

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

E

TESE DE DOUTORADO



1150077389

FE

T/UNICAMP S138c

Título. As Competências Docentes para o Ensino de Física por meio de Situações-

Problema *atit = to físico*

Autor: Cássio Alberto Dias da Silva
Orientador: Dirceu da Silva

Este exemplar corresponde à redação final da Tese defendida por
Cássio Alberto Dias da Silva e aprovada pela Comissão Julgadora.

Data: 26/02/2008

Assinatura:.....

Dirceu da Silva
Orientador

COMISSÃO JULGADORA:

Dirceu da Silva

Valter

Jorge Mejid Neto

DP

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca
da Faculdade de Educação/ UNICAMP**

Si38c	Silva, Cássio Alberto Dias da. As competências docentes para o ensino de física por meio de situações problema / Cássio Alberto Dias da Silva. -- Campinas, SP: [s.n.], 2008. Orientador : Dirceu da Silva. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. 1. Ensino. 2. Física. 3. Construtivismo (Educação). 4. Competência docente. 5. Ensino médio. I. Silva, Dirceu da. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.
	08-056/BFE

Título em inglês : The skills teachers to teach physics through situations issue

Keywords : Teaching; Physics; Constructivism (Education); Teacher's competences; High school.

Área de concentração : Educação, Ciência e Tecnologia

Titulação : Doutor em Educação

Banca examinadora : Prof. Dr. Dirceu da Silva (Orientador)

Prof. Dr. Jomar Barros Filho

Prof. Dr. Norton de Almeida

Prof. Dr. Jorge Megid Neto

Prof. Dr. David Bianchini

Data da defesa: 26/02/2008

Programa de Pós-Graduação : Educação

e-mail : cassio@unicamp.br

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente tornaram possível este trabalho, em especial:

Ao Dirceu, pela dedicação, paciência e principalmente pelo respeito às minhas idéias.

Aos professores: Ulisses de Araújo, Jorge Megid, Maria Inês Petrucci Rosa e Valéria Arantes.

Ao querido professor Décio Pacheco (*in memoriam*).

Aos amigos Estéfano e Fernanda.

Ao amigo Gustavo pelo auxílio durante as gravações das aulas para esta pesquisa.

Aos funcionários da Faculdade de Educação pela dedicação.

À direção do Colégio São Marcos que permitiu a realização desta pesquisa.

À Profa. Dra. Rosely Palermo Brenelli e ao Prof. Dr. Sérgio Ferreira do Amaral, pelas valiosas sugestões no exame de qualificação.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Com todo amor, agradeço aos meus queridos pais por tudo...

À minha amada companheira Marcia
e às minhas filhas Amanda e Julia.

RESUMO

Nesta pesquisa, buscamos identificar competências docentes que se manifestam durante uma estratégia de ensino orientada por situações-problema. Para isso, elaboramos um conjunto de aulas sobre o tópico Movimento Circular Uniforme, dentro da perspectiva mencionada, e o aplicamos a treze alunos do ensino médio. Essas aulas foram gravadas em vídeo e posteriormente analisadas. Com isso identificamos três competências que se mostraram relevantes para o desenvolvimento da prática de um professor que busca promover um ensino baseado em situações-problema: 1) capacidade de mediar debates; 2) capacidade de articular a Física e a Matemática; 3) capacidade de promover a participação dos alunos.

ABSTRACT

In this work, we look for competences for teach Physics in a strategy supported by problematic situations. For this, we have elaborated some lessons about the theme “Uniform Circular Movement” that were applied to thirteen high school level pupils. These lessons were recorded in video and analyzed after that. Thus three competences were identified: 1) capability of mediate debates; 2) capability of articulate Physics and Mathematics; 3) capability to promote student’s participation.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
1. QUESTÕES SOBRE A FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	8
1.1 O professor técnico especialista e sua formação.....	11
1.1.1 Críticas à racionalidade técnica.....	14
1.2 O professor prático reflexivo e sua formação.....	16
2. A FORMAÇÃO EM TERMOS DE COMPETÊNCIAS.....	27
2.1 A noção de competência.....	27
2.2 A construção de competências docentes.....	31
3. A AFETIVIDADE E O APRENDIZADO DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.....	36
3.1 Afetividade e cognição.....	37
3.2 Novas concepções sobre o funcionamento psíquico humano.....	38
3.3 O modelo da mudança conceitual e os aspectos afetivos.....	41
3.4 Características da cognição na adolescência.....	51
3.5 Características da afetividade na adolescência.....	53
3.6 Reflexões sobre o currículo.....	56
4. AS RELAÇÕES ENTRE A CIÊNCIA, A TECNOLOGIA E A SOCIEDADE.....	58
4.1 O desenvolvimento da ciência e suas implicações.....	58
4.2 Novas exigências para o ensino de ciências.....	64
4.3 O movimento CTS.....	71
5. BASES TEÓRICAS PARA A ELABORAÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENSINO.....	74
5.1 As pedagogias da resposta e as pedagogias do problema.....	74
5.2 O ensino por meio de situações-problema.....	75
5.3 O construtivismo.....	79
5.4 Orientações para o ensino.....	83
6. PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE ENSINO.....	88
6.1 O ensino tradicional do conceito de velocidade angular.....	88
6.2 Descrição das atividades.....	89
6.2.1 Aula 1.....	90
6.2.2 Aula 2.....	93
6.2.3 Aula 3.....	95
6.2.4 Aula 4.....	96

7. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	97
7.1 Características de <i>Grounded Theory</i>	99
7.2 A coleta de dados.....	99
7.3 Fundamentação para a análise.....	100
7.4 A análise dos dados.....	101
8. ANÁLISE.....	105
8.1 As categorias selecionadas.....	105
8.2 Recursos cognitivos ou competências mais específicas.....	108
8.3 Análise das transcrições das aulas.....	112
8.3.1 Aula 1.....	112
8.3.2 Aula 2.....	119
8.3.3 Aula 3.....	127
8.3.4 Aula 4.....	146
CONSIDERAÇÕES E COMENTÁRIOS FINAIS.....	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	157
ANEXOS.....	169
Roteiro das atividades.....	170
Resultado do pré-teste.....	174
Resultado do pós-teste.....	175
Exercícios.....	176
Figuras dos acoplamentos utilizadas durante as aulas.....	178

INTRODUÇÃO

Atualmente, a idéia de que a meta principal da escola não é mais o ensino de conteúdos disciplinares, mas sim o desenvolvimento de competências pessoais, está no centro das atenções (MACHADO, 2002; p.137). Exemplos disso são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e as Diretrizes Curriculares para a Formação de Professores que firmam suas bases teóricas na idéia de competência. Mas por que falar de competências agora?

De acordo com Perrenoud (1999; p.14-15), está se tomando consciência do fato de que a explosão dos orçamentos e a inflação dos programas não foram acompanhadas por uma elevação proporcional dos níveis de formação. Embora a quantidade de vagas nas escolas tenha aumentado, a qualidade do ensino parece duvidosa, o que faz os jovens acreditarem cada vez menos que o sucesso escolar irá protegê-los das dificuldades da existência.

Assim, dentre as principais críticas feitas à escola, destacaríamos a organização do conhecimento em termos de conteúdos disciplinares. Neste sentido, no âmbito do ensino de ciências dentro da educação básica, privilegia-se o ensino de conhecimentos que são na maioria das vezes descontextualizados. Os problemas propostos são demasiadamente padronizados, valorizando o cálculo em situações ideais, com o objetivo nítido de apenas preparar os estudantes para os exames vestibulares (PACHECO, MEGID NETO e CURADO, 1996; SOLBES E VILCHES, 1989 e VILLANI, 1984), em detrimento de outros aspectos, talvez mais relevantes dentro de uma perspectiva de preparação para o exercício da cidadania, como a formação para a tomada de decisão em questões que envolvem a ciência, a tecnologia e a sociedade (SILVA, 2002; KOLSTOE, 2000; GIL PÈREZ, 1998; REZAEI E KATZ, 1998; RATCLIFFE, 1997; WATTS et. al., 1997; MARTINOVICH, 1997; IGLESIA, 1997; KORTLAND, 1996; SAEZ e RIQUARTS, 1996; CARVALHO e GIL PÈREZ, 1995; BORREGUERO e RIVAS, 1995; BINGLE e GASKELL, 1994; YAGER e TAMIR, 1993; SANTOS, 1992; BEM-

CHAIM e ZOLLER, 1991; HOFSTEIN, AIKENHEAD E RIQUARTS, 1988; HEIKKINEN, 1987; ZOLLER, 1982) entre outras coisas.

Dessa forma, o desenvolvimento mais metódico de competências desde a escola parece ser uma via para sair da crise do sistema educacional (PERRENOUD, op.cit; p.15). Dentre as características que corroboram com essa afirmação, destacaríamos a capacidade que as competências manifestam de gerenciar os conhecimentos, mobilizando e orquestrando-os para o enfrentamento de situações específicas. Assim como afirma Perrenoud (op.cit.; p.28), uma competência pressupõe a existência de recursos mobilizáveis (conhecimentos, técnicas, *savoir-faires*¹, competências mais específicas, esquemas de percepção e de avaliação etc.), mas não se confunde com eles, pois sua função é colocá-los em sinergia com vistas a uma ação eficaz em determinada situação complexa. Em face dessa característica, pode-se atribuir um valor mais amplo para uma formação embasada na abordagem por competências em relação ao mero ensino de conteúdos. Isto pois, tal abordagem não nega a necessidade da aprendizagem do conhecimento científico, muito menos rejeita a existência das disciplinas, mas sim acentua sua implementação (PERRENOUD op.cit.; p.15) ao entender esse conhecimento como um recurso que pode ser mobilizado dependendo da situação, e não apenas um conhecimento a ser avaliado em provas que certificarão a passagem do estudante a níveis superiores dentro do sistema educacional. Essa possibilidade favorece, portanto, o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, dentro da perspectiva de formação para o exercício da cidadania.

Em decorrência desta abordagem, exige-se uma mudança de foco do ato de ensinar baseada em um postulado relativamente simples: constroem-se competências exercitando-se em situações complexas (PERRENOUD op.cit.; p. 54). Assim, o autor propõe o uso de situações-problema como estratégia de ensino que venha a viabilizar a formação de competências. Esta é particularmente uma estratégia interessante, pois, assim como argumenta Meirieu (1998; p.169),

¹ *Savoir-faire*: esquema de pensamento com uma certa complexidade, existindo no estado prático, que procede em geral de um treinamento intensivo, à maneira do patinador, do virtuoso, do artesão, cujos gestos tornaram-se “uma segunda natureza” (PERRENOUD, 1999; p.27).

se nos perguntarmos sobre o que foi realmente formador em nossa trajetória pessoal – o que nos permitiu reestruturar nosso sistema de representações, o que enriqueceu de maneira decisiva nossa concepção das coisas, o que nos levou a modificar consideravelmente nossas práticas – descobriremos que se trata de surpreendentes correspondências, de conjunturas favoráveis em que um elemento de explicação, um aporte teórico, um instrumento ou um método de trabalho que vieram a responder uma questão ou a um problema que apresentávamos. É assim, que integramos um elemento novo, quando este é de certa forma uma solução a um problema que se apresenta a nós, no dia-a-dia. Isto significa dizer, que apropriamo-nos de fato de um aporte formativo graças à utilização finalizada que dele fazemos (MEIRIEU, *idem*). A colocação de um problema, portanto, potencializa a aprendizagem, “impulsionando-a”.

A pedagogia das situações-problema dedica-se, portanto, à criação de situações em que haja articulação das respostas e dos problemas, para que as respostas possam ser construídas pelos sujeitos e integradas na dinâmica de uma aprendizagem finalizada (MEIRIEU, *op.cit.*; p.170); a qual não deve ser confundida com utilitarista. Tal aprendizagem, todavia, ocorrerá somente se o aluno estiver engajado efetivamente na execução das tarefas. E aqui não podemos deixar de mencionar o aspecto afetivo, que se vê valorizado nessa proposta, dada a possibilidade de gerar desafios, aprendizagens significativas (OSBOURNE *et.al.*, 2003) e envolver as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade nas estratégias de ensino (SILVA, 2002; IGLESIA, 1997; CARVALHO e GIL PÈREZ, 1995) orientadas por situações-problema.

Nesta perspectiva, o ofício de professor não consistiria mais em ensinar, mas em fazer aprender (PERRENOUD, 1999; p.58). Isto pois, o professor assumindo a tarefa de inventar situações que impõem ao aluno a necessidade de se apropriar das soluções; este por sua vez, se verá obrigado a utilizar sua própria inteligência (MEIRIEU, *idem*).

Neste contexto, pautado pela inovação, sinaliza-se a necessidade de mudanças profundas na atuação docente. Logo, aquela formação embasada na racionalidade técnica, na qual o professor é visto como um mero seguidor de

regras e aplicador de técnicas provenientes da pesquisa acadêmica, não será capaz de promover o êxito de uma proposta como essa. Somente uma contínua reflexão sobre a sua prática proporcionará ao docente o sucesso nesta tarefa árdua de inovar dentro do ensino, pois ao adotar a abordagem das situações-problema o docente se verá em meio a uma dinâmica de aula extremamente diferenciada em relação ao modelo tradicional de transmissão e recepção de conhecimentos – uma dinâmica muito mais complexa.

Dessa forma, uma análise mais criteriosa das competências docentes exigidas para atuar conforme essa concepção diferenciada de ensino e aprendizagem se faz necessária. E é com base nesta necessidade que o problema desta pesquisa se configura.

O PROBLEMA DE PESQUISA E SUA JUSTIFICATIVA

“Quais competências docentes são essenciais para se ensinar Física orientando-se por uma estratégia de ensino baseada em situações-problema?”

Esta é a questão que procuraremos responder com a pesquisa que ora apresentamos.

Problema semelhante foi tratado por Perrenoud e colaboradores, quando da elaboração de um referencial de competências, adotado em Genebra em 1996 para a formação contínua, cujos resultados são apresentados em Perrenoud (2000). Ali, discute-se sobre competências amplas, a ponto de serem chamadas de “famílias de competências”, as quais foram listadas tentando-se prever um número razoavelmente grande de situações diversificadas, emergentes de pesquisas em educação e áreas afins. Alguns exemplos dessas “grandes famílias” seriam: organizar e dirigir situações de aprendizagem; administrar a progressão das aprendizagens; utilizar novas tecnologias; envolver os alunos em suas aprendizagens e em seu trabalho etc.

Tomando como base este referencial, nossa intenção é estudar competências mais específicas, referentes principalmente às questões didáticas de um ensino de Física por meio de situações-problema. A própria definição de competência pela qual nos orientamos prevê que uma competência pode funcionar como um recurso, mobilizável por competências mais amplas (PERRENOUD, 1999; p.28). Assim, existe a necessidade de se evidenciar competências mais específicas que faltam àquele referencial, com o objetivo de contribuir com a reflexão sobre a formação e o debate do ofício (PERRENOUD, 2000; p.15). Tal necessidade é expressa durante um comentário que o autor tece, sobre a importância de se estabelecer um referencial como aquele:

(...) Creio, contudo, que este poderia ser um procedimento – entre outros- a utilizar em toda pesquisa-ação, pesquisa-desenvolvimento ou inovação relativa às práticas: **tentar explicitar as competências que faltam, a partir da análise das práticas**, mas também utilizar um

referencial existente, orientado para competências emergentes, para “reler” o que já se faz ou o que se procura fazer. (PERRENOUD, op.cit.; p.174) [grifos nossos].

Vemos também, no comentário acima, que a explicitação das competências requer uma análise das práticas e aqui uma questão se coloca: as práticas de quem devem ser analisadas, uma vez que é pouco provável encontrarmos um professor que orienta seu trabalho por meio de situações-problema? E mesmo que o encontrássemos, não seria tarefa fácil buscar evidências e analisar suas competências da maneira que pretendemos, pois os recursos cognitivos relacionados às competências não são diretamente observáveis e só podem ser inferidos a partir das práticas e dos propósitos do próprio agente, no caso o professor (PERRENOUD, op.cit.; p.16).

Assim, o objeto desta pesquisa será a nossa própria atuação docente frente a situações de ensino inovadoras, orientadas segundo o modelo didático-pedagógico que adotamos, pois os tipos de evidências que buscamos só poderão ser conseguidos se observarmos nossa própria prática e descrevermos nossas reflexões. Devemos, portanto, elaborar uma seqüência didática de atividades de ensino e aplicá-la, para que possamos analisar nossa atuação em termos de competências.

E dentro desta perspectiva, delimitamos o estudo àquelas situações em que ocorre a interação mais direta possível entre professor e alunos durante a construção dos conhecimentos envolvidos nas atividades propostas. Tais situações são descritas ao longo da análise, com base no enfoque metodológico adotado.

Observa-se que a pertinência deste problema de pesquisa também está ligada à necessidade de inovação que o modelo didático-pedagógico das situações-problema suscita. De acordo com Perrenoud (2002; p.62), em última instância, inovar é transformar a própria prática, o que não pode acontecer sem uma análise do que é feito e das razões para manter ou mudar. E a fonte de inovação endógena é a prática reflexiva – mobilizadora de uma tomada de consciência e da elaboração de projetos alternativos (PERRENOUD, idem). Logo,

conhecer as competências que se mostram adequadas ao modelo das situações-problema contribuiria com uma reflexão mais acurada sobre como promover a formação docente, dentro daquilo que os defensores do modelo do prático reflexivo apregoam.

1. QUESTÕES SOBRE A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Vivemos em uma época de expansão da educação, após a constatação de que este é um fator fundamental de desenvolvimento de caráter amplo para uma nação. No entanto, a sociedade ocidental tem-se mostrado preocupada com os resultados insatisfatórios de longos e custosos processos de escolarização (PÉREZ GÓMEZ, 1992; p.95). É um fato que, nas sociedades industrializadas, a escola conseguiu atingir os lugares mais longínquos e as camadas sociais mais desfavorecidas, contudo, nem a preparação científico-técnica, nem a formação cultural e humana, nem sequer a desejada formação compensatória alcançaram o grau de satisfação prometido (PÉREZ GÓMEZ, idem).

Sem esquecer a influência de outros fatores, como organização social da escola, recursos materiais, configuração do currículo etc., determinantes da política educacional de um país, desde há alguns anos, e cada dia com maior intensidade, as atenções estão voltadas para o professor, enquanto profissional responsável pela natureza e qualidade do cotidiano educativo na sala de aula e na escola (PÉREZ GÓMEZ, idem). A formação destes profissionais é o eixo da atual controvérsia.

Para Schön (1992; p.79), o problema é cíclico: a cada nova reforma educacional, toma-se consciência da inadequação da educação, e como já é hábito, atribui-se a culpa às escolas e aos professores, o que equivale a culpar as vítimas. Segundo ele, alguns legisladores iniciaram um processo tendente a instituir um controle regulador das escolas, procurando legislar sobre o que deve ser ensinado, quando e por quem, contemplando ainda os modos de testar o que foi aprendido e se os professores são competentes para ensinar. Neste processo, repete-se um modelo já conhecido de política de reforma, ou seja, uma regulação do centro para a periferia em que uma orientação política emanada de um governo central para uma periferia de instituições locais é reforçada através de um sistema de prêmios e de punições. Este tipo de intervenção induz as instituições periféricas a torner os regulamentos, a “arranjar” os relatórios de modo a compatibilizá-los com a política dos órgãos centrais e a fazer uma interpretação

literal das medidas em detrimento das intenções que lhes estão subjacentes, tal como crianças aprendem que, obter boas notas é mais importante do que aprender os conteúdos que são ensinados (SCHÖN, idem).

Segundo Gatti (1992), a crise na área de formação dos professores não é apenas econômica, organizacional ou de estrutura curricular. É uma crise de finalidade formativa e de metodologia para desenvolver essa formação, para restabelecer a relação de comunicação e de trabalho com as instâncias externas nas quais os professores vão trabalhar – as escolas. Neste sentido, ganham espaço as ações que procuram destacar o valor da prática como elemento de análise e reflexão do professor.

Para Tardif (2000), esta crise é antes de tudo uma crise da perícia profissional, ou seja, dos conhecimentos, estratégias e técnicas profissionais por meio dos quais certos profissionais (médicos, engenheiros psicólogos, professores etc.) procuram solucionar situações problemáticas concretas. Segundo ele, a perícia profissional perdeu progressivamente sua aura de ciência aplicada para aproximar-se de um saber mais ambíguo, socialmente situado e localmente construído.

Durante muito tempo, a perícia profissional veio sendo relacionada ao exercício de uma racionalidade instrumental, diretamente baseada no modelo das ciências aplicadas, capaz de conceber a tecnologia necessária para todo e qualquer problema gerado nas situações práticas. No entanto, como explica Tardif (op.cit.), a perícia profissional está sendo cada vez mais percebida hoje em dia de acordo com o modelo de uma racionalidade limitada, de uma racionalidade improvisada, na qual o processo reflexivo, a indeterminação, a criatividade, a intuição, o senso comum desempenham um papel de destaque, apoiando-se, ao mesmo tempo, em rotinas próprias a cada tradição profissional.

De maneira convergente, Schön (op.cit.; p.96) argumenta que o que ocorre na educação reflete o que está ocorrendo em outras áreas: uma crise de confiança no conhecimento profissional, que desencadeia a busca por uma nova epistemologia da “prática profissional”. E ilustra essa crise através de uma metáfora:

Na topografia irregular da prática profissional, há um terreno alto e firme, de onde se pode ver um pântano. No plano elevado, problemas possíveis de serem administrados prestam-se a soluções através da aplicação de teorias e técnicas baseadas em pesquisa. Na parte mais baixa, pantanosa, problemas caóticos e confusos desafiam as soluções técnicas. A ironia dessa situação é o fato de que os problemas do plano elevado tendem a ser relativamente pouco importantes para os indivíduos ou o conjunto da sociedade, ainda que seu interesse técnico possa ser muito grande, enquanto no pântano estão os problemas de interesse humano (SCHÖN, 2000; p.15).

Muitos profissionais se vêem obrigados a fazer suas escolhas: “permanecer no alto”, onde pode resolver problemas pouco importantes, utilizando para isso um conhecimento rigoroso e bem estabelecido, ou “descerá ao pântano” dos problemas importantes e caóticos, onde é difícil uma abordagem rigorosa (SCHÖN, idem). Esse é um dilema gerado por duas fontes: a idéia estabelecida de um conhecimento profissional rigoroso, baseado na racionalidade técnica, e, a consciência de zonas de prática pantanosas e indeterminadas, que estão além dos limites de aplicação daquele conhecimento.

Apoiando-se em Shils, Schön (op.cit.; p.15) explica que a racionalidade técnica é uma epistemologia da prática derivada da filosofia positivista, construída nas próprias fundações da universidade moderna, dedicada à pesquisa e, que embora tenha possibilitado avanços, possui diversas limitações. Na perspectiva da racionalidade técnica os profissionais devem resolver problemas instrumentais claros e delimitados, selecionando os recursos técnicos mais adequados, os quais devem ser derivados do conhecimento sistemático, de preferência científico, para propósitos bem definidos.

No entanto, como pudemos ver, os problemas da prática do mundo real não se apresentam aos profissionais de forma bem delineada, mas sim como estruturas caóticas e indeterminadas, e é aí que está o cerne da crise de formação profissional constatada por Schön (2000) e (1992) e Tardif (2000).

Fruto deste dilema há dois modelos de formação de professores que discutiremos a seguir: aquele que resulta em um professor “técnico especialista” e aquele que resulta em um professor “prático reflexivo”.

1.1- O professor técnico especialista e sua formação

Pérez Gomez (1992, p.96), ao discutir Schön, afirma que a metáfora do professor como técnico tem origem na concepção tecnológica da atividade profissional, cuja pretensão é ser eficaz e rigorosa no quadro da racionalidade técnica. Trata-se de uma concepção epistemológica da prática, herdada do positivismo e, que prevalece até o século XXI, servindo de referência para a educação e a socialização dos profissionais em geral e dos docentes em particular (PÉREZ GÓMEZ, *idem*). Essa é uma herança do tipo de formação observada em várias áreas profissionais. De acordo com Tardif (2000), no mundo do trabalho, o que distingue as profissões das outras ocupações é, em grande parte, a natureza dos conhecimentos que estão em jogo. Logo, em sua prática, os profissionais devem se apoiar em conhecimentos especializados e formalizados, na maioria das vezes, por intermédio das disciplinas científicas em sentido amplo, incluindo evidentemente, as ciências naturais a aplicadas, mas também as ciências sociais e humanas, assim como as ciências da educação (TARDIF, *op.cit.*). E tais disciplinas sofrem forte influência da tradição positivista, na qual, entre outras coisas, observa-se a primazia do contexto de justificação sobre o contexto de descoberta (PÉREZ GÓMEZ, *op.cit.*; p.101).

Desse modo, constata-se que no modelo da racionalidade técnica a prática profissional é instrumental, orientada para o tratamento de problemas a partir da aplicação rigorosa de teorias e técnicas científicas. E ao buscar a eficácia através do controle científico da prática educacional, o paradigma da racionalidade técnica trabalha a concepção de professor como um instrumento de transmissão de saberes produzidos por outros (MONTEIRO, 2001). Dessa forma, para serem eficazes, os professores, assim como os profissionais da área das ciências sociais devem enfrentar os problemas concretos que encontram na prática, aplicando

princípios gerais e conhecimentos científicos derivados da investigação acadêmica. (PÉREZ GÓMEZ, op. cit. p.96).

Nesta perspectiva, há que se ter cuidado, pois os resultados da pesquisa educacional são simplesmente apresentados como certos e definitivos, ou usados como justificativa para impor algum programa prescritivo a ser seguido pelos professores (ZEICHNER, 1998, p.218) e (GATTI, 1992). Este é um aspecto que vem a ser muito criticado e a razão de muitos professores se mostrarem descrentes quanto aos avanços obtidos por estas pesquisas, e exprimirem muita desconfiança quanto às possibilidades de contribuição formativa da universidade Gatti (op. cit.).

