram sobre como seria o encontro de 30/04/01. Num primeiro momento, os alunos fariam a apresentação dos relatórios, num segundo momento, a discussão sobre os livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental e, num terceiro momento, a sistematização final. Após bastante discussão, o grupo chegou a determinar a questão sobre a qual os alunos iriam dissertar: “O ser humano não está isolado do seu meio.”

Aula de 19/04/01

Nos 20 minutos iniciais, Pr1 explorou o sistema auditivo e suas partes. Ao falar dos ossículos, por exemplo, Pr2 explicou a função dos mesmos, do ponto de vista da Física, que é a de amplificar a onda sonora absorvida pelo tímpano e comunicada a eles. A diferença de área entre a membrana do tímpano e a membrana da cóclea é a responsável, também, pelo aumento da pressão da onda. Foram indicadas atividades experimentais sobre audição (explicitadas em textos e livros, a exemplo do volume “Ver e Ouvir” da *Coleção Ciência Hoje na Escola*,) que poderiam ser desenvolvidas com os alunos do Ensino Fundamental.

Para passar da audição para o paladar, Pr1 falou da relação entre o tubo auditivo e a faringe. Na sequência, o professor de Química tratou de explorar a relação energia e matéria, incentivando sempre a interação entre professores e alunos, embora, às vezes, esta se resumisse aos professores. Ainda assim, contribuiu para enriquecer os trabalhos.

Pr3- Vocês lembram (do ensino médio ou ..) que os elétrons não estão todos à mesma distância? Quando eles transitam de uma camada para a outra existe uma grande diferença de energia e emitem uma onda muito pequena. Por exemplo, um raio X sempre está ligado com matéria. Pr2, você lembra de alguma? Eu não lembro. Vamos pensar na energia ligada a ondas mecânicas. Tem que ter a vibração de quê?

A- De algum material.

Pr3- É muito importante entender essa relação.

Pr2- Vejamos o exemplo da lâmpada fluorescente. Ela emite radiações de duas frequências diferenciadas: uma direta, que corresponde à luz visível e outra, que corresponde à ultravioleta, mas que é absorvida pelo material esbranquiçado da lâmpada [...].

Pr3- O material absorve [...].

Pr2- Essa energia ultravioleta [...].

Pr3- Ultravioleta que é invisível [...].

Pr2- E aí ele passa a emitir dentro da faixa do visível e [...].

Pr3- É uma interação lá do interior dos átomos que compõe a camada esbranquiçada da lâmpada fluorescente [...].

Diante das discussões, Pr3 frisou que faria uma introdução mais geral, sobre a matéria, uma vez que os futuros professores devem ter conhecimentos de Biologia, de Física e de Química para dar aulas de Ciências. Isto se constitui num desafio aos mesmos, quer seja da escola de formação básica, quer seja da universidade.

Quanto à interação *energia e matéria*, foi dada ênfase à transformação de ondas mecânicas em eletromagnéticas (calor), visando gerar compreensões mais amplas para entender as coisas e para formar o pensamento. Pr3 explorou os conceitos de volatilidade, de substância e de material e a relação com algo que chega ao nariz, que é a condição primeira para sentir o cheiro.

Pr3- As moléculas vão em zigue-zague, de um lado para o outro. Portanto, demoram mais quando têm ar do que se não tivesse. O gás se expande.

A- Como descobriram isso, professor?

Pr3- É importante essa sua pergunta. É o próprio modelo que temos para a substância. Ela é feita de moléculas e quando está no estado gasoso [...].

A- É aquela relação que ela entra em movimento?

Pr3- Já está em movimento. Tudo está em movimento.

A- Batem entre elas. Sairia de um local e chegaria a outro essa molécula?

A- Ela perde energia quando se choca com o ar?

Pr3- Esse modelo de gás diz que na colisão não há perda de energia. Como se chama essa colisão?

Pr2- Choques elásticos.

Pr3- Choques perfeitamente elásticos não perdem energia, senão o que iria acontecer? Tudo iria parar. Felizmente o nosso modelo de Ciências nos diz que não perde energia. Diferente de uma bolinha de pingue-pongue que vai perdendo energia, mesmo que seja boa pipoqueira. Em cada batida ela vai diminuindo [...].

Pr2- Em cada colisão ela vai transferindo uma parcela de energia.

Pr3- No caso, a molécula só dispersa, sem perder energia. Isso é modelo importante. Se vocês começarem a pensar assim, [...]. Depois Pr1 vai explicar o que acontece. Vamos por comparação. A difusão do gás [...].

O professor de Química passou à dissolução de alguns materiais na água, como o sal e o açúcar, ressaltando a transferência de energia da água para as moléculas do material dissolvido, para que elas consigam se desprender; existem interações fortes entre água e cátion e sódio e ânion. Referiu-se às moléculas da água como sendo grandes e as do perfume, pequenas. Ainda, recomendou a revista *Química Nova na Escola*.

A partir de um texto, explorou conhecimentos sobre perfumes (misturas complexas de substâncias) e seus principais componentes (fixador, fragrância ...). Pediu aos alunos observarem as fórmulas químicas e identificar o anel aromático, característico dos perfumes. Tratou da contribuição da “química sintética” na produção dos perfumes, particularmente no tocante à preservação de certas espécies de animais e vegetais (como o cervo), uma vez que as essências sintetizadas conseguem substituir, mesmo que não com a mesma qualidade, as oriundas de seres (plantas e animais) ameaçados de extinção.

Ainda explicou a montagem de um destilador com materiais alternativos e fez experimentos de extração de essências (óleos vegetais). Duas alunas da turma conheciam o trabalho de exploração de essências a partir da citronela, realizado pela própria universidade (UNIJUI), o que veio a enriquecer as discussões sobre esse assunto. Após, Pr3 situou, no texto, a classificação dos receptores sensoriais especializados na detecção de substâncias químicas, localizados na língua e no nariz (responsáveis pelo gosto e cheiro). Ressaltou que, apesar das diferenças, os vários tipos de células sensoriais funcionam de modo muito semelhante. Um estímulo adequado altera a permeabilidade da membrana plasmática dessas células, de modo a gerar nelas potenciais elétricos (de -90 mV). Quando a substância chega, o potencial tende a cair a zero, gerando os impulsos elétricos que fazem a comunicação com o cérebro.

Os sabores foram classificados em ordem crescente, de acordo com a localização dos receptores na língua. O doce, por fornecer energia [...]. Já o amargo (que tem OH^-) e o azedo (que tem o H^+) são rejeitados, [...]. Isto tem relação direta com a evolução humana, com o processo da seleção. A partir daí, Pr1 explorou o sistema olfativo e gustativo,

ampliando a discussão do ponto de vista biológico. Utilizando figuras e transparências, explicou as partes constituintes do aparelho olfativo. Conceituou transdução olfativa, relacionando as etapas em que essa se processa. Mostrou o caminho das substâncias que chegam, onde interagem (epitélio olfativo) e onde se localizam os terminais nervosos.

Pr1- As moléculas odoríferas, sugadas com o ar, chegam a uma região chamada epitélio olfativo onde, em meio a um tapete de muco, estão as células olfativas. O muco serve para dissolver as células odoríferas, que só podem ser percebidas no estado líquido. Identificadas, o próprio muco se encarrega de expulsá-las.

Pr2 destacou a diferença de pressão responsável pela entrada de ar nas narinas e, com ele, as moléculas odoríferas. Para introduzir o assunto sobre paladar, Pr1 questionou os alunos sobre se havia alguma relação entre esse órgão e o olfato.

A- No momento em que se sente o cheiro, parece que se está sentindo o gosto também.

A- Quando sinto o cheiro de uma comida, fico com água na boca.

A- É algo agradável. É uma lembrança de algo que já se conhece. O cheiro traz essa semelhança.

Pr1 sugeriu a pesquisa, em livros de fisiologia, sobre dificuldades de percepção do cheiro e do gosto por algumas pessoas com anomalias ou quando gripadas. Explorou esse e outros assuntos, realizou duas atividades experimentais e sugeriu outras. Também tratou da ligação da percepção sensorial com a saúde do corpo, uma vez que ela interfere no gosto e na fala. Como exemplo, citou a nicotina do cigarro, por diminuir o fluxo de sangue para a língua e a fumaça, já atuando nas papilas, por danificar as suas sensibilidades, prejudicando o paladar.

Ao falar da representação de um corpúsculo gustativo, das células sensoriais e da sua ligação com o nervo gustativo que conduz o sinal ao sistema nervoso, Pr1 se referiu sobre a possível dificuldade de sentir gosto por alguém que tenha um problema em algumas regiões da língua e no sistema sensorial. Uma aluna citou um exemplo de alguém de sua comunidade. Ao final da aula, comentou-se os vídeos, assinalando que eles podem constituir materiais didáticos para as aulas de ciências. Em seguida, fez-se a avaliação sobre a aula.

Pr1- O que vocês acharam da aula de hoje? Que outras sugestões vocês têm?

A- Sempre foi colocado para nós que tem que integrar, tem que fazer junto, mas de que maneira? Mas nunca ninguém fez isso para nós. É complicado, não é muito fácil.

A- Nossa escola de Ensino Fundamental é fragmentada, ainda dividida por série. Na quinta série, é Botânica, na sexta é Zoologia, na sétima é Corpo Humano e na oitava é Química e Física. Então, hoje, com nosso sistema escolar, fica complicada essa integração.

A- Mas se consegue trabalhar Química, Física e Biologia na quinta série, no conteúdo de Ciências.

A- Mesmo com os conteúdos separados, a gente ainda consegue fazer essa conexão de integrar, de uma forma não tão direcionada, tendo em vista como já se trabalhou. Na sexta série, ano passado, na Zoologia, trabalhei a parte da Química e da Física integrada. Claro, de uma forma branda.

Pr3- Agora pode ter mais coragem ainda.

A- Com certeza.

Comentários

Nessa aula os professores perceberam que já se havia conquistado uma boa maturidade quanto ao trabalho interdisciplinar que estava sendo desenvolvido. Pr1 explicitou bem esse aspecto ao se referir ao trabalho que Pr3 fez no primeiro momento da aula. “Ele foi muito feliz, porque abordou tanto a Química quanto a Biologia. Não tem como dissociar”. Também, a interferência de um professor na fala do outro, aos poucos, foi sendo bem assimilada, ainda que discordando de alguma consideração feita, a exemplo de Pr3 em relação a fala de Pr1. Ela havia afirmado que as moléculas odoríferas deveriam estar no estado líquido para serem percebidas, sobre o que Pr3 chamou a atenção, dizendo que elas não mudam de estado físico, que continuam no estado gasoso, mas dissolvidas junto com as substâncias líquidas.

Ainda ficou evidente o compromisso do grupo sobre o que estava sendo trabalhado, o respeito que havia com os licenciandos e a atribuição de responsabilidades aos mesmos. Eles haviam solicitado mais textos e materiais para poderem dar conta de suas tarefas e o grupo reconheceu isso e procurou atender ao pedido. “Conforme vocês pediram, nós fizemos uma avaliação e percebemos que realmente havia pouco material. Hoje procuramos fornecer mais subsídios, mas também pedimos vossa contribuição para que a SE construída por nós responda a nossa expectativa e a de vocês” (Pr1).

É de se frisar, também, que nessa aula vários alunos se manifestaram sobre o que significava para eles as aulas da SE, particularmente as vantagens advindas dos trabalhos coletivos para o ensino de Ciências Naturais, a exemplo da fala de uma das alunas. “Por mais que se tenha conhecimento da Química, da Física e da Biologia, só que sozinho, para se montar tudo junto não é a mesma coisa. É muito mais complicado do que um grupo tentando discutir, vendo juntos. Está sendo bem proveitoso, clareando algumas coisas”.

Aula de 26/04/01

Em decorrência de problemas de saúde num familiar combinou-se, que Pr1 iniciaria a parte biológica do *tato* e, posteriormente, Pr2 a parte Física. Num terceiro momento, os alunos assistiriam a um vídeo e sistematizariam o conteúdo.

A partir daí, Pr1 iniciou as atividades questionando os alunos sobre como eles distinguem o ambiente com o tato, que é uma outra forma de perceber diferentes elementos do ambiente. Na sequência, sempre com a participação dos alunos, explorou a parte biológica. Sobre as dificuldades das pessoas em enxergar, relacionou a tecnologia utilizada para possibilitar a leitura pelo tato, a exemplo do “alfabeto Braille”. De mão desse código, explicou como os cegos conseguem fazer a leitura, relacionando a textura dos corpos, a pressão e a consistência. Utilizando transparências, explorou a fisiologia do tato e afirmou ser a pele o maior órgão do corpo humano. Como não lembrava da área, Pr2 afirmou que, numa criança, é em torno de 1m^2 . Tratou da pigmentação da pele; da relação entre a melanina, a radiação solar e o câncer de pele; de corpúsculos responsáveis por diferentes tipos de vibrações situados na derme, que são responsáveis pelas diferentes sensações, como de quente e frio. Pr2 a auxiliava nas explicações e nas interações.

Pr1 realizou e sugeriu atividades experimentais sobre receptores sensoriais da pele, destacando o papel motivador dos experimentos, mas condicionou sua importância à construção de textos. Pr2 explicou a atividade sobre a percepção diferenciada quando se toca com uma mão no trinco e a outra na parte de madeira de uma porta. Nas discussões com os alunos, apareceram os conceitos de temperatura (e ΔT), equilíbrio térmico, condutividade dos materiais e fluxo de calor. Sobre o funcionamento do refrigerador, foram traçadas comparações com as trocas de calor no corpo humano. Foi levantada a questão sobre confiar ou não no tato para identificar a temperatura de uma pessoa (se está ou não com febre), e tratada da grande sensibilidade da mão em relação a outras partes do corpo.

A professora de Biologia ainda conduziu uma atividade sobre as impressões digitais, enfatizou a particularidade de cada pessoa e explicou como é possível fazer um trabalho com os alunos na escola, para que possam comparar sua impressão digital com a de outros colegas. Sobre as impressões digitais, surgiram questionamentos, como o sobre gêmeos univitelinos, em relação aos quais os professores também tiveram dúvidas, ao que Pr1 sugeriu “fazer uma comparação com os alunos sobre as impressões digitais e explorar esse assunto. Temos que pesquisar mais sobre isso”. Pr2 frisou a importância de discutir esse assunto, exemplificando casos em que são utilizadas as impressões digitais.

O assunto sobre cabelos e unhas (e a ausência de dor ao cortá-los) também foi explorado. Pr1 explicou que eram formados por células epiteliais, que (incluindo as camadas da derme) funcionam como barreiras, evitando possíveis agressões ao organismo, como o vento e a irradiação solar. Ao explicar a renovação da pele, sugeriu o filme “O ponto de mutação”, por conter uma parte que trata da quantidade de pele que o ser humano elimina. Diante das discussões sobre queimaduras, os licenciandos foram desafiados a fazer entrevistas com médicos sobre queimaduras da pele (e como as classificam) e sobre como funciona a anestesia geral e a local. Estiveram em pauta discussões sobre problemas como calvície e sobre perturbações nervosas (roer unhas). Pr1 também sugeriu a leitura do texto “A história do João Felpudo”, por acreditar que ela possa auxiliar nas atividades com os alunos da escola fundamental.

Pr2 passou a tratar da função sensorial da pele sob a ótica da Física. Em relação à sensação de frio ou quente, comparou a temperatura praticamente constante do organismo e explorou situações em que a temperatura é bastante diferente, como em dias de inverno e de verão. Retomou o assunto fluxo de energia e equilíbrio térmico. Os alunos fizeram uma atividade experimental sobre a porta e o trinco, utilizando termômetros, medindo a temperatura e constatando valores idênticos, diferentemente do que sentiam ao tocar os materiais ferro e madeira. Novamente, voltou a discussão sobre como identificar a temperatura pelo tato.

A- A minha mão sempre é gelada, como é que eu vou medir a temperatura de alguém?

Pr2- Como vocês sabem que uma criança está ou não com febre, sem usar o termômetro?

A- A temperatura do adulto é mais baixa do que a da criança, daí sobe mais 3 ou 4 graus.

A- Quando dá a sensação de mais frio, entre a madeira que é um mau condutor, e o ferro, que é um bom condutor, como eu explico isso para a criança? Uma maneira mais acessível a uma criança?

Pr2- Para um material ser um bom condutor, precisa conduzir bem [...].

A- Eu entendo isso, mas como vou explicar para uma criança, no caso da sexta ou da sétima série?

Pr2- Se pensamos [...].

A- E a distância entre as moléculas?

Pr2 retomou a questão da convecção no refrigerador, para explicar que as moléculas do ar, em contato com o organismo, absorvem calor e possibilitam as trocas térmicas do corpo com o ambiente (formando correntes de convecção). Foram geradas discussões sobre a função dos agasalhos, do ar condicionado, a influência de ambientes fechados quanto à pouca transferência de calor, com a ativa participação de boa parte dos licenciandos.

A- Qual a diferença em transformar e retirar, nesse caso do condicionador de ar? Retirar a temperatura do ambiente, transformar, como é que funciona?

Pr2- A questão de transformar [...]. Pensem no processo do calor e como são feitas as trocas [...].

A- A geladeira tem a grade preta, o preto resfria mais ligeiro?

Pr2- Vamos pensar nas cores do espectro luminoso. O branco reflete [...] e o preto é o que melhor absorve as radiações, o que faz aumentar a temperatura do material (daí chamado o corpo negro radiador), [...] quanto maior ΔT maior o fluxo de calor [...].

A- Essa grade está quente. Se a gente seca roupa em cima causa mau funcionamento na geladeira?

O professor de Física explicou sobre as trocas de calor com o ambiente e alertou quanto ao tapar parte significativa do radiador, pois a roupa, quando seca, é um bom isolante. Os alunos compreenderam isso ao ser discutida a função de roupas, como a de lã, no corpo. Com base no texto sobre *energia e corpo humano*, destacou o princípio da conservação da energia e a importância da energia no funcionamento dos órgãos; a função da troca de calor com o ambiente para a manutenção da temperatura corporal e do metabolismo, mesmo diante das variações que ocorrem no ambiente e nos processos de transferência de calor. Ao serem questionados sobre o que ocorre quando a temperatura do ambiente fica muito próxima da temperatura corporal, os alunos participaram ativamente das discussões.

A- Transferência, no caso de temperatura. Vai tirar energia do corpo para evaporar. Ele precisa de um aumento de temperatura para evaporar, retira água do corpo e mantém a temperatura.

A- Essa energia retirada seria mais externa, que quando, por exemplo, uma pessoa está com febre, então se costuma molhar. Essa sensação de retirar energia não teria nada a ver com a temperatura mais elevada do organismo?

Pr2- Mesmo em temperaturas próximas da do corpo humano, ele tem esse recurso, a evaporação do suor, a transpiração. Esse processo retira energia do corpo para manter o metabolismo funcionando normalmente.

Na sequência, foram estudadas as radiações infravermelhas e a potência irradiada (transferida) e a absorvida pelo organismo. Pr2 comparou a diferença entre essas radiações com a potência de uma lâmpada de 100W. Também, comparou regiões do corpo humano e de outros animais quanto a maior ou menor sensibilidade (capacidade de percepção). Os alunos realizaram uma atividade experimental sobre a pressão, utilizando materiais com áreas diferentes e pressionando-os sobre a pele, o que possibilitou a percepção de sensações diferenciadas (inclusive dor), mesmo diante de ações com forças praticamente iguais. Foram relacionadas outras situações semelhantes pelo professor e pelos alunos (calçados de salto alto, cadeira de pregos), indicados textos como da revista *Escola Nova* e *Sites* da Internet, como www.if.usp.br, e passadas instruções de como fazer a busca e a garimpagem de textos. Os alunos assistiram ao vídeo sobre o tato e iniciaram a produção de um texto.

Comentários

Nessa aula percebemos a importância da participação direta do grupo de professores na sala de aula, uma vez que todos tiveram sua formação excessivamente disciplinar. As ausências dos professores de Química e de Biologia foram sentidas. A participação do professor de Química nessa aula teria sido muito importante, particularmente quanto a explicações sobre constituição dos materiais e a organização das moléculas, para que fosse possível construir entendimentos acerca da diferença de condução do calor em materiais diferentes, e que fossem compatíveis com o nível de aprendizagem dos alunos. O professor de Física, comumente, se detém na explicação do fluxo de calor, sem relacionar a composição e disposição das moléculas. Isso foi possível perceber quando o mesmo quis explicar a questão que a aluna fez sobre a diferença de condutividade dos materiais, sendo a sua resposta apenas parcial.

Reunião de 30/04/01

Esteve em foco a sistematização que iria ser feita à noite e a continuidade dos trabalhos na turma. Foi retomada a idéia original de que uma SE fosse proposta e desenvolvida pelo grupo (da forma como o foi); uma segunda fosse elaborada conjuntamente (professor e alunos) e a terceira os alunos fariam por conta própria (individualmente ou em pequenos grupos), com orientação do professor. Como na primeira SE foi priorizado o Eixo Temático *Vida e Saúde* (embora os demais também tivessem sido contemplados), a próxima SE deveria ter o enfoque voltado para outro.

Os professores concordaram que deveriam pesquisar quais conceitos foram realmente desenvolvidos e quais foram citados (e com que significação), para que, numa situação nova, pudessem ser retomados e fosse ampliada sua significação. Além disso, fizeram uma reflexão sobre os trabalhos desenvolvidos:

Pr6- Às vezes eu me preocupo, eu penso que as ciências para nós não estão tão claras. Mas estamos construindo, é uma caminhada, mesmo não sendo fácil.

Pr7- E estamos aprendendo a dar aulas juntos. Nós também estamos aprendendo.

Pr4- É. E daqui a pouco o aluno percebe que a gente não está meio inseguro?

Pr3- Não é inseguro. Temos uma atitude pedagógica diferente. Nós também estamos pesquisando como é que funciona e isto foge a uma disciplina tradicional em que se diz é assim e vai em frente.

Pr1- Mesmo que não seja abordado de uma forma tradicional.

Pr4- Sabemos que é uma forma bem interessante [...].

Pr2- Se olharmos a aula retrasada, por mais que estejamos fazendo algo e tenhamos uma certa insegurança, os alunos que têm uma perspectiva apóiam esse tipo de trabalho.

No planejamento sobre a continuidade dos trabalhos, inicialmente decidiu-se que a próxima SE enfocaria mais o ET *Vida e Ambiente*. Seguiram as discussões sobre como encaminhar as atividades (e o que fazer) e sobre a validade desse tipo de trabalho.

Pr4- Sabe, estou vendo que, para os próximos anos, uma forma melhor de se pensar estas ciências deve envolver mais a leitura dos PCN, conteúdos do Eixo Temático Vida e Ambiente [...].

Pr3- Foram selecionados os seguintes conteúdos, nisso eu te dou todo o apoio. Você até poderia [...]. Então, num outro ano que se der isso, podíamos ver como ela está coletivamente no nosso grupo e ser uma daquelas que se apresenta. Você explica coletivamente, como nós fizemos este aqui dos sentidos. O que você pensa? Poderia ser por aí?

Nessa reunião, Pr1 também mencionou a mesma disciplina que estava sendo trabalhada num outro Campus (Santa Rosa) distante 120 Km da sede. A professora de Biologia titular da disciplina havia participado de algumas reuniões, mas não pôde se fazer presente nessa. O grupo entendeu que seria possível daqui auxiliá-la (sem ditar normas), uma vez que é uma construção coletiva. Por exemplo, sugerir que vá nesta direção ou naquela, que conceitos de Física e de Química seriam importantes significar. Como aqui temos o grupo, várias áreas e cabeças pensando/contribuindo, será mais fácil ajudar a professora montar o seu programa de aulas.

Aula de 30/04/01

Essa aula teve três momentos distintos (embora não excludentes): apresentação dos relatórios, dos livros didáticos de Ciências (5^a a 8^a) e a sistematização sobre a SE.

a) Apresentação dos Relatórios

Para esse momento, foi estipulado um tempo médio de dez minutos para cada grupo apresentar seu trabalho. O grupo 1 retomou a idéia inicialmente posta sobre como seriam as aulas e como deveria trabalhar-se uma SE. Para que o aprendizado se torne um marco na vida do educando, seria preciso trabalhar os diferentes saberes, conceitos, habilidades e desenvolver, no educando, valores e atitudes, para que este se forme um cidadão crítico, a exemplo do enfoque de uma SE sob três momentos básicos: a problematização, a mediação e a sistematização do conhecimento, inclusive explicando-os.

A- Naquela aula, com a problematização, todos os alunos tiveram a oportunidade de expressar sua maneira de perceber o ambiente. Foram enfocados vários conceitos, a evolução do homem primitivo e salientadas as capacidades sensitivas do homem. Verificou-se [...].

Os alunos retomaram as idéias sobre como desenvolver os conteúdos e ampliaram-nas, inclusive, propondo que se trabalhasse textos, poesias, dramatização, confecção de

murais nas escolas, com recortes de jornais, viabilizando um jornal no colégio, fazer teatro para desenvolver a expressão corporal. A partir daí explicitaram conceitos possíveis para o Ensino Fundamental e Médio, como o sistema nervoso central, cérebro, [...].

O grupo 2 enfatizou o objetivo do GIPEC-UNIJUÍ de desenvolver trabalhos, em forma de SE, que possam contribuir para superar a fragmentação e a linearidade e tratar de algo da vivência dos alunos; de algo que eles já saibam falar e, a partir disso, introduzir os conceitos científicos de Química, Física e Biologia. Para romper com os currículos fragmentados, descontextualizados, pré-estabelecidos [...] foi “bem iniciado o desafio de fazer conosco o que nós deveríamos fazer com os alunos”: construir coletivamente os conceitos que apareceram durante a SE: formas didáticas, dificuldades, limites, possibilidades “sobre a nossa ação”. Priorizaram grandezas relevantes das ondas mecânicas e eletromagnéticas e relacionaram com os referidos órgãos dos sentidos. A luz (energia) que chega ao olho, as ondas sonoras (mecânicas) que chegam ao ouvido e [...]. Destacaram a frequência diferenciada na voz masculina e feminina.

A- Discutimos nossa interação com o meio que estimula nossos sentidos. Compreendemos que podem ser matéria ou energia; que as substâncias [...]. Também discutimos as características organolépticas, cheiro, volatilidade. O paladar exige o contato com partículas. Para a visão é a faixa de frequência de ondas eletromagnéticas.

O grupo 3, responsável pela aula sobre o olho e a visão, expôs sobre a dissecação do olho do boi. A partir dos procedimentos da atividade, pesquisaram vários outros itens e elaboraram um texto. Definiram a visão como um dos mais preciosos sentidos, uma vez que permite observar o universo, desde milhares de anos-luz de distância a detalhes minuciosos, coloridos, de uma simples flor. Compararam o funcionamento de uma máquina fotográfica ao mecanismo da visão, explicitando algumas de suas partes. Foram apresentadas as principais partes do olho humano e suas funções. Afirmaram ter conseguido juntar os conceitos de Química, Física e Biologia. Ainda mencionaram o espectro da luz visível, energia e ondas eletromagnéticas, tipos de lentes, anomalias, o filme (*Janelas para o mundo*) e como fazer material didático para utilizar em suas aulas.

Ao grupo 4 coube o estudo sobre aspectos físicos da *visão* e da *audição*. Relacionaram a onda sonora (energia) que chega ao tímpano com a função dos ossículos, de ampliar e transmitir a pressão para a janela oval, onde é ampliada a pressão para que possa “impressionar” as células ciliadas e desencadear os impulsos elétricos que são transmitidos ao cérebro.

O grupo 5 ficou responsável pelo olfato e o paladar. Explicitaram os principais conceitos, como energia, matéria (da relação energia e matéria), substâncias [...]. Comentaram sobre fitas de vídeo e sobre duas atividades experimentais relacionadas a esses sentidos. Na fala dos alunos, ficou explícita, a dificuldade que possuem em diferenciar conceitos de conteúdos.

De forma semelhante aos outros, o grupo 6 relacionaram os conceitos explorados na aula sobre o tato e tratou da parte fisiológica desse órgão dos sentidos. Também discorreram sobre a distribuição na pele dos diferentes corpúsculos sensoriais, relacionando a diferença de sensibilidade de algumas partes do corpo humano; sobre o tato como protetor do corpo; sobre algumas doenças que podem afetar os receptores sensoriais e riscos aos indivíduos; sobre cuidados com a pele (como exposição ao sol), inclusive quanto ao uso de produtos químicos para a pele [....]. Por fim, referiram as impressões digitais e várias curiosidades sobre a pele e sobre os cabelos.

b) Debate sobre os relatórios

Sobre as apresentações, Pr2 chamou a atenção quanto à ausência de conceitos importantes para o entendimento de um ou outro sentido, a exemplo do de pressão no estudo do tato; quanto à troca de energia entre o organismo e o ambiente, afirmou que havia, em geral, um entendimento muito superficial. Além da fala de outros professores, vários alunos manifestaram as dificuldades sentidas para fazer o relatório, devido aos componentes do grupo residirem em cidades diferentes. Sugeriram uma aula para fazer a discussão e desfecho no grupo, “porque é um trabalho muito interessante para ficar assim”.

A- Nos poucos momentos que tivemos para nos reunir foi pensando mais em montar o relatório e não em discutir realmente aquele assunto, como poderia ser trabalhado em aula, que eu acho seria bem mais interessante [...], por exemplo, quanta coisa mais rica nós poderíamos discutir no grupo.

Pr4 enfatizou a importância de significar o conhecimento científico, sem ter medo do mesmo. Afirmou ter tido a impressão na fala dos alunos de que o professor sempre tem que mediar o conhecimento ancorado no que o aluno sabe. “E se o aluno não sabe nada eu não vou fazer nada porque eu não tenho onde ancorar?” Considerou a ciência uma forma de ver o mundo, de explicar o mundo: “[...] temos de trazer significado para a explicação científica, senão não vale a pena estarmos aqui. Pretendemos, alunos e docentes superar, transformar a ‘estaticidade’. Aí que ocorre a mediação”.

A- Eu penso que não pode ser tudo o que o aluno quer, então eu só vou estudar o que eu gosto, o que eu não gosto o professor não precisa dar. Tem que cuidar, tem muita gente que leva só para esse lado do aluno.

Pr1 ressaltou a importância da crítica construtiva feita pelos alunos quanto à dificuldade que sentiram em relação ao que são conteúdos e o que são conceitos. Afirmou que iria retomar isso em outra aula. Foram retomadas e comentadas algumas falas dos alunos, a exemplo da exposição em torno da saúde do ser humano.

c) Análise dos livros didáticos de Ciências

No segundo momento da aula, ocorreu a apresentação da análise dos livros de Ciências (5^a a 8^a séries). Um grupo iniciou e os demais complementavam, acrescentando informações, discutindo (concordando, discordando ...).

1^a questão: “Como o assunto órgãos dos sentidos é abordado nos livros?”

A- O livro (CB) sétima série, tem um capítulo que trata dos órgãos dos sentidos. Eu analisei assim o conteúdo: é atualizado, tem uma linguagem clara e objetiva, acessível ao aluno, evita descrições extensas. Só que não faz a relação dos órgãos dos sentidos com a Física e com a Química. Inclusive, eu só vi um quadrinho sobre o conceito substâncias. Do olfato e paladar tem um quadrinho em destaque que faz alguma ligação, mas ela é mínima.

A- Eu achei que ele faz muito pouca relação com a percepção do meio, tanto que o nome do capítulo é tato, gustação, olfato e visão. Ele nem relaciona com a percepção do meio. Não relacionam os estímulos e a transdução ao sistema nervoso. Assim, fica algo muito concentrado na morfologia, conceitos só de Biologia. Não relaciona os cones e bastonetes [...].

A- Não trata da visão em cores. Eu até dei uma olhada em um livro de um outro autor, que já trata de uma forma um pouco mais completa.

A- Esse livro trabalha só com texto informativo, de forma bem restrita. Ele não abre possibilidade, ao aluno, de ter interesse em outras coisas. Ele restringe o conhecimento. Não traz experiências, não traz nada que faça o aluno procurar, que desperte o interesse dele.

A- Ele quase não leva o aluno a pensar. Aquelas informações são limitadas.

Pr1- Interessante isso.

A- Professora, por exemplo, ele mostra como está sendo trabalhada a parte da Biologia, a Física: a parte da luz, o quê mais, o som, pressão, temperatura; a Química, também. Acho que isso está inter-relacionado com o nosso dia-a-dia.

A- Tem o título, “O caminho do som”, mas não mostra qual esse caminho, nem os conceitos.

Além dessas falas, várias foram as contribuições dos alunos. Quanto à questão B (dos conceitos) já haviam sido mencionados vários deles. Outros alunos foram solicitados a falar sobre os conceitos:

A- De Química eu só vi de substância, mas é muito restrito, nem chega a conceituar [...].

Quanto à questão C, “se os conceitos são abordados de forma integrada”, os alunos responderam que não o são.

A- Os conceitos de Química e Física são abordados no livro do mesmo autor, na oitava série. Nele constam lentes, substâncias [...], de forma totalmente descontextualizada.

Em relação à questão D, sobre como fariam para trabalhar esse assunto no ensino fundamental, novamente foram significativas as contribuições dos alunos e professores, que, além dos aspectos críticos, também apontaram pontos positivos dos livros, como o enfoque dado às doenças, alguns conceitos que aparecem como pressão, a linguagem acessível em alguns tópicos.

Outro livro analisado foi o de CN (CeC). A análise e as discussões também foram riquíssimas:

A- ... Daí eu observei o livro da oitava desse mesmo autor. Ele traz a unidade de luz toda separada, assim como a questão do som. Tem algumas partes que ele está explicando e lá pelo meio do texto coloca: esta parte vamos estudar em tal unidade. Se é preciso que se saiba esse conceito, por que esperar para lá em outra unidade. [...] Então eu peguei o livro da sétima [...] e fiz uma comparação com o que tem na oitava. São bem isolados. Fala uma parte aqui nos sentidos, depois [...], fica totalmente vago. Para uma maior integração, deveria ser assim como nós trabalhamos com SE. Seleccionaria o assunto e entrariam várias disciplinas. Poderiam ser trabalhados, por exemplo, a luz e sua propagação, como foi colocado aqui na parte da Física, quando nós trabalhamos a luz, toda aquela parte foi interessante trabalhar junto. Esse assunto poderia ser trazido aqui, mais integrado, lá são isolados.

A- Em toda a unidade não se percebem claramente os conceitos de Química e Física, pois esses livros aparecem de forma fragmentada, sendo que cada série [...]. Isso se consegue com criatividade e interdisciplinaridade, buscando fazer sentido com todos os professores e outras bibliografias, trabalhando os conceitos juntos, quando possível, porque às vezes há conteúdos que não são fáceis. Na medida do possível, relacionar a Biologia, a Física, a Química, e até a Matemática, e o Português com textos [...].

A- O livro deu muita ênfase para a *visão*, como sendo a que mais o homem precisa, o que vai fazer com que a criança não perceba bem os papéis dos outros sentidos e achar que a visão é o principal. Mas é bom no geral. Ele traz experiências, quadros sobre “pensando e pesquisando”, faz [...].

A- Na parte da respiração, não faz a integração. Traz a fórmula Química da respiração, a equação química também, mas como é que eu vou entender isso aí na sétima se toda a reação química que ocorre nos elementos químicos traz de novo separado na oitava? Então, que aula poderia dar, se trazer junto isso, com a reação de equilíbrio químico, da equação. Aí está a importância da integração.

Além desses, outros livros ainda foram discutidos, seguindo-se à mesma dinâmica de aula. No último momento da aula, os alunos produziram um texto sobre a SE.

Comentários

A última parte da aula foi muito produtiva. Os alunos expuseram suas idéias, discutiram, demonstrando que o trabalho desenvolvido com eles durante os seis encontros surtiu bons efeitos. Conceitos que não mencionaram na apresentação dos relatórios, como pressão (em relação ao tato), foram relacionados nas suas falas/produções sobre como o conteúdo da SE poderia ser trabalhado nas suas escolas. Inclusive, as dificuldades que muitos apresentaram em relação a vários conceitos, parecem ter sido “sufocadas” diante das análises feitas sobre os livros didáticos. Se, por um lado, houve preocupação em relação aos conceitos, por outro, ficou notória a satisfação quanto à análise dos livros e à possibilidade de os alunos desenvolverem atividades didáticas relacionando conhecimentos escolares.

Com as apresentações dos alunos, percebemos que seria necessário significar mais alguns conceitos básicos para o entendimento dessa SE, a exemplo do par de conceitos matéria-energia. Eles até referiram à relação *matéria-energia*, a energia como proveniente de alguma atividade que ocorre na matéria, mas ficou a nítida impressão de ser ainda muito superficial. Também, reforçaram a idéia de que o professor não pode ser aquele que só ensina de forma fragmentada e citaram a tradicional seqüência curricular de ciências no ensino fundamental. Para haver aprendizagem, “o professor deveria partir de uma SE que estamos estudando nessas aulas de Ciências. Estamos vendo que o objetivo é realmente sanar, com trabalhos interdisciplinares, essas dificuldades que o professor tem dentro da sala de aula”.

Enfatizaram a importância de o professor partir da vivência do aluno, daquilo que ele já sabe sobre o assunto, e propiciar uma aprendizagem significativa, com produção de conhecimento, partindo do comum e chegando ao científico. E para isso ocorrer, o professor deveria “romper com essa idéia de que ele é o detentor do saber”, utilizando a metodologia de uma SE. Assim, “ele vai conseguir reintegrar os conceitos de ciências ressignificando o ensino”.

5.5.2. Análise sobre a Situação de Estudo

A partir das interações com o grupo de professores e os licenciandos que participaram dessa SE, e com a observação da grade curricular desse curso, percebemos que os futuros professores, provavelmente, continuarão com dificuldades de fazer trabalhos dessa natureza, embora com melhores condições de superá-las. Isso porque os alunos, em

geral, apresentam dificuldades quanto à compreensão de conceitos, mesmo básicos, de Biologia, de Física e de Química. Há que se somar esforços para significá-los, melhorando a condição de interagir com os colegas e conduzir o processo de ensino-aprendizagem de ciências no ensino fundamental. Essa constatação fica evidente na fala de Pr1, ao mencionar como trabalhava antes de participar coletivamente no grupo:

Quando observamos o olho humano, fizemos a acomodação do cristalino, sempre relacionando a fadiga da retina e as cores complementares. Já explorava as cores, a formação das cores, o próprio disco de Newton, aquele da Física. Já trabalhava coisas da Física, da Biologia, que conceitos, só que eu não explicava os conceitos da Física, porque eu não sou Física. (Pr1)

No decorrer das aulas e na fala de alguns alunos, foi possível perceber que a turma, em geral, apresentava maiores dificuldades quanto à Física, o que não estranhemos, uma vez que fazem um curso cuja habilitação é Ciências para o ensino fundamental e Biologia ou Química para o ensino médio, e já tiveram mais aulas desses dois últimos componentes curriculares. Mesmo assim, com o trabalho realizado, essa dificuldade parece ter sido atenuada diante do trabalho interdisciplinar, o que constitui um importante passo na sua formação, embora saibamos ser o primeiro de outros que provavelmente irão participar e desenvolver.

Eu penso que, a partir dessas aulas em que nós estamos aprendendo a trabalhar essas SE de forma integrada, vai chegar um momento em que vão surgir livros que contemplem esse conhecimento que aprendemos aqui na universidade e estejam disponíveis aos demais professores de Ciências que estão atuando de quinta a oitava. Por não fazerem um curso como nós, e por não ter cursos especializados, direcionados para isso, eles vão ter dificuldades muito grandes. Mas, dessa forma, consegue-se entender como é fácil trabalhar a Química, a Física e a Biologia. [...] Eu acredito que agora a gente começa a fazer a conexão e até mesmo nós biólogos conseguimos entender Química e Física e torná-las agradáveis. Diferente da primeira reação do biólogo, que por não gostar delas não as trabalha, a gente consegue fazer um trabalho bem melhor. (Licenciando 2)

Esse exercício tem reflexos quanto ao currículo ainda vigente. Se, de um lado, foi criticado, por outro, foram feitas sugestões pelos próprios alunos:

A- Enquanto ainda hoje no Ensino Fundamental é fragmentado, [...] eu penso que assim está sendo revolucionado. Tomara que dê certo, e mudar a oitava série, pois não é só lá que se deveria estudar Química e Física. Essa integração nos conteúdos pode ser em todas as séries.

A- Trabalhamos Ciências I, II, III, e agora, em Ciências IV, a SE que nos proporciona chegar na escola e passar para os colegas o conhecimento que a gente tem, temos que trabalhar de forma integrada, levar para a vivência do aluno. Como temos trabalhado aqui é importante para ele, para que consiga relacionar os conceitos que necessita adquirir. Esse conhecimento é gradativo e várias vezes deve ser abordado para que ele o construa.

A idéia de SE auxiliou bastante para a escolha e recorte do conteúdo; para determinar o que seria mais importante ou não a ser trabalhado, embora, em vários momentos, houvessem dificuldades, principalmente por parte de um ou outro professor. Para exemplificar, vejamos parte das diversas discussões geradas no grupo.

Pr4- Nós estamos ficando aí nesta questão com os sentidos visíveis, mas tem todo um conjunto de receptores sensoriais internos, [...].

Pr3- Mas lembre que é ensino fundamental.

Pr4- Sim, mas tem muito mais coisas, mas a gente ficou com uma caminhada, mas é que [...].

Pr5- Tem livros de 1º grau que tratam desses receptores, da fome, da saciedade;

Pr3- Fome, não tem a ver agora. [...]. Temos que ver o que é adequado para ser trabalhado.

Outro aspecto a ressaltar e que resultou numa melhor condução dos trabalhos no grupo e, inclusive, ganhos de aprendizagem para todos, foi a dinâmica da investigação-ação, particularmente as reflexões coletivas, seja nas reuniões formais, seja nas pequenas reuniões informais no intervalo ou ao final das aulas. Após as duas primeiras aulas, avaliamos que ocorreu um certo retrocesso. Pr1 e Pr2, relatando seus trabalhos anteriores sob outra dinâmica, deixaram transparecer que, nas primeiras aulas, sentiram “o peso do grupo”, isto é, intranquilidade diante da presença dos colegas. Tanto é que para dar “conta” das suas contribuições no processo, resolveram “caprichar”, excedendo-se quanto ao nível e extensão do conteúdo, o que resultou numa amplitude exagerada e aprofundamentos desnecessários, considerando-se o que realmente caberia na SE em foco. Pr1 assim falava:

Eu nunca trabalhei SN junto com a SE. Nas outras vezes que trabalhei, que eu tenho escrito o material, só trabalhei a questão dos mediadores, a recepção, como é que eu vou dizer, como o ser humano recebe os estímulos do ambiente. Eu nunca trabalhei com o SN. O fiz agora por sugestão do grupo e porque achei que era importante.

Nessa sua fala, fica evidente a influência do grupo no planejamento e no desenvolvimento das aulas, até para não assumir sozinha eventuais problemas surgidos. O grupo estimulou Pr1 a trabalhar o sistema nervoso, o que ela não fez em trabalhos anteriores mesmo pensando ser importante. Num outro momento, Pr1 voltou a falar na sua experiência anterior:

Eu acredito que, da forma como vinha fazendo, não era linear. Fazia questionamentos, perguntas mais amplas, não tão diretas aos alunos, para fazer eles pensar mais. Depois que discutíamos bastante como é que acontece a percepção dos estímulos ambientais, também discutia sempre o significado dos estímulos, classificava os estímulos com os alunos, questionava quais eram os tipos de estímulos do ambiente e depois fazia as atividades.

As reflexões no grupo levavam a perceber avanços e limites, como que conceitos são mais importantes para esse caso, e outros aspectos que se caracterizaram como problemas para o desenvolvimento da SE. Tal dinâmica foi importante para ampliar entendimentos e melhorar as aulas seguintes, ampliando, inclusive, a interlocução com os alunos e propiciando maior satisfação a eles. A forma convicta como Pr1 trabalhava pôde ser relativizada com as interações, a exemplo da palavra estímulos que tanto ela quanto os alunos explicitavam sem, no entanto, terem a compreensão do que significava. Mesmo que ainda bastante implícito, o conceito unificador *energia*, contribuiu para esse entendimento, particularmente nas contribuições da Física.

As reflexões feitas, ao final das aulas, *com e entre* os licenciandos, e as feitas no intervalo e nas reuniões entre os professores, revelaram diversas limitações, praticamente no momento em que eram executadas as atividades. Isso resultou em modificações, algumas até radicais, quanto ao que estava *sendo* e o *que* seria trabalhado nas aulas seguintes. O tópico “ondas eletromagnéticas” tinha sido desenvolvido de forma bastante desajustada em relação ao nível de compreensão dos alunos, por mais que o professor tenha se esforçado. A “boa explicação” que pensou ter dado, utilizando, inclusive, recursos audiovisuais (TV/Vídeo) ressoou pouco entre os licenciandos, conforme ficou evidenciado na reflexão coletiva posterior.

Bachelard estava certo porque aprendemos com esse “erro”. Isso foi fundamental para não só pensar em como desenvolver o assunto num próximo trabalho, mas, também, nas aulas seguintes. É sempre salutar o reconhecimento dos “erros”, como de Pr1, afirmando que tanto ela quanto Pr2 estavam aprendendo: “Porque para nós é uma experiência nova”.