Devido à prerrogativa de se basear nos resultados de pesquisas acadêmicas para o desenvolvimento de cursos de formação de professores, sem o necessário cuidado de se levar em conta a experiência e o conhecimento prévio dos futuros professores, ou mesmo professores já experientes durante um curso de formação continuada, reconhece-se uma hierarquia nos níveis de conhecimento, bem como um processo lógico de derivação entre eles. O conhecimento técnico depende das especificações produzidas pelas ciências aplicadas, as quais se apóiam nos princípios fundamentais e gerais desenvolvidos pelas ciências básicas (PÉREZ GÓMEZ, op.cit.; p.97). Porém, segundo o autor, é preciso lembrar que os professores possuem estatutos acadêmicos e sociais diferentes das pessoas que produzem os conhecimentos, de forma que, na prática, há uma divisão do trabalho e uma relativa independência dos profissionais em seus âmbitos específicos.

Neste modelo dá-se, portanto, a separação pessoal e institucional entre a investigação e a prática (PÉREZ GÓMEZ, idem). Isto é, os pesquisadores acadêmicos responsabilizam-se pelo conhecimento básico e aplicado de que derivam as técnicas de diagnósticos e de resolução de problemas na prática, enquanto os professores são responsáveis pela aplicação desse conhecimento para a realização das diversas tarefas docentes. No entanto, estes profissionais são obrigados a encarar uma realidade muitas vezes diferente daquela que é imaginada pelos pesquisadores acadêmicos.

Além disso, Pérez Gómez (op.cit. p. 97), baseando-se em Habermas, afirma que a racionalidade técnica reduz a atividade prática à análise dos meios apropriados para atingir determinados fins, sem considerar o caráter moral e político da definição dos fins em qualquer ação profissional que pretende resolver problemas humanos. Assim, de acordo com o autor, a redução da racionalidade prática a uma mera racionalidade instrumental, obriga o profissional a aceitar a definição externa das metas da sua intervenção.

Em face dessas características não é tarefa difícil definir, do ponto de vista teórico, os papéis e as competências do profissional, bem como a natureza, os conteúdos e a estrutura dos programas de formação. Uma descrição dos programas de formação coerentes com a lógica da racionalidade técnica é feita por Schein:

Geralmente, o currículo profissional baseia-se num corpo central de ciência comum e básica, seguido dos elementos que compõem as ciências aplicadas. Os componentes das competências e atitudes profissionais, que se costumam designar por *practicum* ou trabalho clínico, podem ser trabalhados em simultâneo ou posteriormente aos componentes das ciências aplicadas (apud PÉREZ GÓMEZ, op.cit. p.97).

Como consequência desta concepção linear e simplista da formação docente, observa-se a estruturação dos cursos de licenciatura em torno de dois grandes componentes (PÉREZ GÓMEZ, idem):

- Um componente científico-cultural, que pretende assegurar o conhecimento do conteúdo a ensinar;
- Um componente psicopedagógico, que permite aprender como atuar eficazmente na sala de aula.

No Brasil, este modelo fica bem evidente quando observamos que as licenciaturas foram criadas segundo a fórmula “3 + 1”, em que as disciplinas de natureza pedagógica, cuja duração prevista era de um ano, justapunham-se às disciplinas de conteúdo, com duração de três anos (PEREIRA, 1999).

Especificamente dentro do ensino de Física, McDermott (1990) descreve a formação dos professores como a soma de cursos sobre conteúdos científicos, ministrados pelos departamentos de ciências correspondentes, e de cursos sobre educação, que constituem, nas universidades americanas, a parte fundamental da preparação dos professores. No que se refere aos cursos ditos “científicos”, trata-se dos mesmos cursos-padrão que a universidade proporciona aos demais estudantes de outras áreas afins, como as engenharias, por exemplo. Os departamentos de ciências não oferecem nenhum curso específico para futuros professores, pois, consideram que a preparação docente é responsabilidade das escolas ou departamentos de educação. Acredita-se, portanto, que a formação científica de um professor pode ser a mesma, por exemplo, de um engenheiro.

Na prática, com uma ou outra adaptação, a maioria dos programas de formação docente integram-se dentro deste esquema, na medida em que se baseiam no modelo da racionalidade técnica (PÉREZ GÓMEZ, op.cit.; p.98).

1.1.1- Críticas à racionalidade técnica

Mesmo havendo limites e lacunas significativos e profundos na racionalidade técnica, é preciso que se reconheça um relativo progresso entre o seu modo de operar e aquele que é consequência de um modelo puramente empirista. Segundo Pérez Gómez (op.cit.; p.99) a formação de professores é entendida fundamentalmente como um processo de socialização e indução profissional na prática cotidiana da escola. Dessa forma, não se recorrendo ao apoio conceitual e teórico da investigação científica, conduz-se à reprodução de vícios, preconceitos, mitos e obstáculos epistemológicos acumulados na prática empírica.

No entanto, a realidade social não se deixa encaixar em esquemas preestabelecidos, por isso muitas vezes são infrutíferas as tentativas de utilização direta de técnicas e teorias oriundas da pesquisa acadêmica quando levamos em conta as características dos fenômenos práticos: complexidade, incerteza, instabilidade, singularidade e conflito de valores (PÉREZ GÓMEZ, idem).

De acordo com Tardif (2000), um dos maiores problemas da pesquisa em ciências da educação é o fato de abordar o estudo do ensino de um ponto de vista normativo, o que significa dizer que os pesquisadores se interessam muito mais pelo que os professores deveriam ser, fazer e saber do que pelo que são, fazem e sabem realmente.

A racionalidade técnica baseia-se em três pressupostos aos quais tem-se recorrido largamente (PÉREZ GÓMEZ, op.cit. p.107). Primeiramente, há a convicção de que a investigação acadêmica contribui para o desenvolvimento de conhecimentos profissionais úteis. Contudo, as ciências consideradas básicas produzem normalmente um conhecimento fracionado, parcialmente incapaz de orientar integralmente a prática docente ou de dar conta da riqueza e complexidade dos fenômenos educativos, o que torna evidente a separação entre a investigação acadêmica e a prática cotidiana (PÉREZ GÓMEZ, idem). Apoiando-se em Martin Rein e Sheldon White, o autor observa que, a investigação acadêmica não só se distanciou da prática profissional como se tem deixado absorver pela sua própria lógica, muitas vezes diversa das necessidades e interesses da prática cotidiana da sala de aula. Porém, isto não significa que a investigação básica especializada não seja importante, mas é preciso que se desenvolvam paralelamente outros programas de investigação orientados pelas exigências e problemas das situações originadas na prática.

Em segundo lugar, assume-se sem muita preocupação que o conhecimento profissional transmitido nas instituições de formação prepara o futuro professor para os problemas e exigências do mundo real da sala de aula (PÉREZ GÓMEZ, idem). Mas é preciso reconhecer que tal conhecimento teórico não é capaz de solucionar de maneira cabal os problemas que um professor enfrenta na prática, na medida em que a investigação e o mundo da prática mantêm um diálogo restrito. Além disso, o conhecimento científico básico é capaz de, na maioria das vezes, sugerir regras de atuação para ambientes protótipos e para aspectos comuns e convergentes da vida escolar.

Por fim, observa-se que a ligação hierárquica e linear que se estabelece entre o conhecimento científico e suas aplicações técnicas tende a nos convencer

de que há, também, uma relação direta entre as atividades de ensino e os processos de aprendizagem. No entanto, como explica Pérez Gómez (op.cit. p.98), a realidade concreta derruba este pressuposto, pois a compreensão dos princípios das ciências básicas da educação requer uma referência às situações complexas em que se produzem os comportamentos individuais e coletivos. Devido a isso, o conhecimento científico que se ensina nas instituições de formação converte-se num conhecimento essencialmente acadêmico, sem significado prático mais profundo.

Segundo Pérez Gómez (op.cit. p.100), de um modo geral, na prática não existem problemas, mas sim situações problemáticas, que se apresentam freqüentemente como casos únicos que não se enquadram nas categorias genéricas identificadas pelos instrumentos teóricos utilizados nas pesquisas. Por essa razão, não é possível tratar estas situações como se fossem meros problemas instrumentais, susceptíveis de resolução através da aplicação de regras armazenadas no seu próprio conhecimento técnico-científico. Contudo, isto não deve significar que se deva abandonar de forma generalizada a utilização da racionalidade técnica em qualquer situação. Na verdade, existem múltiplas tarefas concretas em que a melhor forma de intervenção eficaz consiste na aplicação das teorias e técnicas resultantes da investigação básica e aplicada. O que não podemos é considerar a atividade docente exclusivamente técnica, assim, o correto seria encará-la como uma atividade reflexiva e “artística”, na qual cabem algumas aplicações concretas de caráter técnico (PÉREZ GÓMEZ, *idem*).

1.2- O professor prático reflexivo e sua formação

Segundo Paquay e Wagner (2001; p.135), o paradigma atualmente dominante nos meios da pesquisa sobre formação docente é o do “professor reflexivo”. Na realidade, já em García (1992; p.59), a “reflexão” era considerada o conceito mais utilizado por investigadores, formadores de professores e educadores diversos para se referirem às novas tendências da formação de professores.

Tal proposta remonta a Dewey, que em 1933 defendia que no ensino reflexivo se levava a cabo o exame ativo, persistente e cuidadoso de todas as crenças ou supostas formas de conhecimento, à luz dos fundamentos que as sustentam e das conclusões para que tendem (GARCÍA op.cit., p.60). Porém, Schön foi sem dúvida o principal expoente na difusão do conceito de reflexão (LÜDKE, 2001) e (GARCÍA, idem).

Para caracterizar esta concepção do professor e do ensino, García (op.cit; p.59) observa que vários são os termos utilizados: prática reflexiva, formação de professores orientada para a indagação, o professor como controlador de si mesmo, o professor como investigador na ação etc. Todos esses termos são referentes a uma mesma visão de formação de professores, que busca superar a influência da racionalidade técnica nos cursos de formação. Nesta busca, um dos principais pressupostos, talvez o principal, é o fato de se considerar o conhecimento tácito dos professores relevante e que deveria ser posto a serviço da sua própria formação, servindo de referência para os formadores e para os próprios alunos mestres.

Monteiro (2001) considera que as pesquisas que têm investigado esse conhecimento tácito, elaborado e mobilizado durante a ação pelos professores, têm possibilitado o desenvolvimento de uma epistemologia da prática, defendida por Schön (1992; p.96), e que abre perspectivas promissoras.

Uma síntese das principais pesquisas sobre as características do conhecimento profissional dos professores, que engloba o conhecimento tácito oriundo da prática, é apresentada por Tardif (2000), a qual constitui uma referência importante para o desenvolvimento desta nova epistemologia.

Segundo o autor supra citado, os **saberes profissionais dos professores são temporais**, isto é, são adquiridos através do tempo. E assim o são em pelo menos três sentidos. Primeiro, uma boa parte do que os professores sabem sobre o ensino provém de sua própria história de vida, e, sobretudo de sua história de vida escolar (BUTT e RAYMOND, CARTER e DOYLE, JORDEL, RAYMOND apud TARDIF op.cit.). E este saber é resistente à maioria dos dispositivos de formação inicial (WIDEEN apud TARDIF op.cit.). Assim, os alunos passam pelos cursos de

formação de professores sem modificar substancialmente suas crenças anteriores sobre o ato de ensinar. Quando começam a trabalhar, são principalmente essas crenças que eles reativam para solucionar seus problemas profissionais.

Os saberes profissionais também são temporais no sentido de que os primeiros anos de prática profissional são decisivos na aquisição do sentimento de competência e no estabelecimento das rotinas de trabalho, ou seja, na estruturação da prática profissional. Segundo o autor, ainda hoje, a maioria dos professores aprende a trabalhar na prática, às apalpadelas, por tentativa e erro. Essa aprendizagem, freqüentemente difícil e ligada àquilo que denominamos sobrevivência profissional, quando o professor deve dar provas de sua capacidade, ocasiona a chamada edificação de uma saber experiencial, que se transforma muito cedo em certezas profissionais, em truques do ofício, em rotinas, em modelos de gestão da classe e de transmissão do conteúdo (FEINMAN, NEMSER, HUBERMAN *et.al.*, RYAN *et.al.*, ZEICHNER e GORE, ZEICHNER e HOEFT *apud* TARDIF, 2000).

Por fim, os saberes profissionais são temporais em um terceiro sentido, pois são utilizados e se desenvolvem no âmbito de uma carreira, isto é, de um processo de vida profissional de longa duração do qual fazem parte dimensões identitárias e dimensões de socialização profissional, bem como fases e mudanças (TARDIF *op.cit.*). Por ser um processo de socialização, será também um processo de identificação e de incorporação dos indivíduos às práticas e rotinas institucionalizadas dos grupos de trabalho. Em termos profissionais e de carreira, saber como viver em uma escola é tão importante quanto saber ensinar na sala de aula (ZEICHNER e GORE, ZEICHNER e HOEFT *apud* TARDIF *op.cit.*).

Um segundo resultado de trabalhos sobre este tema diz que os **saberes profissionais dos professores são variados e heterogêneos**, em três sentidos (TARDIF *op.cit.*). Em primeiro lugar, observa-se que eles provêm de diversas fontes. Em seu trabalho, um professor se serve de sua cultura pessoal, que provêm de sua história de vida e de sua cultura escolar anterior; ele também faz uso de certos conhecimentos disciplinares adquiridos na universidade, assim como em certos conhecimentos didáticos e pedagógicos oriundos de sua

formação profissional; apóia-se também naquilo que poderíamos chamar de conhecimentos curriculares veiculados pelos programas, guias e manuais escolares; ele se baseia em seu próprio saber ligado à experiência de trabalho, na experiência de certos professores e em tradições peculiares ao ofício de professor (TARDIF, 2000).

Num segundo sentido, os saberes profissionais do professor são variados e heterogêneos porque não formam um repertório de conhecimentos unificado, por exemplo, em torno de uma disciplina, de uma tecnologia, ou de um modelo de ensino. Eles são antes, ecléticos e sincréticos. Um professor raramente tem uma concepção unitária de sua prática, ao contrário, os professores lançam mão de varias teorias, concepções e técnicas, conforme a necessidade, mesmo que pareçam contraditórias para os pesquisadores universitários. Sua relação com os saberes não é de busca por coerência, mas de utilização integrada ao trabalho, em função de vários objetivos que procuram atingir simultaneamente (TARDIF op.cit.).

Por fim, os saberes profissionais são variados e heterogêneos porque os professores, durante o trabalho, procuram atingir diferentes tipos de objetivos cuja realização não exige os mesmos tipos de conhecimento, de competência ou de aptidão. O trabalho em sala de aula, na presença de alunos, exige uma variedade de habilidades ou de competências (DOYLE; TARDIF e LESSARD apud TARDIF op.cit.). A gestão de classe exige a capacidade de implantar um sistema de regras sociais normativas e de fazer com que sejam respeitadas, graças a um trabalho complexo de interações com os alunos que prossegue durante todo o ano letivo. Para respeitar os programas escolares, os professores precisam interpretá-los, adaptá-los e transformá-los em função das condições concretas da turma e da evolução das aprendizagens dos alunos. Quer se trate de uma aula ou do programa inteiro de um ano, percebe-se que o professor precisa mobilizar um vasto cabedal de saberes e de habilidades, porque sua ação é orientada por diversos objetivos: objetivos emocionais ligados à motivação dos alunos, objetivos sociais ligados à disciplina e à gestão da turma, objetivos cognitivos ligados à aprendizagem etc. (TARDIF op.cit.).

Os conhecimentos dos professores possuem uma unidade pragmática, como as ferramentas de um artesão. Essas ferramentas constituem recursos concretos integrados ao processo de trabalho, porque podem servir para fazer alguma coisa específica relacionada com as tarefas que competem ao artesão (TARDIF op.cit.). Ocorre o mesmo com os saberes profissionais dos professores: eles estão a serviço da ação (DURAND apud TARDIF op.cit.) e é na ação que assumem seu significado e sua utilidade (TARDIF op.cit.).

Um terceiro conjunto de resultados de pesquisas nos indica que **os saberes profissionais são personalizados e situados**. Por isso, o estudo dos saberes profissionais não pode ser reduzido ao estudo da cognição ou do pensamento dos professores (TARDIF op.cit.). Os professores dispõem, evidentemente, de um sistema cognitivo, mas eles não são somente isso, coisa que é muitas vezes esquecida, como afirma o autor. Um professor tem uma história de vida, é um ator social, tem emoções, uma personalidade, uma cultura e seus pensamentos e ações carregam as marcas dos contextos nos quais se inserem. De acordo com Carter (apud TARDIF, 2000), os saberes profissionais dos professores são fortemente personalizados, ou seja, que se trata raramente de saberes formalizados, de saberes objetivados, mas sim de saberes apropriados, incorporados, subjetivados, saberes que são difíceis de dissociar das pessoas, de sua experiência e situações de trabalho.

Nas atividades e profissões de interação humana, os trabalhadores dificilmente podem se apoiar em conhecimentos objetivos que produzam concretamente tecnologias eficazes nas situações de trabalho. Até agora, as ciências sociais e humanas e as ciências da educação não conseguiram construir, como as ciências naturais e aplicadas, tecnologias eficazes e operatórias de controle das situações humanas e dos seres humanos (TARDIF, op.cit.).

Os saberes profissionais dos professores não são apenas personalizados, mas são também situados, ou seja, construídos e utilizados em função de uma situação particular de trabalho, e é em relação a essa situação particular que eles ganham sentido. Ao contrário dos conhecimentos universitários, os saberes profissionais não são construídos e utilizados em função de seu potencial de

coerência, de transferência e de generalização (TARDIF, op.cit.). Eles estão embutidos em uma situação de trabalho à qual devem atender. Nas palavras de Giddens (apud TARDIF, op.cit.), os saberes profissionais estão atrelados a uma “*contextualidade*”. De acordo com Tardif (op.cit.), no ensino, este fenômeno é de suma importância, pois as situações de trabalho colocam na presença uns dos outros seres humanos que devem negociar e compreender juntos o significado de seu trabalho coletivo. Essa compreensão comum supõe que os significados atribuídos pelos professores e pelos alunos às situações de ensino sejam elaborados e partilhados dentro dessas próprias situações, em outras palavras, eles estão ancorados e situados nas situações que ajudam a definir. São esses fenômenos que levam, hoje, muitos pesquisadores a se interessarem pela cognição situada, aprendizagem contextualizada, onde os saberes são construídos pelos atores em função dos contextos de trabalho (TARDIF, op.cit.).

O quarto e último resultado de pesquisa para o qual chamamos a atenção é o seguinte: **o objeto do trabalho docente são seres humanos e, por conseguinte, os saberes dos professores carregam as marcas do ser humano.**

Mesmo que pertençam a grupos, coletividades, os seres humanos existem primeiro por si mesmos, como indivíduos. Esse fenômeno da individualidade está no cerne do trabalho dos professores, pois, embora eles trabalhem com grupos de alunos, devem atingir os indivíduos que os compõem, uma vez que são os indivíduos que aprendem. Tardif (op.cit.) afirma que esta situação é muito interessante do ponto de vista epistemológico, pois ela orienta, no professor, a existência de uma disposição para conhecer e para compreender os alunos em suas particularidades. Ao invés de se centrar nos fenômenos que possibilitam o acúmulo de conhecimento de ordem geral, como ocorre com a construção de saberes codificados sobre os alunos, a disposição do professor para conhecer seus alunos como indivíduos deve estar impregnada de sensibilidade e de discernimento a fim de evitar as generalizações excessivas e de afogar a percepção que ele tem dos indivíduos em um agregado indistinto e pouco fértil para a adaptação de suas ações (TARDIF, op.cit.). Para o autor, a aquisição da

sensibilidade relativa às diferenças entre os alunos constitui uma das principais características do trabalho docente, e o seu desenvolvimento exige do profissional um investimento contínuo e em longo prazo, além de disposição para constantemente rever o repertório de saberes adquiridos por meio da experiência.

Outra consequência decorrente do objeto humano do trabalho docente reside no fato de o saber profissional comportar sempre um componente ético emocional (TARDIF, op.cit.). Como explica o autor, as práticas profissionais que envolvem emoções suscitam questionamentos e surpresa na pessoa, levando-a, muitas vezes de maneira involuntária, a questionar suas intenções, seus valores e suas maneiras de fazer. Tais questionamentos sobre a maneira de ensinar, de entrar em relação com os outros, sobre os efeitos de suas ações e sobre os valores nos quais elas se apóiam exigem do professor uma grande disponibilidade afetiva e uma capacidade de discernir suas reações interiores portadoras de certezas sobre os fundamentos de sua ação. Assim, o trabalho diário com os alunos acaba por desenvolver no professor um “conhecimento de si”, de um conhecimento de suas próprias emoções e valores, da natureza, dos objetos, do alcance e das consequências dessas emoções e valores na sua maneira de ensinar (FENSTERMACHER apud TARDIF, op.cit.).

Tardif (op.cit.) observa ainda que o componente emocional entra em cena durante as situações de aprendizagem, quando o professor precisa obter o assentimento e a cooperação dos alunos para que aprendam e para que o clima da sala de aula seja impregnado de tolerância e de respeito pelos outros. Segundo ele, embora seja possível manter os alunos fisicamente presos em uma sala de aula, não se pode forçá-los a aprender. Essa situação põe os professores diante de um problema que seria a motivação dos alunos. Dessa forma, motivar os alunos é uma atividade emocional e social que exige mediações complexas da interação humana, como a sedução, a persuasão, a autoridade, a retórica, as recompensas, as punições etc. Essas mediações da interação levantam vários tipos de problemas éticos, principalmente problemas de abuso, mas também problemas de negligência ou de indiferença em relação a certos alunos (BAUDOIX e NOIRCENT; ZEICHNER e HOEFT apud TARDIF, op.cit.). Aliás,

como aponta Lampert (apud TARDIF, op.cit.), a divisão da atenção do professor entre os alunos na sala de aula é um dos mais importantes dilemas éticos do ensino.

Como lembra Tardif (op.cit.), os saberes dos professores, criados e mobilizados por meio de seu trabalho, não gozam da mesma legitimidade que os saberes teóricos construídos pela pesquisa. Este é em nossa opinião o cerne da atual controvérsia na área da formação de professores. A valorização da primeira modalidade de conhecimento é a proposta para superar a crise.

No entanto, o conhecimento tácito dos professores muitas vezes não é objeto de análise dos próprios professores. Como argumenta Faingold (2001; p.119), os diferentes tipos de regulação efetuados durante a ação por um professor experiente resultam de um processo de levantamento de índices e de tratamento da informação que o prático especialista emprega de forma implícita e quase “sem saber”. Assim, um dos aspectos fundamentais a ser considerado pelos formadores que pretendem se orientar por essa nova perspectiva seria a necessidade de explicitação e de conscientização desta forma de saber, o que traz à tona a questão da reflexão do professor sobre sua própria prática.

Schön (1983) considera que três processos devem estar em jogo durante ou após a prática de um profissional reflexivo: o conhecimento-na-ação, a reflexão-na-ação, a reflexão-sobre-a-ação e sobre a reflexão na ação. O conhecimento-na-ação é o componente inteligente que orienta toda atividade humana e se manifesta no saber fazer (PÉREZ GÓMEZ, 1992; p.104). É aquele conhecimento tácito do profissional, já discutido anteriormente, fruto da experiência e da reflexão passadas e consolidado em esquemas praticamente automáticos e rotineiros.

A reflexão-na-ação refere-se aos processos de pensamento que se realizam no decorrer da ação, sempre que o profissional tem a necessidade de reenquadrar uma situação problemática à luz da informação obtida a partir da ação, desenvolvendo experiências para conseguir respostas mais adequadas (ZEICHNER, 1992; p.126). Trata-se do ato de pensar sobre o que fazemos, enquanto fazemos. É um processo de reflexão sem o rigor, a sistematização e o

distanciamento requeridos pela análise racional, mas com a riqueza da captação viva e imediata das múltiplas variáveis intervenientes e com a grandeza da improvisação e criação (PÉREZ GÓMEZ, op.cit.; p.104). Segundo o mesmo autor, a reflexão-na-ação é um processo de extraordinária riqueza na formação do profissional prático, pois pode-se considerá-lo como o primeiro espaço de confrontação empírica com a realidade problemática, a partir de um conjunto de esquemas teóricos e de convicções implícitas do profissional.

Já a reflexão sobre a ação e sobre a reflexão-na-ação pode considerar-se como a análise que o profissional realiza após sua prática, sobre as características e processos da sua própria ação (PÉREZ GÓMEZ, op.cit; p.105). É o pensar para descrever, analisar e avaliar os vestígios deixados na memória por intervenções anteriores, e é nesta etapa que o profissional, liberto das restrições da situação prática, pode aplicar os instrumentos e as estratégias de análise no sentido da compreensão e da reconstrução da sua prática (PÉREZ GÓMEZ, idem).

Para Pérez Gómez (1992; p.103) é importante frisar que a reflexão não se reduz a um processo psicológico individual, passível de ser estudado a partir de esquemas formais, independentes do conteúdo, do contexto e das interações. A reflexão, segundo ele, implica a “imersão consciente do homem no mundo da sua experiência”. E é este processo que deve ser olhado com mais atenção pelos formadores que pretendem se orientar pela concepção de ensino como prática reflexiva, o que em nossa opinião poderia concretizar-se durante as atividades de prática de ensino.

Os momentos de prática de ensino que ocorrem durante a etapa de formação inicial ou mesmo continuada, como parte de determinadas disciplinas, constituem aquilo que Schön (1992, p.89) e Zeichner (1992, p.117) chamam de “*practicum*”, que é um mundo virtual que representa o mundo real da prática (SCHÖN, idem). O *practicum*, portanto, está presente nas disciplinas de prática de ensino, nas quais os estudantes realizam seus estágios supervisionados, e muitas vezes, ministram aulas. Estes momentos vêm sendo estudados ao longo dos últimos anos e algumas propostas de inovações estão sendo feitas. Dentre elas, destacaríamos aquelas que foram concebidas para a preparação de professores

que se assumem como investigadores da sua própria prática. Segundo Zeichner (op.cit., p.127), existem várias abordagens desse tipo, às quais com suas peculiaridades, mas de maneira geral todas têm em comum o fato de estruturarem o *practicum* de modo a que os alunos se possam empenhar em pesquisas sobre o ensino, utilizando a investigação-ação, entre outras.