Quando do planejamento da atividade sobre o livro didático, surgiu uma discussão no grupo, que também revelou dificuldades dos professores quanto a essa forma de atuar. O tradicional individualismo de conduzir o trabalho, de vez em quando, “falava mais alto”, ficava bem explícito, o que motivava, por vezes, algumas discussões mais ríspidas, mas que eram resolvidas nas interlocuções.

Pr1- A gente não tem o hábito de trabalhar assim Pr3.

Pr3- Como?

Pr1- Eu não estou acostumada a trabalhar do jeito que estamos fazendo.

Pr3- Então vai cada um para seu lado e vamos parar de falar que temos um grupo de pesquisa.

Pr4- Há uma tentativa aí. É por causa da sistematização final que vem à tona a preocupação de saber o que vai fazer em cada parte.

Pr3- Exatamente, a idéia está bem clara [...]. Ficou bem claro, Pr1? O que você não está acostumada é ao diferente a ser trabalhado. Uma coisa é tomar uma decisão sozinha, outra coisa é em grupo.

A respeito da avaliação final, após bastante discussão, novamente ficaram evidentes algumas limitações ainda não superadas da experiência anteriormente tida, mas percebidas diante dos avanços conquistados com os trabalhos em equipe.

Pr1- Às vezes há rejeições, porque não está acostumada a trabalhar dessa forma. Também não estou tendo tempo de me organizar. Eu dependo de vocês.

Pr3- Mas isso era necessário agora. Eu acredito que todos nós aprendemos bastante. Você também. E nós todos, com certeza. A SE é isso, nós temos que nos acertar, pois temos entendimentos diferentes e a própria pesquisa vai ajudar a entender isso. Não devemos ficar chateados, estamos Tateando, e quando tem grupo é assim, existem diferenças, felizmente, senão não é grupo.

Essas discussões tiveram muito a ver - e parece ser uma das resistências a superar - com a atitude da professora titular da disciplina, decorrência da sua experiência anterior, de querer priorizar, ainda que não intencionalmente, os conhecimentos específicos de sua área. Nos primeiros encontros, houve uma preocupação exagerada de Pr1 em vencer o conteúdo. Este fator, mesmo que implicitamente, esteve acima da questão interdisciplinar, e como pudemos perceber nas investigações realizadas, volta e meia aparecia, limitando as interações. Ainda assim, os ganhos com os trabalhos realizados foram muito superiores aos que, normalmente, eram obtidos com as aulas tradicionais, tanto para discentes quanto docentes. É salutar a fala de P1, ao dizer que

refletindo sobre nossa própria ação e sobre a ação dos nossos colegas é que podemos avançar em termos de proposta pedagógica e conseguir compreender algumas questões ainda em aberto em termos de educação. Esta é uma condição para a formação continuada dos professores, pois só assim poderemos nos colocar numa posição de aprendizes e avançar. Não encarar os erros com um olhar apenas de crítica, mas também como possibilidade de acerto.

Por se tratar de categorias epistemológicas, para além do conhecimento científico, os *conceitos unificadores*, embora não explicitados (nossos limites) puderam ser tangenciados mesmo que às vezes implicitamente - como o de *energia* -, no desenrolar dos trabalhos. Reflexos disso aparecem na fala de Pr2, referindo-se à formação de imagens nas lentes e, particularmente, na *visão*.

Sabe, nas discussões do grupo, percebi algo que não tinha me tocado. Não era costume pensar sobre a relação da energia com as imagens reais e virtuais nas lentes. A partir da idéia de *conceito unificador energia* entendi que, para a visão,

as imagens sempre são reais. Hoje, consigo associar a imagem real com a energia que chega a um determinado lugar, como no caso do olho, e que vai ser transformada numa outra forma (em impulsos elétricos) para que possa chegar no cérebro e ser interpretada. A ação pedagógica era tão linear que não se chegava a pensar sobre essas coisas.

A importância dos conceitos unificadores ficou mais clara com as reflexões sobre o desenvolvimento da SE. O conceito *escalas* tem a contribuir para a compreensão das dimensões da célula, dos átomos e moléculas. A retomada dessa idéia, para ampliar a sua compreensão, deverá ocorrer em momentos oportunos, mais adiante. Pelo menos, entendemos ser uma das prováveis tarefas do grupo. Percebemos, também, que esses conceitos, sozinhos, não dão conta de todas as interações que venham a resultar em ganhos de aprendizagem, a exemplo da relação *matéria e energia*, já discutida durante o trabalho realizado. A ação interdisciplinar possibilitou o entendimento da energia diretamente relacionada com alguma atividade que ocorre com a matéria. A imbricação desses conceitos passou a assumir um importante papel articulador entre conhecimentos, particularmente de Física e de Química na SE desenvolvida.

Pudemos, também, ressaltar a influência dos PCN, particularmente os Eixos Temáticos e os Temas Transversais. De modo geral, os alunos acreditam que as SE facilitam o aprendizado, uma vez que os trabalhos realizados em aula “tornam-se mais amplos e acabam interligando um assunto proposto pelo professor a outros que também possam vir a ser estudados. Como, por exemplo, o Raio X no segmento Saúde estará contemplado, porque traz muitos benefícios, e também riscos, para o ser humano. Sua entrada é também desejável no segmento passível de desenvolvimento, para criar potencial intrínseco com vistas à produção dos sucedâneos do Raio X, tais como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética. Para outro aluno:

Através de uma SE ligada aos PCN, cabe aos professores interagirem de várias maneiras com os conteúdos programáticos. O ensino de Ciências é um campo que pode ser explorado trazendo a teoria e relacionando com a prática, e com uma SE fica mais prático, de fácil entendimento para os alunos e mais prático e dinâmico para o professor. Pode-se, por exemplo, através de um assunto, interagir com outras disciplinas, pois uma SE envolve mais que Ciências, envolve também Geologia, Geografia, etc. Com as relações feitas pode-se aproveitar muito mais os conteúdos propostos.

O desenvolvimento de atividades diferenciadas das usuais, normalmente gera algumas expectativas nas pessoas que participam das mesmas. Sob essa ótica, os professores em formação inicial foram questionados se a perspectiva que tinham em relação

ao desenvolvimento desta SE foi satisfeita. Dos 34 alunos que responderam ao questionário, 17 afirmaram que *sim*, 17 *mais ou menos* e nenhum aluno respondeu que *não*. No comentário tecido a respeito, são apontadas algumas deficiências e limitações - como a respeito da dificuldade que sentiam em “distinguir conteúdo de conceitos”; para um e outro, “a SE foi desenvolvida de forma um pouco apressada”, carecendo de “maior profundidade em alguns assuntos”-, mas também, pontos positivos - como “o bom desenvolvimento dos conceitos”; “de instigar a turma para levantar questões e para a discussão”.

Face à boa participação nessa SE, foram propiciados aos participantes alguns elementos para pensar sobre (ou repensar) o processo de ensino-aprendizagem. Diante disso, ao serem questionados sobre qual a perspectiva que essa experiência gerou para o desenvolvimento de SE similares na escola básica, cinco alunos assinalaram que era ótima, 21 boa, oito razoável e nenhum deles que era insuficiente ou péssima. Em seus comentários a respeito, argumentaram ressaltando a importância do trabalho realizado e sua provável influência nas atividades docentes desses professores em formação inicial, mas sem deixar de ressaltar alguns condicionantes que, certamente, interferirão no seu êxito.

A- Para dar certo, uma SE depende dos professores, dos alunos, da direção, pois, se depender só de uma parte, não vai funcionar direito. Todos vão ter que contribuir para que isso aconteça.”

A- Este tipo de atividade faz com que se trabalhe a interdisciplinaridade, o conteúdo de forma relacionada, de maneira que o aluno construa conhecimentos gradativamente. O professor vai analisar, durante a problematização, o nível de conhecimento do aluno, fazendo a mediação do conhecimento e aprofundando o mesmo através de pesquisas, filmes e criar novas atividades [...].

A- Acredito que a falta de material, de recursos e espaço não são os reais empecilhos para o desenvolvimento de algum projeto (SE). Na maioria das vezes, há acomodação: o medo de enfrentar o novo, de mudar os métodos de “trabalhar” e “avaliar”. Portanto, com esses encaminhamentos dados nas aulas, é possível sim trabalhar na escola com uma SE.

Ao serem questionados, professores e licenciandos, se a experiência conduzida em forma de SE contribui para torná-los capazes (em condições) de estruturar e desenvolver atividades como essa no ensino fundamental, tanto uns quanto outros se manifestaram favoravelmente. Dos licenciandos, 18 afirmaram que *sim*, enquanto 16 *mais ou menos* e nenhum deles que *não*. As diversas interações com os mesmos permitiram compreender que parte significativa deles o fizera com base na realidade escolar existente, sem se deixar levar apenas pela empolgação, ou mera expectativa criada com a SE. Mesmo assim, os outros, em menor quantidade, prescindindo a realidade, se expressavam mais em termos de vontades e utopias, condição que esse tipo de trabalho, também, gera nos participantes:

A- Sim. Eu acredito que a SE é uma metodologia riquíssima em recursos pedagógicos e que exige a compreensão do conhecimento científico por parte do professor, para argumentar e desenvolver os conceitos significativos com os alunos. Mas ela requer muita pesquisa e dedicação.

Vários dos alunos já conhecem bem a realidade escolar, e quando falaram de perspectivas, eles o fizeram, de certa forma, com “os pés no chão”. Isso é possível identificar nas suas falas, a exemplo do que segue:

A- Mais ou menos. Nos falta ainda segurança para podermos desenvolver SE e depende da aprovação do trabalho na escola, pois nem todas as escolas nos permitem abertura para podermos trabalhar e discutir isso juntamente com os alunos.

Aliado ao conhecer a realidade, já se consegue identificar na fala de um e outro licenciando a questão da **criatividade** (que defendemos no Capítulo 3). Eles assimilaram bem a idéia da SE, que requer do professor conviver mais diretamente com seus alunos para poder analisar a realidade por eles enfrentada e, com isso, poder atuar nela de forma mais criativa.

É importante aos professores e alunos irem se adaptando a essa nova forma de ensinar. Eles vão ter que aprender a ser mais criativos, dinâmicos, dar espaço para que os alunos participem, pesquisem, sem esperar tudo pronto, e aprendam a ser mais críticos. Que os alunos, junto com os professores, vão planejando os conteúdos trabalhados em sala de aula. Isso ainda vai demorar para acontecer, mas, se queremos uma mudança, temos que começar a transformar a educação para a nossa realização profissional e do aluno. (A1)

6. CAMINHOS E PERSPECTIVAS PARA UM “NOVO ENSINO”

6.1. Trabalho realizado e indicadores de êxito

Diante das experiências realizadas com grupos de professores e de licenciandos, torna-se mais evidente o desafio de sabermos promover o diálogo constante entre a pedagogia (como a do educador dos oprimidos e da esperança: Paulo Freire) e nossas histórias de vida e trabalho, mediante um processo de aprendizagem que esteja pautado na estreita relação entre teoria e prática.

Um dos desafios, com certeza, foi enfrentar a dissociação entre ensino e aprendizagem. Falamos assim por entendermos serem diferentes as concepções de *ensino* e de *aprendizagem* e, ao mesmo tempo, serem (inter)dependentes. Não há garantia de que um “bom” ensino resulte numa boa aprendizagem. Se o fosse, o “bom” ensino que parcela significativa dos professores pensa estar fazendo resultaria em melhores aprendizagens. Não poderia ser diferente, uma vez que a atenção está voltada quase que exclusivamente ao ensino, e muito pouco à aprendizagem. Diante disso, a *avaliação*, que deveria constituir ferramenta importante para evidenciar se houve ou não aprendizagem, tem-se resumido a uma função classificatória.

Com as atividades desenvolvidas, seja com *temáticas* (formação continuada), seja com *SE* (formação inicial), buscamos relativizar essa herança de inovar apenas os métodos de ensino e desconsiderar o fator aprendizagem. A avaliação constituiu parâmetro para melhor gerir a aprendizagem dos alunos, e aferir se, de fato, houve ou não aprendizagem por parte dos mesmos.

À medida que os professores participavam dos trabalhos desenvolvidos, experimentando novas práticas, tornava-se notório o grau de convencimento de que mudanças mais radicais eram possíveis, inclusive para reconstruir projetos político-

pedagógicos das unidades escolares.¹ Ao considerar e relevar as virtudes e qualidades do educador para a transformação social por intermédio da escola, exigências para o desenvolvimento de bons trabalhos e da alegria, tão indispensáveis ao fazer pedagógico, mudanças foram conquistadas diretamente nos planos de ensino dos professores.

As constantes dificuldades previstas, algumas delas já enfrentadas, para levar adiante os trabalhos coletivos revelaram que temos grandes desafios² pela frente e um importante papel a desempenhar na formação de professores, particularmente, desencadear novas articulações do processo de ensino-aprendizagem formal. Sabemos dos entraves que limitaram outras experiências, a exemplo das tentativas apontadas por Fourez (1997:85). O autor afirma que a maioria das “aproximações interdisciplinares” postas em prática na França (com a Reforma Haby) e na Bélgica (com o “Renovado”), resultou em fracasso, com exceção das que tiveram o “impulso de professores destacados” e souberam desencadear “com êxito uma pedagogia de projeto”. Fourez acredita serem compreensíveis estes resultados face à “dificuldade de aproximação”, resultante do tipo de formação universitária em que os professores foram ensinados a dar importância às “investigações disciplinares de ponta”. Além disso, destaca a falta de maior rigor neste tipo de trabalho, para atingir os resultados pretendidos. Não raro, foram (e são) desenvolvidos sob a “égide de uma ideologia da espontaneidade”.

Em parte, esses aspectos vêm ressoar com os trabalhos que realizamos com os professores. Se, de um lado, percebemos obstáculos similares e concordamos que os “bons professores”³ são fundamentais para o bom êxito de projetos inovadores, de outro, não nos conformamos com os resultados dessas pesquisas. Inquietava-nos o problema de *como* tornar “bons”⁴ o suficiente os professores, para se reconhecerem frutos de um sistema de formação que prima pelo que é dado, pelo que se conserva, mas que não dá conta das questões de seu tempo (atuais); de *como* atingir contingentes mais expressivos de professores em cada escola, para que viessem a se integrar na realização de atividades interdisciplinares, situadas na realidade do aluno, sem negligenciar os conhecimentos contemporâneos em Ciência e Tecnologia.

¹. É de se registrar que a chapa única para a direção da EFA, para o triênio 2002-2004, era composta por duas professoras do grupo interdisciplinar e tinha a interdisciplinaridade como uma das principais metas.

². Delors (1998) aponta que um dos grandes desafios da humanidade é aprender a viver juntos.

³. Termos utilizados por Cunha (2000) para diferenciar os professores que, na opinião dos alunos, têm atuações destacadas.

⁴. Para Freire (1997:96), o bom professor é aquele capaz de assumir uma postura dialógica; de trazer o aluno “até a intimidade do movimento de seu pensamento”; de, conjuntamente com os alunos, se assumir epistemologicamente curioso.

Temos conseguido maiores aproximações e interações via a exploração de *temas* (com os professores em serviço) e de SE (com os licenciandos), recorrendo a aspectos de carácter histórico-epistemológico (inclusive à idéia de *temas antitéticos*), a atividades de investigação-ação e de reflexão. Quanto aos primeiros, buscamos “pôr em xeque” a confiabilidade que, de modo geral, nutriam em relação ao *que* e *como* ensinavam para instigá-los a buscar novos conhecimentos e formas de ensinar.

A importância dada a esse aspecto da formação, a constituição de grupos de trabalho e as atividades realizadas nesse âmbito foram relevantes para aproximá-los, para desenvolver a dialogicidade, e ampliar e consolidar as interações. O próprio trabalho coletivo levou os professores a reconhecerem que aprenderam muito com o grupo e que têm muito mais a aprender: “o ideal é ter um grupo comprometido para trabalhar juntos, como o nosso. Nós fizemos boa parte do trabalho fora do horário, nas nossas casas. Então, quando se consegue um grupo comprometido, se acha até um tempo extra” (P1).

Mesmo assim, os próprios professores reconheceram como sendo de fundamental importância o tempo semanal instituído, pois foi o momento em que todo o grupo se tinha definido e se encontrava, diferentemente de tempos extras, como o próprio nome diz, é exceção e não a regra. E para o bom andamento dos trabalhos, a regra, o rigor, foram indispensáveis, até para renovar o comprometimento dos colegas dentro do grupo.

A dinâmica adotada, a estruturação de atividades em forma de temáticas e de SE, estabelecendo-se relações entre vários conceitos e a interação *com* e *entre* os professores, apontaram avanços no ensino-aprendizagem e mudanças em suas práticas pedagógicas, embora nem sempre bem explícitas, e nem lineares. A seqüência do trabalho na EFA possibilitou presenciar o desenvolvimento de atividades interdisciplinares por dois anos consecutivos numa mesma escola, com bons resultados e boas perspectivas de continuidade.

Os professores (re)conheceram o potencial da idéia de *temática*, também para seleccionar conhecimentos, diante da quantidade de informações disponíveis, principalmente com a internet. Ficou claro, para eles, que, se os alunos não conseguissem fazer a relação entre os conhecimentos, estes tornam-se informação, algo que não vai ser mais usado por eles; que, se ficarem presos ao conteúdo em si, nunca o vencerão, parecendo-lhes algo incompleto, frustrante. Já as estratégias de ação configuradas em torno de *temas* e *SE* lhes pareceram mais motivadoras, mais confiáveis. O avanço nos trabalhos vem capacitando-os a eleger *temas* significativos e os conceitos essenciais para seu entendimento.

Quando se tem a temática definida, se tem a visão do que é essencial e daí seleciona. Receber informação é fácil, mas como é que vou selecionar é difícil. Não adianta trazer quantidade de coisas, sem conseguir relacionar pois vai acabar virando um monte de conteúdos sem significado. [...] dentro dessa temática eu quero esse conceito, desenvolver isso, aí você pode ir para internet, livros, e vários outros recursos. (P1)

Os professores também tiveram a oportunidade de defrontar-se com obstáculos adversos à sua vontade que, e não raramente, acontecem nos sistemas de ensino, em geral, colocando em “xeque” o trabalho até então realizado. As mudanças repentinas feitas na escola (ajustes de certo modo extremados), como a retirada total do tempo para planejamentos e pesquisas, somadas à saída de alguns dos professores que apresentavam boas iniciativas para os trabalhos coletivos, ofuscaram o brilho dos mesmos no referido ano (2000) e até da própria escola. Felizmente, não houve consequências mais drásticas, a ponto de inviabilizar o trabalho interdisciplinar já iniciado na escola. É nisso que está um dos méritos. Não por acaso, uma certa flexibilidade foi, aos poucos, sendo reconquistada, viabilizando, inclusive, o retorno às atividades na escola das duas professoras que se haviam licenciado e, com isso, a retomada sistemática dos trabalhos interdisciplinares. Isso demonstrou, também, que a experiência adquirida com os trabalhos anteriores foi muito importante para a continuidade das atividades pedagógicas de forma colaborativa. Ela também serviu para agregar dois novos professores que, apesar de inicialmente se sentirem incapazes de realizar tal tipo de trabalho, conseguiram não só acompanhar e colaborar com as atividades do grupo, mas, ainda, aumentar sua auto-estima.

P10 se impressionou com a experiência já obtida na EFA, inclusive afirmando sobre a influência dessa no seu modo de atuar: “Eu ouvi falar que já tinham trabalhado em anos anteriores e, também, via as outras áreas trabalhando, embora não de uma forma tão intensa como a SE. Percebi que já existe uma ligação entre as disciplinas, na EFA, e isso foi dando um ciúme na gente, uma vontade de trabalhar de uma forma diferente, de se inserir nesse grupo”. Todavia, ele se integrou efetivamente no grupo de trabalho apenas no ano seguinte (2001), uma vez que houve várias barreiras, conforme ele próprio expressa, que inviabilizaram sua participação em 2000.

No ano passado eu estava iniciando na escola, uma escola nova para mim. Eu não tinha muita segurança e fiquei meio temeroso. Inclusive, no início do ano, houve toda uma mudança na escola. Por exemplo, nós teríamos horas para planejamento e isso foi cortado, ficou uma indefinição por um certo tempo. Isso foi um fator. Outro, com a licença de P3, tive que assumir mais aulas, fiquei com uma carga muito pesada, com 15 turmas de alunos e 60 horas semanais, trabalhando em três escolas diferentes.

As angústias sentidas quanto ao êxito de experiências como estas, em alguns momentos, principalmente no início das atividades colaborativas, face às explícitas dificuldades de parte dos envolvidos em alargar as fronteiras da sua área de conhecimento, aos poucos iam-se “esvaindo”. A prática de investigação-ação iniciada tem propiciado condições para favorecer suas reflexões, de forma a elevar seus níveis de compreensão e tornar sua prática mais significativa e proveitosa para ambos: professores e alunos. Por exemplo, tanto nas atividades da EFA, quanto nas do terceiro grau, constatamos que algumas das explicações costumeiras de conteúdos escolares pelos professores perdiam seu sentido diante dos trabalhos interdisciplinares. Os planejamentos e as reflexões em grupo foram importantes para evidenciar esse tipo de limitação e buscar novas formas para perceber e rever conteúdos, tanto em termos de conceitos, quanto de procedimentos ou atitudes.

As constatações oriundas dos trabalhos desenvolvidos na escola (formação continuada), aliadas aos avanços conquistados nas investigações e nas ações coletivas do GIPEC-UNIJUÍ, possibilitaram entender o quanto é necessário desenvolver atividades de cunho interdisciplinar, já na formação inicial. A iniciação neste tipo de formação, ao nível da graduação, não só os torna mais receptivos, como também “difusores”, com poder de influenciar, ainda que com limitações, os futuros colegas. Ou, na pior das hipóteses, deixa, ao menos, a expectativa de que trabalhos mais sistemáticos dirigidos a abranger totalidades, no recorte feito sobre o meio social, são possíveis.

Diante da aprendizagem obtida com o desenvolvimento de SE, os licenciandos conseguiram analisar satisfatoriamente livros didáticos de ciências, comparar o trabalho docente de colegas da área e demonstrar que são capazes de ações mais ousadas em sua formação, particularmente quanto ao senso crítico, quanto à sua visão em relação a fragilidades existentes no processo de ensino-aprendizagem e quanto a novas organizações curriculares. Ainda que boa parte tenha apresentado significativas limitações quanto a esses aspectos, pôde-se notar, em suas falas, em entrevistas e em conversas informais, que esta prática foi um bom começo (um marco) para novas e diferenciadas produções.

O trabalho como um todo, com aportes da reflexão *na e sobre* a ação, as sessões em grupo, não só propiciou aos próprios professores pensar mais e melhor, como também a consciência disso em relação aos alunos. Pr1 salientou a importância da dinâmica atribuída às SE: “Fez eu refletir sobre a minha prática, onde eu não fui bem, para trabalhar melhor a outra (bom, eu poderia ter trabalhado desta forma), fez a gente refletir e isto é importante. E

a gente melhora a partir disso”. Pr2, afirmou que as percepções que teve em relação a si próprio, uma vez que ocorreram “momentos em que se parou, refletiu, até no intervalo, ou no final”, contribuíram para pensar sobre a aprendizagem dos alunos.

Com as atividades direcionadas e desenvolvidas em sala de aula, na EFA, ao longo desses anos letivos, os professores foram, constantemente, desafiados a estudar mais, a pesquisar e a discutir seus achados com os colegas, oportunizando, assim, o crescimento individual e coletivo. Conforme P1, durante “o trabalho foram surgindo assuntos” que ela não dominava, o que a forçou a “ir atrás, pesquisar em algum lugar” e pedir ajuda aos colegas. P3 acrescenta que “os alunos co-participaram ativamente das atividades, nos instigando, nos desafiando à busca, à pesquisa constante”.

Mesmo assim, ao refletir sobre os trabalhos desenvolvidos, P1 percebeu que, “apesar de trabalhoso, essa busca satisfaz a gente também como profissional. Agora estou sabendo melhor esse conteúdo. E isso foi bom também para os alunos.” P3 também reconheceu que a “constante reflexão” que os professores fizeram os levou a acreditar mais no trabalho e dar continuidade ao mesmo. As reflexões, por terem sido compartilhadas, seja concordando, seja discordando, adquiriram importância significativa, principalmente pelos desafios que geraram aos próprios docentes, como também destes para com os seus interlocutores.

É esse o entendimento de um processo (e não as certezas ou previsões sem surpresas) que acreditamos possam tornar a relação ensino/aprendizagem mais interessante e desafiadora. O profissionalismo do grupo, com os professores e alunos explicitando as suas dúvidas e contando com alguém sempre disposto a ajudar, sem zombar das inseguranças e incertezas do outro, permite concluir que damos um “passo à frente” em relação ao desafio de criar ambientes propícios às interações saudáveis entre professores, entre esses e os alunos e entre alunos. Embora tenhamos muito ainda a aprender *com e sobre* isso, tivemos o prazer de, ao menos em alguns momentos, ter vivenciado essa experiência.

Como participamos diretamente de algumas atividades, tanto no seu planejamento, quanto na sua execução, seja no Ensino Médio, seja na Licenciatura, tivemos o privilégio pessoal de ter vivido essa experiência intensamente. Ao refletir a respeito, investigando a própria prática, percebemos o quanto isso favoreceu nossa própria formação. Conseguimos auxiliar os colegas e eles a nós, quanto à insegurança em expor suas angústias, seus medos, suas dúvidas (uma vez que no grupo elas se fazem sentir realmente). Essas dificuldades foram se tornando inexpressivas diante da satisfação expressa pelos professores com o crescimento pessoal e o dos colegas e dos alunos.

Esse fator teve um grande peso no desenvolvimento dos trabalhos colaborativos, o que fortaleceu o *fazer e crescer juntos*. O importante é que esse fascínio se traduziu em produções que resultaram significativas para docentes e discentes, o que pudemos constatar claramente durante o desenrolar dos trabalhos e nas entrevistas realizadas após. Pr1 reconheceu a influência das áreas congêneres para a compreensão da *visão*. “Em princípio eu acho que este lugar da Física e da Química nos órgãos dos sentidos é fundamentalmente importante”. Ela expressou a angústia que sentia sobre *como* explicar o conteúdo sobre *visão*: “Eu sofria com este medo”. Ela se sentiu gratificada pela participação do professor de Física no desenvolvimento da SE. “Pr2 é um especializado nesta área e conseguiu trazer muito bem este conhecimento para os alunos, para o entendimento da visão. Foi um ganho muito grande (a química também)”.

Embora possa parecer pouco acadêmica, a fala de P2, particularmente por nós provocada, sobre P9 e P10, revela a riqueza da continuação da experiência. Afirmou que P9, no início, tinha uma preocupação muito grande com a sequência e o programa de conteúdos, sobre o que trabalhar ou não em cada série. Já P10, se vivia também tal preocupação, foi mais discreto.

Eu vi um crescimento excelente nele, inclusive como educador. Na medida em que fomos trabalhando, ele realmente foi compreendendo a SE. Ele começou a participar dos encontros de educação que antes não ia; já fala na possibilidade de cursar o mestrado na área da educação, que antes descartava totalmente. Então, a discussão, o grupo o fez participar, o que o levou a querer aprender mais, para ser professor. É um ganho maravilhoso. E P9 também. Fazia um bom tempo que ela não participava de algum encontro, e agora ela vai neste encontro da biologia e está elaborando um trabalho com a B2. Apesar de ainda ser bastante insegura, e precisar ainda muito de nós quando tem que fazer alguma coisa. Ela está conseguindo, desde a questão da própria escrita, de refletir sobre aquilo que fez. Isso é muito gratificante. Eu penso que nós estamos tendo um crescimento muito grande como grupo.

Quatro meses após, P2 falou que P9 já estava conseguindo acompanhar bem o espírito de trabalho em grupo, que ela já consegue ver que não precisa ministrar todo o conteúdo da ementa naquele momento e fechar, para só então abrir uma nova gaveta e começar outro assunto. Por exemplo, ela dizia: “*Eu falei do geotropismo positivo e negativo que os alunos queriam saber mais, mas eu ainda não fechei*”. Então ela disse que, no 2º ano, poderia explorar mais. Eu acho que a gente está aprendendo a desenvolver uma SE”. A própria P9 explicita sua satisfação com as atividades do grupo: “Está sendo muito bom, uma experiência bem positiva, pois vem abrindo mais a visão da gente e está sendo bom trabalhar no grupo. Já criamos uma boa amizade entre os colegas e temos uma relação bem boa com os alunos”.

A mediação e a negociação que se estabeleceu gerou um gratificante diálogo intersaberes. A dialogicidade (Freire, 1997) desenvolvida foi condição indispensável para as mudanças de postura exigidas nas práticas interdisciplinares e no tratamento com os educandos. Nas sessões de reflexão que os professores começaram a perceber e efetivar o respeito pela fala de cada um, pela forma de cada um pensar, guiado por um esforço comum de todas as partes para se entender.

Ficou explícita a importância de o professor readquirir o hábito de ouvir mais os colegas e os próprios alunos, e falar menos em sala de aula, oportunizando uma maior expressividade do aluno. Ao incentivar e ampliar a formação do professor, inclusive a relativa a ouvir mais, aos poucos, este tem voltado mais sua atenção à aprendizagem dos alunos. Para P5, “é preciso levar o aluno a pensar, pois, se não se oportuniza isso, como é que ele o fará”. P1 enfatiza que só vai conseguir fazer com que seu aluno pense e tenha maior autonomia se proporcionar oportunidade para tal: “O projeto é o caminho. Nós pensamos sobre, investigamos. Ao não passar as coisas prontas damos oportunidade para ele ter iniciativa”.

O planejamento das atividades para avaliar o desempenho dos alunos e a correção das suas produções de forma conjunta pelos professores têm propiciado mais dinamismo à avaliação. A partir do exercício de ler e avaliar as produções dos alunos no grupo e as discussões daí decorrentes, surgiu a idéia de retornar as produções aos discentes de modo a fazê-los perceber limitações e (re)escrevê-las em um nível conceitual maior.⁵ O aluno A2 afirma que a partir do estudo do texto *Gaia* fizeram a primeira produção textual que, depois de passar pela correção “dos três professores e ver os conceitos, foi feita uma nova discussão para a segunda versão desse texto, muito mais amplo, mais complexo, com muito mais conteúdo e muito gratificante”.

Os professores desenvolveram atividades para identificar se os alunos conseguiam ou não significar determinado conceito. Por exemplo, “foram passadas trinta palavras e eles tiveram que escrever um texto sobre a ligação que uma palavra tinha com a outra e isso foi uma avaliação muito interessante”. Essa dinâmica propiciou aos professores perceberem o que os alunos conseguiram relacionar e o que precisava ser retomado e, ainda, serviu como avaliação com fins de atribuição de notas. Para além da avaliação quantitativa, havia a intenção de entender como pensavam e se expressavam os estudantes para poder respeitar as diferenças e orientá-los sem prejudicar o exercício da sua criatividade, da sua autonomia.

⁵. Veja no anexo IV um dos instrumentos utilizados na prática pedagógica, orientado para esse fim.

O ganho em aprendizagem pôde ser reconhecido, tanto na fala dos professores, quanto dos alunos. Para os primeiros, a exemplo de P1, a maioria dos alunos entenderam o trabalho realizado e se beneficiaram do mesmo.

Durante e após o trabalho, víamos na cara o resultado. Eles já conseguiram relacionar coisas para além daquilo trabalhado em um assunto [...], sempre tem aquele aluno que é alheio à atividade, mas ele é assim para tudo. A maioria ganhou muito. Nós temos depoimentos, na universidade, de que os nossos alunos têm uma boa capacidade crítica, uma outra formação. Muitos professores da universidade dizem isso. A gente ouve isso com satisfação. Ainda bem que eles são críticos, questionam, buscam. A busca é muito interessante, eles só têm a ganhar.

Na entrevista, com três alunos, todos eles assinalaram nitidamente a diferença entre o *antes* e o *depois*. Dois deles afirmaram que, no início (98), tinham dificuldades com a produção de textos e não gostavam muito. A2 declara: “No início do 2º grau estava mais interessado pela diversão e pelo coleguismo das pessoas, acho que não tinha uma tranqüilidade de sentar e escrever”. Mas, com a evolução dos trabalhos e em torno de temas que estavam sintonizados com sua realidade, com a produção dos textos “ocorreu uma troca de conhecimentos entre os alunos. Nós nos interessamos bastante para fazer esse texto, foi bastante discussão, foi muito importante”. A1, igualmente, reconheceu a importância dessa experiência ao se defrontar com o desafio da produção textual na universidade: “Na época, eu não gostava muito, não era bom de escrita, gostava mais dos cálculos, mas consegui melhorar muito, a ponto de ter um bom aproveitamento. Eu vejo isso melhor agora no terceiro grau, ao ter mais facilidades do que os colegas”.

A reflexão sobre essa formação diferenciada da usual, tanto em autonomia, quanto em capacidade para relacionar melhor os conhecimentos, e de se relacionar com os outros, aparece nas falas dos professores e, particularmente, nas dos três alunos entrevistados:

A1- “Eu faço perguntas, questiono, procuro relacionar os conceitos quando possível e consigo escrever bem. Também aprendi a ser, a conviver com os outros e a passar o que aprendi.”

A2- “Esse trabalho interdisciplinar, diferentemente do que faz uma disciplina, ligou as três disciplinas. É de se chamar a atenção das pessoas, de notar que essas disciplinas não são somente vinculadas ao mesmo ponto: elas todas estão interligadas, uma precisa da outra e esse trabalho fez com que nós conseguíssemos interligá-las em torno da realidade. Se dá problema numa disciplina, dá problema na outra. Isso nos fez ver a realidade interdisciplinar, que é muito importante e fez eu ver a realidade de maneira diferente.”

A3- “Esse trabalho estimulou a criatividade e a participação, auxiliou muito na aprendizagem. Eu acho que as trocas foram importantes, pois, às vezes, uma pessoa vê um ponto que tu não tinha se dado conta, então o trabalho coletivo sempre leva a mais. Eu gosto de trabalhar em grupo, porque, para trocar experiência, conhecimento, a gente precisava fazer um grupo misto e, às vezes, trabalhar com aquele que tu não tem tanta intimidade que os resultados são bem interessantes, dá uma outra dinâmica.”

É gratificante a revelação desses alunos, especialmente quanto ao aspecto explicitado da melhor convivência com o outro, da solidariedade. Isso se vê refletido também na fala de parte dos professores, a exemplo de P1, quando afirma que “aqui na EFA a gente tem uma visão outra, [...] eu quero formar conceitos, habilidades, para que o aluno seja criativo, solidário”. Embora reconheça que seja difícil trabalhar essas questões face a já “enraizada competitividade”, de que tem que ser o melhor, inclusive dentro da escola, em saber o conteúdo, ela acredita que houve um bom avanço: “É bem difícil trabalhar essa questão aqui, mostrar para eles que o importante não é a parte de informações que estão carregando, mas o que conseguem fazer com aquilo. É um trabalho bem duro, mas a gente está melhorando, eu penso”.

Cachapuz (1999)⁶ manifestou sua preocupação quanto à pouca oportunidade dada aos alunos para fazerem questionamentos, bem como de que os mesmos “estão perdendo a capacidade de escrever”, de que o *ver* sobressai ao *escrever*. Diferentemente, a experiência desenvolvida na EFA mostrou que a prática da escrita pode tornar-se prazerosa e capaz de possibilitar aos alunos estruturar seu pensamento, ao menos parcela significativa deles. Isso é reflexo, justamente, das oportunidades propiciadas para participar, fazer questionamentos, a partir da exploração de *temas e situações de estudo* que estavam sintonizadas com sua realidade. Para A1, “o trabalho com os temas possibilitou a participação da Biologia, da Química e da Física. Até propiciou uma maior liberdade da participação dos professores”. A3 diz que passou a ter uma visão mais geral do conhecimento, o que a marcou profundamente, a ponto de afirmar que “isso eu não vou esquecer. Isso é mais importante do que estudar para uma prova, assim, decorar, aplicar um conceito, como energia, e deu. O conceito que eu tenho é mais amplo e, por isso, eu vou carregar mais”.

Com a experiência desenvolvida conseguimos “fugir à regra”, ainda vigente em boa parte do sistema escolar, sobre a qual Menezes⁷ afirma que, ao invés de estimular a iniciativa dos alunos, “o que mais ocorre é o estimular da passividade”. Buscamos, e estamos conseguindo, “desenvolver uma visão de mundo não só com gramática, mas impregnada de romance e paixão”, capaz de realimentar o entusiasmo, de “revivenciar a Ciência enquanto cultura”.

⁶. Antonio Cachapuz, in palestra realizada na UNIJUÍ em 12 abr. 1999.

⁷. Luiz C. Menezes, in palestra proferida no VII EPEF. Florianópolis, mar. 2000.

Relembrando Bachelard que soube valorizar outros aspectos, que não os puramente associados ao *racionalismo científico*, foram estimuladas iniciativas para produções que extrapolavam o âmbito dos conteúdos de Ciências. A imaginação, a criatividade, o senso artístico, figuraram nas oficinas que os grupos realizaram na escola, envolvendo outros alunos do Ensino Fundamental, do Ensino Médio e pais. As suas produções, feitas em sala de aula, por terem sido situadas num contexto, puderam ser mobilizadas para preparar e apresentar os trabalhos das oficinas:

A1- “Nós fizemos o sabão. Além de falar de novo para mais pessoas diferentes, ainda, a gente está aprendendo com os colegas. Conosco aconteceu algo inesperado que deixou todo mundo preocupado. Acabou explodindo o sabão, e se tem uma situação difícil a gente aprende a contornar.”

A2- “Essa relação entre as três disciplinas foi importante para fazer a nossa oficina. Ela ajudou muito para a minha poesia. Em seguida que eu a fiz. Eu cheguei em casa, depois dessa oficina que participei, e comecei a refletir sobre essa oficina, os processos que ocorreram para nós conseguirmos fazer aquela substância, que no momento dava uma ilusão para nós, porque manchava a camiseta e novamente desaparecia, ficava transparente, tanto que eu fiz sacanagem com toda a família.”

Esse espírito inovador se refletiu na composição de poesias⁸, com as quais os estudantes conseguiram expressar sua capacidade de relacionar conceitos científicos que aprenderam nas aulas e produzir entendimentos. Todos os alunos da turma fizeram poesias, procurando expressar sua aprendizagem obtida nas atividades de uma outra forma, diferente da tradicional: “Como não tivemos só aquela teoria, só o clássico, mas estava relacionando-a ao dia-a-dia, isto está na convivência nossa, em poesias, em música, presente em nós. Então, eu acho que tudo acarreta uma coisa ou outra, está relacionado”.(A1)

Na sequência das investigações sobre a formação continuada, conseguimos ver, com maior clareza, o que representou a continuidade da experiência iniciada em 1998 com o grupo de professores. A partir da idéia de *temas antitéticos da imaginação científica* (Holton, 1979) percebemos que a exploração de aspectos históricos e epistemológicos da Ciência passou a ser mais representativa nos trabalhos com os professores. Conseguimos perceber um diferencial na formação de boa parte desses professores, particularmente quanto ao reconhecimento das suas limitações e, conseqüentemente, maior abertura e disposição para o desenvolvimento de trabalhos que requerem iniciativas e demandam maiores desafios. A professora de Física expressou bem essa conquista, ao defender a composição do mesmo grupo de professores para dar sequência à *SE Ar atmosférico*, em 2002, por entender que o reconhecimento de fragilidades e limitações deverá facilitar a sequência dos trabalhos.

⁸. Veja anexo VI.

Agora já entendemos o que o outro quer, como auxiliá-lo, porque, num primeiro momento, ainda tínhamos a idéia de que o professor de Física sabe aquilo. Mas agora vimos que não, que não sabemos muita coisa, que realmente temos que ter a liberdade de dizer como vai fazer, que conceito é esse. O aprender junto. (P2)

Já é possível identificar um diferencial em relação aos dois professores novos e os que participam do grupo desde 98. Enquanto os primeiros estão na fase de reconhecer o seu grau de envolvimento, de participação nos trabalhos, a exemplo de P9, “[...] a minha participação ainda é bem tímida, mas aos poucos estou melhorando”, dentre os mais antigos, há os que já estão numa “outra fase”, como P1, ao sinalizar que “um bom professor é aquele que tem certeza de que não sabe tudo, que precisa estar sempre estudando, lendo, que acredita na proposta de trabalho, que venha a ter o comprometimento de querer trabalhar de modo diferente dentro de um contexto”.

Motivado pela participação sistemática de P2 e P3 na produção da SE sobre o Ar Atmosférico, no GIPEC-UNIJUÍ, e por ter, de certa forma, tomado frente no desenvolvimento dos trabalhos interdisciplinares na EFA, em 2001, o grupo passou a desenvolver as atividades em forma de *SE*, ao invés de *Temáticas*. Isso não atrapalhou o andamento dos trabalhos uma vez que os professores conseguiram delimitar melhor a área de abrangência e evitar confusões entre a dinâmica de trabalho adotada e os *Eixos Temáticos* e *Temas Transversais*, também referenciados.

Com a continuidade da experiência, atualmente sob essa dinâmica, vai ficando cada vez mais tranquilo aos professores refletir sobre o que foi trabalhado, reafirmar pontos positivos e redirecionar outros ainda não satisfatórios. P2, ao se expressar sobre o desenvolvimento da referida SE, revela:

Essa é uma questão que, hoje, inclusive, estávamos re-olhando e aí percebemos que, se fosse fazer agora, novamente, com certeza, teria coisas diferentes. Eu penso que é uma dificuldade a primeira vez, mesmo porque a gente estava começando algo novo. Eu participei com o grupo na elaboração, mas eu também não a tinha vivenciado em sala de aula. Então se configurou em uma situação nova [...] e a gente também teve dificuldades em ver nesse momento algumas relações.

Para a continuidade dos trabalhos interdisciplinares, particularmente da SE “Ar Atmosférico”⁹, a participação de P2 e P3 foi imprescindível para o êxito dos mesmos. P9 e

⁹. Essa *Situação de Estudo* foi rediscutida e desenvolvida em sala de aula por um grupo de três professores da área de Ciências Naturais (Biologia, Física e Química) da EFA, no primeiro trimestre de 2001. Outros três professores dessa área e uma professora de Matemática da escola colaboraram com o grupo. Além disso, também puderam contar com o apoio de professores do GIPEC.

P10, que atuam há pouco tempo na EFA, e não tinham este tipo de experiência, explicitaram bem a influência dos professores da equipe de 1998-99 para o bom andamento das atividades. P9 sinaliza que “foi por sugestão deles, principalmente de P2, que trabalhou na mesma série, de desenvolvermos esse tema de estudo ...; ela teve um papel essencial para dar certo o trabalho que fizemos”. Para P10, tanto P2 quanto P3 foram essenciais, uma vez que também pôde contar com a colaboração de P3, ainda que ela não atuasse na turma em que o trabalho estava sendo desenvolvido. “A participação de P2 e de P3 no nosso grupo deu mais segurança. Eu falo mais de P2 porque foi professora da turma. Como as duas já tinham experiência, isso transmitiu mais segurança e qualidade, de modo a aprofundar mais essa questão de projetos da escola”.

A fala de P2 também revela a importância da sua experiência anterior. “O fato de eu e P3 já termos participado da elaboração da atividade, a gente começou a discutir isso, vamos trabalhar, e levamos a idéia aos colegas e aí o pessoal topou, mostrou interesse e começamos a sentar juntos e discutir”.

Três professores desse mesmo grupo de 1998 (P1, P2 e P4) estão à frente de iniciativas desta natureza em outras escolas da região. Mesmo com dificuldades para conseguir uma participação efetiva de um conjunto de professores para desenvolver atividades interdisciplinares, o certo é que, aos poucos, estão conseguindo aproximar-se e fazer algo diferente. Ao serem entrevistados sobre o andamento dos trabalhos na outra escola onde cada um leciona, todos afirmaram que já estavam fazendo articulações com grupos de professores. P4 já apresenta, embora “tímidos”, resultados da experiência interdisciplinar que vem sendo desenvolvida na escola estadual.

Alguns passos já são dados. Tem um projeto de meio ambiente em que se envolveram professores de biologia, de física, de química, de geografia, de artes. Mas está indo a passos lentos, porque, como não é uma prática comum aos professores, não se sabe bem ainda por onde ir e o que fazer.

Conforme essa professora, há toda uma dificuldade, que é inerente à formação e às experiências tidas nos vários anos de exercício profissional, e um certo apego aos livros didáticos tradicionais. Alguns mantêm uma preocupação excessiva com o ensino, de forma linear, dos conteúdos tradicionais.

Tem alguns professores que dizem: O que vou fazer com aqueles meus conteúdos? Muitos ainda não conseguem perceber que, dentro da SE, eu acredito nisso, que não se deva deixar os conceitos básicos, nem da Física, nem da Biologia, nem da Química, nem de disciplina alguma de lado. É só trabalhá-los de forma mais integrada. Isto muitos ainda não conseguem fazer, estão presos à linearidade dos

conteúdos. Por exemplo, pode-se trabalhar, o que até então se trabalhava no primeiro ano, quem sabe no segundo, ou no terceiro. Então eles acompanham muito ainda, por exemplo, o que os livros didáticos apontam. O que aparece no livro (vol.1) se trabalha no primeiro ano e assim por diante.