Em convergência com estas abordagens, alguns estudos realizados especificamente na área de formação de professores das disciplinas científicas, apontam que “ambientes de investigação” contribuem para que os professores possam construir seus próprios conhecimentos sobre ensino e aprendizagem, condição essencial para que consigam efetuar uma mudança metodológica em suas práticas (CARVALHO, 2003; p.126-127).

Esta é na verdade uma prerrogativa antiga, fruto dos trabalhos de Lawrence Stenhouse, que passou grande parte de sua vida atacando a influência da racionalidade técnica no planejamento dos currículos escolares (ELLIOT, 2000; p.284).

Stenhouse oferecia aos professores de humanidades um currículo concebido como um conjunto de procedimentos hipotéticos a serem aplicados em sala de aula, com os quais os professores poderiam experimentar, com base na tradução reflexiva das idéias educativas, a ação educativa (ELLIOT, 2000; p.268). Este currículo era parte do *Human Project*, pelo qual Stenhouse introduziu uma teoria do conhecimento radicalmente diferente para os professores de humanidades, que os levava a considerar a compreensão, a interpretação e a aplicação do juízo pessoal como um processo unificado (ELLIOT, op.cit.; p.267). A partir desta concepção de currículo, o autor extraiu sua idéia de “professor pesquisador” (ELLIOT, op.cit.; p.268). Segundo ele, se o currículo é o meio através do qual se comprovam e se desenvolvem as idéias educativas, temos que considerar o papel do professor como fundamental na constituição da teoria. Assim, sua reflexão acerca dos problemas da implantação dos currículos ocuparia o centro de toda investigação sobre o currículo, e o professor deve participar deste processo.

Pensando de maneira mais ampla, poderíamos crer que toda pesquisa realizada por professores tem sempre um potencial de facilitar a prática reflexiva, na medida em que tal pesquisa esteja voltada para questões que têm a ver com a sua prática docente (LÜDKE *et al.* 2001; p.42). Logo, esta é outra necessidade a que se deve atentar: a melhora da capacidade dos docentes para gerar conhecimentos profissionais, em vez de aplicar única e exclusivamente os conhecimentos produzidos por pesquisadores profissionais. Segundo Elliot (*op.cit.*; p. 176), o desenvolvimento profissional do professor depende, em certa medida, da capacidade de discernir o curso que deve seguir a ação em um caso particular, e esse discernimento se enraíza na compreensão profunda da situação. Neste aspecto, o conhecimento derivado das experiências anteriores de casos semelhantes pode sensibilizar o profissional em relação às características relevantes da situação atual. Porém, o autor lembra que este conhecimento das experiências passadas não pode aplicar-se de modo direto. As generalizações derivadas das experiências de situações semelhantes são sempre retrospectivas e não predictivas (ELLIOT, *idem*). Podem orientar os profissionais a entender a nova situação, mas não substituir a compreensão efetiva da nova situação. Portanto, o julgamento profissional requer que as pessoas dedicadas ao ensino desenvolvam constantemente seus conhecimentos profissionais em relação às circunstâncias que variam, processo no qual o conhecimento anterior deve adaptar-se ao novo caso para revisá-lo à sua luz (ELLIOT, *op.cit.*; p.177).

2. A FORMAÇÃO EM TERMOS DE COMPETÊNCIAS

2.1- A Noção de Competência

Discutiremos inicialmente a noção de competência que estaremos admitindo neste trabalho. Antes, porém, devemos destacar que a noção discutida aqui serve tanto para as “competências discentes”, cujo desenvolvimento pela escola defendemos, quanto para as “competências docentes”, aquelas profissionais, que serão objeto desta investigação.

Segundo Perrenoud (2000; p.15), competência designa *“uma capacidade de mobilizar diversos recursos cognitivos para enfrentar um tipo de situação”*. De acordo com esta afirmação, a competência não seria ela própria um saber ou um conhecimento, mas uma capacidade de mobilizar e orquestrar tais recursos em situações específicas, mesmo que se possa tratá-las em analogia com outras situações, já encontradas (PERRENOUD, idem).

Outra definição mais específica do ponto de vista do trabalho é dada por Kuenzer (2003):

... a capacidade de agir, em situações previstas e não previstas, com rapidez e eficiência, articulando conhecimentos tácitos e científicos a experiências de vida e laborais vivenciadas ao longo das histórias de vida... vinculada à idéia de solucionar problemas, mobilizando conhecimentos de forma transdisciplinar a comportamentos e habilidades psicofísicas, e transferindo-os para novas situações; supõe, portanto, a capacidade de atuar mobilizando conhecimentos.

Visto que não é conhecimento, a competência precisa ser caracterizada de forma mais precisa, para que possamos entender melhor a sua construção. Sob a luz da obra de Piaget, Perrenoud (1999, p.23) afirma que só há competência estabilizada quando a mobilização dos conhecimentos supera o tatear reflexivo e aciona “esquemas” constituídos. Dessa forma, para uma adequada análise da formação de competências é necessário entendermos melhor o conceito de esquema, onipresente na obra de Piaget (PERRENOUD, idem).

Um esquema é uma estrutura invariante de uma operação ou de uma ação, e que não reduz a ação a repetições idênticas. Isto é, embora os esquemas sejam constituídos por uma estrutura não variante, permitem por meio de acomodações menores, enfrentar uma variedade de situações de estrutura igual (PERRENOUD, idem). É assim que, o esquema desenvolvido por um indivíduo para, por exemplo, “beber em um copo”, ajusta-se a copos de formas, pesos, volumes e conteúdos diferentes. O esquema é por assim dizer uma ferramenta flexível, da qual faz uso nosso sistema cognitivo, para agir em situações diversas, porém dentro de um certo espectro, o qual tem relação com as nossas experiências anteriores, com as situações que já enfrentamos, ou ainda com os problemas que já tenhamos resolvido. Isto, pois, os esquemas são adquiridos pela prática; o que também não quer dizer que não se apoiem em nenhuma teoria (PERRENOUD, idem).

Conservando-se assim no “estado prático”, o sujeito que os carrega não tem necessariamente uma consciência precisa da sua existência, e menos ainda do seu funcionamento e gênese. Quando nascemos, dispomos de alguns poucos esquemas hereditários e a partir destes, construímos outros de maneira contínua (PERRENOUD; op.cit; p.24), sempre ligando o desconhecido ao conhecido. Todos os esquemas construídos até um dado momento da vida de um indivíduo lhe permitem mobilizar conhecimentos, métodos, informações e regras para enfrentar uma determinada situação (PERRENOUD, idem). A esse conjunto, alguns sociólogos como Bourdieu chamam de *habitus* (PERRENOUD, idem).

A partir dessa idéia, o autor afirma ser lícito que considerássemos as competências como simples esquemas, uma vez que elas também mobilizam conhecimentos, métodos etc., como já foi dito. No entanto, para Perrenoud (idem), as competências, sobretudo, orquestram um conjunto de esquemas. Segundo ele:

Um esquema é uma totalidade constituída, que gera uma ação ou uma operação **única**, enquanto uma competência envolve diversos esquemas de percepção, pensamento, avaliação e ação, que suportam inferências, antecipações, transposições analógicas, generalizações, apreciação de probabilidades, estabelecimento de um prognóstico a partir de um conjunto

de índices, busca de informações pertinentes, formação de uma decisão etc. (Perrenoud, idem). [grifo nosso].

Um exemplo é dado pelo autor para diferenciar o esquema da competência: num jogo de futebol, um atacante competente deve ser capaz, durante uma situação de contra ataque, de desmarcar-se, de antecipar-se aos movimentos da defesa adversária, de pedir para que lhe passem a bola, de avaliar a distância até o gol, de ter cuidado com o impedimento, de localizar os companheiros etc. Todas essas ações são geradas por objetivos únicos, por isso dizemos que são sustentadas por esquemas. Tantos outros esquemas podem ser trabalhados separadamente, nos treinos, mas um contra ataque eficaz dependerá da sua orquestração (PERRENOUD, op.cit.; p.24).

Durante sua gênese uma competência pode requerer raciocínios explícitos, decisões conscientes, inferências e hesitações, ensaios e erros. Esse funcionamento pode automatizar-se e constituir-se, por sua vez, em um esquema novo, estável e mais complexo (PERRENOUD, idem). Tal funcionamento é mostrado por Jean-Yves Rochex:

Somente após terem sido aprendidos e serem formados e exercitados como uma ação submetida à sua própria meta é que os modos operatórios podem entrar em ações mais complexas, servir metas mais amplas, das quais se tornam meios. Ao 'rotinizarem-se' e automatizarem-se, as ações tornam-se operações, savoir-faire e hábitos, saindo da esfera dos processos conscientizados, porém, ao mesmo tempo suscetíveis de tornarem-se novamente o objeto de processos conscientes, em particular quando a ação na qual entram tais operações e savoir-faire 'rotinizados' depara-se com dificuldades ou obstáculos imprevistos. O domínio dos procedimentos operatórios, a transformação da ação em operações e savoir-faire rotinizados, ampliando o campo dos possíveis, permitem o desenvolvimento da atividade, e o sujeito torna-se, então, apto para traçar-se novas metas, de um grau superior. Assim, a meta da ação inicial torna-se uma das condições, um dos meios requeridos pela realização dessas novas metas. (apud PERRENOUD op.cit.; p.24-25).

Com complexidade crescente, este sistema prevê, de certa forma, um “encaixe” entre um conjunto de esquemas que dá conta de um dado número de situações, dentro de um outro conjunto de esquemas, que gera ações adequadas para um número maior de situações, e assim por diante. Nesta perspectiva, os esquemas complexos nada mais são do que montagens de esquemas mais simples.

Assim como já foi dito, um outro aspecto fundamental quando se pensa no desenvolvimento de competências, diz respeito às situações que exigem a ação; uma vez que é em função delas que a mobilização e a orquestração dos recursos cognitivos se processam. De fato, a vida nos coloca, com maior ou menor frequência, frente a situações novas que procuramos dominar lançando mão de nossas aquisições e experiências, entre a inovação e a repetição.

Desta feita, pode-se intuir que as competências de uma pessoa constroem-se em função das situações que enfrenta com maior frequência. E em relação a isso, as competências profissionais são privilegiadas na medida em que as situações de trabalho sofrem as fortes exigências do posto, da divisão das tarefas e, portanto, reproduzem-se dia-após-dia, enquanto em outros campos de ação são maiores os intervalos entre situações semelhantes (PERRENOUD, 1999; p.29). É assim, portanto, que um professor desenvolve competências próprias do seu ofício, diferentes daquelas do engenheiro, do jogador de futebol etc. O que falta é descrevê-las mais concretamente (PERRENOUD, 2000; p.16).

Em adição, Machado (2002; p.143) afirma que um dos elementos fundamentais para a caracterização da idéia de competência é justamente o âmbito no qual ela se exerce. Segundo ele, não existe uma competência sem a referência a um contexto, no qual ela se materializa. Dessa forma, quanto mais bem delimitado é o âmbito de referência, mais simples é caracterizar uma pessoa competente (MACHADO, *idem*). Logo, para um estudo aprofundado sobre competências, será necessário delimitar cuidadosamente o âmbito e as situações nas quais elas estarão envolvidas.

Por essa razão, acreditamos que a análise da prática docente em curso será fértil em respostas ao problema desta pesquisa.

2.2- A Construção de Competências Docentes

Para entendermos como ocorre a formação de competências profissionais de professores, devemos antes de tudo compreender a concepção de profissionalismo subjacente ao ensino e às formações ligadas a ele.

Ao discutir Perrenoud, Altet (2001; p.24-25) lembra que a corrente de profissionalização atual descreve um processo que se torna mais visível à medida que, na educação, a colocação em prática de regras preestabelecidas cede lugar a estratégias orientadas por objetivos e por uma ética. Trata-se da passagem de um ofício artesanal, no qual se aplicam meramente regras e técnicas, a uma efetiva profissão, na qual cada um constrói suas estratégias, apoiando-se em conhecimentos racionais e desenvolvendo sua especialização de ação na própria situação profissional, bem como sua autonomia. Assim, a autora define o professor profissional como uma pessoa autônoma, dotada de competências específicas e especializadas que repousam sobre uma base de conhecimentos racionais, reconhecidos, oriundos da ciência, legitimados pela universidade, ou de conhecimentos explicitados, oriundos da prática. Uma profissionalização assim constituída reflete um processo de racionalização dos conhecimentos postos em ação e por práticas eficazes em uma determinada situação. Portanto, o profissional deve ser capaz de colocar suas competências em ação em qualquer situação, de refletir em ação e de adaptar-se.

Se, é esse modelo de profissionalismo que parece fundamentar atualmente o processo de profissionalização dos professores segundo Altet (idem), então surge a questão: quais modelos de formação ele acarreta?

Na verdade, não é nossa intenção discutir a fundo um modelo de formação, mas refletir sobre algumas diretrizes para a formação em termos de competências. Neste sentido, de um modo geral, notamos que a articulação entre a formação e a prática profissional está presente em muitos discursos. Este fato remonta à interdependência entre a situação de ensino e a manifestação da competência ao

enfrentá-la. Se a competência significa mobilização de recursos cognitivos para enfrentar um conjunto de situações específico, será por meio da sua atuação em campo que suas competências se desenvolverão.

Dessa forma, Charlier (2001, p.93-94) destaca três aspectos dessa articulação. Segundo ela:

- O professor pode aprender *a partir* da prática na medida em que esta constitui o ponto de partida e o suporte de sua reflexão (reflexão sobre a ação), seja sua própria prática ou a de seus colegas.
- O professor aprende *através* da prática. Confrontando a realidade que resiste a ele, o professor coloca-se como ator, isto é, como qualquer um que pode interferir nas características da situação, experimentar condutas novas e descobrir soluções adequadas à situação.
- O professor aprende *para a* prática, pois, se o ponto de partida do aprendizado está na ação, seu desfecho também está, na medida em que o professor valoriza essencialmente os aprendizados que para ele têm incidência direta sobre sua vida profissional.

Outros aspectos da articulação entre a formação e a prática docente são mencionados por Perrenoud (2002, p.48-62) ao se questionar sobre a necessidade de formar professores que refletem sobre sua prática. Segundo ele, existem dez motivos que justificam tal necessidade. Dentre eles, gostaríamos de destacar quatro, que apresentam as características mais relevantes para esta pesquisa. São eles:

1) A formação para a reflexão compensa a superficialidade da formação inicial. Em geral, os professores dominam muito bem os aspectos do conteúdo a serem ensinados. Contudo, sem querer afirmar que a formação acadêmica dos professores é ideal, temos de reconhecer que ela é inferior à sua formação didático-pedagógica, que se traduz nas suas ações em sala de aula, como a gestão da disciplina, das atividades, as avaliações etc. Enfim, seu conhecimento prático da profissão, que tende a se formar com o passar do tempo, se mostra mais útil na maioria das situações enfrentadas em seu cotidiano do que sua

formação acadêmica. De fato, seria um absurdo esperar que uma formação inicial, por mais completa que fosse, pudesse antecipar todas as situações que um professor encontraria em algum momento do exercício de sua profissão e oferecer-lhe todos os conhecimentos e as competências que, algum dia, poderiam ser úteis a ele. Em diversas etapas da profissionalização, os professores precisam aprender por si, na prática cotidiana. Desta feita, uma formação que busque desenvolver uma postura e uma prática reflexivas faria com que essas aprendizagens fossem experimentadas de forma mais positiva, organizadas e desprovidas da mera necessidade de sobrevivência.

2) A formação para a reflexão propicia a acumulação de saberes provenientes da experiência. Esse acúmulo, além de guiar o olhar do profissional durante a ação, auxilia a organizar as observações, a relacioná-las a outros elementos do saber, a “teorizar a experiência”. Espera-se que os saberes desencadeados pela experiência sejam fecundados por alguma área das ciências da educação. Isso ocorrerá se o professor tiver sido treinado sobre a relação entre os saberes teóricos gerais e situações singulares.

3) A formação para a reflexão permite enfrentar a crescente complexidade das tarefas. Como argumenta Perrenoud (2002, p.56) o ensino não é mais como era antes: os programas renovam-se cada vez mais rapidamente, as reformas sucedem-se sem interrupção, as tecnologias tornam-se incontornáveis, os alunos estão cada vez menos dóceis, os pais estão se transformando em consumidores de escola muito mais atentos e exigentes, ou se desinteressam de tudo aquilo que acontece na sala de aula, enfim uma série de questões interligadas que permeiam o cotidiano do professor. Logo, a reflexão tem a capacidade de transformar o mal-estar, as revoltas e os desânimos em problemas, os quais podem ser apresentados e talvez resolvidos com método. Exemplo disso é a violência que pode deixar de ser encarada como fatalidade, para ser vista como fenômeno que pode explicado e tratado por meio de uma ação coletiva. Uma prática reflexiva, portanto, autoriza uma relação mais ativa que queixosa com a complexidade, e se

não suficiente, constitui-se em condição necessária para enfrentar a complexidade.

4) A formação para a reflexão aumenta a capacidade de inovação. Como afirma Perrenoud (op.cit., p.62), em última instância, inovar é transformar a própria prática, o que não pode acontecer sem uma análise do que é feito e das razões para manter ou mudar. E a fonte da inovação endógena é a prática reflexiva, que é mobilizadora de uma tomada de consciência e da elaboração de projetos alternativos.

A construção do saber oriundo da prática e sua transferência, na visão de Altet (2001, p.31), parecem formar-se através da articulação de duas dimensões: a dimensão dos saberes existentes e a dimensão que se refere à adaptação desses saberes à ação. E isso acontece no nível das rotinas interiorizadas e não-conscientes e no nível dos esquemas conscientes. Por participar da situação, o professor reúne um grande número de elementos para se adaptar e agir, logo, essa articulação entre saberes e adaptação na ação ocorre implicitamente quando o profissional reflete sobre seus atos (ALTET, idem), ou seja, analisa criteriosamente sua atuação. Portanto, observa-se a necessidade do desenvolvimento de uma competência-chave – o saber-analisar – que de acordo com a autora, representa uma metacompetência que permite construir competências profissionais.

Para Altet (op.cit., p.32), a análise das práticas e a pesquisa sobre o processo ensino-aprendizagem parecem ser dois métodos de formação que favorecem a construção do profissionalismo através do desenvolvimento do saber-analisar. A análise das práticas é um procedimento de formação centrado na análise e na reflexão das práticas vivenciadas, o qual produz saberes sobre a ação e formaliza os saberes de ação (ALTET, op.cit., p.33). Esses saberes formalizados a partir da prática, que segundo a autora são intermediários entre os saberes científicos e os saberes puramente práticos e não conscientes, abrangem diversas dimensões:

- *uma dimensão heurística*, porque abrem caminho para a reflexão teórica e para uma nova concepção;
- *uma dimensão de problematização*, pois permitem ampliar a problemática, levantando e determinando problemas;
- *uma dimensão instrumental*, composta de saberes instrumentais e formas de leitura que descrevem práticas e situações que ajudam a racionalizar a experiência prática;
- *uma dimensão de mudança*, uma vez que tais saberes criam *novas representações* e, por isso mesmo, preparam a mudança. São os novos saberes *reguladores da ação*, os quais buscam regravar o problema ou modificar práticas e, a partir daí, tornam-se instrumentos de mudança. (ALTET, op.cit., p. 34).

A autora também distingue duas fontes de validade para esses saberes, do ponto de vista epistemológico. A primeira, diz respeito a uma validade *a priori*, pois, está inserida dentro de um procedimento de investigação rigoroso (ALTET, idem). Já a segunda, trata-se de uma validade *a posteriori* através da transferência, que ocorre quando esses saberes contextualizados são transferidos e corroborados por outros praticantes a novas situações. Os saberes pedagógicos organizados e formalizados são, então, transferíveis e transmissíveis por um discurso argumentado. A reflexão sobre os saberes profissionais e sua explicitação permitem ao professor inventar suas próprias normas estratégicas, as que mais convêm aos contextos, aos alunos, à situação encontrada e que melhor a explica (ALTET, idem).

Perrenoud (2002, p. 63), ainda chama atenção para a necessidade de um treinamento intensivo para a análise, de modo a garantir uma formação adequada de um professor prático reflexivo. Isto, pois, um profissional reflexivo questiona sua tarefa, as estratégias mais adequadas, os recursos que devem ser reunidos e o tempo a respeitar etc. (PERRENOUD, idem). Reflete sobre os problemas do sistema educacional de maneira autônoma e busca se posicionar perante eles. De acordo com esse contexto, a prática reflexiva deve ser entendida como uma relação com o mundo: ativa, crítica e autônoma (PERRENOUD, idem).

3. A Afetividade e o Aprendizado da Física no Ensino Médio

A falta de interesse da maioria dos alunos do ensino médio em aprender Física é uma questão que preocupa muitos educadores, já há algum tempo. São comuns as queixas de docentes deste nível de ensino sobre a falta de motivação para o estudo, “colas”, o interesse dos alunos em apenas tirar nota para passar de ano etc. No entanto, esses docentes admitem que a falta de interesse seja responsabilidade dos alunos, como se fosse obrigação deles motivar-se para aprender. Não levam em consideração muitas características e pressupostos do ensino tradicional, que dificultam a formação de uma atitude mais positiva em relação a esta disciplina, como por exemplo: a escolha de conteúdos desconectados do cotidiano dos estudantes; a resolução de problemas que não têm relação com sua vida prática e que valorizam excessivamente o cálculo.

Neste sentido, o uso de situações-problema baseadas em fenômenos cotidianos assume outras funções no processo de aprendizagem além de motivar os alunos. De acordo com Gargallo e Cánovas (1998, p.168):

A persistência dos conhecimentos prévios dos alunos, quando são errôneos apesar de serem produto de uma instrução explícita, pode ser devido à falta de conexão entre as aprendizagens escolares e as situações da vida cotidiana, de tal modo que a criança vincula o conhecimento formal e acadêmico à escola e às qualificações, e o conhecimento prévio, espontâneo, à vida cotidiana. É por isso que se tem a necessidade de fomentar a ‘funcionalidade’ da aprendizagem favorecendo-se e propiciando a ‘transferência’ às diversas situações da vida para que os alunos descubram de maneira prática sua utilidade fora do âmbito estritamente acadêmico.

Em vários estudos (BREAKWELL e BEARDSSELL, 1992; BROWN, 1976; DOHERTY e DAWE, 1988; HADDEN e JOHNSTONE, 1983; HARVEY e EDWARDS, 1980; JONHSON, 1987; SIMPSON e OLIVER, 1985; SMAIL e KELLY, 1984; YAGER e PENICK, 1986) revisados por Osborne et al. (2003), observou-se que as atitudes e o interesse em relação à ciência declinam a partir da entrada na

escola secundária. Além de preocupante esse fato é também paradoxal, uma vez que no mesmo trabalho os autores relatam estudos comprovando que muitos estudantes demonstram uma atitude positiva em relação à ciência em geral, ao contrário da ciência aprendida na escola.

Assim, o objetivo deste capítulo é discutir sobre como poderíamos favorecer o interesse dos adolescentes em aprender ciências (em especial a Física), isto é como proceder para introduzir elementos que possam articular a afetividade e a cognição. E, para isso, necessitamos entender entre outras coisas a relação entre esses dois aspectos.

3.1- Afetividade e Cognição

De acordo com o senso comum, pode-se afirmar que o aprendizado de qualquer coisa será mais eficiente quanto maior for o interesse do aprendiz pelo objeto de estudo. Com efeito, esta idéia remete ao papel desempenhado pela afetividade no funcionamento psíquico e na construção de conhecimentos. Muito embora esta concepção acerca do interesse como propulsor do aprendizado seja razoavelmente compartilhada pelos professores em geral, é preciso reconhecer que vários foram os pensadores e filósofos, desde a Grécia Antiga, que postularam uma suposta dicotomia entre razão e emoção. Alguns deles, como Platão, Descartes e Kant assumiram implícita ou explicitamente uma hierarquia entre razão e emoção, em que a primeira teria valor de excelência (ALSOP e WATTS, 2003). Na ciência, existe a bem estabelecida tradição de separação Newtoniana-Cartesiana, que valoriza a distinção entre corpo e mente, divorciando e polarizando razão e sentimento (ALSOP e WATTS, op.cit.). De Francis Bacon a Richard Feynman, a emoção tem sido vista na filosofia ocidental como um obstáculo à razão, à verdade e à objetividade (idem). Apoiando-se em Hodson, Alsop e Watts (2003) afirmam que a doutrina de Augusto Comte do positivismo ainda prolonga-se através dos currículos de ciência e, conseqüentemente, as reformas continuam a endossar a dicotomia entre fatos e valores.

Essa premissa também se faz presente nos postulados de outras ciências como a Psicologia e a Neurologia, que se dedicam entre outras coisas a entender

nosso funcionamento psíquico. Contudo, tanto no campo da Psicologia quanto no campo da Neurologia, algumas perspectivas teóricas têm questionado esses tradicionais pressupostos, apontando caminhos e hipóteses na busca de inovações para as teorias sobre o funcionamento psíquico humano, com o intuito de integrar dialeticamente cognição e afetividade, razão e emoção (ARANTES, 2002; p.161).

Veremos a seguir algumas concepções inovadoras acerca da relação entre a afetividade e a cognição.

3.2- Novas Concepções sobre o Funcionamento Psíquico Humano

Podemos encontrar na literatura um considerável número de autores que questionam o pressuposto da separação funcional da afetividade e da cognição. Nomes como de Vygotsky, Wallon, LeDoux, Greenberg, Fridja, Ulisses Araújo, Piaget, Damásio, Montserrat Moreno, Genoveva Sastre, Magali Bovett, Aurora Leal entre outros poderiam ser citados como críticos de tal visão (ARANTES, 2002, p.161). Contudo, para não sairmos do foco, discutiremos sobre as idéias de alguns dos principais.

O primeiro deles foi Piaget, que em um trabalho publicado a partir de um curso ministrado na Universidade de Sorbonne, *“Les relations entre l’intelligence et l’affctivité dans le développement de l’enfant”*, advertiu sobre o fato de que, apesar de diferentes em sua natureza, a afetividade e a cognição são indissociáveis, complementares e irreduzíveis em todas as ações simbólicas e sensorio-motoras. Afirmando que não existem estados puramente afetivos ou puramente cognitivos, o autor postula que toda ação e pensamento comportam um aspecto cognitivo, que corresponde às estruturas mentais e um aspecto afetivo, representado por uma energética, que é a afetividade.