No entanto, ela acredita que foi conseguida uma certa flexibilidade, um certo desequilíbrio, ao menos por parte de alguns professores: “Temos investido em conversas, em estudos. Estamos estudando alguns textos interessantes, até junto com a supervisão. Este ano dá para dizer que, realmente, alguns vestígios já se percebe”. A professora estava se referindo à temática ambiental desenvolvida em duas turmas do segundo ano do ensino médio, revelando a flexibilidade conquistada, se comparado com a tradicional grade curricular.

Até o professor de artes entrou e fizeram uma peça teatral envolvendo a temática ambiental. Até a atividade que tu propôs sobre câncer de pele foi envolvida, com atenção à radiação solar, à camada de ozônio, o que isso causa, ou pode causar no ambiente. Tudo isso fez parte da dramatização, do estudo. Foi bem interessante. Eles fizeram a socialização para todo o ensino médio depois. Eu penso que por aí até os outros se sentiram desafiados.

Quanto à possibilidade de agregar mais professores e ampliar a experiência, na escola P4 acredita “que uns possam contagiar os outros”. Essa idéia, também, foi explicitada na formação inicial de professores, conforme podemos constatar na seguinte fala de uma das alunas do curso.

É a primeira vez que participei de uma SE. Não sei como foram as outras, mas, como já trabalho há mais tempo na escola, acho que é interessante pois, às vezes, só nos falta uma ajuda, sugestões para fazermos diferente. Depois, com esforço, poderemos desenvolver outras.

Pr1 se expressou acerca da satisfação que teve ao acompanhar o estágio de uma das licenciandas de Química, que fez seu trabalho na dinâmica da SE, conjuntamente com outra de Biologia. “Ela fez uma reflexão muito interessante sobre a SE que desenvolveram e os conceitos abrangidos. Fizeram a *SE da água*, a Química e a Biologia voltadas para a água. Foi uma experiência nova, gratificante”.

As falas dos licenciandos do curso revelam sua confiança em levar adiante essa dinâmica de trabalho, como a de A1 quando diz que, “de uma forma mais sistemática se consegue fazer a conexão do conteúdo de química, de biologia e física; torna mais agradável para a gente e mais agradável quando se vai trabalhar com o aluno”; de A2, a partir de sua reflexão sobre o livro didático, afirma que, “com esse conhecimento que temos agora, a gente consegue fazer a ponte do que estava faltando no livro”.

Com as atividades interdisciplinares realizadas, vários licenciandos já se percebem capazes de organizar atividades didáticas similares, e que tenham sentido para si e para os seus futuros alunos. A pretendida capacidade de elaborá-las e desenvolvê-las começa a aparecer nas suas falas, derivadas de elaborações feitas a partir do desafio posto sobre *como* eles trabalhariam o assunto *órgãos dos sentidos* no Ensino Fundamental, a exemplo do que afirma A1:

Poderia fazer a ligação entre os órgãos, por exemplo, no caso do tato, quando tocamos em determinado objeto se sente frio, ou [...] daí estuda na física a troca de energia dos corpos, temperatura, pressão, o peso, como percebemos o calor e o frio. No caso do paladar e do olfato, são ligados, pois percebem as substâncias que liberam odor ou gosto; como essas substâncias produzem energia através da transformação da matéria, substâncias voláteis, as moléculas que liberam as partículas responsáveis pelos odores; na audição, além dos conceitos de biologia, como o som se propaga, o tímpano, as ondas sonoras [...]; na visão, a energia luminosa [...] as estruturas que são ativadas no cérebro com os estímulos elétricos.

6.2. Continuidade e perspectivas

A investigação sobre os trabalhos realizados revelou que há muito, ainda, a se fazer. Na experiência da formação inicial, foram reconhecidas limitações quanto aos conceitos, como a pouca profundidade atingida em relação a alguns conceitos. Reflexões conseqüentes geraram questionamentos sobre a atual estrutura curricular do curso, particularmente, sobre as disciplinas básicas (Biologia, Física e Química). Mesmo sendo trabalhadas por professores do GIPEC, o que já constitui um avanço, continua havendo dificuldades de levar os alunos a compreender e relacionar conceitos. Diante disso, o debate se direcionou para o campo de novas possibilidades, ganhando força a idéia (intenção) de substituir as disciplinas básicas por “módulos de ensino”. Esses comporiam um conjunto de conteúdos dos componentes curriculares (Biologia, Física e Química) que seriam trabalhados com base num *tema* comum. Projeta-se que, a partir de um enfoque interdisciplinar, se possa melhor perceber a importância de cada conceito, explorando-o na “profundidade” adequada, na relativa disciplina. Como exemplos, citamos os conceitos de *matéria*, de *energia* e de *matéria-energia*, ainda pouco compreendidos, mesmo diante da experiência realizada.

Também, as muitas dificuldades presentes para atingir diretamente um maior contingente de professores não se configuram como motivo de desânimo. O trabalho desenvolvido na formação de professores nos leva a acreditar num melhor gerenciamento

destas, de modo que um número expressivo possa ser atingido, ainda que de forma indireta, pelos professores que participaram das atividades de formação inicial e continuada, e outros diretamente pela continuidade da experiência iniciada. Os professores, ao adquirirem confiança em si próprios, aliada à experiência adquirida nas atividades dialógicas e colaborativas, podem ampliar o grau de interação com os colegas da escola, seduzindo-os, e aproximando os outros.

Experiências vivenciadas e pesquisas, como a de Cunha (2000), constituem bons indícios de que os *bons* professores, as *boas* experiências, fazem a diferença. Há *boas* escolas públicas que se diferenciam das demais, mesmo diante de vários fatores limitantes (como condições mínimas e situações precárias para o exercício da profissão). É desejável realimentar as utopias para melhorar o concreto, o existencial. De antemão, sabemos que os indivíduos só o são como tais enquanto seres sociais que se relacionam, que aprendem com o outro. Evidenciamos a felicidade, o gosto que os professores sentiam quando das interações em grupo, principalmente quando era reconhecido seu papel, sua importância para o desenvolvimento das atividades docentes. Ao não nos restringirmos a atividades pontuais, mas estimulando sua continuidade, foi possível a eles perceber que são capazes de levar adiante a proposta iniciada, de construir novas propostas, de modo a ampliar a experiência. Isso permitiu, também, recuperar a confiança, a alegria do professor em seu proceder; permitiu, conforme P2, “melhorar, ampliar a característica da escola (EFA) de atuar em questões metodológicas de vanguarda” e com possíveis reflexos em outras escolas públicas da região, de modo a “fazer com que mais professores acreditem que é possível e, assim, se envolvam em propostas como essa da EFA”.

A atual organização de suas aulas, algumas em forma de sessões teatrais, promovendo polarizações e com defesas de concepções oponentes pelos alunos, a exemplo das atribuições diferenciadas sobre massa e energia, tem trazido novas expectativas para o processo de ensino-aprendizagem. Para P5, “com esse trabalho (de caráter histórico e epistemológico), conseguimos levar os alunos a pensar mais e associar as coisas da sua realidade”.

Num primeiro momento, havíamos pensado em fazer este tipo de trabalho somente com os professores, mas, a partir da experiência feita na EFA, principalmente sobre as *Combustões*, e da iniciada com um grupo de docentes da Escola Estadual José Lange, de Augusto Pestana/RS, percebemos o provável potencial da idéia de *temas antitéticos* para as atividades pedagógicas com os alunos. A mediação que farão com os alunos, seja

orientando-os, seja presenciando as discussões (embates, polarizações) entre alunos, certamente os influenciará, ainda que indiretamente, o que deve contribuir para novas e diferenciadas aprendizagens.

P2, ao ser perguntada sobre a possibilidade de fazer atividades sistemáticas com os alunos, explorando questões conflitantes da Ciência, em que eles fossem os autores a defender certas concepções contrárias às de outros colegas, afirmou que já trabalham nesta linha da verdade não absoluta; de que a ciência está em transformação. Citou, como exemplo, o questionamento que uma aluna lhe fez sobre “por que Kepler escreveu de uma forma tão complicada as leis? E o que ele queria com aquilo?”

Aí levantei algumas questões sobre em que época ele escreveu, a quem ele escreveu. Então, é um trabalho que podia seguir nesta linha de colocar em dúvida algumas coisas da Ciência, de fazer um debate entre eles, e até numa perspectiva histórica. Eu acho que a gente teria possibilidade sim e, com certeza, teria um bom trabalho para desenvolver com eles. Eu acredito que a gente tem que fazer, porque daí rompe com essa idéia de “acredito no que o professor diz, porque o que ele diz é a verdade”. Apesar de termos alunos que trabalham, que questionam mais as coisas, podemos fazer com que um número maior de alunos participasse, e que discutisse. O que tem angustiado também P9 e P10 é esta questão de ter todos ligados, porque a gente ainda tem alguns alunos que estão apáticos em relação àqueles: o que vier, está bom; quanto menos, melhor. Por isso, eu acho bem interessante, se tu topar a parada de a gente fazer um trabalho assim nesta linha o ano que vem, penso que conseguiremos mexer com algumas coisas.

A esse respeito, Delors (1998:99) afirma que, na prática pedagógica diária, a participação de professores e alunos em projetos de cooperação pode originar a “aprendizagem de métodos de resolução de conflitos e constituir uma referência para a vida futura dos alunos, enriquecendo a relação professor/aluno”. Nessa obra, ainda, vemos a importância da exploração de questões conflitantes com os alunos para alimentar o aspecto da tolerância, do saber conviver, de respeitar o outro, inclusive, sobre pontos de vista divergentes. O aluno, ao ser questionado em seu *dizer* por outro colega e, ao participar ativamente de sessões de discussão/argumentação terá outra visão do processo. Além de perceber que, mesmo na Ciência, não existem verdades unilaterais, estará se preparando para pensar e construir argumentos que lhe serão fundamentais para defender suas posições; para romper com a intolerância, tão marcante na sociedade atual.

Ainda no campo das perspectivas, ressaltamos o exemplo citado no Capítulo 3 sobre a criatividade dos alunos residentes dos cursos de medicina e a influência que o trabalho colaborativo nas equipes de profissionais mais experientes e pesquisadores traz positivamente para a sua formação. Nessa perspectiva, admitindo que os dois *estudos*

interdisciplinares descritos e analisados, podem ter muito a ver um com o outro, começamos a alimentar as expectativas de aproximar e integrar licenciandos que estão participando de *SE* com a equipe de professores/pesquisadores da EFA que vem, desde 1998, desenvolvendo experiências interdisciplinares, diretamente situados na realidade escolar.

Nas investigações realizadas junto aos licenciandos, vários deles manifestaram seu interesse em trabalhar posteriormente, quando assumirem a docência, sob a idéia de *SE*, envolvendo outros professores das escolas. Mas, também, destacaram prováveis dificuldades que encontrariam para levar adiante essa vontade diante de sua inexperiência e das resistências que prevêem encontrar junto aos professores que já atuam na escola sob outro viés:

A- Se a *SE* for bem elaborada e com a participação de outros colegas, é muito importante, pois envolve conteúdos de Física, de Química e de Biologia e possibilita ao aluno maior integração na sala de aula. Só que, para isso, precisamos de um tempo maior e uma maior experiência.

A- É na prática que realmente encontramos as dificuldades e obstáculos. Somente praticando conseguiremos nos aperfeiçoar.

Se chegarem muito imaturos nas escolas, certamente, parcela significativa tende a ser influenciada (ou sufocada nas suas intenções) pelos professores que já possuem larga experiência, normalmente diferenciada das suas. No entanto, se adquirirem boa experiência atuando juntos ou conjuntamente com uma equipe¹⁰ de professores/pesquisadores, tanto nos planejamentos quanto nas atividades de sala de aula, como os já citados da EFA, poderão construir argumentos mais sólidos para as pretendidas mudanças nas escolas em que atuarão. A consequência disso poderá resultar em mudanças mais rápidas e sólidas. Os professores da EFA, inclusive, já se manifestaram favoráveis a esse tipo de interação.

P2 acredita que, quando eles se depararem com as situações da realidade escolar, eles terão que aprender muito, e até chegar lá e dizer que participaram e isso acontece efetivamente, “eu fiz, eu estava junto. Daqui a pouco a imagem que a escola tem é outra”. Para exemplificar, se expressou acerca de uma pergunta que uma aluna, que pegou exame em Ciências I¹¹, lhe fez.

¹⁰. Atualmente consideramos o referido grupo uma equipe de professores que trabalham sintonizados, articulados.

¹¹. Disciplina do Curso de Ciências – Licenciatura Plena, do DBQ/UNIJUÍ.

Ela me disse: Professora, agora que eu já entreguei o exame, a senhora podia sentar comigo e me explicar mais direito ainda o que é uma SE, porque eu ainda não entendi. Aí eu parei para pensar, mas eu trabalhei sobre isso o semestre inteiro, e ela terminou o semestre hoje, me fazendo essa pergunta. Então, eu penso que, se pegasse uma aluna dessas e levasse para uma sala de aula onde ela acompanhasse a discussão do grupo, o que ele está elaborando e como está sendo desenvolvido, com certeza ela não chegaria no final do semestre dizendo isso.

Diante desse exemplo, e relembrando o diferencial que se percebe nos residentes de Medicina, por sua participação efetiva em equipes com ampla experiência, particularmente fizemos a ela a seguinte pergunta: *Pensando que essa oportunidade de fazer experiências paralelas ao curso formal tem sido proveitosa para as pessoas, se P9 e P10 não tivessem tido esta oportunidade, como estariam trabalhando atualmente?*

Acredito que da mesma forma que antes, não se questionando do que estariam fazendo. Felizmente posso, com muita convicção, dizer que hoje eles se questionam muito. Então, eu acho que a questão do vivenciar, do desenvolver, do acompanhar, claro que tem toda a questão do grupo, claro que a gente tem toda uma caminhada na EFA que possibilita isso também, com certeza eles avançaram muito e isso faz um diferencial. Eu acredito, assim, que, se a gente pudesse pegar estes alunos e colocar eles a vivenciar, estar acompanhando junto com a gente, conseguiriam muito mais. É uma boa proposta para começarmos a pensar no GIPEC.

A consolidação do GIPEC-UNIJUÍ certamente terá muito a contribuir para tal, uma vez que já vem atuando junto à EFA e por seus professores/pesquisadores acreditarem que isso é possível e viável. Eles manifestaram explicitamente a importância e influência do grupo para a continuidade da experiência em curso (formação inicial e continuada) e para empreender outras, ao menos, na região. Pr1 lembrou a grande dificuldade que o futuro professor vai ter na escola em que for lecionar, motivo a mais para consolidar o grupo. Apesar do licenciando ter compartilhado essa dinâmica de trabalhar a SE, ele “chega na escola e recebe um conteúdo linearmente apresentado e tem que trabalhar e vencer naquele bimestre. Esse que é o grande problema. Nós temos que avançar mais com a SE aqui no GIPEC”. P3 considera o GIPEC como o primeiro grupo, na região, que está pensando realmente na formação do professor, não só quanto aos conteúdos de Química, de Física e de Biologia, mas buscando entender como ele vai atuar diretamente na sua escola, pensando a realidade da escola, o trabalho e a aprendizagem mesmo. Daí sua importância para a formação dos professores, buscando a ruptura de *como se ensina e de como se aprende*.

Se, de um lado, os trabalhos realizados no âmbito do GIPEC-UNIJUÍ, a exemplo da SE apontada no *estudo interdisciplinar II* (no Capítulo anterior), vem, mesmo que com dificuldades, sinalizando mudanças, de outro, as licenciaturas, em geral, muito pouco

mudaram. Infelizmente, as expectativas para a ampliação do contingente de professores que possa engajar-se em projetos interdisciplinares esbarram na lentidão exacerbada das Instituições de Ensino Superior (IES) em alterar as licenciaturas. Sugerimos mudanças profundas na formação inicial, para que os futuros professores consigam enfrentar os desafios que os novos tempos impõem.

Iniciativas nessa direção, conforme Howes (2000:510), foram tomadas por associações de docentes de Física, nos EUA, propondo “formar uma *Força-Tarefa Nacional* sobre a graduação em Física, na tentativa de focalizar as respostas da comunidade da Física para fazer as mudanças necessárias”, como nas metodologias, para reverter a imagem negativa já difundida sobre essa área do conhecimento. Há o reconhecimento de que os grandes avanços na Física não atingem os professores do Ensino Médio, em geral, e, muito menos, a população, prevalecendo o alarmante “analfabetismo científico do público”. Para a autora, a *Força-Tarefa* já iniciou uma série de atividades projetadas para enfrentar esses desafios: “Estamos assim no início de um esforço a longo prazo para reformar a face da Física na graduação”.

O certo é que, tanto lá, quanto cá, permanece o desafio de interferir na lentidão com que as IES operam as alterações nas licenciaturas. Quem sabe, realimentando as utopias, as experiências diferenciadas em curso, associadas às proposições dos PCN e às renovações que as novas demandas e os novos tempos exigem, possam acelerar as mudanças pretendidas e necessárias.

Outro desafio, em desdobramento, é que as trocas de experiências possam e devam ocorrer, também, entre profissionais de outros grupos de distintos locais. Para ampliar o patamar de interações, propomos utilizar, vantajosamente, recursos tecnológicos contemporâneos, como a *internet*, para estabelecer redes de contatos entre grupos e possibilitar a troca de experiências de forma mais veloz. Mesmo a distância, buscaremos estabelecer critérios para a seletividade de informações, sugerir novas informações e materiais instrucionais, apresentar as experiências em andamento, acolher sugestões e críticas de interlocutores empenhados na formação continuada de professores.

Diante da oferta explosiva de materiais didáticos com recursos multimídia, os professores deverão incorporar em sua formação critérios seletivos, já que muito do ofertado carrega, ainda que com riqueza de imagens e simulações, visões científicas bastante ortodoxas. Para além de se constituírem num componente essencial da formação permanente dos professores, que infelizmente permanecem ausentes na grande maioria dos

currículos de formação inicial - licenciaturas -, as discussões de fundo epistemológico servem, também, para buscar e fortalecer critérios que auxiliem os professores a selecionarem e usarem criticamente os diversos materiais disponibilizados.

Já se percebe um diferencial na formação inicial e continuada de professores que merece ser citado. Além da nossa experiência, existem outras que merecem o crédito, a exemplo do Pró-Ciências, de Santa Catarina (SC), que vem fazendo um trabalho sistemático na Formação Continuada, particularmente do Ensino de Física, cujos reflexos são bem sinalizados no livro *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Entre outros indicadores de êxito, já podemos situar alguns livros didáticos do Ensino Fundamental e Médio, a exemplo de *Física: ciência e tecnologia*¹², mas a formação docente inicial na licenciatura muda “menos”, embora pudesse ser o “carro-chefe” para as mudanças, com implicações diretas na formação continuada.

Enfim, diante da negociação, estruturação e desenvolvimento de atividades colaborativas, este trabalho de ensino, apoiado em investigações de fundo epistêmico e histórico de temáticas de C&T, bem como nas dimensões problematizadoras, dialógicas e colaborativas dos processos educativos e das trocas de saber, contribui para redirecionar o eixo prevalente da veiculação e transmissão da informação com algum conhecimento, em favor de uma alfabetização em Ciências e Tecnologia mais crítica, comprometida e de relevância social. Uma formação que esteja voltada à ampliação das condições para o exercício da cidadania, possibilitando, assim, enfrentar os problemas e situações que desafiam, ou são impostos cotidianamente, seja na área de Ciências Naturais, nas relações pessoais, familiares, profissionais e demais atividades.

¹². Ele acena com uma melhor perspectiva em relação ao livro didático, uma vez que integra conhecimentos contemporâneos de Ciência e Tecnologia, como Relatividade, Física Quântica e Física Nuclear, e destaca situações do cotidiano em que esses conhecimentos têm contribuições (desde dispositivos simples, como as máquinas térmicas, a complexos, como o tomógrafo computadorizado).

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ACOT, P. **História da ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

AGUIAR JR, Orlando. O papel do construtivismo na pesquisa em ensino de Ciências. In: **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre: UFRGS, v. 3, n. 2, agosto/1999.

AMABIS, José M. **Biologia das populações: genética, evolução, ecologia**. São Paulo: Moderna, 1997.

ANDRÉ, Marli. A pesquisa no cotidiano da escola e o repensar da didática. In: **Revista Educação e Sociedade**. [s.l., s.d.], p. 84-92.

ANGOTTI, José. **Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências**. São Paulo: FEUSP, Tese de Doutorado, 1991.

ANGULO, J. Investigación-Acción y Curriculum: una nueva perspectiva en la investigación educativa. In: **Revista Investigación en La Escuela**. Sevilla, Díada, n. 11, 1990.

AUTH, Milton A. et al. A prática educacional dialógica em Física enquanto elemento para a formação de professores-pesquisadores. In: **Revista Educación en Física**. Montevideo, n. 2, 1994.

----- **Buscando superar a fragmentação no ensino de física: uma experiência com professores**. Sta Maria/RS: UFSM/PPGE, Dissertação de Mestrado, 1996.

----- e ANGOTTI, J. Conceitos unificadores e a busca dos universais: a temática das combustões. In: **Atas do II ENPEC**. Valinhos/SP: ABRAPEC/CNPq, set/1999.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

----. **A filosofia do não; o novo espírito científico; a poética do espaço**. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

BASTOS, H. & ALBUQUERQUE, E. Concepções de um Grupo de Professores de Ciências sobre sua Disciplina e suas Relações com os Parâmetros Curriculares Nacionais. In: **Atas do II ENPEC**. São Paulo: ABRAPEC/CNPq, 1999.

BAZIN, Maurice e LOPES, J. Ciência, Arte e Educação. In NOGUEIRA, A. **Contribuições da Interdisciplinaridade: para a ciência, para a educação, para o trabalho sindical**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1995, p.103-123.

BAZZO, W.A. **Ciência, tecnologia e sociedade**. Florianópolis: UFSC, 1998.

BERNAL, J. D. **Ciência na história: movimento**. Lisboa: Novo Horizonte, v. 3, 1969.

BIZZO, Nelio. Pesquisa em ensino de Biologia, Física e Química: considerações sobre o seu valor heurístico e implicações para a História da Ciência. In: **Atas do I ENPEC**. Águas de Lindóia/SP, 1997, p. 421-431.

BOHM, D. **Wholeness and the Implicate Order**. London: Routledge & Kegan, 1980.

BOHR, Niels. **Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

BOMBASSARO, L.C. Epistemologia: produção, transmissão e transformação do conhecimento. In: **Anais do VII ENDIPE**. Goiás: UFGO/CNPq, 1994.

BONJORNO, Regina. **Física**, vs. 1, 2 e 3. São Paulo: FTD, 1985.

BORRERO, M. Los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad en el Contexto Latinoamericano. In: MEDINA, Manuel et al. **Ciencia, tecnología y sociedad**. Barcelona: Anthropos, 1990, p.125-9.

BOTERF, Guy Lê. Pesquisa Participante: propostas e reflexões metodológicas. In BRANDÃO, C (org.) **Repensando a pesquisa participante**. São Paulo: brasiliense, 1984, p.51-81.

BRANCO, Samuel M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Moderna, 1990.

BROCKMAN J. **Einstein, Gertrude Stein, Wittgenstein e Frankenstein: reinventando o universo**. São Paulo: Schwarcz, 1987.

CACHAPUZ, António F. Epistemologia e Ensino das Ciências no Pós Mudança Conceptual: análise de um percurso de pesquisa. In: **Atas do II ENPEC**. Valinhos/SP: ABRAPEC/CNPq, set/1999.

CAMPOS Maria M. Pesquisa Participante: possibilidades para o estudo da escola. In **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo: Fundação Carlos Chagas, n. 49, maio, 1984, p. 63-66.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1986.

CARR, Wilfred. Cambio Educativo y Desarrollo Profesional. In: **Revista Investigación en La Escuela**. Sevilla, Diada, n. 11, 1990.

CARR, Wilfred e KEMMIS, S. **Teoria crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del professorado**. Barcelona: Martínez Roca, 1988.

CARVALHO, Ana M.P. & GIL, D. As Pesquisas em Ensino Influenciando a Formação de Professores. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo: SBF, v.14, n. 4, 1992.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1999.

----- e OLIVEIRA, Renato (Orgs.). **Ciência, ética e cultura na educação**. São Leopoldo/RS: Editora Unisinos, 1998.

CHRÉTIEN, C. **A ciência em ação**. São Paulo: Papirus, 1994.

CINI, Marcello. O Paraíso Perdido. In: **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro: SBPC, v. 22, n. 138, 1998.

CUNHA, Maria I. **O bom professor e sua prática**. Campinas/SP: Papirus, 2000.

DE BASTOS, F. P. **Pesquisa-ação emancipatória e prática educacional dialógica em Ciências Naturais**. Tese de Doutorado. São Paulo: IFUSP/FEUSP, 1995.

----- e outros. **Pesquisa ou investigação? As ações que queremos!** Santa Maria, UFSM/PPGE, 1999.

DELIZOICOV, D. e ANGOTTI, J.A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

----- **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1992.

DELIZOICOV, D. e ZANETIC, João. A Proposta de Interdisciplinaridade e seu Impacto no Ensino Municipal de 1º Grau. In: PONTUSCHKA, N. **Ousadia no diálogo: interdisciplinaridade na escola pública**. São Paulo: Loyola, 1993.

DELORS, Jacques. **Educação: um tesouro a descobrir**. São Paulo: Cortez, 1998.

DEMO, Pedro. Pesquisa participante: discutindo êxitos e dubiedades. In **Universa**. Brasília: UCB, v.3, n.2, out.1995, p.297-313.

DENTIN, Serge. O Virtual nas Ciências. In PARENTE, A. **Imagem Máquina**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1996, p. 133-143.

DI BIASE, Francisco. **O homem holístico**. Petrópolis: Vozes, 1995.

DUARTE, Newton. **A individualidade para si: contribuição a uma teoria histórico-social da formação do indivíduo**. São Paulo: Unicamp/Autores Associados, 1993.

----- **Relações entre ontologia e epistemologia e a reflexão filosófica sobre o trabalho educativo**. São Paulo: UNESP, 1998.

ELLIOTT, John. Recolocando a pesquisa-ação em seu lugar original e próprio. In: GERALDI, C. et al: **Cartografias do trabalho docente**. Campinas/SP: Mercado de Letras, 1998, p.137-152.

FAZENDA, Ivani. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**. São Paulo: Loyola, 1979.

----- **Interdisciplinaridade: um projeto em parceria**. São Paulo: Loyola, 1993.

FERREIRA, Aurélio. **Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.

FEYNMAN, Richard. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

FIGUEIREDO, Aníbal e PIETROCOLA, Maurício. **Calor e temperatura**. São Paulo: FTD, 1997.

----- **Luz e cores**. São Paulo: FTD, 1997.

FIORENTINI, Dario et all. Saberes docentes: um desafio para acadêmicos e práticos. In: GERALDI, C. et al: **Cartografias do trabalho docente**. Campinas/SP: Mercado de Letras, 1998, p.307-335.

FLIKINGER, H.G. O ambiente epistemológico da educação ambiental. In: **Educação e Realidade**. Porto Alegre/RS: v. 19 (2), 1994.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: UNESP, 1995.

----- **Alfabetización científica y tecnológica**: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

----- **Educação na cidade** - São Paulo: Cortez, 1991.

----- **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FREIRE, Madalena. Aspectos Pedagógicos do Construtivismo Pós-Piagetiano - II. In: GROSSI, E. (Org.). **Construtivismo pós-piagetiano**: um novo paradigma sobre aprendizagem. Petrópolis/RJ: Vozes, 1993.

FROTA, Paulo R. **Velocidade, Espaço e Tempo**: uma investigação da atividade cognitiva a partir de estímulos sensoriais mediados pelo computador. Florianópolis/SC: PPGE/UFSC, Tese de Doutorado, 2000.

GALLÁSTEGUI OTERO, J. R. & LORENZO BARRAL, F. M. "El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía": concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de Física y Química y Ciencias Naturales. In: **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona/UAB?UV, 11(1), 1993, p.20-25.

GERALDI, Corinta et al. Refletindo com Zeichner: um encontro orientado por preocupações políticas, teóricas e epistemológicas. In: GERALDI, C. et al: **Cartografias do trabalho docente**. Campinas/SP: Mercado de Letras, 1998, p.237-274.

GIL PEREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. In: **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona/UAB?UV: 11(2), 1993, p.197-212.

GILBERT, J.K. Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. : Revista In: **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona/UAB?UV, 13 (1), 1995.

GIORDANI, Estela M. O "como" implementar a dimensão interdisciplinar em práticas pedagógicas nas escolas. Ijuí/RS: **Contexto&Educação**, Out/Dez, 2000, p. 81-98.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo**: dos mitos de criação ao big-bang. São Paulo: Schwarcz, 1997.

GONÇALVES, C.W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 1990.

GONÇALVES, Tadeu. Reflexões sobre uma prática docente situada. In: GERALDI, C. et al: **Cartografias do trabalho docente**. Campinas/SP: Mercado de Letras, 1998, p.105-134.

GRANGER, Giles G. **A ciência e as ciências**. São Paulo: UNESP, 1994.

GREF. **Física**, vs. 1, 2 e 3. São Paulo: EDUSP, 1991.

----- **Leituras de física**. Disponível em <<http://www.if.usp.br>>, acesso em: 03/1998.

GUIMARÃES, Carlos. **O novo paradigma holístico.** Disponível em <<http://www.geocities.com>>, acesso em: 06/2001.

-----, **A física moderna.** Disponível em <<http://www.geocities.com/carlos.guimaraes/fisica.html>>, acesso em: 06/2001.

HALBWACHS, Francis. La física del professor entre la física del físico y la física del alumno. In: **Revista Enseñanza de la Física.** Córdoba, n. 1, v. 9, sd.

HALLIDAY, D. e RESNICK, R. **Física.** Rio de Janeiro: LTC, 1992.

HANSEN, K. and OLSON, J. How teachers construe curriculum integration: the Science, Technology, Society (sts) movement as Bildung. In: **Journal Curriculum Studies**, Vol. 28, 1996, p. 669-682.

HAUG, Wolfgang F. **Crítica da estética da mercadoria.** São Paulo: Unesp, 1997.

HEISENBERG, Werner. **A parte e o todo.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2000.

HELENE, M. **Ciência e tecnologia: de mãos dadas com o poder.** São Paulo: Moderna, 1996.

HELLMAN Hal. **Grandes debates da Ciência:** dez das maiores contendas de todos os tempos. São Paulo: Unesp, 1999.

HOLTON, G. **A imaginação científica.** Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

HOWES, Ruth. Desenvolvimento de uma força-tarefa nacional sobre Educação em Física na Graduação. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física.** São Paulo: SBF, v. 22/dez, 2000.

JAFFE, Bernard. **Michelson e a velocidade da luz.** São Paulo: Edart, 1967.

JANTSCH, A. e BIANCHETTI, L. **Interdisciplinaridade:** para além da filosofia do sujeito. Rio de Janeiro: Vozes, 1995.

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

JICKLING, B. Why I Don't Want My Children To Be Educated for Sustainable Development. In: **Journal of Environmental Education.** [S. l.], n. 23 (4), 1992.

KEMMIS, Stephen. La Formación del Profesor y la Creación y Extensión de Comunidades Críticas de Profesores. In: **Revista Investigación en la Escuela.** Córdoba, n. 19, 1993, p.15-38.

KNELLER, G.F. **A ciência como atividade humana.** São Paulo: Zahar/EDUSP, 1980.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1995.

-----, **La tension esencial:** estudios selectos sobre la tradicion y el cambio en el ambito de la ciencia. México: Fondo de Cultura Economica, 1987.

LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A. (orgs.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.** São Paulo: Cultrix, 1979.

LAMIKIZ Alex. **Afinal, o que é cibercultura?**. Disponível em: <http://web.psych.malberta.ca/>, acesso em 06/2001.

LEVY, Pierre. **As árvores de conhecimento**. São Paulo: Escuta, 1995.

LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 1986.

LUJÁN, L. et all. **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducion al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Tecnos, 1996.

LUTZENBERGER, J. **Gaia**. In: **Revista Corpo a Corpo**, [S. l., s. n.].

MACEDO, Elizabeth F. de. Os Temas Transversais nos Parâmetros Curriculares Nacionais. In, **Química Nova na Escola**, São Paulo: SBQ, n. 8, nov 1998, p. 23-27.

MADDOX, John. **O que falta descobrir: explorando os segredos do universo, as origens da vida e o futuro da espécie humana**. Londres: [s. n.], 1998.

MALDANER, Otávio A. **A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. Ijuí/RS: UNIJUI, 2000.

MARCELO, Carlos. Pesquisa sobre a formação de professores: o conhecimento sobre aprender a ensinar. In: **Revista Brasileira de Educação**. Belo Horizonte: ANPEd, n. 9, set./dez/1997, p. 51-75.

MARQUES, Mario Osorio. **O docente em tempos mudados**. Ijuí/RS: **Contexto&Educação**, Out/Dez, 2000, p. 72-79.

----- **Escrever é preciso: o princípio da pesquisa**. Ijuí/RS: Unijuí, 1998.

MARTINS, Lilian A. e MARTINS, R. **Geração espontânea: dois pontos de vista**. São Paulo: Perspicillum, v. 3 (1), 1992.

MARTINS, Roberto de A. Como Não Escrever Sobre História da Física – um Manifesto Historiográfico. In **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo: SBF, v. 23 (1), 2001, p. 113-129.

MÁS, Carles J. F. La escuela, el conocimiento escolar y los conteunidos científicos em la E.S.O. (Segundo round en el debate sobre áreas o disciplinas). In: **Investigación en la Escuela: disciplinaridad e interdisciplinaridad em la E.S.O.**, n. 32. Sevilla: Díada, 1997.

MASTERTON, William et al. **Princípios da Química**. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

MEDINA, N. M. Elementos para a introdução ambiental na educação escolar – *1º Grau*. In: **Amazônia: uma proposta interdisciplinar de Educação Ambiental**, documentos metodológicos. Brasília: Ibama, 1994.

MENEZES, Luiz C. **Novo (?) método (?) para ensinar (?) física (?)**. São Paulo: EDUSP, 1988.

----- & Kawamura, M.R & Hosoume, Y. **Objetos e objetivos no aprendizado de física**. Florianópolis/SC: Trabalho apresentado no IV EPEF/SBF, 1994.

----. (Org.). **Formação continuada de professores de ciências**. Coleção Formação de professores. Campinas/SP: Autores Associados, 1996.

- O que são os PCN?. In: **Física na Escola**. São Paulo: SBF, v. 1, n.1, Out/2000.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Subsídios para a elaboração de propostas de diretrizes curriculares gerais para as licenciaturas**. Brasília, MEC/LDB, 1999.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re)visão radical**. Documento principal e Anexo:Notas Conceituais. Brasília, MEC/LDB, 1999.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental**. Brasília: SEF/MEC, 1998.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Disponível em <www.mec.org.br> .
- MION, Rejane. **Atividades educacionais em física: discutindo Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Curitiba/Pr: III ICASE, 1999.
- MITCHAM, C. En busca de una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad. In: **Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinares en la universidad, en la educación y en la gestión política y social**. Barcelona, Anthropos, 1990, p.11-19.
- MORAES, Edmundo. A construção do conhecimento integrado diante do desafio ambiental: uma estratégia educacional. In NOAL, F.O. et al (orgs.). **Tendências da Educação Ambiental Brasileira**. Santa Cruz do Sul/RS: EDUNISC, 1998, p. 35-54.
- **A compreensão da problemática ambiental: condição fundamental para o seu enfrentamento**. Florianópolis, 1995, p. 1-14 (prelo).
- MORAIS, J.R.de. **Ciência e tecnologia: introdução metodológica e crítica**. São Paulo: Papirus, 1983.
- MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- MORTIMER, Eduardo F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências; Para Onde Vamos? São Paulo: In: **Terceira Escola de Verão**. São Paulo, FEUSP, 1994, p.56-74.
- NEVES, Marcos C. **O resgate de uma história para o ensino de física**. Florianópolis/SC: IF.UFSC CCEF, v. 9, n.3, dez/1992.
- NOGUEIRA, Adriano. **Contribuições da Interdisciplinaridade: para a ciência, para a educação, para o trabalho sindical**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1995.
- NÓVOA, António. Formação de Professores e Profissão Docente. In: **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.
- OKUNO, E. et al. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1982.
- OLIVEIRA FILHO, K. **Astronomia e astrofísica: origem da vida e vida extraterrestre**. <http://astro.if.ufrgs.br/index.htm>, 2000.
- OLIVEIRA, Betty. **O trabalho educativo**. Campinas: Autores Associados, 1996.
- OLIVEIRA, F. **A reconquista da Amazônia**. São Paulo: CEBRAP, n. 38, 1994.

- PACEY, A. **La cultura de la tecnologia**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económico, 1990.
- PAIN, Sara. A Arte e a construção do Conhecimento. In: **Revista GEEMPA**. Porto Alegre, 1993, p. 20-27.
- PENROSE Roger. **O grande, o pequeno e a mente humana**. São Paulo: Unesp/Cambridge, 1998.
- PÉREZ-LANDEZÁBAL, M. et al. La energia como núcleo en el diseño curricular de la física. In: **Enseñanza de las Ciências**. Barcelona, 13 (1), 1995, p.55-65.
- PERNAMBUCO, Marta C. Significação e realidade: conhecimento. In: **Ousadia no diálogo**. São Paulo: Loyola, 1993.
- PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- , Construindo competências. In **Revista Nova Escola**, São Paulo: Abril, n. 135, set/2000.
- , **Ensinar: agir na urgência, decidir na incerteza**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- PIAGET, J. **A epistemologia genética**. Petrópolis/RJ: Vozes, 1973.
- PIERSON, Alice et al. Integrando as disciplinas Prática de Ensino em Ciências e Prática de Ensino em Física. In: **Atas do II ENPEC**. Valinhos/SP, set/1999.
- PRIGOGINE, Ilya & STENGERS, Isabelle. **A nova aliança**. Brasília: UnB, 1991.
- , **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: UNESP, 1996.
- PROJETO DESAFIOS. Disponível em: <www.adorofisica.com.br/index.html>, acesso em: 28 jan. 2001.
- RAVIOLO, Andrés. Nucleos conceptuales y secuencia constructivista en la enseñanza de la energia. In: **Revista Enseñanza de la Física**. Córdoba: v. 9, n. 2, 1996, p. 33-45.
- ROBILOTTA, M.R. O cinza, o branco e o preto -- da relevância da história da ciência no ensino da física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis/SC: Vol. especial, n. 5, 1988, p.07-22.
- ROSA, L. P. Por uma visão realista. In: **Revista Teoria & Debate**, n. 17, 1992, p.41-45.
- ROSMORDUC, J. **De Tales a Einstein: História da Física e da Química**. Lisboa: Editorial Caminho, Edição 10/83, 1983.
- RUSSEL, John. **Química Geral**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- SAGAN, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- SANTOS, Boaventura. **Pela mão de Alice**. São Paulo: Cortez, 1997.
- SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. Campinas/SP: Autores Associados, 1997, p. 15-28.

SCHÖN, Donald A. **La formación de profesionales reflexivos: hacia um nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje em las profesiones.** Madrid: Paidós, 1992.

-----, Formar professores como profissionais reflexivos. In NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação.** Lisboa: Quixote, 1992.

SCHRÖDINGER, Erwin. **O que é a vida?** Lisboa: Fragmentos, texto baseado em conferências de 1943, sd.

SEVERINO, Antônio. Subsídios para uma reflexão sobre novos caminhos da interdisciplinaridade. In: **Serviço social e interdisciplinaridade: dos fundamentos filosóficos à prática interdisciplinar no ensino, pesquisa e extensão.** São Paulo: Cortez, 1995, p.11-21.

SHEIBE, Leda. Licenciaturas: novas demandas de investigação. São Paulo: **Anais do IX ENDIPE, ABRAPEC/CNPq,** 1999.

-----, Diretrizes curriculares para a formação do pedagogo: conciliação de forças? In: **Anais da 22ª ANPEd.** Belo Horizonte, 1999.

SILVA, Hilton. **Inter-relação: a pedagogia da ciência.** Ijuí/RS:Unijuí, 1999.

SILVA, Sonia M. **Aprendizagem centrada em eventos: uma Experiência com o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental.** Florianópolis/SC: PPGE/UFSC, Tese de Doutorado, 2001.

TERRAZZAN, Eduardo. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense do Ensino de Física.** Florianópolis, IF.UFSC, v.9, n. 3, 1992, p.209-214.

THIOLLENT, Michel. Notas para o debate sobre pesquisa-ação. In BRANDÃO, C (org.) **Repensando a pesquisa participante.** São Paulo: brasiliense, 1984, p.82-103.

THUILLIER, Pierre. O contexto cultural da ciência. In: **Ciência Hoje,** São Paulo: v.9, 1989.

-----, **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica.** Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

TOLENTINO, Mario e outros. **O azul do planeta: um retrato da atmosfera terrestre.** São Paulo: Moderna, 1995.

TORRES, Carlos [et al]. **Física: ciência e tecnologia.** São Paulo: Moderna, 2001.

TRICÁRIO, H. **Algumas reflexões sobre o conteúdo e a temática na formação continuada de professores de ciências.** Coleção Formação de Professores. Campinas/SP: Autores Associados, 1996, p.83-90.

WAKS, L. Filosofia de la educación en CTS: ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario. In: **Para comprender ciencia, tecnologia y sociedad.** ALONSO, A. (ORG.), Espanha: evd, 1996, p.19-33.

WEINER, J. **Os próximos cem anos: em nossas mãos o destino da terra.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WINNER, L. **La ballena y el reactor: una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología.** Barcelona: Gedisa, 1987.

VANIN, José A. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro.** São Paulo: Moderna, 1994.

VEIGA, Laura da. Educação, movimentos populares e pesquisa participante. In: MADEIRA, F e MELLO, G. **Educação na América Latina.** São Paulo: Cortez, 1985, p. 187-201.

VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1987.

-----, **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1988.

ZANETIC, J. **Que papel a história da ciência pode ter no ensino de física?** São Paulo: texto apresentado ao 1º Debate de Física: O Ensino de Física no 2º Grau/ Comissão Cultural da APEOESP, 1981.

ZEICHNER, Kenneth. **A formação reflexiva de professores: idéias e práticas.** Coleção Professores, Lisboa, 1993.

-----, Tendências da pesquisa sobre formação de professores nos Estados Unidos. In: **Revista Brasileira de Educação**, Nº 9, ANPED, set./dez/1997, p. 76-87.

-----, Para além da divisão entre professor-pesquisador e pesquisador acadêmico. In: GERALDI, C. et al: **Cartografias do trabalho docente.** Campinas/SP: Mercado de Letras, 1998, p.207-236.

ZYLBERSZTAJN, Arden. **Revoluções científicas e a ciência normal na sala de aula.** In: **Tópicos de ensino de Ciências.** Porto Alegre/RS: Sagra, 1991.

Páginas Consultadas: <http://axpfep1.if.usp.br/~gref/>; www.fgaia.org.br/texts/t-gaia.html; www.if.ufrgs.br/~kepler/; <http://www.geocities.yahoo.com/search?p=transversalidad>; www.unijui.tc.br/dbq/gipec

8. ANEXOS

ANEXO I i

ANEXO II iv

ANEXO III..... v

ANEXO IV viii

ANEXO V xii

ANEXO VI xix

ANEXO I

EFA – Escola de Formação Básica Francisco de Assis

PROJETO DE PESQUISA

Título: “Novas Perspectivas para o Ensino Médio: Área de Ciências Naturais”

Professores participantes:

De Biologia – P1

De Física – P2, P4 e P6

De Química – P3 e P7

De Geografia – P5

De Português – P8

1. Introdução e Justificativa

Para explorar os conteúdos da área de ciências naturais do ensino médio de forma interdisciplinar e realizar pesquisas com docentes sobre e nas atividades que desenvolvem em sala de aula, propomos desenvolver um projeto que envolva diretamente os professores (agentes no processo de ensino-aprendizagem). O desafio está em como proporcionar a dinâmica dos trabalhos interdisciplinares (ou colaborativos) na prática docente escolar.

É intenção interagir com professores da área de Ciências Naturais (de Biologia, de Física e de Química) do ensino médio, para discutir alguns aspectos relacionados a essa área, tais como abordagens metodológicas, conceituais, históricas..., a serem inseridas nas atividades de ensino, reestruturadas e desenvolvidas conjuntamente com esses profissionais.

Acreditamos que, para passar das nossas utopias para o real, a elaboração e desenvolvimento de atividades em parceria com os agentes do ensino de Física das escolas de nível médio nos parece, no momento, uma das melhores opções para contribuir com o objetivo de reestruturar o currículo escolar. Consideramos relevante buscar a participação dos professores de forma sistemática, no sentido de reconstruir a prática pedagógica com base na elaboração de atividades de ensino em parceria e de avaliação constante (tanto individual, como em conjunto) da prática educativa, criando-se um espaço de reflexão e de investigação na e sobre a ação.