Ao discutir os papéis da assimilação e da acomodação cognitiva, Piaget (1954) afirma que esses processos da adaptação também possuem um lado afetivo: na assimilação, o aspecto afetivo é o interesse em assimilar o objeto ao *self*, sendo o aspecto cognitivo a compreensão; enquanto na acomodação a

afetividade está presente no interesse pelo objeto novo, e o aspecto cognitivo está no ajuste dos esquemas de pensamento ao fenômeno.

Piaget (idem) assume ainda que a afetividade relaciona-se com a inteligência acelerando ou retardando seu funcionamento sem modificar suas estruturas como tais. De acordo com essa tese, o papel da afetividade é apenas funcional na inteligência. Logo, ela não cria novas estruturas no plano intelectual e de maneira recíproca a inteligência não cria novos sentimentos. Para ilustrar esse processo, ele utiliza uma metáfora, em que a afetividade seria como a gasolina, que ativa o motor de um carro, mas não modifica sua estrutura. E o motor seria o conjunto das estruturas cognitivas.

Dessa forma, na relação do sujeito com os objetos, com as pessoas e consigo mesmo, existe uma energia que direciona seu interesse para uma situação ou outra, e a essa energética corresponde uma ação cognitiva que organiza o funcionamento psíquico (ARANTES, 2002; p.162).

No campo da Neurologia, Damásio (2000) e (1996) também defende a existência de uma forte interação entre a razão e as emoções. Seus estudos mostram que a emoção integra os processos de raciocínio e decisão, seja isso bom ou mau (DAMÁSIO, 2000; p.62). As descobertas provêm do estudo de vários indivíduos que eram inteiramente racionais no modo como conduziam suas vidas até o momento em que, em consequência de uma lesão neurológica em locais específicos do cérebro, perderam a capacidade de decidir vantajosamente em situações que envolvem risco e conflito e uma redução seletiva na capacidade de raciocinar emocionalmente nessas mesmas situações, enquanto o restante das capacidades emocionais desses pacientes ou a capacidade para lidar com a lógica de um problema permaneciam inalteradas (DAMÁSIO, op.cit.; p.62-63).

Um outro enfoque que questiona a dicotomia entre razão e emoção e entre cognição e afetividade é a chamada “Teoria dos Modelos Organizadores do Pensamento”, concebida por Montserrat Moreno, Genoveva Sastre, Magali Bovet e Aurora Leal. Um modelo organizador é uma organização particular que o sujeito realiza dos dados que seleciona e elabora a partir de uma determinada situação, do significado que lhes atribui e das implicações que deles se originam (MORENO

et.al, 1999; p.78). Tais dados procedem das percepções, das ações (tanto físicas como mentais) e do conhecimento em geral que o sujeito possui sobre uma certa situação, assim como das inferências que a partir de tudo isso realiza (MORENO et.al., idem).

Outra explicação destes modelos é dada por Arantes (2000):

O conjunto de representações que o sujeito realiza a partir de uma situação determinada, constituído pelos elementos que abstrai e retém como significativo entre todos os possíveis, aqueles que imagina ou infere como necessários, os significativos e as implicações que lhes atribui, e as relações que estabelece entre todos eles. Os modelos organizadores do pensamento constituem aquilo que é tido por cada sujeito como realidade, a partir da qual elabora pautas de conduta, explicações ou teorias.

Construídos não somente a partir da lógica subjacente às estruturas do pensamento, os modelos organizadores do pensamento comportam os desejos, sentimentos, afetos, representações sociais e valores de quem os constroem (ARANTES, 2002; p.168). Observa-se, portanto, que tal referencial teórico busca demonstrar como os aspectos cognitivos e afetivos articulam-se de forma dialética no pensamento.

No entanto, há uma diferença entre essa teoria e o postulado de Piaget. Segundo ele, a afetividade tem apenas um caráter motivacional e energético, não alterando as estruturas do pensamento. Já na teoria dos modelos organizadores, admite-se que a afetividade, além de energética, tem um papel organizador.

Esta possibilidade foi observada em uma investigação realizada por Arantes (2000), em que se estudou como três grupos de docentes resolviam um dilema moral. A pesquisa consistia numa primeira etapa em induzir em um dos grupos um estado emocional positivo, solicitando que as pessoas recordassem situações em que se sentiram satisfeitas e felizes por terem ajudado alguém. No segundo grupo a mesma atividade solicitada esteve centrada numa experiência negativa, no intuito de produzir um estado emocional condizente. Por fim, o terceiro grupo não realizou tal atividade e foi chamado de grupo neutro; porém, como explica a

autora, isto não significa que estavam emocionalmente neutros. Feito isso, os grupos eram solicitados a opinarem sobre os sentimentos, pensamentos e desejos de uma professora, ao flagrar um aluno fumando maconha durante o horário de aula.

Os resultados mostraram que um mesmo conflito pode ser tratado de formas diferentes e antagônicas, dependendo do estado emocional prévio do sujeito que o enfrenta. Enquanto o grupo positivo encarou o aluno drogado como uma pessoa boa que necessitava de ajuda, o grupo negativo o viu como uma pessoa problemática e perigosa. Estes resultados, segundo a autora, parecem nos dizer que quando estamos felizes, preparamos nossas cabeças para analisarmos e compreendermos as necessidades e problemas dos demais.

A pesquisa demonstra, de acordo com a autora, que a afetividade influencia de maneira significativa a forma pela qual os seres humanos resolvem os conflitos de natureza moral. Assim como a organização de nossos pensamentos influencia nossos sentimentos, o sentir também configura nossa forma de pensar. Dessa forma, o papel da afetividade deixa de ser apenas motivacional, assumindo também um papel organizativo no funcionamento psíquico (ARANTES, op.cit.; 149).

3.3- O modelo da Mudança Conceitual e os aspectos afetivos.

Os Modelos Organizadores do Pensamento corroboram com alguns resultados que se verificam em uma outra linha de pesquisa, que busca entender a influência dos aspectos afetivos na aprendizagem acadêmica. Congregando estudos de cunho mais qualitativo, os autores dessa linha investigam estudantes em situações de aprendizagem em sala de aula, o que teoricamente tem um valor pedagógico e didático maior. Isto, pois, trazem respostas específicas aos problemas enfrentados pelos educadores, como por exemplo, as características de uma determinada atividade de ensino-aprendizagem que fomentariam o interesse do estudante pelo conteúdo da ciência.

Os principais trabalhos dessa linha são reunidos em artigo por Pintrich, Marx e Boyle (1993) e deve-se destacar que um dos objetivos do mesmo é criticar

a ausência dos aspectos afetivos dentro do modelo de aprendizagem denominada de “mudança conceitual”. Este modelo, elaborado e explicado por Posner (et.al.,1982) concebe a aprendizagem como uma interação entre concepções novas e as pré-existentes que o indivíduo mantém sobre um determinado objeto ou conteúdo, sendo o resultado dependente da natureza dessa interação (HEWSON e HEWSON, 1988). Tal concepção assemelha-se à teoria de Piaget, sendo a grande diferença a visão, dentro do modelo da mudança conceitual, de um domínio mais específico das concepções de um indivíduo, ao contrário da visão mais global das estruturas e operações formais de Piaget (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Assim, se as concepções podem ser conciliadas, a aprendizagem ocorre sem maiores dificuldades – processo conhecido como assimilação, na teoria de Piaget. Porém, se a conciliação não é possível num primeiro momento, a aprendizagem exige que as concepções pré-existentes devam ser reestruturadas ou substituídas por novas – processo denominado de acomodação, segundo Piaget. O reconhecimento pelo aprendiz de que tal substituição se faz necessária constitui a base do modelo da mudança conceitual (HEWSON e HEWSON, op.cit.). No entanto, todo o processo é idealizado de maneira “fria” segundo Pintrich, Marx e Boyle; (op.cit.), isto é, enfoca-se somente a cognição sem considerar os caminhos nos quais as crenças motivacionais dos estudantes sobre eles mesmos, enquanto aprendizes, e os papéis dos indivíduos em uma classe, que podem facilitar ou dificultar a mudança conceitual (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Dessa forma, os autores analisam quatro construtos motivacionais gerais – objetivos; interesses e crenças de valor; auto-eficácia; e senso de controle – que são sugeridos como potenciais mediadores do processo de mudança conceitual, e com base nessas análises fazem propostas que poderiam contribuir afetivamente com a aprendizagem de estudantes.

O primeiro construto diz respeito à aprendizagem orientada por objetivos. Segundo os autores, os objetivos são representações cognitivas de diferentes propósitos que os alunos podem adotar em diferentes situações de aquisição de conhecimento. Os objetivos são assumidos como guias para o comportamento, cognição e afeto para que os alunos se engajem em tarefas acadêmicas.

A principal distinção entre os objetivos de uma aprendizagem acadêmica é feita entre uma orientação intrínseca e outra extrínseca. Na primeira, a orientação focaliza o domínio do conhecimento, isto é os alunos assumem o foco na aprendizagem, no entendimento e no domínio dos recursos cognitivos necessários para a realização da tarefa. Os alunos motivados por essa orientação envolvem-se pela tarefa em si. Já na orientação extrínseca, os alunos assumem o foco na obtenção de boas notas e procuram ser melhor do que os seus colegas. Sua preocupação principal é o desempenho escolar.

Estudantes que adotam a orientação intrínseca, focada na aprendizagem, devem estar mais engajados em um tipo de processo cognitivo necessário para que a mudança conceitual ocorra. Embora a relação entre a orientação intrínseca e o engajamento cognitivo do aluno pareça ser robusta é importante notar que a maioria dos teóricos assume que as orientações por objetivos dos indivíduos são dependentes do contexto de sala de aula (PINTRICH, MARX e BOYLE; op.cit.). Segundo os autores, existem várias dimensões das salas de aula que podem influenciar a adoção da orientação intrínseca.

Primeiro, a natureza das tarefas que os estudantes são solicitados a cumprirem pode impactar os objetivos dos estudantes. Parece que, tarefas que são mais desafiadoras, significativas e autênticas em termos de atividades atuais, que podem ser relevantes para a vida fora da escola podem facilitar a adoção da orientação intrínseca. Entretanto, a maioria das salas de aula não oferece aos estudantes a oportunidade de trabalhar em tarefas autênticas, o que faz decrescer o nível de motivação e as oportunidades de transferir o conhecimento aprendido na escola a outros contextos. Ao mesmo tempo, as estruturas autoritárias das salas de aula freqüentemente não permitem aos estudantes muita escolha ou controle das suas atividades, o que decresce a probabilidade da orientação intrínseca se desenvolver nos estudantes. Finalmente, os procedimentos de avaliação que focam a competição, a comparação social e a recompensa externa podem promover a orientação extrínseca, guiada pela *performance* escolar, na qual os estudantes procuram ser melhores do que os outros, ao invés de buscar o conhecimento em si.

Porém, ao mudar as estruturas da sala de aula criam-se demandas adicionais ao sistema de gestão da classe (PINTRICH, MARX e BOYLE; op.cit.). Por exemplo, métodos de ensino por descoberta ou por pesquisa, que são sugeridos como meios potenciais para promover a mudança conceitual, com freqüência usam tarefas autênticas (experimentos científicos reais, por exemplo), o que diminui o papel autoritário do professor, e muda como os estudantes são avaliados (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Como Doyle (1983) pontua, tarefas desafiadoras e diferentes podem criar ambigüidade e riscos tanto para o professor quanto para o aluno. Os estudantes que estão habituados a tarefas que requerem o mínimo e passivo envolvimento podem resistir às tentativas dos professores em engajá-los em tarefas mais complicadas e ambíguas, criando uma dificuldade para os professores.

Os autores defendem ainda que as estruturas da autoridade e da avaliação devem ser consideradas à luz do gerenciamento e do currículo. Segundo McCaslin e Good (1992), é importante desenvolver sistemas de gestão da autoridade que auxiliem os estudantes a se tornarem ativos, aprendizes auto-suficientes, que se engajem na solução de problemas e na aprendizagem significativa, e não apenas na obediência passiva, como em um sistema autoritário.

Juntamente com esses objetivos para a aprendizagem que focaliza no eu, Kruglanski (apud PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.) sugere a existência de um modelo que ele denominou de “motivação epistêmica”. Tal modelo assume que os indivíduos são processadores ativos de informação que podem desenvolver e testar hipóteses sobre seu conhecimento de si próprios, de outras pessoas e do mundo social. Essa assunção é idêntica à da teoria da mudança conceitual, na qual os indivíduos atuam como cientistas ao tentar entender o mundo natural. Além disso, o autor ainda prevê que o nível de conhecimento prévio pode influenciar a cognição quando combinado com as motivações epistêmicas, o que representa um ponto de convergência com o modelo da mudança conceitual. A diferença é que, no modelo da motivação epistêmica, o processo de desenvolver e

testar hipóteses é explicitamente uma função de ambos processos: cognitivo e motivacional.

Pintrich, Marx e Boyle (op.cit.), baseando-se em Kruglanski, argumentam que as motivações epistêmicas provêm os mecanismos psicológicos para a iniciação, o direcionamento e a cessação do trabalho cognitivo envolvido no desenvolvimento e no teste de hipóteses.

Os autores ainda pontuam duas dimensões gerais da motivação epistêmica: a procura ou não do fechamento para uma determinada questão e a especificidade ou não para uma dada resposta. A motivação epistêmica da procura pelo fechamento refere-se às tentativas dos indivíduos em obter uma resposta a uma questão ou resolução de um problema, e assim, levar a um fim a produção de hipóteses e o processo de teste. Em contraposição, a dimensão que busca evitar o fechamento faz com que os indivíduos demorem um pouco mais para resolver certo problema em favor de uma continuidade na busca por informação, e na criação e teste de hipóteses. O objetivo disso é a necessidade de maior precisão. Essas duas dimensões podem ser combinadas com outra dimensão a qual se refere à especificidade de uma resposta. Indivíduos que procuram um fechamento específico estarão engajados em atividade cognitiva até que obtenham uma resposta particular, ao contrário daqueles que buscam um fechamento não-específico, que se contentarão com uma resposta qualquer.

Neste contexto, uma observação importante é feita por Pintrich, Marx e Boyle; (op.cit.). Segundo eles a maioria das salas de aula são pressionadas a finalizar os trabalhos acadêmicos em tempos pré-determinados. Essa é uma condição que tende a criar a necessidade de fechamento, com o concomitante decréscimo da atividade cognitiva. Logo, esforços devem ser feitos para aumentar o tempo disponível para a realização das atividades de aprendizagem. Trabalhar em projetos mais extensos ajudaria o contexto de sala de aula, através do mecanismo motivacional, a diminuir a necessidade de fechamento e a aumentar a atividade cognitiva, tais como a criação e o teste de hipóteses.

Esse fato fica evidente quando observamos na literatura do ensino de ciências que muitos dos laboratórios didáticos se prestam à verificação da teoria e

não à solução de problemas e são vistos como complemento e para se chegar à resposta certa; ao invés de ser encarado como um processo pelo qual pode-se aprender algo novo (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Portanto, as atividades de aprendizagem que são elaboradas para serem mais abertas e criam a necessidade de evitar o fechamento podem facilitar a atividade cognitiva e a mudança conceitual.

O segundo construto analisado por Pintrich, Marx e Boyle (op.cit.) refere-se aos interesses e às crenças de valor de uma dada tarefa acadêmica. De acordo com os autores, os interesses e as crenças de valor constituem um construto que está relacionado à qualidade de engajamento dos estudantes nas tarefas, assim como os objetivos. São construtos mais afetivos e atitudinais em natureza, e podem ser mais estáveis e pessoais em comparação à orientação por objetivos, que possuem um caráter mais cognitivo e situacional. Neste sentido, o interesse e as crenças de valor podem estar em níveis diferentes de análise em relação às orientações por objetivos.

Pintrich Marx e Boyle (op.cit.), embasados em Krapp, Hidi e Renninger, afirmam que podem existir múltiplos objetivos operando devido a diferentes interesses e crenças de valor que influenciam os tipos de motivação por orientação de objetivos, que os estudantes adotam em sala de aula e que influenciam o seu aprendizado. Como exemplo, os autores citam que alguns estudantes podem estar interessados em um determinado tópico de certa área, porque será importante para suas futuras carreiras por algum motivo.

Eccles (apud PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.) propôs a existência de três interesses ou crenças de valor gerais. Interesse simplesmente refere-se à atitude geral dos estudantes ou à sua preferência por determinados conteúdos ou tarefas (ex.: alguns alunos simplesmente gostam ou se interessam pela ciência). Valor de utilidade diz respeito a julgamentos instrumentais dos estudantes sobre o potencial de uso do conteúdo ou da tarefa para ajudá-los a conseguir algum objetivo (ex.: entrar na faculdade ou conseguir um emprego). Finalmente, a importância da tarefa refere-se à percepção dos estudantes da significância do conteúdo ou da tarefa.

Hidi (apud PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.) sugere que o interesse pessoal influencia a atenção seletiva do estudante, o esforço e a vontade de persistir na tarefa, e na sua ativação ou aquisição de conhecimento. Em adição, o autor nota que o interesse pode não necessariamente resultar em maior tempo gasto com o processamento de informação – ao invés disso, dependendo da natureza da tarefa (complexa x simples), os estudantes podem levar mais ou menos tempo para realizar a tarefa. A diferença reside na qualidade do processo e não na quantidade de informação processada ou do tempo gasto na tarefa.

Pintrich, Marx e Boyle (op.cit.) argumentam as percepções do valor de uma tarefa não têm direta influência sobre o desempenho acadêmico, mas elas indicam as escolhas dos estudantes em se tornarem cognitivamente engajados em uma tarefa ou curso e sua vontade em persistir na tarefa. Dessa forma, os autores apóiam-se em Renninger para afirmar que o interesse pessoal e as crenças de valor são aspectos de um contexto auto-produzido que interage com as características da tarefa para dar suporte ao aprendizado por meio do aumento da atenção, persistência e a ativação do conhecimento e estratégias apropriadas. À extensão do que a mudança conceitual exige dos estudantes para manter seu engajamento cognitivo, para tentar entender visões alternativas, para acomodar o novo e conflitar informação, essas crenças de valor podem mediar o processo (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.).

É importante esclarecer que interesse e crenças de valor são assumidos como características pessoais que os estudantes levam a diferentes tarefas, e não características da tarefa em si (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). No entanto, existe também o interesse situacional, que se refere ao ambiente e suas características. Ele é mais influenciado pela sala de aula, pela tarefa e pelo controle mais ou menos ameno do professor. Assim, baseando-se em Malone e Lepper, os autores argumentam que no nível da sala de aula, e das tarefas existem várias características que poderiam incrementar o interesse situacional dos estudantes: desafio, liberdade de escolha, novidade, fantasia e surpresa, dentro das capacidades dos alunos.

O terceiro construto é a auto-eficácia, que é definida como a crença que o indivíduo tem da sua capacidade de executar determinada tarefa, ou suas crenças sobre suas capacidades de *performance* em um domínio particular (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). No contexto educacional, os autores explicam que a auto-eficácia refere-se aos julgamentos sobre as capacidades cognitivas que o estudante possui para executar uma tarefa acadêmica específica ou conquistar objetivos específicos. As crenças de auto-eficácia são assumidas relativamente em situações específicas, e não como traços da personalidade global, ou um auto-conceito geral. Em um modelo de mudança conceitual, as crenças de auto-eficácia podem ser construídas de duas formas (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Primeiro, no volume da pesquisa sobre auto-eficácia, o construto é usado para representar a confiança dos alunos em sua habilidade para realizar uma tarefa particular. Ao aplicar esse construto à mudança conceitual, isso poderia traduzir dentro da confiança dos estudantes, suas próprias idéias e concepções. Nesse caso, altos níveis de auto-eficácia ou confiança em suas próprias habilidades seria um obstáculo à mudança conceitual. Isto é, a maior confiança dos estudantes em suas próprias crenças, ocasionaria maior resistência às novas idéias e concepções; e de fato, a mudança conceitual é baseada na noção de desestabilização da confiança dos estudantes em suas próprias crenças, através da introdução de dados, idéias e teorias conflitantes.

A segunda maneira de conceber a relação entre a auto-eficácia e a mudança conceitual é a confiança dos estudantes em suas capacidades de mudar de idéia e conceitos, e usar as ferramentas cognitivas necessárias para integrar e sintetizar idéias divergentes. Seguindo o paradigma científico e a metáfora da mudança conceitual de um cientista, a auto-eficácia seria a confiança dos estudantes no uso de métodos científicos de raciocínio para efetuar a mudança em suas concepções (como por exemplo: teste de hipóteses, reunião de evidências, a consideração de argumentos alternativos etc.) Neste sentido, a auto-eficácia se refere à confiança dos estudantes em suas estratégias de aprendizagem e pensamento (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.).

Os autores defendem que as estratégias de ensino devem ser desenvolvidas de modo a aumentar a auto-eficácia dos estudantes em sua capacidade de executar tarefas tanto quanto sua eficácia para usar estratégias apropriadas de cognição e metacognição para facilitar o entendimento. Neste sentido, alertam que não será útil aos professores elaborar tarefas que aumentam as oportunidades para o conflito cognitivo e depois deixar os estudantes inteiramente livres para usar seus próprios meios para resolver o conflito. Os alunos, portanto, devem ser assistidos no aprendizado de como resolver o conflito cognitivo, o que facilitaria o desenvolvimento da sua auto-eficácia.

O quarto e último construto refere-se à crença dos indivíduos sobre o quanto de controle eles possuem sobre o seu comportamento ou sobre o resultado do seu desempenho.

Teóricos da motivação intrínseca propõem que as crenças de controle são um aspecto essencial do aprendiz intrinsecamente motivado (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Por exemplo, Connell (1985) sugere a existência de três tipos de crenças de controle: controle interno, controle externo e controle desconhecido. Ele mostra que estudantes que acreditam ter controle interno sobre o seu próprio aprendizado e desempenho, ao contrário daqueles que acreditam no controle externo ou desconhecido, detêm maior *performance* na escola.

Na busca pela relação entre as crenças de controle e o engajamento cognitivo dos estudantes é interessante observarmos em Bereiter (1990) o conceito de aprendiz intencional, o qual inclui a idéia de que os indivíduos reúnem em módulos o conhecimento, as habilidades, objetivos e afetos que são usados em um contexto específico para guiar a aprendizagem. Dentro do modelo da mudança conceitual, a crença do controle da aprendizagem poderia direcionar o nível de acomodação ou assimilação (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Os autores ainda acrescentam que, se os estudantes não se virem como aprendizes intencionais, com algum controle sobre seu aprendizado, eles podem ser menos desejosos de tentar ativamente resolver discrepâncias entre seu conhecimento prévio e a nova informação. Ao invés disso, eles podem considerar as discrepâncias como algo além do seu entendimento, algo que toma lugar na sala

de aula, mas não sob seu controle. Em contraste, aprendizes intencionais, que acreditam ter algum controle sobre o seu aprendizado, podem ativamente tentar resolver as discrepâncias de alguma forma (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Contudo, os autores advertem que isso não significa que o conflito não será resolvido em favor de uma resposta aceita cientificamente, somente que os estudantes terão mais vontade de se engajarem nessas questões.

Assim, os autores concluem que as crenças de controle podem estar mais relacionadas à iniciação do engajamento, mas elas não podem influenciar especificamente a direção do pensamento. E este não direcionamento, segundo eles, estaria em oposição à necessidade de especificidade na motivação epistêmica, a qual direcionaria o conteúdo do pensamento dos estudantes. Em face disso, os autores comentam que o ensino elaborado para promover a mudança conceitual provavelmente toma lugar em longas unidades de tempo em relação ao ensino convencional. Com isso, haverá diferentes oportunidades para que os alunos possam controlar suas ações e o seu aprendizado. Um exemplo dado por eles de uma estratégia que facilitaria a ocorrência da mudança conceitual, dando oportunidade aos estudantes de controlar suas ações é o ensino baseado em projetos. O ensino por projetos é freqüentemente proposto para que os estudantes investiguem um problema significativo com uma questão específica que serve para organizar e dirigir as atividades. O ensino por mudança conceitual, tal como é implicada por uma aprendizagem baseada em projetos, envolve no mínimo dois campos de oportunidades para o controle dos estudantes (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.). Primeiro, os estudantes podem exercitar algum controle sobre o que trabalhar, sobre como trabalhar e quais produtos criar em um ensino baseado em projetos. Esse aumento na crença do controle do seu próprio aprendizado pode levar a níveis mais profundos de engajamento cognitivo. Entretanto, os autores lembram que muitas pesquisas e questões de ensino consideram que o grau ótimo de escolha e controle a ser compartilhado por professores e alunos, principalmente os novatos, não poderá ser atingido antes de conquistarem as competências necessárias para usar a escolha e o controle produtivamente.

Em segundo lugar, os autores argumentam que a característica central do controle do estudante são as estratégias de aprendizagem que eles usam para executar as tarefas. Ter controle sobre essas estratégias exige do estudante um processo de metacognição e auto-regulação (PINTRICH, MARX e BOYLE, op.cit.).

De acordo com os autores, dois aspectos do controle metacognitivo são relevantes para a mudança conceitual. São duas características de controle metacognitivo que se referem a diferentes estratégias de executar tarefas acadêmicas. Um deles é tático, e diz respeito ao controle de momento-a-momento da cognição, isto é, representa a habilidade dos estudantes em monitorar e ajustar o pensamento enquanto trabalham através dos detalhes de tarefas particulares. Esse tipo de controle cognitivo capacita os estudantes a permanecerem focados nos objetivos da atividade enquanto esforçam-se no trabalho intelectual requisitado pela mudança conceitual. Aprendizagem com inadequado controle tático provavelmente terão, segundo os autores, dificuldade em manter o esforço mental em um ensino baseado em projetos.

O outro tipo de controle é o estratégico, e representa a habilidade dos estudantes em se engajarem em um pensamento proposital sobre aquilo que pode constituir elementos de aprendizagem desconectados, enquanto estão envolvidos em uma variedade de diferentes atividades, dentro de uma estratégia de ensino por projetos. Pintrich, Marx e Boyle (op.cit) argumentam ainda que os estudantes precisam ser responsáveis para guiarem e controlarem suas próprias atividades e focar o seu trabalho sobre um longo período de tempo neste tipo de ensino.