2. Objetivos

- Iniciar um trabalho que integre as disciplinas de Biologia, de Física e de Química, em torno de temáticas, de forma a gerar uma visão mais ampla (geral) do processo de ensino-aprendizagem;
- Inserir os professores numa dinâmica de trabalho coletivo; de práticas de reflexão e investigação-ação;

- Ampliar a formação dos professores, capacitando-os a estruturar e desenvolver atividades interdisciplinares no ensino formal, particularmente do ensino médio;
- Estruturar o ensino de forma a considerar os conhecimentos que os alunos trazem do seu dia-a-dia;
- Desenvolver no educando a capacidade de assimilar, construir e manejar modelos que lhe permitem interagir conscientemente na sociedade em que vive. Neste sentido, ele pode e deve ser considerado um organismo ativo que reage ao contato com as experiências do seu dia-a-dia e às do ensino, questionando mais e melhor;
- Capacitar os alunos a sistematizar e produzir conhecimentos no âmbito escolar.

3. Metas

- Problematicar os atuais planejamentos dos professores de Ciências do ensino médio, colocando em pauta a questão da reestruturação curricular;
- Explorar as novas diretrizes nacionais para o ensino médio, da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias;
- Elaborar e desenvolver atividades didático-pedagógicas voltadas à superação da indissociabilidade entre ensino e pesquisa;
- Propiciar momentos de reflexão conjuntamente com os professores sobre as finalidades a que se destina o processo de ensino-aprendizagem.

4. Desenvolvimento e Metodologia

- Organizar encontros de estudos e debates para problematizar os atuais planejamentos dos professores, atentando para a estruturação curricular vigente e as novas diretrizes curriculares;
- Estudos com e pelos professores de tópicos atuais de Ciências, diretamente relacionados com as atividades temáticas propostas;
- Estruturar e Desenvolver unidades temáticas com grupos de professores da área de Ciências Naturais;
- Buscar e investigar, no decorrer da realização deste projeto, materiais didático-pedagógicos usualmente ausentes na prática docente, como artigos de divulgação científica, multimídias (Internet, CD Room ..), livros paradidáticos, entre outros.

A metodologia básica do desenvolvimento dos trabalhos em sala de aula se baseia nos *Três Momentos Pedagógicos* de Delizoicov e Angotti (1992).

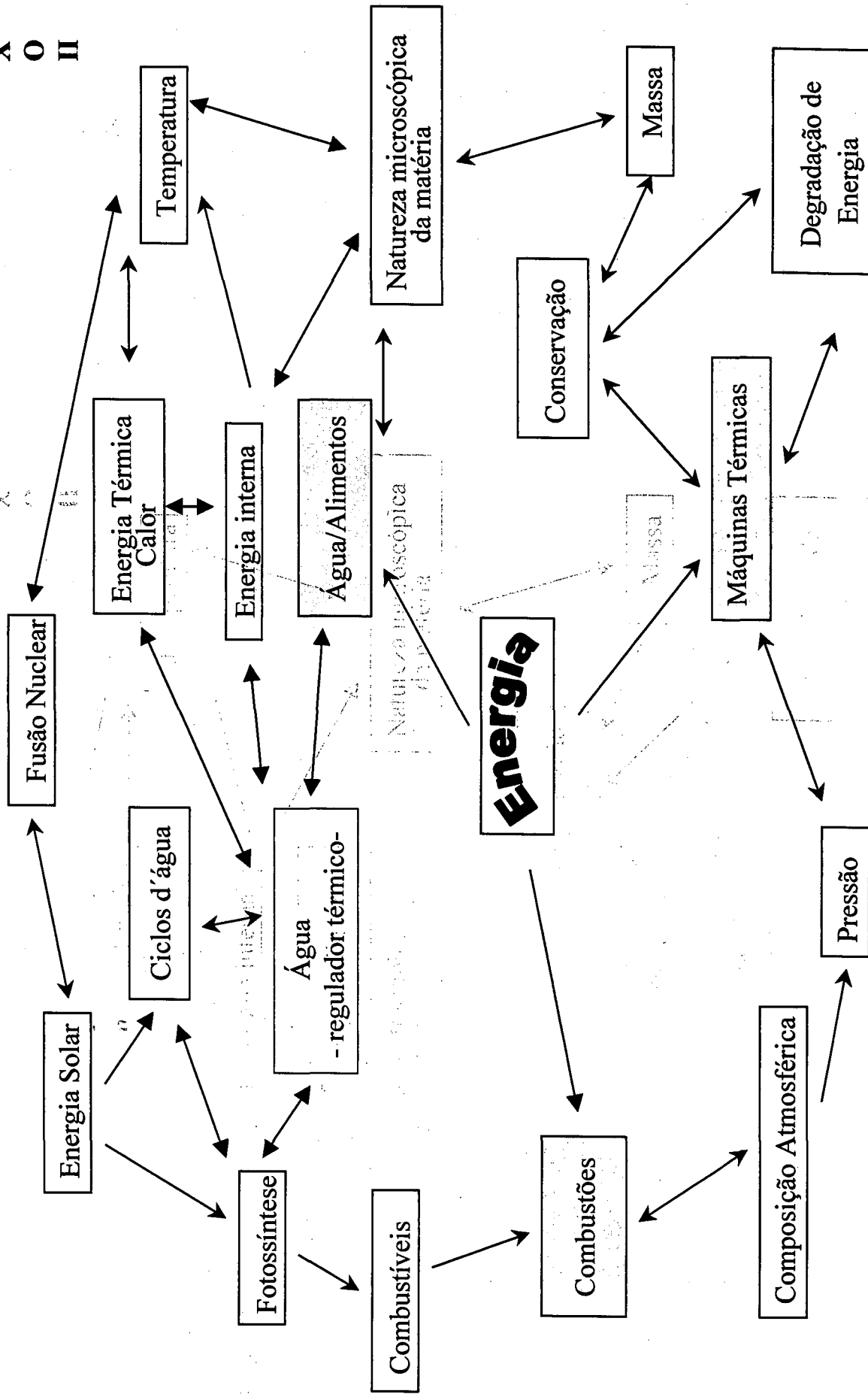
5. Etapas/Cronograma

- a) Contato inicial com os professores (segunda quinzena de fevereiro de 1998);
- b) Organização de encontros de estudos e debates com os professores (durante o ano letivo, principalmente nas quartas-feiras à tarde);
- c) Estudos com e pelos professores de tópicos atuais de Ciências (ao longo do ano letivo);
- d) Estruturação e desenvolvimento das atividades em sala de aula (ao longo do ano letivo);
- e) Investigação sobre materiais didático-pedagógicos utilizados (ao longo do ano letivo);
- f) Avaliação das atividades desenvolvidas (ao longo do ano letivo, em momentos de sistematização, em seminários).

6. Bibliografia

- ANGOTTI, José. **Fragmentos e Totalidades no Conhecimento Científico e no Ensino de Ciências**. São Paulo: FEUSP, Tese de Doutorado, 1991.
- ARNOLD, Myke, et al. **Children's and lay adults' views about thermal equilibrium**. Journal Science Educación, Vol. 16, No 4, 1994.
- AUTH, Milton. **Buscando Superar a Fragmentação no Ensino de Física: uma experiência com professores em serviço**. Santa Maria/RS: PPGE/UFSM, Dissertação de Mestrado, 1996.
- DELIZOICOV, D. e ANGOTTI, J.A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1992.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GREF. **Física**. Volumes 1, 2 e 3. São Paulo/SP: EDUSP, 1991.
- GUYTON, Arthur. **Fisiologia Humana**. Rio de Janeiro: Koogan, 1988.
- KESIDOU, Sofia et DUIT, Reinders. **Students' Conceptions of the Second Law of Thermodynamics: an interpretative study**. Journal of Research in Science Teaching, v.30, No 1, 1993, p. 85-106.
- KINALSKI, Alvina. **Ensino/Aprendizagem sobre Soluções Químicas : apresentação em livros didáticos e manifestação de alunos**. Ijuí/RS: Anais do XVII EDEQ, Out./1997.
- LEFFEL David e BRASH, D. **Sunlight and Skin Cancer**. Scientific American, July/1996.
- LUTZENBERGER, José. **GAIA**. Revista Corpo a Corpo, Sd.
- MALDANER, Otavio Aloisio. **Química 1: construção de conceitos fundamentais**. Ijuí/RS: UNIJUÍ, 1992.
- _____. **Química 2: Consolidação de Conceitos Fundamentais**. Ijuí/RS: UNIJUÍ, 1993.
- MASTERTON, William et al. **Princípios da Química**. Rio de Janeiro: LTC, 1990.
- PAULINO, Wilson. **Biologia**. São Paulo: Ática, Vol.3, 1998.
- RUSSEL, John. **Química Geral**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- SILVA, Ilton. **A Ciência Enquanto Instauradora de uma Postura Pedagógica Inter-Relacional**. Ijuí/RS: PPGE/UNIJUÍ, Dissertação de Mestrado, 1997.
- VIGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.
- . **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

Interações, Transformações e Interconversões



ANEXO III

Atividades experimentais

1. Experimento Estudo dos Gases

1.1. Atividade:

- Encher um garrafão com água e inverter em um recipiente, também com água, de modo que a água possa sair do garrafão;
- Inspirar forçado e expirar fortemente no tubo (mangueira);
- Observar o nível da água no garrafão e medir, com uma proveta, a água restante que ficou no garrafão;
- Controlar o tempo necessário para realizar o processo.

1.2. Questões:

- Qual a sua capacidade respiratória?
- Essa capacidade é igual em todas as pessoas? Ela varia com a idade, com o peso? Ser ou não fumante altera a mesma?
- Qual a quantidade de gás oxigênio consumida em uma hora aproximadamente por uma pessoa?

1.3. Comentários

Com base na literatura existente (Guyton), vemos que a análise do ar inspirado e do ar expirado revela a seguinte variação nos gases:

	O ₂	CO ₂	N ₂
Ar inspirado	21%	0,04%	78%
Ar expirado	16%	4%	78%
Variação	-5%	3,96%	0%

A capacidade respiratória total é igual a soma da capacidade dos pulmões mais o ar residual. Então, podemos dizer que, num adulto normal, a *capacidade respiratória* total média é de 5,5 litros de ar. Sendo assim, temos:

Ar de uma expiração normal	0,5 litro
Ar de uma inspiração forçada	1,5 litros
Ar de uma expiração forçada	2,0 litros
Capacidade vital	4,0 litros

O ar que entra e que sai do pulmão a cada respiração é chamado de *ar corrente* e seu volume é o *volume corrente*. O *volume corrente* normal é da ordem de 500 ml, enquanto que a frequência normal de respiração no adulto é, usualmente, de 12 litros por minuto. Portanto, um volume de 6 litros de ar passa normalmente para o interior ou para fora das vias respiratórias por minuto.

2. Experimento “combustões”

2.1. Evidências experimentais

Uma balança elementar constituída por um travessão de aproximadamente um metro de comprimento (arame grosso, madeira ou tubo plástico) e dois pratos de papelão ou alumínio protegidos por armação com fio de cobre (fig.1), pode indicar boas evidências para se discutir o confronto entre duas “teorias de conservação”, associadas a dois *conceitos unificadores* (Angotti, 1991) que muito contribuíram para sínteses teóricas do conhecimento em suas épocas : A) a do *flogístico*, nos séculos XVII e XVIII, que estabeleceu, de forma pioneira, o parentesco entre os conhecimentos dos iatroquímicos-médicos e alquimistas-químicos e, B) a da *massa*, de meados do século XVIII até o início do XX, ou mesmo até nossos dias.

A experiência, que pode ser realizada a título de demonstração, ou por grupos de alunos em qualquer sala de aula, consiste essencialmente em problematizar dois tipos distintos de combustão, a saber: 1) Material orgânico como papel, parafina...; 2) Metais, como o Ferro das esponjas de “palha de aço”, tem seu procedimento descrito nos anexos.

2.2. Realização do experimento:

1) Objetivo:

- a. Discutir idéias que foram objeto de estudo dos cientistas, basicamente, no século XVIII;
- b. Compreender o que ocorre nas combustões;

2) Materiais necessários:

Balança de dois pratos; folha de papel; 01 vela; 01 pedaço de bombрил; fósforo.

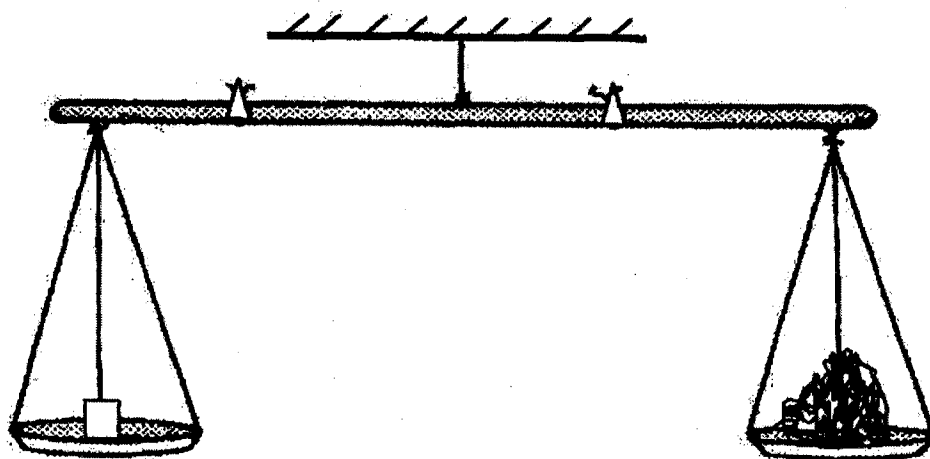


Figura 1

3) Procedimento:

3.1. Equilibrar a balança;

3.2. Amassar duas folhas de papel (iguais) e colocar uma em cada prato da balança. Caso a balança não fique equilibrada, recortar pequenos pedaços do papel de maior massa colocando-os no outro prato;

3.3. A seguinte questão poderá ser proposta aos participantes desta atividade, antes de se acender o papel:

- A balança irá pender para algum lado ou continuará equilibrada, quando da combustão do papel em apenas um dos pratos? Justificar.
- Realizada a queima, solicitar que o resultado obtido seja interpretado.

3.4. Colocar uma vela do mesmo tamanho em cada prato da balança. Para equilibrar a balança, raspar a lateral da vela de maior massa. Os fragmentos desta podem ser colocados no outro prato;

3.5. Atingido o equilíbrio, lançar a questão: A balança continuará equilibrada ou penderá para um dos lados, quando da combustão de apenas uma das velas? Justificar.

- Realizada a queima, solicitar que o resultado obtido seja interpretado.

3.6. Colocar dois pedaços semelhantes de palha de aço, um em cada prato da balança. Após equilibrá-la, propor a seguinte questão: A balança vai pender para algum lado ou continuará em equilíbrio, quando da combustão da palha de aço de apenas um dos pratos? Justificar!

- Realizada a queima, solicitar que o resultado obtido seja interpretado.

4) Avaliação preliminar da atividade, em conjunto com os participantes.

Se referirmo-nos a estas atividades podemos dizer que a massa se conserva? Pense nisso.

- Onde e como se encontrava a Energia antes da combustão? E após a mesma?

3. Experimento “a prova da chama”

Para esta atividade usar um bico de Bunsen e ajustá-lo para produzir uma chama azul, a qual pode ser observada contra um anteparo negro com auxílio de um fio de platina ou níquel-cromo de cerca de 3 cm, preso a um suporte.

O fio deve ser limpo e aquecido até ao rubro na chama e, em seguida, mergulhá-lo numa solução de ácido clorídrico concentrado, contido num béquer. Este processo deve ser repetido várias vezes até que o fio, quando aquecido, não apresente coloração alguma à chama.

A prova da chama é feita seguindo os seguintes passos: coloca-se uma pequena porção de sal num vidro de relógio; molha-se o fio em HCl (concentrado); mergulha-se o fio no sal e, em seguida, leva-se o fio à chama do bico de Bunsen e observa-se a coloração produzida. Seguindo esses passos, teste os sais listados abaixo, observando e anotando os dados obtidos sobre a coloração da chama.

$\text{NaCl}_{(s)}$ $\text{BaCl}_{2(s)}$ $\text{CaCl}_{2(s)}$ $\text{CuCl}_{(s)}$ $\text{LiCl}_{(s)}$ $\text{RbCl}_{(s)}$

Comentário

O teste da chama baseia-se no princípio da conservação da energia. Quando uma certa quantidade de energia é fornecida a um determinado elemento químico, alguns elétrons da última camada de valência absorvem esta energia passando para um *nível de energia* mais elevado, produzindo o que chamamos de um *estado excitado*. Quando um desses elétrons excitados retorna ao estado fundamental, ele emite uma quantidade de energia radiante igual àquela absorvida, cujo comprimento de onda é característico do elemento e da mudança do nível eletrônico de energia. Assim, a luz de um comprimento de onda particular ou cor é utilizada para identificar o referido elemento.

A temperatura da chama do bico de Bunsen é suficiente para excitar uma quantidade de elétrons de certos elementos que emitem luz ao retornarem ao *estado fundamental*, de cor e intensidade, que podem ser detectados com considerável clareza e sensibilidade através da observação visual da chama. Tal procedimento é denominado *teste da chama* e é muito utilizado em análises para identificação de vários elementos.

ANEXO IV

Produção de Textos

1. Texto I

Escola de Educação Básica Francisco de Assis – EFA

Projeto Interdisciplinar de Física, Química e Biologia

Turma:

Alunos:

No texto “GAIA” o autor apresenta as relações entre os seres vivos e o ambiente no sentido de manter o equilíbrio harmônico do ecossistema. Diante dos estudos feitos em Física, Química, Biologia e outras ciências, descreva os aspectos relacionados à manutenção desse equilíbrio, enfocando os temas energia e composição atmosférica.

Escola de Educação Básica Francisco de Assis – EFA

Projeto Interdisciplinar de Física, Química e Biologia

Turma: 221 e 222

Alunos: A3 A5 e A6

No texto "GAIA" o autor apresenta as relações entre os seres vivos e o ambiente no sentido de manter o equilíbrio harmônico do ecossistema. Diante dos estudos feitos em Física, Química, Biologia e outras ciências, descreva os aspectos relacionados a manutenção desse equilíbrio enfocando os temas energia e composição atmosférica.

Depois de vários estudos realizados a partir do texto Gaia concluímos que em nosso planeta há condições favoráveis à vida, que se mantém devido há vários processos que estão relacionados, havendo uma interdependência entre todos os seres vivos.

Sabemos que o sol representa uma fonte de energia essencial à vida. No sol ocorre uma reação nuclear de fusão, onde núcleos menores e mais leves fundem-se formando um maior e mais pesado. Essa reação libera uma quantidade imensa de energia, quantidade muito maior que uma reação de combustão, pois ocorre no núcleo.

A energia solar é transportada para a Terra em forma de radiação ou irradiação (ondas eletromagnéticas). Para chegar até a Terra essa radiação solar é filtrada pela camada de ozônio. Há transferência de calor entre o sol e a Terra, devido a diferença de temperatura existente entre ambos.

Na Terra, a energia solar é captada pela clorofila presente nos cloroplastos das plantas e das algas, que utilizam a mesma juntamente com a água e gás carbônico para realizar a fotossíntese ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Energia solar} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$). Através do processo da respiração a glicose é transformada em energia. Na respiração, que é uma reação de combustão, os produtos da fotossíntese são utilizados como reagentes, produzindo $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 - \text{Energia} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). A energia produzida na respiração não é totalmente utilizada, pois isso geraria a morte das células, assim parte dela é liberada em forma de calor.

de suor.

Na respiração, inspiramos uma mistura gasosa composta de O_2 (21%), N_2 (78%), CO_2 (0,04%) e outros gases. Dos 21% do O_2 consumimos 5% e liberamos 4% de CO_2 . Um camundongo, por exemplo, consome mais oxigênio em relação ao seu peso que um ser humano, isso ocorre pois sua superfície externa é maior (por peso), assim "perde" mais energia para o meio.

Todos os processos e reações citadas acima estão diretamente ligados com as leis de Proust e Lavoisier, pois todas as reações têm uma quantidade exata de reagente e nada se perde, nada se cria tudo se transforma.

Todos esses processos são vitais para a existência da vida e para manter o equilíbrio, sendo assim a falta de um deles prejudicariam o todo. O ciclo do N_2 é um deles, pois ele está presente na composição das moléculas orgânicas que compõe o organismo dos seres vivos.

2. Texto II

Escola de Educação Básica Francisco de Assis – EFA

Projeto Interdisciplinar – Física/Química/Biologia

Ensino Médio – 2ª Série – 1998.

Professores: P3, P1, P7, P4 e P2.

Os fundamentos teóricos, como os conceitos trabalhados permitem pensar química, física e biologicamente sobre o mundo. Acreditamos que a aprendizagem acontece quando vamos constituindo conceitos e conferindo-lhes significados no contexto em que estão inseridos. Diante disso, apresentamos abaixo algumas frases por vocês produzidas no *primeiro momento interdisciplinar*, para que sejam reescritas a partir dos novos conhecimentos explorados/produzidos ao longo do processo já realizado.

1. “A energia produzida na respiração não é totalmente utilizada, pois isso geraria a morte das células, assim parte dela é liberada em forma de suor”.
2. “A decomposição e as bactérias estabelecem uma interdependência, através da decomposição é obtido os gases que constituem a mistura gasosa.”
3. “O calor chega até nós através da quebra das moléculas de glicose e depois é liberado do nosso corpo pela respiração.”
4. “As reações começam no sol. Através da radiação o sol passa energia para a Terra para haver a radiação é necessário haver a combustão do N_2 . Essa radiação vai para o meio ambiente em forma de energia, que é necessária para ocorrer a fotossíntese que é essencial para a vida. O N_2 que está no sol está na terra.”
5. “Entre todos os gases existentes na atmosfera, 79% é nitrogênio e apenas 20% é composto por nitrogênio, o resto são gases raros e argônio.”
6. “Na química existem quantidades específicas. Exemplo, 80 g $\Rightarrow$ $6,02 \times 10^{23}$ átomos ou moléculas.”
7. “O processo de respiração é uma transformação química: $O_2 + CH_2O \Rightarrow CO_2 + H_2O$. Como vimos a Química está presente nesta transformação, assim como a física, porque para que ocorra a respiração é preciso de energia, e a maior fonte de calor na Terra é a radiação solar, que no sol acontece por fusão nuclear.”
8. “O ser humano durante a respiração absorve O_2 – 21%; N_2 – 78% e CO_2 – 0,04%, sendo que libera 4% de CO_2 . Essa respiração é um processo de combustão, pois haverá liberamento de energia.”
9. “Quanto à temperatura, podemos dizer que há uma troca entre animais e plantas.”
10. “Em suma, a energia é transmitida (irradiação do sol), absorvida (seres, respiração, fotossíntese), transformada em outras formas e dissipada para o meio.”