Além da análise desses quatro construtos motivacionais, acreditamos ser fundamental discutir algumas características específicas da cognição e da afetividade nos adolescentes, para que possamos enriquecer do ponto de vista afetivo as atividades de ensino que pretendemos elaborar para a realização desta pesquisa. E isso é feito a seguir, dentro da perspectiva dos estudos de Piaget.

3.4- Características da Cognição na Adolescência

Segundo Piaget (2001, p.59), no início da adolescência, a partir dos 11 ou 12 anos aproximadamente, o pensamento formal torna-se possível, isto é, as

operações lógicas começam a ser transpostas do plano da manipulação concreta para o plano das idéias. Até esta idade as operações da inteligência são exclusivamente concretas, ou seja, apenas tratam de objetos tangíveis, suscetíveis de serem manipulados e submetidos a experiências efetivas.

De acordo com a teoria, o pensamento formal consiste em executar, em pensamento, ações possíveis sobre objetos reais e mais além refletir sobre essas operações independentemente dos objetos e de substituí-los por simples proposições. Esta reflexão é como um pensamento de segundo grau; enquanto o pensamento concreto é a representação de uma ação possível, o formal é a representação de uma representação de ações possíveis. Para Piaget (op.cit.; p.60), as operações formais nada mais são do que uma “lógica de proposições” e não são outras senão as mesmas operações concretas aplicadas agora a hipóteses ou proposições.

Dessa forma, o pensamento formal é “hipotético-dedutivo”, pois é capaz de tirar conclusões de puras hipóteses e não somente pela observação do real. Com isso, o adolescente, ao contrário da criança, é capaz de construir sistemas e teorias abstratas. Enquanto a criança apenas pensa concretamente sobre os problemas à medida que a realidade os propõe, não faz ligação entre soluções de problemas semelhantes formulados em situações novas, por meio de teorias gerais, que contenham um princípio. Os adolescentes têm muita facilidade de criar teorias abstratas e muitas delas têm o objetivo de mudar o mundo, uma característica própria, como veremos mais adiante, dos jovens dessa idade.

As operações formais, ao permitirem que o adolescente construa a seu modo as reflexões e teorias, acabam por fornecer ao pensamento uma certa liberdade da realidade. É como se o real estivesse subordinado àquilo que é possível. Segundo Piaget (idem), o adolescente sente-se onipotente ao refletir e criar sistemas “ideais”, aos quais o mundo deveria se adequar e isso é, sobretudo, uma forma de manifestação de egocentrismo. Toda nova capacidade mental, como afirma o autor, começa por incorporar o mundo em uma assimilação egocêntrica, para só depois atingir o equilíbrio, através de uma acomodação do real. Esta é uma lei constatada desde as primeiras manifestações no lactente e

durante a primeira infância. Há, portanto, no adolescente um egocentrismo intelectual, da mesma forma que há no recém nascido um egocentrismo que lhe proporciona uma assimilação do mundo de acordo com sua atividade corporal.

Mais tarde, do mesmo modo que o egocentrismo da criança se reduz, progressivamente, o do adolescente vai diminuindo, na medida em que caminha para o equilíbrio na reconciliação entre a realidade e o pensamento hipotético-dedutivo do período formal.

3.5- Características da Afetividade na Adolescência

A vida afetiva do adolescente afirma-se através da conquista da personalidade e da sua inserção na sociedade adulta (PIAGET, 2001; p.61). E isto se dá em paralelo com o surgimento das operações formais.

A personalidade é comumente separada do eu pelos psicólogos e muitas vezes são inclusive, em certo sentido, postos em oposição. O eu é como se fosse o centro da atividade própria e caracteriza-se por seu egocentrismo. Já a personalidade, resulta da submissão do eu a uma certa disciplina.

A personalidade começa no fim da infância (8 a 12 anos) com a organização autônoma das regras, valores e a afirmação da vontade, com a regularização e a hierarquização moral das tendências (PIAGET, idem). Para o autor, a personalidade existe a partir do momento em que o jovem começa a criar um projeto de vida, que irá disciplinar a vontade e servirá como instrumento de cooperação. Mas este plano de vida exige que a reflexão ocorra livremente, que o indivíduo elabore hipóteses e é por isso que só se constitui após o surgimento do pensamento formal.

A personalidade desempenha um papel importante na configuração do aspecto afetivo do egocentrismo adolescente. Enquanto a criança traz tudo para si, sem o saber, sentindo-se inferior ao adulto, proporciona a si mesma um mundo à parte, em uma escala abaixo da do mundo dos adultos. O adolescente, ao contrário, devido a sua personalidade em formação, coloca-se em patamar de igualdade com os adultos, mas sentindo-se diferente, e acredita que pode ultrapassá-los, transformando o mundo. É por isso que os planos de vida dos

jovens são ao mesmo tempo cheios de sentimentos generosos, de projetos altruístas, de inquietante megalomania e egocentrismo consciente.

Em geral, o adolescente pretende inserir-se na sociedade dos adultos por meio de projetos, de programas de vida, de sistemas muitas vezes teóricos, de planos de reformas políticas e sociais Piaget (op.cit.; p.63).

Quanto à vida social, o adolescente num primeiro momento, parece completamente anti-social. Nada mais falso. Segundo autor, ele medita continuamente sobre a sociedade que quer reformar. Os adolescentes adoram discutir e combater o mundo real e seus problemas. Às vezes, também há crítica mútua das soluções, havendo, no entanto, acordo sobre a necessidade absoluta de reformas. Como decorrência é que surgem os movimentos de juventude, nos quais se desdobram grandes entusiasmos coletivos.

Nesta fase, como afirma Piaget (op.cit.; p.64), a verdadeira adaptação à sociedade só vai acontecer quando o adolescente de reformador transformar-se em realizador.

Tais aspectos são de fato relevantes ainda mais quando percebemos uma certa convergência com estudos realizados na área do ensino de ciências. Apoiando-se em Wallace, Osborne et. al. (2003) afirmam que o engajamento dos alunos em tarefas de aprendizagem aumenta através das oportunidades para os alunos tomarem o controle do seu aprendizado e da sua autonomia. Osborne e Collins (apud OSBORNE et. al., 2003) também observam que os alunos desejam mais oportunidades nas aulas de ciências para trabalhos práticos, investigações extensas e oportunidades para discutir. Paris (apud OSBORNE et al., 2003) argumenta que os ingredientes essenciais da motivação são oportunidades de escolha, desafio, controle do ritmo e da natureza do aprendizado e colaboração. Todos esses trabalhos são oriundos de um acréscimo de prestígio do papel da autonomia pessoal dentro das atividades de aprendizagem a serem desenvolvidas, o que, por sua vez, surge como desdobramento da necessidade do adolescente auto-afirmar-se no mundo dos adultos, em sua busca por reformas e na direção da concretização dos seus projetos, como preconiza Piaget. E será dessa forma que o jovem atribuirá valor a uma atividade de ensino. Valor este, que

deve ser entendido, segundo Eccles e Wigfield (apud OSBORNE et al. 2003), como o grau em que um indivíduo acredita que uma tarefa particular é hábil para atender necessidades pessoais ou objetivos. Tal valor consistiria em três componentes: interesse, ou o gosto que um estudante deriva do engajamento em uma tarefa; importância, ou o grau com que o aluno acredita ser importante realizar bem a tarefa; e a utilidade ou o grau com que um indivíduo pensa ser útil a tarefa, para alcançar algum objetivo futuro.

Segundo Osborne et al. (op.cit.) a ciência escolar, como é atualmente ensinada e constituída e devido ao seu poder e consenso que a ciência comanda, oferece pouco espaço para o aluno, como agente intelectual autônomo. Para esses autores, há, portanto, uma demanda por um ensino de ciências mais prospectivo, ao invés de retrospectivo. É preciso que se apresente a ciência ao estudante como uma construção humana, motivada por uma série de fatores – sociais, econômicos, ambientais etc. – em oposição a uma ciência dogmática, em que as teorias já foram previamente estudadas e definidas e se apresentam “embaladas” e prontas para o “consumo” nos materiais didáticos (OSBORNE et.al., op.cit.).

Em vista dessas características, pode-se concluir que as temáticas relacionadas a problemas enfrentados pela sociedade, ao contrário do que alguns professores podem pensar, são do interesse dos adolescentes. Logo, o tratamento de questões sociais, ambientais etc. pela escola não seriam, portanto, apenas do interesse público, mas também do interesse do indivíduo; e poderiam muito bem servir aos educadores como “ganchos afetivos” para as diversas disciplinas escolares tradicionais.

Mesmo tomando como advertência a afirmação de Piaget (op.cit.; p.58) de que o adolescente ao idealizar o mundo na fase inicial do desenvolvimento do pensamento formal, acaba muitas vezes interessando-se por problemas não atuais e sem relação com as realidades vividas no dia-a-dia, acreditamos que a inserção de problemas do mundo real pode cumprir o papel que esperamos. Isto vai depender da habilidade do professor em sensibilizá-los das conseqüências desses problemas.

3.6- Reflexões sobre o Currículo

Se a afetividade é capaz de influenciar o funcionamento psíquico, além de ter função motivacional, como nos mostrou o trabalho de Arantes (2000), é preciso considerar o tema da afetividade e das emoções como um aspecto a ser trabalhado de forma estratégica dentro do ensino de ciências.

O princípio proposto em alguns trabalhos, como Arantes (2002) e (2000), Busquets et.al. (1999) entre outros, é de que os conteúdos tradicionais sejam trabalhados na forma de projetos que incorporem de maneira transversal e interdisciplinar a dimensão afetiva. Aliás, esta é a mesma sugestão feita por Pintrich, Marx e Boyle (1993), como vimos.

E uma maneira de se fazer isso é lançar mão do estudo de situações-problema presentes no cotidiano das sociedades que solicitem aos estudantes considerar ao mesmo tempo os conteúdos científicos tradicionais e a dimensão afetiva. Tais situações podem muito bem ser encontradas no contexto das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, como discutiremos adiante.

Para auxiliar a elaboração desses projetos, poderíamos citar ainda a metáfora do conhecimento organizado em redes, defendida por Machado (1995; p. 154):

(...) Especialmente no que se refere ao planejamento das atividades didáticas, a concepção de conhecimento como uma teia acentrada de nós e relações significativas, em permanente transformação e atualização, conduz a uma radical mudança de perspectivas e expectativas. (...) Neste caso, planejar as atividades a serem desenvolvidas, por exemplo, em um bimestre letivo, aproximar-se-ia muito mais da escolha, em cada disciplina, de alguns poucos temas – um talvez; no máximo três ou quatro –, para funcionar como germes da rede de significados a ser tecida. Os temas escolhidos são pretextos, não são conteúdos a serem esmiuçados e desenvolvidos analiticamente; o valor de cada um deve ser estimado a partir das suas possibilidades de agregação, de articulação e de catálise.

Vistos de maneira transversal e compondo uma rede de significados, os conteúdos tradicionais da Física seriam encarados mais como meios para se discutir questões problemáticas ou conflituosas, do que apenas o objeto final da aprendizagem.

Na área do ensino de ciências algumas reflexões têm apontado na mesma direção. Vários autores argumentam em favor da introdução nas aulas das disciplinas científicas de questões problemáticas que envolvem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade por variadas razões – afetivas, culturais, sociais etc. Tais reflexões levaram à constituição de um movimento internacional denominado de Movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

Assim, seria fundamental conhecer essas reflexões para que possamos enriquecer as atividades de ensino que desenvolveremos para a realização desta pesquisa. Dessa forma, a seguir, discutiremos a problemática envolvida nas relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade e uma revisão sobre as linhas gerais desse movimento.

4. As Relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade

4.1- O Desenvolvimento da Ciência e suas Implicações

Um dos principais traços que caracterizam a nossa civilização atual é sem dúvida alguma a atividade científica. Num breve período, cerca de 300 anos, revelou-se a ciência uma força revolucionária incrivelmente poderosa (RUSSELL, 1955, p.9). Tal poderio, se considerarmos a história da humanidade, foi atingido recentemente e, portanto, não podemos deixar de crer que estamos ainda participando do seu início. Os seus efeitos sobre as sociedades, que anteriormente estavam apenas no campo das conjecturas, passam a gerar preocupação de vários autores (MORIN, 1999; RUSSELL, 1955; DIXON, 1976; BRONOWSKI, 1979; POSTMAN, 1994 etc.), principalmente a partir do pós-guerra.

Tal preocupação fica evidente na fala de Morin:

Há três séculos, o conhecimento científico não faz mais do que provar as suas virtudes de verificação e de descoberta em relação a todos os outros modos de conhecimento (MORIN, 1999; p.15).

E, no entanto, esta ciência elucidativa, enriquecedora, conquistadora, triunfante, apresenta-nos, cada vez mais, problemas graves que se referem ao conhecimento que produz, à ação que determina, à sociedade que transforma (MORIN, op. cit.; p.16).

Esta passagem sintetiza bem a ambigüidade que acompanha o desenvolvimento da ciência até os dias de hoje, sendo ela o principal foco das preocupações desses autores todos. Isto é, embora sejam reconhecidos e enaltecidos os benefícios que a ciência trouxe e vem trazendo, a sociedade passa a enfrentar novos problemas, inerentes a esse processo de desenvolvimento, dos quais, muitos só começam a vir à tona com esses autores.

Dentre os primeiros efeitos da ciência sobre a sociedade que puderam ser identificados, um deles refere-se à rejeição de muitas crenças tradicionais e adoção de outras, baseadas no método científico (RUSSELL, op. cit.; p.9). Dessa forma, a ciência passa a ser então, o fator predominante na determinação das crenças de indivíduos cultos.

Semelhante constatação é revelada por Kilpatrick (1978; p.23), quando afirma que *“a tendência para experimentar o conhecimento antes de aceitá-lo, tem vagarosamente, mas com segurança, penetrado a atitude intelectual de nosso tempo. O homem descobriu nova fé nesse princípio”*. Contudo, segundo esse mesmo autor, não se pode negar que haja perigos nessa atitude. Um deles já estaria assinalado: a tendência do povo para ficar impressionado com a força prática da ciência aplicada, e para irrefletidamente aceitar o que pareça vir em seu nome (KILPATRICK, idem). Curioso paradoxo pode ser notado nesta situação: embora exista a necessidade de se experimentar o conhecimento, antes de aceitá-lo, o autor reconhece também no grosso da população, uma tendência exatamente contrária a esta atitude. Já aqui, poderíamos suscitar um problema para a educação, para o qual voltaremos mais adiante.

De fato, a aceitação da ciência é hoje, mais do que nunca, tão intensa e marcante que é comum muitos confiarem nela como se confia em uma divindade (BAZZO, 1998; p.113). A mídia exalta a todo instante suas virtudes, como também as da tecnologia, e um exemplo seria a propaganda de produtos, que baseia-se em argumentos “científicos”. A idéia de uma ciência sempre benéfica parece encontrar-se arraigada no pensamento da grande maioria da população.

Além desses, existem também os efeitos sobre a técnica. Assim como explica Vargas (1999; p.9), desde os homenídeos, as civilizações criam e desenvolvem técnicas para facilitar a execução das tarefas que garantiam a sobrevivência das sociedades. Com o caminhar da ciência, novas técnicas foram surgindo, e ocupando espaço nas mais diversas atividades do nosso cotidiano. Tal evolução, como não poderia ser diferente, tem uma profunda influência sobre os

hábitos da sociedade, que pode ser apreciada quando Russell (1955; p.10) escreve:

(...) Depois, principalmente como conseqüência das técnicas novas, verificam-se profundas modificações na organização social, as quais vão, aos poucos, produzindo transformações políticas correspondentes. Finalmente, como resultado do novo domínio sobre o meio, produzido pelo conhecimento científico, desenvolve-se uma filosofia nova, acarretando uma nova concepção do lugar do homem no universo.

As novas técnicas, oriundas do avanço das ciências, são modificadoras de tal sorte da vida dos indivíduos, que hoje, mais do que nunca, não se pode desconsiderá-las em uma análise da rede de atividades sociais, à qual pertencemos.

Mas essa influência não se dá apenas de maneira unívoca, como retratamos até agora. Em uma análise completa da questão, é preciso que se reconheça também a influência de aspectos referendados à sociedade sobre a ciência e a tecnologia. Sobre isso, Morin (op.cit.; p.19) argumenta que vivemos numa era histórica em que os desenvolvimentos científicos, técnicos e sociológicos estão cada vez mais em inter-retroações estreitas e múltiplas.

A técnica produzida pelas ciências transforma a sociedade, mas também, retroativamente, a sociedade tecnologicizada transforma a própria ciência. Os interesses econômicos, capitalistas, o interesse do Estado desempenham seu papel ativo nesse circuito de acordo com suas finalidades, seus programas, suas subvenções. A instituição científica suporta as coações tecno-burocráticas próprias dos grandes aparelhos econômicos ou estatais, mas nem o Estado, nem a indústria, nem o capital são guiados pelo espírito científico: utilizam os poderes que a investigação científica lhes dá (MORIN, op.cit.; p.20).

Embora existam tais inter-retroações, a concepção de uma investigação científica desinteressada e pura é cada dia fortalecida pelos meios de comunicação. No entanto, deve ser lembrado que para se fazer ciência hoje são necessários altos investimentos, principalmente em tecnologia avançada. O cientista necessariamente presta contas da sua atividade àqueles que a financiam. É preciso que se reconheça que, os interesses em pesquisa não são apenas do pesquisador, mas também, e talvez, principalmente dos seus “mecenas”.

Outra visão, que também é muito difundida pela mídia, é a do cientista movido apenas pela sua curiosidade de compreender fenômenos, fazer descobertas, estabelecer relações etc. Afinal, quem não se lembra da imagem de um Albert Einstein bom velhinho, humanista, criador da Teoria da Relatividade (que pouquíssimos compreendem, mas que muitos exaltam)? Mas será que é tão bem conhecido o episódio da carta, que ele próprio escreveu ao presidente Roosevelt, recomendando a construção de uma bomba atômica, antes que os nazistas a fizessem? A questão aqui não é exatamente a de julgar a atitude dos cientistas, mas reconhecer que a imagem de ciência e dos cientistas que a maioria das pessoas têm pode ser no mínimo perigosa.

O desenvolvimento científico abrange alguns traços “negativos” que, embora sejam bem conhecidos, muitas vezes, só aparecem como inconvenientes secundários (MORIN, op.cit.; p.16). O primeiro deles é o desenvolvimento disciplinar das ciências. A maneira com que as ciências se organizaram ao longo da sua evolução, em disciplinas, não traz apenas as vantagens da divisão do trabalho, mas também os inconvenientes da superespecialização, causadora da fragmentação do saber (MORIN, idem). A tendência para a fragmentação do saber científico tem como consequência a tendência para o anonimato (MORIN, op.cit.; p.17). As diversas ciências não evoluíram na direção de um todo organizador como se acredita. Cada vez mais se aprofundam nas suas respectivas áreas, bem delimitadas, a ponto de não ser possível uma visão integradora. O resultado disso é a divulgação do conhecimento que fica restrita aos grupos especializados, a não ser pelas exaltações feitas pela mídia em alguns casos.

Para Morin (idem), parece que nos aproximamos de uma revolução na história do saber, em que ele, deixando de ser pensado, meditado, refletido por seres humanos, integrado na investigação individual de conhecimento e de sabedoria, destina-se cada vez mais a ser acumulado em bancos de dados, para ser, depois, computado por instâncias manipuladoras, dentre as quais o Estado estaria em primeiro lugar.

O outro traço negativo apontado por Morin (op.cit.; p.16) é a grande distância entre as chamadas Ciências da Natureza e as Ciências Humanas, fruto talvez da fragmentação do conhecimento científico. O ponto de vista das Ciências da Natureza exclui o espírito e a cultura que produzem essas mesmas ciências. Com a eliminação do sujeito do conhecimento, na qual se baseia o seu postulado de objetividade, a concepção “clássica” de ciência, que reina ainda nos dias de hoje, acaba por separar valor e interesse científico. O cientista que se ocupa de estudar a natureza das coisas, não é capaz de reconhecer que ele próprio faz parte da natureza; que é um ser biológico, social, político e cultural. Escapa-lhe o reconhecimento da influência da sua atividade profissional sobre a sociedade. Para Morin (op.cit.; p.21), pode-se até dizer que o retorno reflexivo do sujeito científico sobre si mesmo é cientificamente impossível, porque o método científico se baseou na disjunção do sujeito e do objeto. O cientista só é capaz de tratar do objeto; o seu “lado” humano foi remetido para a Filosofia e a moral.

Esses traços negativos, ao lado da visão deformada da ciência e dos cientistas que o cidadão comum tem, vêm a configurar um cenário paradoxal do desenvolvimento científico. Tal cenário pode ser vislumbrado através de Morin (op.cit.; p.17):

Não devemos eliminar a hipótese de um neo-obscurantismo generalizado, produzido pelo mesmo movimento das especializações, no qual o próprio especialista torna-se ignorante de tudo aquilo que não concerne a sua disciplina e o não-especialista renuncia prematuramente a toda possibilidade de refletir sobre o mundo, a vida, a sociedade, deixando esse cuidado aos cientistas, que não têm tempo, nem meios conceituais para tanto. Situação paradoxal, em que o desenvolvimento do conhecimento

instaura a resignação à ignorância e o da ciência significa o crescimento da inconsciência.

Outro problema, muito recorrente quando se fala das interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, diz respeito ao rápido crescimento da taxa de produção de novos produtos e o concomitante decréscimo no tempo de ajuste a cada nova mudança (GASKELL, 1982). Segundo Trivelato (1995), o maior problema não é apenas essa alta velocidade com que as inovações se sucedem, e sim o impacto advindo do seu alcance na sociedade e no ambiente, particularmente do seu potencial de danos, do seu potencial de alteração da organização do trabalho e do seu potencial de desencadear um profundo debate de posições éticas.

Sobre a questão do impacto das inovações é relevante a análise que Noble (apud APPLE, 1989; p.64-65) faz da história da relação entre ciência, tecnologia, instituições educacionais e indústrias:

(...) Esse monopólio [industrial] significou o controle não simplesmente de mercados e do equipamento e instalações, mas também da própria ciência. Inicialmente o monopólio da ciência tomou a forma de controle de patente – isto é, o controle sobre os produtos da tecnologia científica. Tornou-se depois controle sobre o próprio processo de produção científica, através da pesquisa industrial organizada e regulada. Finalmente, veio a incluir o controle sobre os pré-requisitos sociais desse processo: o desenvolvimento das instituições necessárias para a produção tanto do conhecimento científico quanto das pessoas que detinham conhecimento especializado e a integração dessas instituições no sistema capitalista da indústria baseada na ciência. “A revolução técnico-científica”, como Harry Braverman explicou, “não pode ser entendida em termos de inovações específicas... Em vez disso, ela deve ser entendida em sua totalidade como modo de produção no qual a ciência e a engenharia foram integradas como partes do funcionamento ordinário. A inovação-chave não deve ser encontrada na química, eletrônica, ou na maquinaria automática... ou em qualquer dos produtos dessas ciências-tecnologias, mas, antes, na transformação da própria ciência em capital.

Pode-se perceber por meio destas reflexões, que as interações entre as três áreas são variadas e complexas. Muitas delas têm resultado em problemas para os cidadãos e para o meio ambiente; o que não deixa de ser um problema para a sociedade, dada a necessidade de conservação do ambiente para a sobrevivência humana. Dessa forma, algumas perguntas que poderiam ser feitas a esta altura seriam: qual é o papel do cidadão comum frente a esse quadro? Será que ele está preparado para ser exposto aos problemas desta nova sociedade.

4.2- Exigências para o ensino de Ciências

Quando falamos em preparação do cidadão, necessariamente estamos nos remetendo ao processo educativo. E aí a pergunta poderia ser outra: a escola vem se preocupando em formar indivíduos capazes de enfrentar tal situação? Situação esta, que, para ser mais claro, coloca as pessoas de frente com os problemas que os avanços da ciência trazem em seu bojo.

Se analisarmos a escola pública, que é responsável pela educação da maioria dos cidadãos brasileiros, essa preocupação no mínimo não vem acarretando providências que possam mudar os valores e as atitudes a ponto de direcionar as práticas educacionais para o tipo de formação requerida hoje.

Mesmo nas escolas particulares mais conhecidas, nas quais acostumou-se a crer que a educação possui qualidade superior à da escola pública, seu ensino médio, considerado a última etapa da educação básica segundo a LDB/96, e que, portanto, deveria se preocupar com este tipo de formação, não mudou sua concepção de educação. Continua a agir em função de um vestibular que exige apenas memória, traquejo matemático, habilidade para comunicação escrita e talvez alguns conhecimentos e habilidades a mais, dependendo das exigências de cada universidade, mas ainda distantes de coisas como por exemplo, o reconhecimento pelo aluno da cultura associada a sua classe social e as competências identificadas como fundamentais para o pleno exercício da cidadania dentro da nossa sociedade atual.

Na visão de Kilpatrick (1978), o pensamento baseado na experimentação, fruto do desenvolvimento da ciência, desempenha um papel fundamental dentro das mudanças estruturais da nossa civilização, e são essas mudanças que vêm a fazer novas exigências à educação. Em síntese, o referido autor explica que tal pensamento fez aumentar as descobertas e surgir um grande número de invenções; e o aumento de invenções significa aumento de mudanças sociais (KILPATRICK, op. cit.; p.35). Mudanças essas que tendem a se intensificar, dado os avanços científicos e tecnológicos que presenciamos em nossa época.

Mais adiante, complementa Kilpatrick (op.cit.; p.45-46):

(...) Alega-se que a escola tem preparado a criança para a vida do adulto. Não é exato. Não tem preparado para a vida presente do adulto, como tem desprezado também, totalmente, o futuro desconhecido, que as crianças terão de enfrentar quando adultos. Em vez de preparar para a vida de hoje, freqüentemente tem ensinado, ao contrário, coisas antiquadas e matérias meramente convencionais. Em parte, devido à pouca plasticidade de sua teoria educacional rotineira, difícil de ajustar-se às exigências reais presentes; em parte, porque estando presa a interesses sociais egoísticos, tem dado preferência aos sinais convencionais do aprendizado, em lugar de dá-la ao serviço social eficiente; em parte, ainda porque a sua perniciosa teimosia preferiu manter o atraso moral-social, em relação à nova situação social. Em lugar de preparar, como melhor podia para um futuro desconhecido, em mudança, a educação tradicional, com efeito, pretendeu que o futuro fosse igual ao presente. (...) Precisamos, portanto, obter adaptação para a própria mudança. É a estabilidade em movimento que precisa guiar nossos esforços. A educação enfrenta, assim, problema inédito, pelo menos quanto à intensidade. Àquele velho armazenamento de matérias de estudo determinadas, que deveria subsistir de uma geração para a outra, precisam ser adicionados novos métodos e perspectivas mais amplos, especialmente adequados a enfrentar situações novas (...).

Falando mais especificamente do ensino de ciências, Trivelato (1995) identifica que as discussões na última década têm evidenciado uma forte

preocupação dos educadores com os propósitos das disciplinas científicas do ensino médio e fundamental. Segundo esta autora, *“parece haver uma insatisfação com os resultados obtidos ou uma incompatibilidade de pretensões”*, pois *“de um lado vemos a escola tradicional formando indivíduos mais aptos a aceitar regras e valores do que a questionar e criar novas regras e novos valores e, de outro lado temos uma sociedade que impulsiona o rápido desenvolvimento científico e tecnológico, demandando transformações de hábitos e, até éticas e morais”*. Podemos perceber ainda nessa passagem, que um ensino de ciências coerente com as demandas atuais deve englobar a educação moral como um aspecto fundamental dentro de suas práticas e posturas.

Se seguirmos a argumentação de Gadotti (1992; p.83), podemos entender como natural a função da escola de formar indivíduos aptos a aceitar regras e valores. Para ele, *“o sistema educacional de um país é um prolongamento de um sistema social e político”*. Dessa forma, as contradições que vemos na escola deverão ser reproduções das contradições existentes na sociedade. Num sistema capitalista, como é o do nosso país, uma das normas que regulam o *status quo* do sistema produtivo e conseqüentemente das desigualdades entre as classes sociais é a divisão social do trabalho. E as escolas têm um papel fundamental na manutenção desse estado de coisas.

Sobre essa questão, Apple (1989) explica que é preciso olhar as escolas como aspectos do aparato produtivo da sociedade de duas formas: elas produzem agentes para fora dela (para posições fora dela) no setor econômico e produzem formas culturais, (a partir do seu currículo oculto²) direta e indiretamente exigidas por esse mesmo setor econômico. O sistema educacional tem, portanto, a capacidade de preparar os indivíduos para as suas futuras ocupações profissionais, não apenas “distribuindo” conhecimento, mas também criando uma cultura que tem o objetivo implícito de manter a divisão social do trabalho. Os

² Segundo rotulação de Jackson (apud APPLE, 1982:127), o “currículo oculto” é composto de normas e valores que são implícita porém efetivamente transmitidos pelas escolas e que habitualmente não são mencionados na apresentação feita pelos professores dos fins ou objetivos.

indivíduos começam a aprender as regras e os valores da sua classe social na escola, embora não se dêem conta disso.

Um exemplo ilustrativo de uma das manifestações do currículo oculto é a avaliação. Segundo Costa (1996), a medição da qualidade em educação tem sua origem no modelo de eficiência econômica. Isto faz com que a qualidade dos sistemas educativos e de seus processos seja vista em termos de eficiência. Os modelos avaliativos assumem, assim, a racionalidade do modo de produção industrial (BARROS FILHO, 1999; p.31). Dessa forma, o modelo de avaliação carrega em seu bojo normas implícitas de atitudes e comportamentos que acabam por atender às necessidades de uma empresa capitalista, ou seja, em termos de desempenho.

Romper com esse modelo de formação deveria ser objetivo chave de uma educação que busca a consolidação de uma sociedade mais justa. Para isso é preciso reconhecer a necessidade de um ensino voltado para o exercício da cidadania, ao invés de apenas uma mera preparação para o trabalho ou para um nível posterior do sistema educacional. Dentro desse ideal, a formação científica do cidadão desempenha um papel de destaque, se levarmos em conta os efeitos dos avanços científicos e tecnológicos sobre a sociedade, de que vínhamos falando.

Bybee (1987) argumenta que os educadores em ciências tendem a dar mais atenção à ciência do que à educação em suas definições e justificações de objetivos deste ensino. Segundo ele, a educação em ciências é uma instituição social. Como tal, compartilha objetivos comuns a todas as instituições sociais: (1) prover as necessidades e o contínuo desenvolvimento dos indivíduos e (2) preencher os requisitos e as aspirações de uma sociedade democrática. Estes objetivos são obtidos de maneira singular, para cada instituição. No caso do ensino de ciências, isso significa educação sobre o conhecimento, aplicações, habilidades e valores relativos à ciência e a tecnologia.

Uma educação científica que busca se adequar ao momento atual da nossa sociedade deve, portanto, se preocupar não apenas com a aquisição de

conhecimento científico. Mas principalmente em conscientizar as pessoas da relação intrínseca entre a ciência, a tecnologia e as suas vidas e instrumentalizá-las segundo as exigências da nova sociedade. Essa é uma necessidade social, se considerarmos que nem todos os alunos virão a ser cientistas, mas que todos virão a ser cidadãos. O que importa é que o ensino de ciências conjugue harmoniosamente a dimensão conceitual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural (SANTOS, 1999). A maioria dos estudantes não precisa de um treinamento pré-profissional em ciência, assim, um currículo que também se preocupa com aspectos humanísticos relativos à ciência deverá ser mais adequado para os estudantes que serão futuros “consumidores” de ciência, mais do que “produtores” de ciência (AIKENHEAD, FLEMING e RYAN, 1987).

Mesmo aqueles estudantes que optarem por uma carreira da área científica ou tecnológica necessitam de uma formação que valoriza aspectos humanísticos como foi dito acima. Isto porque, espera-se que esses indivíduos estejam preparados para emitirem julgamentos referentes às questões éticas relacionadas as suas atividades profissionais.

Ao mesmo tempo em que consideramos importante que cientistas, engenheiros e técnicos sejam capazes de emitirem julgamento das suas atividades profissionais tendo em vista valores éticos e morais, acreditamos que qualquer pessoa deve ser apta para se posicionar perante as decisões que envolvem a ciência e a tecnologia. Não podemos nos afastar desta classe de problemas com o pretexto de não sermos especialistas nestes assuntos, pois correremos o risco de abrimos mão dos nossos direitos de cidadãos. Não conhecer os detalhes técnicos de uma questão que envolve a ciência e a tecnologia, seja ela qual for, não implica deixar de buscar reconhecer a ideologia que pode estar por trás desta questão. Pois, assim como fala Trivelato (1995), “*os problemas fundamentais que a sociedade enfrenta são relacionados às ‘idéias’ e precisam ser discutidos, mesmo que não se conheçam os detalhes técnicos*”. Todavia, não conhecer os detalhes técnicos não significa que as pessoas deixem de procurar conhecê-los, buscando as informações necessárias. Logo, uma das condições que o ensino de ciências deveria favorecer é exatamente a de gerar interesse por

temas científicos e tecnológicos e tentar criar uma cultura de busca por informações confiáveis, segundo critérios próprios do indivíduo.

Sobre essa questão dos julgamentos, Kilpatrick (op. cit.; p.49-50) considera que,

(...) se o desenvolvimento da ciência significa, como evidentemente deve significar, tendência crescente para criticar e pôr em dúvida as instituições até hoje aceitas, é obvio que se segue a conclusão de que a educação deve, se possível, aumentar a capacidade de julgar. (...) Jamais a propaganda comercial ou de idéias foi tão intensa como agora, e jamais tão eficiente graças à experimentação interessada, com que melhorou seus processos. Precisamos, pois, de espírito crítico preparado para opor-lhe resistência, quando necessário. (...) Precisamos de mentalidades liberais para ver e ouvir sugestões sobre o que é novo, mas precisamos de mentalidade crítica correspondente, para avaliar e julgar com segurança.

Entendemos a legitimidade do desejo dos membros de uma sociedade de participar das decisões sobre os rumos das políticas públicas. Porém, quando alguma decisão depende de um certo conhecimento ou informação que não se dispõe naquele momento, o que é comum nas decisões que envolvem a ciência e a tecnologia, o cidadão é distanciado do processo. Mesmo se pensarmos nas decisões cotidianas, a autonomia das pessoas em escolher produtos e serviços pode ser comprometida pela falta de conhecimentos e habilidades e até mesmo valores relativos à ciência e a tecnologia. As disciplinas científicas deveriam, portanto, se preocupar em preparar os cidadãos para tomarem decisões, tanto em âmbito coletivo, como em âmbito individual.

Alguns autores como Trivelato (1995) e Solbes e Vilches (1997) acreditam que uma das maiores razões para as modificações do ensino é a mudança na visão de ciência e de tecnologia dos alunos. A concepção de ciência como uma divindade, esotérica; verdade absoluta, porém incompreensível, senão para seus “sacerdotes” (os cientistas), deve evoluir para uma concepção que a enquadra dentro de uma cultura contemporânea, da qual fazem parte, entre outras coisas, a política, a arte, a economia e a própria religião. Esta nova visão de ciência e

tecnologia pode ajudar os estudantes a desenvolverem uma atitude favorável com relação ao seu aprendizado.

Solbes e Vilches (1989), baseando-se em James, Smith, Yager e Penich, afirmam que esta atitude favorável em relação à ciência, e conseqüentemente seu interesse pelo aprendizado das disciplinas científicas, decai ao longo do período de escolarização. Uma das explicações para este fenômeno, segundo esses autores, e dada por conclusões de pesquisas educacionais, fala sobre o atual sistema educativo como responsável, pelo menos em parte, por esta atitude. Isto, pois:

- 1) O tipo de ensino praticado é caracterizado por limitar seus objetivos a conhecimentos. Ensina-se em função do nível seguinte, sem levar em conta o conhecimento prévio dos alunos. As atividades de ensino não são interessantes, reduzindo-se à transmissão verbal;
- 2) O tipo de avaliação, centrado em exames que enfatizam conhecimentos;
- 3) Há determinadas características dos centros de formação de professores e dos próprios que são indesejadas, como por exemplo, a escassez de tempo em que o aluno está ativamente envolvido em tarefas de aprendizagem; o tipo de expectativas que os professores possuem de si mesmos, dos alunos e da própria escola e a ausência de um conjunto limitado de objetivos alcançáveis compartilhados pelos professores;
- 4) A imagem deformada dos cientistas e da ciência, caracterizada pelo empirismo, que reduz os trabalhos práticos a meros exercícios, seguindo receitas e esconde o papel que o pensamento criativo (emissão de hipóteses, desenho de experiências etc.) ocupa no trabalho científico; pela visão acumulativa e puramente linear do crescimento das ciências, que não mostra a ciência como algo vivo, em evolução, com crises e profundas mudanças de paradigmas e por sua falta de conexão com os problemas reais do mundo. (SOLBES E VILCHES, 1989).

O início da década de 90 foi considerado um período de crise no ensino de ciências por alguns educadores (HART e ROBOTOM, 1990), justamente pela distância entre o tipo de educação científica requerida por esta nova sociedade e o ensino atual. Segundo esses autores a situação por que passa o ensino de ciências envolve uma mudança de paradigma, semelhante à mudança de ênfase que ocorreu na década de 60: o *slogan* “ciência para todos” deverá substituir o “tornar-se cientista”, que estava por trás dos currículos de ciências daquela época. Este novo paradigma valorizaria os propósitos abrigados sob os títulos: alfabetização científica, preparação para a cidadania e relações Ciência/Tecnologia/Sociedade.

Hoje, o propósito de se colocar na pauta das discussões sobre o ensino, tanto de formação profissional, quanto à educação básica, tais questões e em especial as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade é consenso entre educadores (SILVA et al., 1999) e ganhou uma universalidade que lhe proporciona *status* de movimento.

Este movimento, que recebe o nome de “Movimento CTS” (Ciência/Tecnologia/Sociedade), já conquistou espaço em sistemas educacionais de vários países, principalmente de língua inglesa: Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Austrália e Nova Zelândia (BORREGUERO e RIVAS, 1995). A seguir, discutiremos um pouco mais sobre esse movimento, destacando os seus objetivos.

4.3- O Movimento CTS

Não é tarefa fácil definir com precisão o que venha ser o Movimento CTS. Grosso modo, o movimento representa um conjunto de preocupações referentes às relações entre os três campos do saber que compõem a sigla. Considerando essa definição geral, devemos crer que o Movimento CTS não é apenas um componente curricular que tem definidos os seus objetivos e o seu conteúdo programático (TRIVELATO, 1995). Também não é exclusividade do ensino de ciências, pois se envolve a tecnologia e a sociedade, também está relacionado

com disciplinas técnicas e tecnológicas como as Engenharias, por exemplo, e as Ciências Humanas.

Dentro do ensino de ciências, o Movimento CTS pode ser encarado como um novo paradigma (SANTOS, 1992:191), que procura mudar o enfoque dado a este ensino. O novo enfoque procuraria ampliar os objetivos do ensino tradicional de ciências, ao relacionar o aprendizado da ciência com o que se exige de um indivíduo para uma vida cidadã plena. Todavia, este novo enfoque difere muito de um autor para outro, devido à falta de consenso na área sobre a interpretação dessas relações (SILVA et al., 1999). Ao discutir Harrison, Gaskell (1982) reconhece que vários grupos sociais têm interesses, e muitas vezes divergentes, no tratamento de questões relativas à ciência, tecnologia e a sociedade dentro da escola: enquanto os empresários desejam que seus funcionários tenham sua capacitação ampliada, conservacionistas querem ensinar às crianças sobre os maus efeitos da tecnologia. E essas opiniões podem obviamente influenciar a concepção dos educadores sobre o que deve ser considerado importante em termos das relações CTS dentro do ensino.

Embora haja essa divergência, Santos (op.cit.; p.132) identifica a existência de dois objetivos que mais freqüentemente aparecem nos trabalhos dedicados ao tema CTS. O primeiro deles refere-se à compreensão da natureza da ciência e do seu papel na sociedade. Esse objetivo implicaria a necessidade do aluno adquirir conhecimentos básicos sobre Filosofia e História da Ciência para compreender as potencialidades e limitações do conhecimento científico (SANTOS, op.cit.; p.135).

O outro objetivo refere-se ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão, a qual relaciona-se à solução de problemas da vida real que envolvem aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e políticos, o que significa preparar o indivíduo para participar ativamente na sociedade democrática (SANTOS, idem).

Assim como afirma Zoller (1982), a vida é em essência um contínuo processo de tomada de decisões ou de seleção de opções viáveis. Dessa forma, pode-se argumentar que a tomada de decisão é uma qualidade humana vital, que pode ser melhorada através da instrução (ZOLLER, idem). Neste sentido, o

referido autor nos diz que a educação de indivíduos competentes em tomar decisões é significativo em termos de:

- Facilitar decisões sensíveis e moderadas em um mundo complexo;
- Fazer com que a Sociedade funcione de modo produtivo em todos os níveis – esperando –se um mínimo de atrito social;
- Melhorar a perspectiva de sobrevivência tanto do indivíduo, quanto da Sociedade;
- Ajudar as pessoas a compreender, apreciar e avaliar as decisões dos outros.

Se olharmos os problemas que a ciência e a tecnologia têm colocado para a sociedade discutidos anteriormente, poderemos perceber que esses dois objetivos principais, destacados pelos autores envolvidos com o Movimento CTS são de fato pertinentes.

Especialmente sobre o objetivo de capacitar os cidadãos a tomarem decisões, Zoller (idem) afirma ser este um real desafio para o ensino de ciências ao reclamar um currículo específico, no qual as dimensões de ciência e tecnologia no moderno contexto sócio-tecnológico são exploradas e enfatizadas.

Em nosso modo de ver, para a construção desse currículo seria fundamental direcionar o ensino para a formação de competências e não somente para a transmissão de conhecimentos, como defenderemos ao longo deste trabalho.

5. BASES TEÓRICAS PARA A ELABORAÇÃO DAS ATIVIDADES DE ENSINO

Discutiremos agora, o modelo didático-pedagógico que utilizaremos nas aulas que iremos ministrar, para a concretização desta pesquisa. Nossa intenção é expor algumas características deste modelo, mostrando como esperamos que a aprendizagem se processe.

5.1- As pedagogias da resposta e as pedagogias do problema

Meirieu (1998, p.170-172) distingue dois tipos de pedagogia muito recorrentes quando se discute aprendizagem. Segundo ele, embora os pedagogos, cada um a sua maneira, possam ter experimentado a fecundidade da interação problema/resposta, tendem a privilegiar um dos dois termos. Dessa forma, explica que de um lado temos o que, por simplificação, podemos chamar “a pedagogia da resposta”, a qual tem como objetivo central fornecer explicações devidamente ajustadas. Este modelo ensina lições que, dentro de um certo tempo, permitirão resolver problemas, que serão encontrados *a posteriori*, após a aula, na avaliação, no exame, na “vida” (MEIRIEU, idem). Este método, que o autor também chama de “expositivo magistral”, dispõe de uma eficácia real, porém seletiva; só pode então ser empregado sem efeito nocivo se antes for constatada a fixação de um problema comum a todos os sujeitos, explicitado no início da seqüência, ou a finalização pela elaboração de um problema possível, formulado explicitamente ao longo da seqüência. Contudo, atualmente, os alunos não têm encontrado mais, em sua história pessoal, cultural e social, quando o professor “ensina a lição”, o problema ao qual esta responde (MEIRIEU, idem).

No outro extremo encontra-se o que o autor, para simplificar novamente, chama de “pedagogias do problema”. Essas pedagogias, assim como os sinônimos “métodos ativos”, “pedagogia do concreto”, ou “do projeto”, têm o propósito de colocar o aluno diante de uma tarefa capaz de mobilizá-lo e por ocasião da qual se tentará fazer com que efetue aprendizagens precisas (MEIRIEU, idem). O autor destaca que tal método pode parecer satisfatório à

primeira vista, mas encontra rapidamente duas dificuldades consideráveis: por um lado, na realização de um projeto, nada garante a progressividade das dificuldades e que a mesma questão não reapareça várias vezes e que não continue a aparecer inutilmente quando a aprendizagem terá sido efetuada; nada garante ainda que a questão exata, por sua vez, venha no momento exato. Por outro lado, as pedagogias do problema ignoram completamente que a aprendizagem, diante de uma dificuldade, é quase sempre a solução mais onerosa. Isto é, muitas vezes é mais fácil buscar a solução pronta: encontrar alguém que saiba fazer por nós, algum recurso tecnológico etc. do que efetivamente aprender. Segundo o autor, estaríamos errados em criticar esse procedimento que, em vários sentidos, é o próprio motor de nossos progressos intelectuais e técnicos. É por isso, que não devemos atribuir à má vontade de nossos alunos o fato de tentarem executar um projeto sem aprender, mas questionar se a própria estrutura da situação pedagógica está adequada aos objetivos de aprendizagem fixados (MEIRIEU, idem).

5.2- O ensino por meio de situações-problema

Assim como já dito, a abordagem por situações-problema foi desenvolvida em particular por Philippe Meirieu, e vem sendo retomada por muitos didáticos em várias disciplinas (PERRENOUD, 1999, p.57). Em suas palavras, a situação-problema é *“uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. Esta aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer o obstáculo na realização da tarefa.”* (MEIRIEU, 1998, p. 192).

Esta é particularmente uma estratégia interessante, pois, assim como argumenta Meirieu (op.cit., p.169), se nos perguntarmos sobre o que foi realmente formador em nossa trajetória pessoal – o que nos permitiu reestruturar nosso sistema de representações, o que enriqueceu de maneira decisiva nossa concepção das coisas, o que nos levou a modificar consideravelmente nossas práticas – descobriremos, sem dúvida, que se trata de surpreendentes correspondências, de conjunturas favoráveis em que um elemento de explicação,

um aporte teórico, um instrumento ou método de trabalho vieram a responder uma questão ou a um problema que apresentávamos. É assim, que integramos um elemento novo, quando este é, de certa forma, uma solução a um problema que se apresenta a nós, no dia-a-dia. Isto significa dizer que nos apropriamos, de fato, de um aporte formativo graças à utilização finalizada que dele fazemos (MEIRIEU, *idem*). A colocação de um problema, portanto, potencializa a aprendizagem, “impulsionando-a”.

Logo, a pedagogia das situações-problema deve dedicar-se à criação de situações em que haja a articulação das respostas e dos problemas, para que as respostas possam ser construídas pelos sujeitos e integradas na dinâmica de uma aprendizagem finalizada (MEIRIEU, *op.cit.*, p.170); a qual não deve ser confundida com utilitarista. Nesta perspectiva, o ofício de professor não consistiria mais em ensinar, mas em fazer aprender (PERRENOUD, 1999; p.58). Isto, pois o professor assume a tarefa de inventar situações que impõem ao aluno a necessidade de se apropriar das soluções; e este se verá, de certa forma, obrigado a utilizar sua própria inteligência (MEIRIEU, *idem*).

Um elemento crucial dentro da dinâmica dessa abordagem refere-se aos obstáculos que os alunos terão de superar para aprender o que se espera e, conseqüentemente, encontrar as soluções buscadas. Neste sentido, Meirieu (*op.cit.*, p.57) nos informa a insistência de Platão em ressaltar que o falso saber era um obstáculo maior para o saber do que o não-saber. Sobre esta idéia, independentemente da problemática precedente, Astolfi e Develay (1990, p.64) fazem menção à relevância dos trabalhos resultantes das orientações de Bachelard, mas também de Piaget e Wallon, que tentam descrever os obstáculos que os alunos encontram no caminho das aquisições científicas.

Com efeito, antes de qualquer aprendizagem, a criança já dispõe de um modo de explicação (GIORDAN *apud* MEIRIEU, *idem*). E tal sistema de explicação, como lembra o autor, é indispensável, pois sem esta primeira apreensão o mundo lhe seria totalmente impenetrável. É preciso que se saiba que não há nesta situação uma falta de conhecimento, um tipo de erro de estratégia que poderia ser corrigido convidando o aprendiz a libertar-se de suas idéias

errôneas. Existe neste caso uma necessidade irreduzível: só se entra em contato com as coisas, porque se cria vínculo com elas, sendo esse vínculo constituído pela idéia que delas se tem (MEIRIEU, op.cit, p.58).

Dessa forma, Meirieu (op.cit., p.134-135) identifica três conseqüências do modelo das situações-problema para a prática docente: 1) Só se pode ensinar apoiando-se no sujeito, em suas aquisições anteriores, nas estratégias que lhe são familiares. O ensino, portanto, não será eficaz caso não forem estabelecidas situações de aprendizagem, nas quais o aprendiz possa estar em atividade de elaboração, de modo a integrar novos dados em sua estrutura cognitiva. Isto é, sem que o aprendiz articule o seu conhecimento pré-existente ao novo conhecimento. 2) A ação didática deve, portanto, esforçar-se para fazer com que haja a emergência da informação que possibilita essa articulação. Tal necessidade predispõe uma avaliação contínua do processo de aprendizagem. Numa fase inicial terá caráter mais diagnóstico, com vistas a identificar o nível de saber do estudante com o que se pretende ensinar. Com o progresso do ensino, a avaliação adquirirá um caráter mais formativo, que se concretiza através da observação da aprendizagem em ação, analisando, entre outras coisas, as estratégias utilizadas e os conseqüentes efeitos produzidos. 3) A ação didática, se só pode partir do sujeito tal como ele é, deve ter como fim enriquecer suas competências e suas capacidades e permitir que ele experimente novas estratégias. Deve, portanto, enriquecer o repertório metodológico dos sujeitos apoiando-se nas competências adquiridas para explorar novas estratégias e construir novas capacidades. Logo, o que terá sido alcançado por um caminho bem conhecido poderá permitir a exploração de novos caminhos e a aquisição de novas capacidades. Assim, o autor conclui que a estratégia de um sujeito é inevitável, porém deve ser superada. Mas tal superação só ocorrerá, em um primeiro momento, se a própria estratégia tiver sido respeitada.

Com base nisso, concluímos que a colocação de uma situação-problema desencadeia tentativas de superação de um obstáculo, para que se alcance a resposta. Caberá ao educador a estruturação precisa da situação, de modo a ter bem claro em sua consciência qual será o obstáculo que os alunos enfrentarão,

mesmo que estes não o tenham a princípio; o que realmente ocorre, segundo Meirieu (op.cit.; p.174). É o obstáculo que se tornará o ponto nodal da situação, em torno do qual a aprendizagem encontra significado e a construção de competências se potencializa.

Contudo, não podemos ignorar que, para o professor, o ponto de partida para o ensino é o programa. Sua organização didática parte da organização que faz dos conteúdos que pretende ensinar. No entanto, como explica Meirieu (op.cit., p.118), os programas, na maioria dos casos, apresentam-se apenas como uma seqüência de noções e exemplos, de conhecimentos periféricos e conceitos essenciais, misturados em um acúmulo em que mal se distingue o importante e o acessório. Logo, constatamos a necessidade de distinguir o que é fundamental do que é detalhe, em termos de aquisições conceituais. E, segundo Meirieu (idem), essas aquisições essenciais, que podemos dizer que representam um avanço determinante para o aluno, não são tão numerosas quanto parecem; mas, articuladas uma a outra, constituem um itinerário conceitual bem mais importante e determinante para o seu êxito escolar do que o acúmulo de detalhes rapidamente esquecidos.

A seleção dos conceitos fundamentais consiste basicamente em identificar as noções-núcleo ou objetivos-núcleo pertinentes a um determinado ramo de cada disciplina. Em Física, por exemplo, a apreensão do conceito de velocidade permitirá que o aluno estabeleça relações mais amplas e profundas em variadas situações que envolvem movimento, do que a mera memorização de fórmulas e o uso de técnicas de resolução de exercícios repetitivos em situações ideais. Logo, a velocidade representaria uma noção-núcleo dentro do estudo da Mecânica. Assim, o primeiro tempo do procedimento didático consiste em inventariar um número limitado de noções-núcleo e em adequar sua formulação ao nível de compreensão dos alunos com os quais vamos trabalhar (MEIRIEU, op.cit.; p.119). Feito isso, a etapa seguinte seria a elaboração da situação-problema de modo a articular as noções-núcleo pertinentes num todo integrador, levando em consideração os obstáculos que o aluno deve superar para alcançar os objetivos propostos pela seqüência de atividades.