ANEXO V

Exemplo de estruturação de atividade: combustões

1. Aspectos Gerais

É fundamental para o processo de ensino-aprendizagem planejar estrategicamente as atividades a serem desenvolvidas. Constituem requisitos relevantes, de modo a contribuir para a construção do conhecimento escolar:

- a) as concepções dos alunos como ponto de partida no ensino de determinado conteúdo, e não como ponto de chegada;
- b) as atividades experimentais como um dos elementos integrantes dessa estratégia de ensino e não o principal;
- c) a história da construção do conhecimento como possibilidade de verificar as diversas mutações que os conhecimentos sofreram até se chegar à concepção atual.

As concepções dos estudantes são fecundas para gerar e ampliar o diálogo, por se trabalhar com o que conhecem, e para evidenciar suas capacidades em termos cognitivos. De acordo com Delizoicov & Angotti (1992), é importante estabelecer um ambiente de problematização, no qual os estudantes possam, de um lado, ter maior clareza em relação aos seus conhecimentos e, de outro, serem desafiados a buscar conhecimentos que não compreendem ainda. A dinâmica está em, inicialmente, colocar em conflito seus conhecimentos (*Problematização Inicial*), para que, num momento posterior, através de abordagens conceituais e experimentais, possam atingir novos níveis de compreensão e aprendizagem (*Organização do Conhecimento*). Este proceder visa possibilitar aos alunos o acesso à ciência e capacitá-los a diferenciar conhecimentos e reconhecer suas limitações, para que, assim, possam optar pelo que mais lhes convier (*Aplicação do Conhecimento*).

Paralelamente, as concepções presentes, em cada momento histórico, devem propiciar o entendimento de que o conhecimento científico não é restrito apenas a um determinado grupo de supostos “gênios” ou “iluminados”, mas a eles também. A compreensão de como se deu a construção do conhecimento historicamente, poderá fortalecer, também, sua auto-estima, de modo a (re)alimentar seu ego quanto à capacidade que possuem para participar ativamente da construção de novos conhecimentos.

As produções dos cientistas – frutos de construções já existentes e difundidas nas “comunidades” - podem servir de exemplo para incentivar e, talvez espelhar, a construção do conhecimento escolar; para afirmar que, apesar do esforço e contribuições individuais, na realidade, o que prevalece são “produções coletivas”. Pôr em evidência o movimento histórico da construção de determinados conhecimentos, para evidenciar/entender diferentes concepções, diferentes modelos explicativos presentes em cada época (e que levaram a novas concepções da própria ciência). Há bons indícios de trabalhos dessa natureza, que mostram a relevância da temática que vem sendo abordada desde 1990, a exemplo do livro *Metodologia do Ensino de Ciências* (Delizoicov e Angotti, 1992) e da Tese de doutoramento de José A. Angotti (1991).

2. Por que combustões?

Combustões são processos que, freqüentemente, ocorrem na natureza. Estas são do conhecimento dos professores e dos alunos, em geral. Como exemplo, citamos combustões, tais como:

- a dos alimentos, nos organismos vivos, que ocorrem sob temperaturas mais brandas;
- a da lenha e de outros combustíveis, como o álcool, que ocorrem sob temperaturas mais altas;
- a de fissões e fusões nucleares, que ocorrem a temperaturas bem mais elevadas.

Estas combustões ocorrem com a transformação da massa em energia, como muitos o afirmam (inclusive escolarizados), ou são processos em que ambas se conservam independentes? Ou ...?

Quanto a isto, considera-se importante retomar as representações que evidenciam a massa como sendo invariante e um universal da Química e da Física clássicas, com ampla predominância nos cursos dessas áreas. Estas representações ainda são hegemônicas no ensino médio. Retomamos a questão sobre a massa, problematizada no início desta atividade, com o intuito de gerar discussões a respeito da mesma ser ou não invariante. Além disso, a quantificação dos níveis energéticos (em qualquer escala), necessários para serem rompidas moléculas das combustões comuns e núcleos das “combustões nucleares”, é fator importante para o estudo sobre energia que, de alguma forma, faz parte do currículo dos cursos de Biologia, de Física e de Química. A compreensão do seguinte, nos parece um passo importante para tal:

a) O estudo sobre as combustões do cotidiano (onde predomina a idéia da massa ser invariante) é vista sob uma escala, com trocas energéticas na faixa de alguns Elétron-Volts (Ev). Por exemplo: Na combustão de 1 quilograma de carvão há uma liberação de Energia de $1,939451 \times 10^{22}$ Ev (ou $E = 3.107$ Joules $\Rightarrow 8,63.10^{-4}$ kwh).

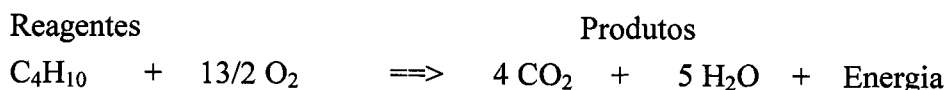
b) Já em fissões e fusões nucleares ocorrem grandes trocas energéticas, na faixa de milhões de Elétron-volts (MEv). Por Ex: Na fissão de um quilograma de Urânio (considerando que apenas 1% dos $2,5 \times 10^{24}$ átomos do U235 sofrem fissão), há uma liberação de Energia da ordem de 5×10^{30} Ev (ou $E = 8 \times 10^{11}$ J $\Rightarrow 222.240$ kwh).

Nessa análise, a razão da fissão do urânio para a combustão do carvão resulta num valor em torno de $2,575 \times 10^8$ /1 Ev.

Entre as combustões que ocorrem sob a escala de alguns Elétron-volts citamos as transformações que ocorrem no organismo, através da combinação dos carboidratos dos alimentos com o oxigênio presente na circulação sanguínea. Desta forma, a energia química dos alimentos é transformada, no organismo, em outras formas de energia.

A combustão é o processo mais simples que ocorre entre as reações exotérmicas, isto é, as que se desenvolvem com liberação de energia. Com estas pode-se evidenciar o processo de transformação de uma forma de energia em outra, como é o caso da transformação da energia de ligação química dos combustíveis na forma de energia térmica. Para tal, a descoberta do oxigênio, no século XVIII, foi um marco importante para o estabelecimento da teoria da conservação da massa, por um lado, e fator para o desenvolvimento tecnológico, por outro. O gás oxigênio puro tem sido utilizado para realizar combustões de forma mais completa e rápida, gerando, inclusive, energia térmica suficiente para fundir peças metálicas.

A combustão do gás de cozinha, em presença do Oxigênio, produz dióxido de carbono (liberado para a atmosfera), água e energia (principalmente a térmica):



- Comparando os reagentes e produtos da reação (como a quantidade de átomos) é possível estabelecer semelhanças ou diferenças? De onde surge a energia que se evidencia no lado dos produtos da equação?

A comparação da massa dos reagentes com a dos produtos desta reação indica que houve diminuição da massa.

- Esta redução tem algo a ver com a energia resultante da reação? A diminuição da massa e liberação de energia numa reação química significa: transformação da massa em energia? Ou tanto a energia quanto a massa se conservam separadamente, isto é, elas **não** são interconvertíveis? Ou ...?

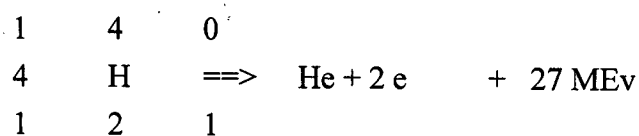
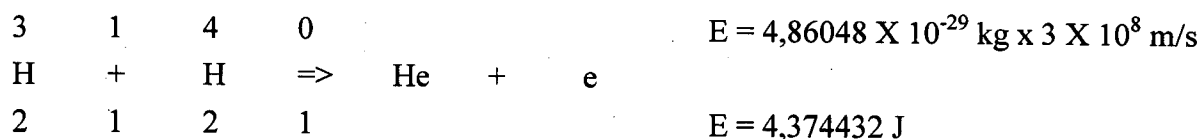
Para explicar a segunda questão (diminuição da massa e a liberação da energia), podemos nos apoiar nos escritos de Einstein: de que energia tem massa. Nesse caso, a liberação da energia nas combustões ocorreu em função da diminuição da massa. As transformações que ocorrem com as substâncias durante (ou com) as combustões (reações químicas), na realidade, são alterações da energia potencial de ligação química das substâncias, ou seja, a soma da energia potencial de ligação química dos produtos da combustão é menor do que a soma da energia potencial dos reagentes da combustão. É importante observar que uma pequena diminuição da massa corresponde a uma grande liberação de energia. E se energia tem massa, a liberação de qualquer quantidade de energia corresponderá à diminuição da massa das substâncias da qual ela foi retirada.

Para melhor compreender a ocorrência das grandes trocas energéticas, abordamos, a seguir, um estudo sobre o universo. É nítida a insignificância da massa do planeta em que vivemos (a Terra) em relação à massa total do Universo. Em torno de 90% da massa do universo é composta de Hidrogênio e a percentagem restante é, majoritariamente, completada com a massa de Hélio. Assim, esses dois gases são os constituintes de quase toda a massa do Universo.

Como a vida sobre o nosso planeta depende da energia irradiada pelas reações que ocorrem, principalmente na Estrela denominada de Sol, buscamos estruturar elementos que permitem compreender como esta energia resulta. A origem da energia que mantém o ciclo vital na Terra é proveniente do Sol, isto é, das transformações que nele ocorrem. Átomos leves de hidrogênio se transformam, numa reação em cadeia, em elementos mais pesados (gás hélio), liberando grandes quantidades de energia.

Apenas uma pequenina fração desta energia chega à superfície terrestre, mesmo atravessando um longo espaço onde praticamente não há matéria (que comumente denominamos de vácuo). Embora a energia não necessite de um meio material para se propagar, seus efeitos são sentidos quando associada à matéria. Por exemplo, a energia que é liberada depende da atividade que ocorre com a matéria das Estrelas; a transformação da energia radiante (luminosa) em energia térmica ocorre quando do contato desta com algum material.

As equações a seguir possibilitam evidenciar uma das etapas possíveis das reações nucleares que ocorrem em cadeia, no Sol. A cada fusão de quatro prótons forma-se um núcleo simples de Hélio e há a liberação de energia.



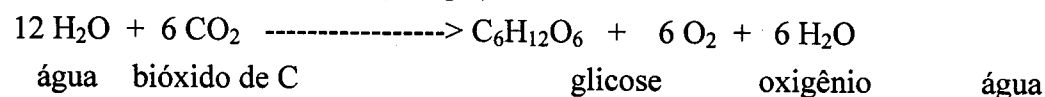
Na fusão nuclear, núcleos menores se fundem formando núcleos maiores. Isso faz aumentar a energia nuclear por núcleo, podendo então haver a liberação de grandes quantidades de energia.

Nesse processo, procurando entender que a energia está associada à matéria, explicitamos exemplos em que a energia proveniente do Sol é usada no ambiente sob diversas formas: no ciclo da água (evaporações, chuvas, hidroeletricidade...), no ciclo do vento (furacões, tornados, energia eólica...), na realização da fotossíntese (energia das plantas e, conseqüentemente, dos animais ...).

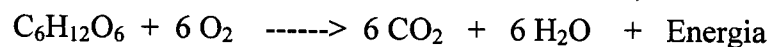
A importância da fotossíntese, enquanto base da energia do mundo vivo, pode ser compreendida nas reações endo e exotérmicas:

- Nas **Reações Endotérmicas**, a energia luminosa proveniente do Sol, juntamente com a água e o bióxido de carbono, levam a transformações das quais resultam glicose, oxigênio e água. As folhas que possuem clorofila são mais sensíveis à luz. A molécula de clorofila absorve parte da radiação solar e provoca a reação:

+ luz (energia)



- As **Reações Exotérmicas** ocorrem, também, no organismo humano, diante da combinação da glicose com o oxigênio, formando-se bióxido de carbono e água e liberando certa quantidade de energia (base vital):



Para realizar a fotossíntese, as plantas absorvem uma parcela da energia proveniente do Sol, acrescida dos elementos água, retirada do solo, e dióxido de carbono, retirado do ar. Com a energia absorvida, os vegetais fabricam os elementos necessários para o seu desenvolvimento e liberam oxigênio na atmosfera. Os animais, ao comerem as plantas, extraem seus carboidratos e os combinam com o oxigênio, dissolvido no sangue pela respiração. Desta reação química é extraída a energia que os move. Ao expirarem, exalam dióxido de carbono na atmosfera, o qual as plantas então usam (combinam) para fazer mais carboidratos.

No tocante à C&T, as concepções sobre combustões tiveram papel essencial para o desenvolvimento das primeiras máquinas a vapor (máquinas térmicas) que, segundo Landau (1984:219), “a máquina a vapor pode ser denominada ‘motor de pistão de combustão externa’. Ela combina uma volumosa caldeira de vapor com o sistema não menos volumoso de transformação do movimento de avanço”.

Por terem tido rendimento muito baixo, isto é, inferiores a 5%, as máquinas a vapor mais antigas acabaram sendo substituídas pelas máquinas a vapor modernas, cujo rendimento chega a 10%, e também por motores de combustão interna, cujos rendimentos são cada vez ampliados. As máquinas a vapor foram a base do desenvolvimento de uma nova sociedade, uma vez que serviram de ponto de partida para o desenvolvimento de máquinas térmicas cada vez mais eficientes e contribuíram para alterar profundamente as relações sociais vigentes até então.

A aviação é um exemplo bem explícito das transformações ocorridas. Além de representar substancial mudança quanto aos meios de transporte, as modernas turbinas utilizadas na aviação, ao invés do carvão, utilizam combustíveis de alto poder calorífico. A energia é obtida a partir das reações químicas (combustões), que transformam as moléculas desses combustíveis. As grandes vantagens da turbina a gás sobre a turbina a vapor são: as câmaras de combustão da primeira são pequenas, comparadas às da segunda; a mescla carburante (querosene atomizada e oxigênio) atinge temperaturas inalcançáveis pela máquina a vapor; o fluxo térmico bastante intenso possibilita altos rendimentos.

Mesmo nos dias atuais, a exemplo do século XIX, a turbina a vapor continua tendo papel importante, principalmente para o movimento das turbinas acopladas a geradores elétricos. O funcionamento da primeira usina elétrica - que iluminou alguns quarteirões de Nova York, na penúltima década do século XIX, cuja turbina era movida pela energia obtida a partir da combustão do carvão mineral - se assemelha ao das usinas termelétricas, atualmente em operação. O carvão mineral continua sendo um dos principais combustíveis para alimentar as caldeiras, às quais estão acopladas as turbinas que movimentam os geradores elétricos.

3. Importância histórica das combustões

Ao discutir ou estudar o confronto entre duas concepções de conhecimento, que se estruturaram historicamente e em determinado contexto, como, por exemplo, as teorias do flogístico e a da conservação da massa (e das contribuições que tiveram, em suas épocas, para as sínteses teóricas do conhecimento), procuramos trazer à tona elementos que geralmente não são abordados no ensino, mas que podem assumir papel de destaque. Como exemplo, podemos evidenciar a importância que teve a teoria da conservação da massa (meados do séc. XVIII a início do XX) na aproximação da Física com a Química, na revolução que fez na Química e, posteriormente, nas demais áreas dos conhecimentos em Ciências Naturais.

As combustões tiveram papel fundamental para o desenvolvimento de novas teorias. A Teoria do Flogístico surgiu a partir das concepções existentes sobre combustões. Elas consolidaram determinada concepção, como a do flogístico, mas os avanços conquistados na busca de novas explicações para o processo das combustões levaram a novas concepções. Prova disso, é a suplantação da teoria do Flogístico pela da Conservação da Massa. As concepções sobre o processo da combustão foram um marco importante no processo de construção de modelos explicativos para a estrutura e o comportamento da matéria.

4. Importância (histórica) das combustões para o ensino de Ciências Naturais

Alguns dos aspectos considerados de grande importância para o ensino de Ciências Naturais e, em particular, de Física, são os históricos e epistemológicos. Mais especificamente, a construção histórica do conhecimento, os conflitos gerados e as articulações em torno destes.

Entre as diferentes concepções formuladas ao longo da história da Ciência, temos o exemplo da *teoria da combustão*, que gerou uma revolução nas últimas décadas do século XVIII, derrubando velhas crenças e estabelecendo novas idéias, novas concepções. Desta revolução fazem parte a *teoria do flogístico*, a qual teve sua aceitabilidade nos séculos XVII e XVIII e posteriormente a esta, a *teoria da conservação da massa* nos séculos XVIII até o início do século XX.

Com o rever e discutir aspectos desta história, busca-se levar os alunos (e professores) a perceber o processo seguido na formulação de uma determinada Lei (e sua importância em determinado momento histórico). Com o exemplo das Leis da Termodinâmica, perceber que, para se chegar à concepção atual, diversas mudanças e conflitos ocorreram. Não só nesta concepção, mas em outras também, os conflitos e mutações foram se intensificando até se estabelecer uma outra concepção que fosse aceita pela comunidade científica. A compreensão desses aspectos é tida como essencial, principalmente quando da estruturação das atividades de ensino. Diversas abordagens presentes no decorrer da história têm algo em comum com o pensamento dos estudantes, o que pode ser, em certos casos, o ponto de encontro para o estabelecimento do diálogo, de uma participação mais efetiva no processo de ensino-aprendizagem.

Um dos objetivos desta atividade consiste em explorar as abordagens históricas que influenciaram o desenvolvimento de novas concepções e poder afirmar que os educandos também têm algo a dizer e, assim, participar do processo de construção do conhecimento. Essa abordagem histórica, praticamente, não faz parte dos currículos escolares. Por outro lado, nada consta que possa impedir que, futuramente, venha a fazer parte dos mesmos.

Com os estudos realizados pode-se justificar a importância das combustões no ensino de ciências (Física, Química e Biologia) e, particularmente, diante da pretensão de um ensino que se constitua um dos componentes na busca da compreensão dos conhecimentos tecnológicos presentes nos objetos físicos utilizados no dia-a-dia ou que interferem (ou venham a interferir) para regular o que ocorre na sociedade. Como exemplo, podemos citar a poluição ambiental, presente nas grandes metrópoles do mundo inteiro. Parte dela é gerada no funcionamento dos motores de combustão dos veículos automotores, cujo funcionamento tem muito a ver com duas leis fundamentais da Física: as Leis da Termodinâmica.

Na Química, por ser a ciência que estuda mais diretamente as transformações, essa importância parece ser maior, particularmente as reações endo e exotérmicas.

Na Biologia, em abordagens relacionadas ao desenvolvimento dos seres vivos, o estudo das combustões (reações químicas) que ocorrem com os alimentos nos organismos vivos adquire grande importância.

5. Ensaios possíveis sobre a *Aplicação do Conhecimento*

Após o estudo sistemático dos conhecimentos sobre as leis de conservação (da massa e da energia), é ideal retomar a discussão inicial sobre este tópico, de modo a evidenciar a presença do conhecimento abordado; se é possível dar conta de questões inicialmente problematizadas, de interpretar a conservação da massa (princípio de Lavoisier), após o estudo da física desenvolvida neste século (após a relatividade: Einstein).

O desenvolvimento dessa atividade visa propiciar bons subsídios para dar conta das questões inicialmente problematizadas, embora há de se reconhecer que não se deve esgotá-los. Entendendo que, para conhecimento escolar atingir sua finalidade, devem estar claras as finalidades às quais esse se destina, no explorar a questão da invariância de “algo” que se busca desde a Antigüidade (a conservação da massa; a conservação da energia), é importante aos estudantes (e professores) compreenderem, de um lado, o processo de construção de conhecimentos, e de outro, que certos conceitos ou leis podem favorecer o entendimento de um assunto e a sua sistematização. Assim, os alunos possam compreender melhor o ambiente em que convivem; conquistar, buscar autonomia ou diminuir a imparcialidade com que, geralmente, são enfocadas as “coisas” de seu meio.

Quanto às reações de combustões e de fusão e fissão nuclear, visa-se explorar os conceitos de *transformações* (que ocorreram nas reações), de *regularidades* (quanto a determinadas quantidades de massa e de energia que variam no processo) e de *escalas* (ao perceberem a significativa diferença entre a liberação de *energia* numa reação de combustão e numa fusão nuclear => milhões de elétron-volts).

ANEXO VI

POESIA 1

ENERGIA

A força que nos faz viver,
A potência de realizar algo,
A agitação de nossas moléculas interiores,
E por fim, a vida.

Todos precisamos de uma fonte de energia,
Seja ela o Sol, o alimento ou a eletricidade,
Mas o mais importante,
É saber transformá-la para cumprir a nossa necessidade.

Ela pode ser de várias formas,
Cinética, mecânica, química ou nuclear,
Mas todas têm o mesmo fundamento,
Fazer algo funcionar.

Muitos dizem que ela é uma capacidade,
Outros, que é uma potência,
Mas a verdade,
É que tudo engloba ela.

Também poder ser de movimento,
De som, luz ou rotação,
Então, devemos tomar muito cuidado,
Pois ela tem a sua tensão.

No fio ela também passa,
Entre o campo magnético,
Prótons e elétrons por todos os lados,
E por fim, a corrente elétrica.

Possui muitas fórmulas,
Leis e regras,
Mas a mais certa
É que não pode ser criada e nem destruída,
Somente transformada.

POESIA 2

Ondas

Movimentos oscilatórios são,
Em que energia é transportada,
Mas a matéria não.
A onda pode ser mecânica
Quando no meio material se propagar,
Ou eletromagnética
Quando no vácuo vibrar.
Reflexão a onda tem
Quando bater e voltar,
Sem de meio mudar.
Refração possui também
Quando de meio trocar,
Quando bater e entrar.
Onda sofre difração
Quando um objeto contornar,
Ou por uma fenda passar.
Toda onda sempre tem
Duas maneiras de vibrar,
Pode ser longitudinal,
Ou perpendicular.
Ondas...
Muitas vezes não as vemos
Embora estejam por todos lugares.

Aluno A3 - EFA 1999.

POESIA 3

Será?

A Física diz
Propõe e tenta explicar
Mas será?

Vários foram os homens
Que montaram teorias
Desmentidas pelo tempo.

A luz é partícula, onda.
Uma onda particulada
Uma partícula ondulada.

A gravidade curva o espaço-tempo
E nos curvamos à Ciência
E a maçã esmaga-nos.

Buracos negros ou brancos
Todos levam ao vazio.
Desconhecido.

Mesmo assim,
Algo fica,
Ainda, sem explicação

Por que existe gravidade?
Por que o campo magnético gera
Um campo elétrico? Por quê?

Será que alguém
Irá explicar?
Será?

Aluno A4 - EFA 1999.