5.3- O construtivismo

O termo “construtivismo”, já há algumas décadas, se encontra presente no discurso dos muitos educadores que buscam adequar as condições de ensino à aprendizagem, como uma alternativa ao ensino tradicional, que, ao se pautar basicamente pela exposição verbal do professor, nos parece sugerir justamente o contrário: a aprendizagem é que deve se adequar ao ensino.

Contudo o termo é gerador de controvérsias e interpretações imprecisas, pois existem diferentes interpretações para o construtivismo (MATTHEWS, 2000; WATTS e JOFILI, 1998; MINGUET, 1998, p.5; COBERN 1996). Presente nos discursos de filósofos, educadores, psicólogos, sociólogos etc., o construtivismo pode ser encarado como um conjunto de crenças sobre o conhecimento, como explicam Wheatley (1991) e Osborne (1996), das quais destacaríamos a assertiva de que é o indivíduo o responsável pela construção do seu próprio conhecimento. De maneira mais precisa, assim como Silva (1995, p. 58), entenderemos por construtivismo uma postura teórico-metodológica frente ao conhecimento, inspirada na teoria sobre o desenvolvimento da inteligência de Piaget, que, sobretudo, permite reler os processos de ensino, bem como as concepções que se tem sobre o objeto deste.

Na perspectiva construtivista, aprende-se quando se é capaz de elaborar uma representação pessoal sobre um objeto da realidade ou conteúdo que se pretende aprender (SOLÉ e COLL, 2006, p.19). Tal elaboração implica aproximar-se de um objeto ou conteúdo com a finalidade de apreendê-lo. Porém, não se trata de uma aproximação a partir do nada, mas a partir das experiências, interesses e conhecimentos prévios que o aprendiz já possui (SOLÉ e COLL, op.cit., p.20), sempre tentando associar o conhecimento anterior ao novo. Desta feita, o conhecimento é o resultado de uma interação entre as noções, concepções ou conceitos que uma pessoa já possui e aquelas que são novas; e não pode ser transferido a ela de maneira passiva, ao contrário do que apregoavam os pensadores positivistas (NOVAK, 1988). Logo, as noções sobre um objeto podem variar de pessoa para pessoa, sofrendo modificações quanto ao entendimento em sujeitos diferentes, e também podem se alterar com o passar do tempo (NOVAK,

op.cit.), uma vez que o conhecimento prévio varia de pessoa para pessoa, ao depender de suas experiências passadas.

De maneira convergente, García e Fabregat (1998, p.106) afirmam que o conhecimento “objetivo” que o sujeito vai construindo a respeito da realidade não consiste em uma cópia passiva da realidade externa, mas se origina e desenvolve na interação entre o sujeito e os objetos. Portanto, segundo os mesmos, a comparação do conhecimento é realizada a partir da atividade; conhecer é na realidade fazer, e o que define a atividade do sujeito é a maneira em que organiza suas ações, seu mundo experiencial e suas estruturas de conhecimento são o resultado dessa organização. Desta maneira, não somente se trata da consideração central do aluno no que se refere ao estudo e conhecimento de suas características psicológicas, mas na consideração do aluno como um elemento ativo e não como um mero receptor passivo no processo de ensino-aprendizagem (idem).

Driver (1988) chama a atenção para uma característica chave dentro desta concepção de aprendizagem, que já discutimos anteriormente. Trata-se exatamente da idéia de construções mentais ou “esquemas”, que são usados pelo indivíduo que aprende, sejam bebês ou adultos, para interpretar novas situações. Quem aprende não absorve simplesmente o que se diz, o que se lê, ou o que se experimenta, mas busca mobilizar seus esquemas ou maneiras de pensar ao enfrentar uma situação, tentando compreendê-la. Portanto, aquilo que se aprende não depende apenas das características da situação apresentada (seja o texto de um livro ou um fenômeno físico), mas também dos esquemas disponibilizados pelo aprendiz (DRIVER, op.cit.). Em outras palavras, o processo de aprendizagem é uma interação entre os esquemas mentais daquele que aprende e as características do meio de aprendizagem (DRIVER, op.cit.).

A natureza da interação entre o conhecimento prévio e o novo é explicada pela teoria de Piaget sobre o desenvolvimento da inteligência. De acordo com ela, e sem um aprofundamento mais rigoroso, três processos fundamentais devem ser considerados em tal desenvolvimento: assimilação, acomodação e equilíbrio. Para Piaget, os problemas do conhecimento têm origem no estudo sobre o

organismo. Nesta seara, a questão da adaptação do organismo ao meio é crucial. A adaptação busca estabelecer o equilíbrio entre o organismo e o meio (PIAGET, 1954, p.4). Logo, admite-se que as noções de assimilação e acomodação são aplicáveis às formas de comportamento e pensamento tanto quanto às estruturas orgânicas.

Dessa forma, a assimilação é o aspecto da adaptação que conserva a forma e a organização (PIAGET, idem). Na assimilação psicológica vista da perspectiva cognitiva, objetos são incorporados dentro de formas ou esquemas (PIAGET, idem), isto é, o objeto é integrado a estruturas cognitivas prévias (GARCÍA e FABREGAT, op.cit., p.86).

Já a acomodação é o aspecto que modifica a forma como uma função da situação externa (PIAGET, idem). O aspecto cognitivo da acomodação psicológica é visto se o objeto resiste à assimilação dentro de qualquer esquema existente. Neste caso os esquemas não estão adaptados ao novo objeto e devem se modificar. Quando o objeto não resiste demais para ser assimilável, mas resiste o bastante para causar acomodação, a adaptação ocorre. Adaptação é, portanto, um equilíbrio entre acomodação e assimilação (PIAGET, idem) e a equilibração é o processo pelo qual se atinge este equilíbrio.

Segundo Piaget (1976, p.14), para elaborar uma teoria da equilibração é necessário recorrer a dois postulados: 1º) Todo esquema de assimilação tende a alimentar-se, isto é, a incorporar elementos que lhe são exteriores e compatíveis com sua natureza. Este postulado, nas palavras do autor, limita-se a consignar um motor à pesquisa, logo, a considerar como necessária uma atividade do sujeito, mas não implica por si só na construção de novidades. 2º) Todo esquema de assimilação é obrigado a se acomodar aos elementos que assimila, isto é, a se modificar em função de suas particularidades, mas, sem com isso perder sua continuidade (portanto, seu fechamento enquanto ciclo de processos interdependentes), nem seus poderes anteriores de assimilação. Piaget (op.cit., p.43), explica que assimilação e acomodação constituem dois pólos sempre inseparáveis e não duas condutas distintas. Assim, a nova assimilação, ocorrida após uma acomodação, representa o papel de construção do conhecimento; e a

acomodação o de novos ajustamentos dos caracteres imprevistos do objeto, sendo cada uma destas duas orientações solidária uma com a outra, num todo indissociável (PIAGET, idem).

A equilibração cognitiva nunca assinala um ponto de finalização; os estados de equilíbrio são sempre superados, já que todo conhecimento suscita novos problemas, na medida em que resolve os problemas anteriores (PIAGET op.cit., p.35). Isto implica melhoria cognitiva, exigida por uma necessidade intrínseca de construção ou superação. A equilibração não é apenas um caminho para o equilíbrio, mas para um equilíbrio melhor (PIAGET, idem).

A partir da hipótese da equilibração, os desequilíbrios são, portanto, uma das fontes de progresso no desenvolvimento cognitivo, já que obrigam o sujeito a superar seu estado de equilíbrio inicial (GARCÍA e FABREGAT op.cit, p.88). Logo, entende-se que a ativação do processo de equilibração se deve a desequilíbrios, ou como se convencionou chamar: conflitos cognitivos.

A utilização de conflitos cognitivos como ferramenta de aprendizagem tornou-se um consenso na área do ensino de ciências (SILVA, 1996), dada a quantidade de trabalhos dedicados à questão: (ZYLBERSZTAJN, 1983; ROWELL e DAWSON, 1985; GIL PÈREZ, 1993). Trata-se de provocar uma insatisfação no aluno com o seu conhecimento ou concepção atual sobre um determinado assunto (algum fenômeno físico, por exemplo) formalizado em conteúdo escolar (POSNER et.al., 1982). Ele deve tomar consciência de que o conhecimento que possui até aquele momento não é capaz de explicar, de maneira satisfatória, o objeto que tenta entender (assimilar). Segundo os autores, a maior fonte de insatisfação é uma anomalia. De tempos em tempos, se uma pessoa tenta, sem sucesso, assimilar uma experiência ou um novo conceito em sua já existente rede de conceitos, ela experimenta uma anomalia (POSNER et.al., op.cit.). Esta anomalia existirá quando a pessoa não for capaz de assimilar algo que presume ser assimilável (POSNER et.al., op.cit.). Neste momento haverá um conflito entre a sua estrutura cognitiva e o objeto a ser assimilado. E durante a superação deste conflito Posner et.al.(op.cit.) explica que a mudança conceitual deverá ocorrer, isto é, a superação de uma concepção que não dá conta de explicar o que o aluno

experimenta para conquistar uma nova concepção, que permitirá o seu entendimento.

Não obstante, a mudança conceitual não é tão simples e direta quanto parece, na verdade ela é apenas uma das possibilidades para o aprendiz. Como explica Posner et.al. (op.cit.), ele pode, entre outras coisas, simplesmente ignorar o conflito cognitivo e permanecer com suas concepções prévias. Por essa e outras razões a mudança conceitual sofre algumas críticas, quando pensada em termos de aprendizagem escolar: Mortimer (1995), Villani (1992) e Stavy (1991).

Um aspecto que não deve ser negligenciado, ao se discutir o construtivismo no ensino de ciências refere-se às concepções alternativas dos alunos. Amplamente discutidas nas últimas décadas, as concepções prévias, alternativas conhecimento espontâneo etc. devem constituir o ponto de partida para o ensino construtivista (MIRAS, 2006). Exemplos dessas idéias são encontrados em Driver (1988), e dentre elas citaríamos: 1) Os alunos podem dizer que um objeto pesará mais quanto maior for a altura que se encontra, pois quando cair golpeará o solo com maior força de impacto. 2) Os alunos comentam com frequência que se necessita de uma ação para manter algo em movimento. Quando se empurra um objeto, o ato de empurrar permanece dentro do objeto, e este empurrar se perde quando o objeto pára. 3) Os alunos concebem calor como uma substância. 4) As idéias dos alunos sobre como vêm as coisas podem ser representadas em termos de “raios visuais”. Estas são apenas poucas ilustrações dos tipos de concepções alternativas que já se identificou no pensamento dos jovens, mas já nos dão uma boa idéia de como estão presentes na vida de qualquer indivíduo, e que, portanto, influenciam notavelmente sua visão do mundo físico.

5.4- Orientações para o ensino

Em face à concepção de aprendizagem apresentada, podemos discutir sobre algumas orientações adotadas para a aplicação das aulas nesta investigação.

Silva (1995, p.66-67) pontua três momentos para estruturar o ensino na perspectiva construtivista. Primeiro trata-se de conhecer as concepções

alternativas dos alunos e com base nelas organizar uma situação problematizadora, para provocar desequilíbrios cognitivos. Segundo o autor, as concepções espontâneas explicitadas pelos alunos devem ser traduzidas pelo investigador (professor) em termos de hipóteses sobre o fenômeno estudado.

Após esta fase inicial de problematização, em um segundo momento, os alunos são motivados a debater as hipóteses implícitas nas suas explicações prévias em grupos menores. Isso contribui para uma homogeneização das concepções espontâneas expressas previamente.

Num terceiro momento, o professor busca classificar as hipóteses em termos das estruturas pertinentes aos processos de construção histórico-científica do problema enfocado, isto é, procura traduzir essas hipóteses em termos do conteúdo formal da ciência.

A partir daí pode ter início um processo de discussão entre os alunos, intermediado pelo professor, com o objetivo de promover um consenso que eleve o nível de compreensão dos alunos, referente ao fenômeno físico estudado. Nesta fase, Silva (op.cit., 67) ainda preconiza a utilização de experimentos práticos como complemento de todo o processo.

Em todas as etapas dos debates e dos experimentos, os alunos devem ser solicitados a registrarem suas idéias, para serem analisadas, para que novas questões sejam feitas, buscando provocar novos desequilíbrios. De acordo com Silva (idem), as novas perguntas devem ser formuladas com seguintes objetivos:

- 1) Ampliar os limites explicativos dos fenômenos, pedindo que usem as explicações em outras situações.
- 2) Propiciar uma antítese das idéias e hipóteses, através de exemplos.
- 3) Questionar as concepções alternativas, convidando os alunos a desenvolver formas de confirmação ou refutação.
- 4) Fazer reordenações das suas idéias, buscando através de novas perguntas focar aquilo que a classe está tentando construir, sem, contudo, deixar de formular perguntas que permitam aos alunos atenderem às suas necessidades, isto é, que os faça dar conta de explicações mais específicas e de interesse particular.
- 5) Estimulá-los para a continuidade do trabalho.
- 6) Resgatar o que os alunos já apresentaram, buscando sínteses das suas idéias.
- 7) Permitir que os registros sirvam de guia

para todo o curso e sua evolução, ou seja, um *feedback* tanto para o aluno quanto para o professor.

Outra implicação para o ensino sob bases construtivistas é defendida por Gil Pèrez (1993) e diz respeito a um “programa de investigação”, que deve ser empreendido pelos alunos. Segundo ele, a idéia central deste modelo de aprendizagem das ciências consiste no tratamento de situações problemáticas abertas e de interesse dos estudantes, através das quais eles podem participar da (re)construção dos conhecimentos.

Nesta perspectiva, a experimentação deve envolver objetivos que vão além da mera demonstração ou comprovação da teoria. Segundo Barberá e Valdés (1996), é preciso considerar os distintos tipos de práticas que se realizam, os objetivos que se perseguem, o currículo em que se integram etc., antes de se planejar algum tipo de intervenção didática. Dentre as diversas classificações de trabalho prático dentro do ensino de ciências, nos orientamos por Dourado (apud VALADARES, 2006), o qual afirma a existência de quatro tipos:

- 1) Trabalho Prático é toda e qualquer atividade em que os alunos se envolvem ativamente nos seus diversos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor. Trata-se de um conceito mais geral e abrangente, englobando os conceitos de trabalho laboratorial e de campo;
- 2) Trabalho Laboratorial é, conforme sua designação deixa entender, o trabalho prático que decorre num laboratório ou numa sala de aula, em que estão criadas as condições de segurança para que os alunos manipulem material laboratorial;
- 3) Trabalho de Campo decorre, obviamente, no campo, mas não difere “em substância” do trabalho laboratorial, recorrendo muitas vezes a instrumentos que provêm dos laboratórios.
- 4) Trabalho Experimental é usado para designar todo e qualquer trabalho prático que envolva controle e manipulação de variáveis. Neste caso, o aluno terá de ter a prontidão cognitiva para estudar a variação de uma grandeza em função das outras variáveis.

Assim, dependendo da proposta de trabalho que o professor apresenta aos seus alunos uma dessas formas poderá ser adotada. Mas acreditamos ainda que é possível adotar-se uma forma no início e, mais adiante, com o desenrolar das atividades e do interesse dos alunos, mudar-se para outra. Constatamos tal possibilidade na argumentação de Arruda e Laburu (1996, p.21-22). Segundo eles, a função de um experimento é fazer com que a teoria se adapte à realidade, e que, como atividade educacional isso poderia ser feito em vários níveis. Num primeiro nível, teríamos uma interação fraca entre os alunos e a atividade experimental. Trata-se de um primeiro contato com o experimento, do tipo demonstrativo, cujo objetivo principal seria atingir um grande número de alunos através da realização de experimentos interessantes que despertassem a atenção dos alunos para a ciência. Num segundo nível, a interação com o experimento já é mais intensa; manipulando o equipamento, tirando dados e analisando. No terceiro nível, o aluno pode construir o equipamento, realizar experimentos mais sofisticados, em nossa opinião, trazendo situações-problema para a aula, elaborando hipóteses etc. Neste nível, o aluno já está preparado para repassar para os colegas a sua experiência e o que aprendeu sobre experimentação.

Acreditamos, portanto, que dependendo dos objetivos do professor, das condições da escola e, sobretudo, do interesse dos alunos, o trabalho experimental no ensino de ciências pode assumir qualquer uma das formas discutidas acima. No entanto, não se deve perder de vista a necessidade de uma problematização para guiar a atividade experimental, no sentido dado por Gil Peres (1993).

Uma última implicação da concepção de aprendizagem que adotamos nesta pesquisa reforça a necessidade de mudança na idéia de avaliação, que tradicionalmente se verifica no ensino de maneira geral.

De acordo com Barros Filho (1999, p.43), a avaliação deve ser assumida como um processo, que serve para acompanhar o desenvolvimento dos alunos, permitindo fazer mudanças, ajustes e correções na ação pedagógica. Logo, o professor deve conceber e utilizar a avaliação como um instrumento de

aprendizagem que permita fornecer um *feedback* adequado para promover o avanço dos alunos (CARVALHO E GIL PÈREZ, 1995, p.59). Para tanto, o professor deverá utilizar instrumentos diversificados e com aplicação mais constante, para acompanhar o desenvolvimento do aluno, informando-o sobre sua aprendizagem (BARROS FILHO, *idem*).

Dentro desta perspectiva, a questão do erro assume um papel de destaque, diferentemente da concepção tradicional de avaliação. De fato, tem sido comum privilegiar-se uma única resposta que é considerada correta, deixando-se de lado os prováveis erros que o aluno cometeu até ser capaz de resolver um determinado exercício ou analisar um fenômeno físico, por exemplo. De acordo com Barros Filho (2002, p.22), a maneira de se encarar o erro deve ser repensada, por que o erro é intrínseco à aprendizagem humana, não linear, dinâmica e feita por saltos descontínuos. Não obstante, uma resposta errada pode vir a indicar um caminho correto, apenas truncado em certos momentos, além de permitir a criatividade, no sentido de se buscar formas alternativas de soluções ou outras saídas que se imaginaram possíveis (DEMO apud BARROS FILHO, *idem*). Será, então, por meio de erros e acertos dos seus alunos que o professor conduzirá o ensino, da maneira mais adequada para os próprios alunos.

Por essa óptica, em termos de instrumentos de avaliação, será mais útil que se privilegie o caráter qualitativo, para que o professor possa traçar um “perfil” do aluno, ao invés de buscar atribuir notas quantitativas.

6. PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE ENSINO

Para a realização desta pesquisa, elaboramos algumas atividades de ensino que foram aplicadas por nós, na condição de professor – pesquisador, em uma escola da rede particular da cidade de Mogi das Cruzes. As atividades foram aplicadas fora do período normal de aulas para um grupo voluntário de 13 alunos³ da 1ª série do ensino médio.

A seqüência de atividades baseou-se no trabalho de Silva (1990), sobre o ensino construtivista da velocidade angular, sendo que a principal mudança que fizemos foi colocar o foco que desencadeia o ensino em uma situação-problema, a qual acreditamos provocar maior interesse nos alunos. Contudo, antes de descrevermos as atividades de ensino, iremos analisar como é realizado tradicionalmente o ensino do conceito da velocidade angular.

6.1- O ensino tradicional do conceito de velocidade angular

Em Silva (1990, p.14) encontramos uma breve análise de livros didáticos de Física e, segundo ele, com raras exceções, a velocidade angular é apresentada através de uma definição matemática para ser usada principalmente na Física do ponto material. Segundo o autor, a velocidade angular apresentada através de fórmula fica perdida entre tantas outras, de simples memorização.

Além dessas observações, constatamos também, após a consulta a onze coleções (livros e apostilas) utilizadas no ensino médio, que se dá prioridade às técnicas de resolução de exercícios fechados, nos quais basta substituir os valores numéricos e calcular o valor da grandeza desejada.

Outro aspecto a ser destacado é a falta de critério de relevância entre os conteúdos estudados. Isto é, os conceitos fundamentais são tratados com a mesma atenção que os complementares, não havendo, portanto, um destaque ao que é fundamental. O que importa é memorizar as fórmulas e saber utilizá-las nos exercícios. Essas constatações evidenciam claramente a principal (e talvez a única, em alguns casos) intenção dos autores destes materiais: o treino para o

³ Os alunos que participaram deste estudo foram autorizados por seus responsáveis a ter suas imagens e diálogos gravados e utilizados com fins acadêmicos.

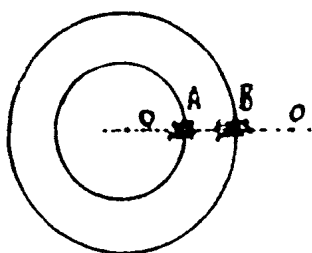
vestibular. E esta acaba se tornando a principal razão de se estudar Física no ensino médio.

Via-de-regra inicia-se discutindo o movimento circular de uma partícula. Utiliza-se uma analogia entre grandezas angulares e lineares para mostrar que é possível estudar o movimento circular das duas maneiras. As fórmulas são, como dito anteriormente, simplesmente apresentadas por meio desta analogia. Feito isso, apresentam-se os conceitos de período e frequência, relacionando-os matematicamente com a velocidade angular. Por fim, são discutidas situações de acoplamentos de polias, engrenagens etc., sempre com vistas a resolver problemas fechados.

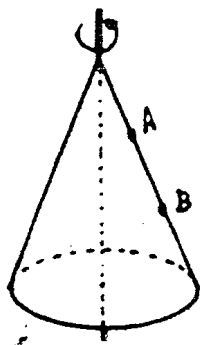
6.2- Descrição das atividades

Iremos aplicar um pré e um pós-teste, cujo objetivo será avaliar a evolução dos alunos em relação ao entendimento do conceito de velocidade angular. Os testes serão compostos pelas seguintes questões:

Questão 1: Dois carros partem no mesmo instante dos pontos A e B da figura, realizam uma volta no mesmo tempo e chegam juntos novamente aos respectivos pontos de partida. Qual dos carros, A ou B, tem maior velocidade? Justifique sua resposta.

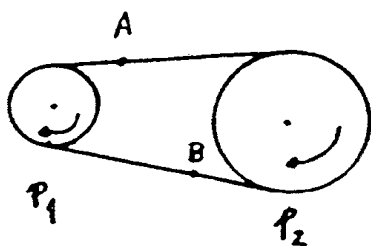


Questão 2: O cone da figura abaixo está girando. Possuindo dois pontos marcados sobre a sua superfície, qual desses pontos, A ou B, têm maior velocidade? Justifique sua resposta.



Questão 3: I. A figura mostra duas polias, P_1 e P_2 ; se o sistema estiver girando, qual das duas polias tem maior velocidade? Justifique sua resposta.

II. Se marcarmos dois pontos quaisquer sobre a correia que liga as duas polias, qual desses pontos tem maior velocidade? Justifique sua resposta.



6.2.1- 1ª AULA

Atividade 1

Iniciamos a aula com um questionamento:

—“Vocês já perceberam que: se andarmos de bicicleta e colocarmos em uma marcha “leve” ficamos pedalando e pedalando, e nos deslocamos muito pouco. Já quando usamos uma marcha mais “pesada”, pedalamos pouco e o deslocamento é maior. Por que isso ocorre?”

Tal fenômeno é facilmente percebido por quem anda em uma bicicleta com marchas, e é fonte de questionamentos, talvez nunca feitos por esses alunos, mas

com certeza pode-se criar aqui uma questão desafiadora, logo, estimulante para eles. No entanto, pode ser que algum aluno nunca tenha tido tal experiência. Por isso, e por outras razões que se seguirão, levamos uma bicicleta com marchas para a aula. Um rápido experimento pode ser feito levando os alunos à quadra, para que experimentem a variação das marchas e a diferença obtida no movimento da bicicleta. Devemos registrar suas impressões.

Atividade 2

Após essa atividade, permitiremos que os alunos explorem, organizados em grupos, o sistema de transmissão da bicicleta, sem que ela se desloque. Para organizar esta exploração, os alunos tentarão responder algumas questões que funcionarão como um guia. Pediremos que registrem suas idéias e justifiquem, após discutirem dentro dos grupos. Nesta etapa, devemos ficar atentos para os métodos utilizados por eles para explorar o sistema de transmissão, tentando, por meio dos seus próprios métodos, levá-los a perceber a diferença entre a velocidade linear (ou escalar) e a velocidade angular; bem como, a diferença entre as velocidades angulares da coroa e da catraca, fato este que está no cerne da situação-problema. Ou seja, esperamos que eles notem determinados fenômenos que permitam um entendimento mais preciso da questão. Por exemplo: utilizando uma marcha “leve” dá-se uma pedalada completa e a roda de trás não percorre uma volta inteira, ou o contrário disso, utilizando uma marcha mais “pesada” dá-se uma fração de pedalada, enquanto que a roda de trás já deu uma volta completa. Para isso, solicitaremos aos grupos que discutam sobre suas conclusões.

É importante termos em mente que, do ponto de vista teórico, a rotação da coroa (roda denteada da frente), obtida com as pedaladas, é transmitida para a catraca (roda denteada de trás) por meio da corrente. A catraca está no mesmo eixo da roda da bicicleta, portanto, sua rotação corresponde à rotação da roda de trás da bicicleta, que é justamente a responsável pelo movimento. Desta forma, a velocidade da bicicleta será igual à velocidade linear de um ponto na superfície do pneu, se não houver escorregamento.

Com a idéia de fração de volta, devemos levá-los, por meio de questionamentos, a compreender de maneira mais significativa a necessidade da medida de ângulos para saber a rapidez de um movimento circular. Contudo, deve-se esperar que os alunos pensem nas medidas desses ângulos em graus, o que não seria adequado, considerando que precisaremos relacionar a velocidade linear com a angular. Portanto, podemos inicialmente permitir que pensem em ângulos medidos em graus, mas posteriormente precisamos que compreendam a necessidade de medi-los em radianos.

Em todas as etapas das aulas, e principalmente desta, o professor deverá estar atento quanto ao uso das concepções alternativas dos alunos dentro das discussões, procurando levá-los a identificar os conflitos cognitivos e a atingirem um nível de compreensão superior ao que manifestaram no pré-teste.

Atividade 3

Para finalizar esta aula, pretendemos formalizar matematicamente o conceito de velocidade angular, com a equação:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

E propor alguns exercícios para a fixação deste conceito.

Atividade 4

Exercícios:

- 1) Uma roda gigante se movimenta, percorrendo um quarto de volta num intervalo de tempo de 4 segundos. Determine sua velocidade angular em graus por segundo e em radianos por segundo.
- 2) Determine a velocidade angular, em rad/s, do ponteiro dos segundos de um relógio.
- 3) Determine a velocidade angular do movimento de rotação da Terra, em rad/h.

6.2.2- AULA 2

Atividade 1

Iniciamos a segunda aula questionando se existe relação entre o deslocamento angular e o linear, bem como entre a velocidade angular e a velocidade linear, em um movimento circular. Permitiremos que os alunos discutam nos grupos, e apresentem suas conclusões para o resto da sala.

Se não atingirem uma formulação correta, devemos desenvolver o seguinte raciocínio:

- Em 1 volta completa ($\Delta\varphi = 2\pi rad$): $\Delta s = 2\pi.r$ comprimento da circunferência.
- Em 1/2 volta ($\Delta\varphi = \frac{2\pi}{2} rad$): $\Delta s = \frac{2\pi.r}{2} \Rightarrow \Delta s = \pi.r$
- Em 1/4 de volta ($\Delta\varphi = \frac{2\pi}{4} rad$): $\Delta s = \frac{2\pi.r}{4} \Rightarrow \Delta s = \frac{\pi.r}{2}$

Assim, conclui-se que : $\Delta s = r.\Delta\varphi$.

Sendo que a unidade do deslocamento linear será a mesma do raio.

E se dividirmos ambos os lados da equação pelo intervalo de tempo, obtemos:

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = r.\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow v = r.\omega$$

Atividade 2

Após a demonstração dessas duas relações, apresentamos o conceito de período e frequência:

- Período: “intervalo de tempo gasto para que um corpo em movimento circular percorra uma volta completa”.
- Frequência: “número de voltas dadas pelo corpo em uma unidade de tempo”.

Discutimos as unidades dessas grandezas físicas; e demonstramos matematicamente que uma das grandezas é o inverso da outra, usando um exemplo numérico: um móvel dá 10 voltas em 2 segundos. A sua frequência é $f =$

$10/2 = 5\text{Hz}$, ou seja, 5 voltas por segundo. O seu período é $2/10 = 0,2\text{s}$, ou seja, a cada $0,2\text{s}$ o móvel dá uma volta completa. Assim: $f = \frac{1}{T}$ e $T = \frac{1}{f}$

Atividade 3

Na seqüência, demonstramos a relação entre a velocidade angular, a freqüência e o período:

Para 1 volta completa, temos:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\text{Mas como, } T = \frac{1}{f}; \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{f}} \Rightarrow \omega = 2\pi \cdot f$$

Finalizamos essa aula propondo a resolução de exercícios para a fixação.

Atividade 4

Exercícios:

- 1) Na vitrola da vovó, um disco gira com freqüência de 45 rpm. Considerando nesse disco um ponto A situado a 10cm do centro, determine para ele:
 - a) A freqüência em hertz e o período em segundos.
 - b) A velocidade angular em radianos por segundo.
 - c) A velocidade escalar linear em metros por segundo.

- 2) Um satélite estacionário, usado em comunicações, é colocado em órbita circular, de raio aproximadamente $4,2 \cdot 10^4$ km, acima da linha do equador. Determine a velocidade angular e a velocidade linear do satélite em seu movimento em torno da Terra. Considere $\pi = 3$.

6.2.3- AULA 3

Atividade 1

Iniciamos a terceira aula retomando a situação-problema inicial, por meio de uma revisão dos conceitos tratados até o momento, e enfatizando a questão da transmissão do movimento circular.

Atividade 2

Apresentamos, por meio de figuras, os dois tipos de transmissão: com as engrenagens no mesmo eixo, e com as engrenagens em eixos diferentes. Logo após, lançamos mão de uma seqüência de questões, com o objetivo de integrar o conhecimento adquirido sobre velocidade linear e angular à situação-problema. Assim, eles serão solicitados a comparar tais velocidades entre a coroa e a catraca da bicicleta. O objetivo é que os alunos reconheçam que as velocidades lineares são iguais no acoplamento em eixos diferentes.

Atividade 3

Os alunos deverão estabelecer uma relação matemática entre as velocidades angulares e os raios da coroa e da catraca, no acoplamento em eixos diferentes, usando as equações estudadas na aula anterior:

$$v_{CATRACA} = v_{COROA}$$

$$\omega_{CA} \cdot r_{CA} = \omega_{CO} \cdot r_{CO}$$

$$\omega_{CA} = \frac{r_{CO}}{r_{CA}} \cdot \omega_{CO}$$

Isto é, que a relação entre as velocidades angulares depende da relação entre o raio da coroa e o raio da catraca.

Atividade 4

Devemos discutir também o outro tipo de acoplamento, seguindo a mesma dinâmica utilizada anteriormente, pois, ele ocorre para transmitir o movimento da catraca para o pneu da bicicleta, colocando-a em movimento. Assim, o objetivo é

permitir que os alunos compreendam que as velocidades angulares das catracas e da roda traseira da bicicleta são iguais neste acoplamento.

Atividade 5

Os alunos deverão estabelecer uma relação matemática entre as velocidades escalares do pneu e da catraca e os respectivos raios, no acoplamento no mesmo eixo, usando as equações estudadas na aula anterior:

$$\omega_{CATRACA} = \omega_{PNEU}$$

$$\frac{v_{CA}}{r_{CA}} = \frac{v_{PN}}{r_{PN}}$$

$$v_{PN} = \frac{r_{PN}}{r_{CA}} \cdot v_{CA}$$

Desta forma, os alunos deverão perceber que a velocidade linear do pneu, portanto, de translação da bicicleta, depende da relação entre os raios do pneu e da catraca.

Ao final desta aula serão propostos exercícios abertos. Será necessário que os alunos meçam os raios de algumas coroas e catracas.

6.2.4- Aula 4

Nesta aula os alunos deverão resolver exercícios abertos. Será necessário que meçam os raios de algumas coroas, catracas e do pneu da bicicleta. Eles deverão perceber a necessidade dessa medição.

Exercícios:

1) Sabendo-se que a velocidade angular da coroa maior é 2π rad/s, calcule a velocidade da bicicleta.

2) Mediu-se a velocidade da bicicleta e obteve-se 0,8m/s, calcule a velocidade angular da coroa menor.

7. Metodologia da Pesquisa

O pressuposto central desta investigação consiste em assumir a existência de competências específicas para se ensinar Física, no ensino médio, por meio de uma estratégia orientada por situações-problema. Assim, nos propomos a identificar quais competências demonstram-se fundamentais para um docente, quando experimenta tal estratégia.

De acordo com Machado (2002; p.143), um dos elementos fundamentais para a caracterização da idéia de competência é justamente o âmbito no qual ela se exerce. Não existe, portanto, uma competência desvinculada do contexto no qual se manifesta. Logo, competências docentes manifestar-se-ão apenas nas situações em que forem realmente exigidas. Por isso, acreditamos que, para melhor responder a pergunta do problema desta pesquisa, é necessário uma análise da prática. Além disso, é dentro do contexto de sala de aula, com sua problemática específica, que as inferências podem ser feitas e as conclusões podem ser tiradas de modo a contribuir efetivamente para a discussão de um modelo de formação que se orienta na concepção de um professor prático reflexivo.

Perrenoud (2000; p.13) argumenta que, para um trabalho aprofundado sobre competências deve-se, primeiramente, relacionar cada uma delas a um conjunto delimitado de problemas e de tarefas. Em seguida, arrolar os recursos cognitivos (saberes, técnicas, *savoir-faire*, atitudes, competências mais específicas) mobilizados pela competência em questão. Essas tarefas compõem etapas de uma descrição das competências e, dessa forma, deve ser entendido que a identificação das competências que pretendemos realizar passará pela sua descrição.

Descrever uma competência equivale a evocar a natureza dos esquemas de pensamento que permitem a solicitação, a mobilização e a orquestração dos recursos pertinentes em situação complexa e em tempo real (PERRENOUD, op.cit.; p.15-16). E aqui, reside uma dificuldade: além de ser difícil considerar a inteligência geral do professor, isto é, sua lógica natural, bem como os esquemas

de pensamento específicos desenvolvidos no âmbito de uma especialização particular; os esquemas de pensamento não são diretamente observáveis, apenas podem ser inferidos a partir das práticas e dos propósitos dos atores (PERRENOUD, idem). Assim, acreditamos que somente assumindo o papel de professor poderemos estar conscientes dos percursos mentais e nos tornaremos aptos a explorá-los a ponto de analisar a mobilização dos recursos cognitivos utilizados para a atuação em situações de ensino específicas.

Com base nesses aspectos, a metodologia a ser utilizada na investigação apresenta fundamentos de uma pesquisa qualitativa, a qual caracteriza-se, entre outras coisas, por ser descritiva (BOGDAN e BIKLEN, 1982; p.28). Em convergência, Merriam (1998; p.8) afirma que se o foco foi sobre o processo, o significado e o entendimento, o produto de um estudo qualitativo é ricamente descritivo.

Outro aspecto que nos interessa em uma pesquisa qualitativa é a tendência para uma análise indutiva; não se procuram dados ou evidências para provar ou não hipóteses, ao invés, abstrações são construídas de modo específico, e que mais tarde podem ser agrupadas com outras (BOGDAN e BIKLEN, op.cit; p.27). A consideração filosófica chave sobre a qual todos os tipos de pesquisa qualitativa estão baseados é a visão de que a realidade é construída pelos indivíduos interagindo com seu mundo social (MERRIAM, 1998; p.6). Isso implica, na visão de Sherman e Webb (apud MERRIAM, op.cit.; p.6), uma direta preocupação com a experiência como ela é vivida e sentida. Neste sentido, na busca pelo entendimento, não se deve reduzir páginas e páginas da narrativa e outros dados a símbolos numéricos, mas tentar-se analisar os dados com sua riqueza, tão próximos quanto possível for à forma à qual eles foram coletados ou transcritos (BOGDAN e BIKLEN, op.cit.; p.28).

Dessa forma, ao contrário da pesquisa quantitativa, que separa em partes um fenômeno, para examinar as partes componentes (as quais se tornam as variáveis do estudo), a pesquisa qualitativa pode revelar como todas as partes trabalham juntas para formar o todo (MERRIAM, idem).

7.1- Características de *Grounded Theory*

Dentre as opções de métodos qualitativos, entendemos que o processo denominado por *grounded theory* é o que melhor se enquadra às necessidades impostas por essa investigação. Neste método, o pesquisador não inicia o projeto tendo em mente uma teoria pré-concebida, ao invés disso, ele permite que a teoria emerja dos dados (STRAUSS e CORBIN, 1998, P.12). Segundo estes autores, a teoria derivada dos dados é mais provável de assemelhar-se à “realidade” do que uma teoria derivada de um conjunto de conceitos baseados na experiência ou apenas através da especulação. *Grounded theories*, por serem desenhadas a partir dos dados oferecem a possibilidade de *insights*, aumento de entendimento e fornecem um significativo guia de ação, o que vem a exigir como ingrediente essencial a criatividade do pesquisador (STRAUSS e CORBIN, *idem*). Essa criatividade manifesta-se na habilidade dos pesquisadores em nomear as categorias de análise, realizar comparações e extrair um inovador, integrado e realístico esquema de entendimento a partir dos dados coletados. Há procedimentos para auxiliar na padronização e no rigor do processo. No entanto, esses procedimentos não foram desenhados para serem seguidos dogmaticamente, ao contrário disso, eles devem ser usados de forma criativa e flexível pelo pesquisador, da maneira que achar apropriada (STRAUSS e CORBIN, *op.cit.*, p.13).

7.2 - A coleta dos dados

A coleta de dados ocorrerá por meio da observação do próprio professor, que assume a postura de um “professor-pesquisador”. Trata-se de uma modalidade especial de observação na qual o pesquisador não é apenas um observador passivo, ao contrário disso, ele poderá assumir funções dentro do estudo, e participar ativamente dos eventos que estão sendo estudados (YIN, 2001, p.116). Esta é uma vantagem que o pesquisador obtém, quando não há outro modo de coletar evidências para o estudo, como é o caso desta pesquisa, em que iremos listar e analisar os recursos cognitivos (saberes, técnicas, *savoir-faire*, atitudes, competências mais específicas) que são mobilizados durante a

aplicação das atividades de ensino, para identificar as competências pertinentes a uma dada situação específica.

Contudo, para que se torne um instrumento válido e fidedigno de investigação científica, a observação precisa ser antes de tudo controlada e sistemática, o que vem a exigir um planejamento cuidadoso do trabalho e uma preparação rigorosa do observador (LÜDKE e ANDRÉ; p.25). E isto significa determinar com antecedência o que será observado e como deve ser a observação. Segundo Lüdke e André (idem), a primeira tarefa seria delimitar o objeto de estudo, pois delimitando-se claramente o foco da investigação e sua configuração, ficam mais ou menos evidentes quais aspectos do problema serão cobertos pela observação. Neste sentido, devemos nos concentrar naquelas situações que podem exigir algo de diferente, em relação ao ensino tradicional, em termos de competências. Tais situações, que se manifestarão no decorrer e por meio do estudo, devem ser circunscritas para que os recursos cognitivos mobilizados pelo professor-pesquisador possam ser identificados.

Para viabilizar a análise, as aulas serão gravadas em vídeo e analisadas posteriormente.

7.3- Fundamentação para a análise

No campo da Educação não há, até o presente momento, uma teoria que fundamente o processo de identificação de competências docentes sobre a qual possamos nos apoiar. Contudo, a avaliação de competências constitui um problema real (SCHWARTZ, 1998), tendo em vista as reformas educacionais que versam sobre a abordagem das competências, o que acreditamos ser ainda algo precoce; e o enriquecimento do debate sobre formação do profissional prático reflexivo, defendida neste trabalho.

Para Schwartz (op.cit.), a determinação das competências para o trabalho encerra um paradoxo: trata-se de um exercício necessário e ao mesmo tempo de uma questão insolúvel, dada essa falta de sustentabilidade teórica. Portanto, propor-se a um processo de identificação de competências sem ter consciência desse paradoxo, equivale, para o autor, a flertar com a charlatanice.

Inversamente, não se pode censurar quem tenta proporcionar guias de ação nesse domínio, contanto que saiba medir os limites e perigos envolvidos. Com vistas a essa problemática, nossa proposta se baseia no enfoque metodológico da fenomenografia descrito por Barbosa e Rodrigues (2006).

Segundo esses autores, a fenomenografia é uma abordagem de pesquisa empírica e qualitativa empregada originalmente no campo da educação, para melhor entendimento das formas como as pessoas, em diferentes disciplinas, experimentam as tarefas de aprendizado. Seu objeto é descrever as variações qualitativas nas experiências individuais do ponto de vista do indivíduo (BARBOSA e RODRIGUES, op.cit.). Dessa forma, o trabalho de análise consiste em descrever, sob o nosso próprio ponto de vista, tanto as situações específicas ao modelo de ensino que apareceram durante as aulas quanto as ações e posturas adotadas, para o enfrentamento dessas situações.

Os autores ainda explicam que o principal expoente desta vertente, no campo da educação, foi justamente Donald Schön, cuja formulação concebia a competência humana como composta por duas dimensões fundamentais: conhecimento em ação e reflexão em ação. Portanto, será com base no exercício de reflexão sobre a ação, descrito anteriormente, que analisaremos o nosso próprio conhecimento em ação e a reflexão em ação, ao longo das aulas gravadas em vídeo.

7.4- A análise dos dados

A análise dos dados desta pesquisa iniciará durante a própria fase de coleta dos mesmos, com o estudo minucioso das anotações e das gravações em vídeo. Esta pré-análise é importante, pois vai nos possibilitar redirecionamentos tanto no que concerne à pesquisa quanto à estratégia de ensino. Contudo, uma análise mais extensa deverá ocorrer após a conclusão da seqüência didática que empreenderemos.

A análise seguirá as etapas de uma análise de conteúdo, que segundo Bardin (1977, p.37), trata-se de “um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de

descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.” Assim, esta abordagem terá por finalidade realizar deduções lógicas e justificadas referentes à origem das mensagens tomadas em consideração (o emissor e o seu contexto, ou, eventualmente, os efeitos dessas mensagens) (BARDIN, *idem*).

Dentro do conjunto das técnicas da análise de conteúdo, a análise categorial ou por categorias é a mais antiga e mais utilizada. Funciona por operações de divisão do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos (BARDIN, *op.cit.*, p.111). A categorização é, portanto, uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo analogia (BARDIN, *idem*).

Neste contexto, seguimos o recurso denominado por Laville e Dione (1999, p.219) de “modelo aberto”, no qual as categorias não são fixas no início, mas tomam forma no curso da própria análise. De acordo com os autores supra citados, este é um recurso freqüente nos estudos de caráter exploratório, quando o pesquisador conhece pouco a área em estudo e sente necessidade de aperfeiçoar seu conhecimento de uma situação ou de um fenômeno a fim de enunciar hipóteses.

Ainda dentro de uma perspectiva de análise de conteúdo qualitativa, Laville e Dione (*op.cit.*, p.227) distinguem três modos ou estratégias de análise e de interpretação: “Emparelhamento”, ‘Análise Histórica” e “Construção Iterativa de uma Explicação”, sendo esta última adotada neste trabalho. Esta estratégia distingue-se das duas primeiras pelo fato de não supor a presença prévia de um ponto de vista teórico. O processo de análise é aqui fundamentalmente iterativo, pois o pesquisador elabora pouco a pouco uma explicação lógica da situação estudada, examinando as unidades de sentido, as inter-relações entre elas. Essa modalidade de análise e interpretação é conveniente aos estudos de caráter exploratório quando o domínio de investigação não é bem conhecido e a formulação de hipótese provém de um processo de idas e vindas, entre reflexão,

observação e interpretação, à medida que a análise progride (LAVILLE e DIONE, op.cit., p.228).

Em todo esse processo, reafirmamos a necessidade de estarmos atentos às situações que podem ser representativas do modelo de ensino adotado, ao denotarem potencial de se repetir em outras oportunidades nas quais o mesmo possa ser utilizado. Esta é uma prerrogativa da concepção de competência adotada, definida como a **aptidão para enfrentar uma família de situações análogas**, mobilizando de uma forma correta, rápida, pertinente e criativa, múltiplos recursos cognitivos: saberes, capacidades, microcompetências, informações, valores, atitudes, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio (PERRENOUD, 2002; p.19) [grifos nossos].

Estas situações devem ser delimitadas por critérios que surgirão durante o próprio estudo. E da precisão deste processo dependerá a análise dos recursos cognitivos mobilizados por aquela ou aquelas competências pertinentes à situação.

Uma vez delimitada a situação, a tarefa agora seria de relembrar as ações, os pensamentos, as posturas adotadas etc., com a intenção de reconhecer os recursos cognitivos engendrados durante uma situação específica. Através destes recursos e da situação, isto é, o seu âmbito de atuação, que poderemos descrever as competências e enunciá-las.

Com efeito, desejamos “dissecar” as situações envolvidas nesta estratégia inovadora para identificar as competências que foram utilizadas ou, ao invés, aquelas que sentimos falta, devido à necessidade de uma resposta mais rápida e eficaz (ou seja, uma *performance* mais elevada ao agir frente uma dada situação). Este “dissecamento” traduz-se por um trabalho exploratório de situações de ensino delimitadas. Nesta exploração basicamente deveremos estar comparando a tarefa a realizar, o que fizemos (análise das decisões que ainda estão sendo tomadas ou já efetuadas) em dada situação e o que faríamos se fôssemos mais competentes. Tal dinâmica de investigação constitui um trabalho de avaliação das competências (PERRENOUD, 1999; p.78).

Com isso, nosso “horizonte” é identificar competências essenciais, exigidas de um professor que busca trabalhar de forma coerente como o modelo das “situações-problema”. E de posse desse material, esperamos contribuir com a discussão sobre a problemática envolvida no desenvolvimento daquelas competências.

8. ANÁLISE

Após assistirmos aos vídeos das aulas, iniciamos a seleção das categorias de análise. Nesta pesquisa, a categorização consiste em destacar as situações de trabalho docente que apresentam o potencial de se repetir dentro de uma estratégia de ensino orientada por situações-problema. Como foi discutido anteriormente, as competências só podem ser identificadas dentro de situações específicas, e será com base nestas situações que realizaremos nossa análise.

Assim, selecionamos três categorias que demonstraram tal potencial. E conjugadas a estas situações identificamos, conseqüentemente, o mesmo número de competências.

8.1- As Categorias Selecionadas

1ª CATEGORIA: Situação de interação argumentativa entre professor e aluno.

Diferentemente do ensino tradicional, caracterizado pela transmissão dos conteúdos por parte do professor e da recepção passiva dos alunos, em nossas aulas buscamos envolver o aluno em atividades que provocassem a explicitação e a superação dos seus conhecimentos prévios. Neste processo, a argumentação precisa com cada aluno demonstrou-se uma ferramenta fundamental. Logo, as situações de debate entre professor e aluno, mas também entre os alunos e, neste caso, intermediado pelo professor, foram freqüentes e ricas em elementos para a identificação da subseqüente competência. Além disso, essa situação está presente em quase a totalidade do tempo, pois, como é peculiar ao modelo de ensino adotado, o debate entre os atores (professor e alunos) constitui o cerne da ação pedagógica.

Dentro de uma situação em que há debate, seja entre alunos ou mesmo entre professor e alunos, constatou-se a necessidade de uma mediação no que diz respeito à condução da atividade. Esse trabalho exigirá, sobretudo, a capacidade de intermediar os pontos de vista dos participantes acerca de um fenômeno físico, tendo como meta o consenso. Logicamente, este consenso pode não corresponder a uma visão cientificamente aceita como correta, logo, caberá

ao professor estar em constante interação com o grupo, de modo a lançar mão de questionamentos que visem conduzir o raciocínio dos estudantes na direção tida por ele como certa. E mesmo que os alunos não atinjam o objetivo traçado pelo docente, que a resposta seja dada por ele após uma exaustiva discussão, pois assim os alunos estarão devidamente preparados para assimilá-la, e não apenas aceitá-la passivamente.

Observa-se, portanto, que a “**capacidade de mediação de debates**” é uma competência docente essencial para a concretização do modelo de ensino defendido neste trabalho.

CATEGORIA 2: Situação de articulação entre a Física e a Matemática.

A relação entre a Física e a Matemática é inevitável e notória. Em uma aula de Física é inconcebível discutir uma grande parte dos problemas que envolvem fenômenos físicos sem que seja por meio de grandezas quantificáveis. Não há dúvidas, portanto, que a articulação destas duas disciplinas, assim conhecidas no universo escolar, constitui uma situação corriqueira dentro da ação pedagógica.

Porém, no modelo de ensino tradicional, a Matemática aparece quase como espontaneamente durante as aulas de Física. Não há uma efetiva reflexão sobre a necessidade de quantificar as grandezas físicas para que se opere matematicamente e assim obtenha-se a resposta para um exercício. O que se observa é a elaboração dos exercícios para o uso das fórmulas matemáticas, portanto, uma adequação dos problemas ao ferramental matemático.

Dentro de uma estratégia de ensino construtivista, orientada por situações-problema, há o princípio de que a aprendizagem tenha como ponto de partida o conhecimento que o aluno já possui, mesmo que seja superficial. Além disso, a aprendizagem deverá constituir a superação de um obstáculo, e nesta perspectiva poderá ser a resposta para a situação-problema, ou fazer parte dela. Desta forma, a inserção da Matemática na discussão de fenômenos físicos deverá ser pensada criteriosamente para atender às necessidades da situação-problema, e não como

algo sem sentido para o aluno. Tal articulação exigirá, portanto, uma estratégia que evoque a necessidade natural da Matemática para o estudo da Física.

Portanto, identificamos que a “**capacidade de articular a Matemática e a Física**”, dentro daquilo que foi discutido a pouco, constitua outra competência fundamental para ensinar Física por meio de situações-problema.

3ª CATEGORIA: Situação de falta de participação dos alunos

Em determinados momentos das aulas, verificamos a falta de uma participação efetiva de certos alunos. Isto ocorreu principalmente quando um dos membros do grupo, do qual faziam parte estes alunos, se destacava durante as discussões. Constatou-se uma certa dependência do resto do grupo em relação a este aluno que demonstrava maior facilidade no entendimento do fenômeno em questão. Assim esses alunos, em geral, permaneciam em silêncio.

Este tipo de situação poderia ser vista em aulas tradicionais de Física, nas quais uma atividade em grupo é realizada. Contudo, de acordo com as características do modelo de ensino adotado neste estudo, o trabalho em equipe adquire uma conotação especial, no qual a discussão sobre o seu conhecimento prévio com seus pares é considerada condição essencial para uma aprendizagem significativa.

Nessas ocasiões, o professor precisa ser hábil em perceber este tipo de comportamento e buscar uma participação mais intensa dos alunos, sem optar pela punição, pois essa falta de participação pode denotar uma série de razões, externas à sala de aula, ou ainda o mau planejamento da atividade de ensino.

Dessa forma, a “**capacidade de promover a participação dos alunos**” nas atividades propostas constitui-se em outra competência docente fundamental para o ensino por meio de situações-problema.

A identificação dessas competências se dá também por meio da observação de recursos cognitivos ou competências específicas que o professor manifesta nas situações de ensino. Esses recursos cognitivos, como já discutido anteriormente, têm como conseqüência ações cotidianas muitas vezes

inconscientes, e, portanto, podem com maior ou menor facilidade serem verificadas durante o trabalho, no caso, docente.

A elaboração destes recursos ou competências mais específicas, até o presente momento não segue uma teoria precisa, como foi discutido no capítulo da “Metodologia de Pesquisa”. A elaboração de tais recursos pauta-se basicamente pela interpretação que o professor realiza das suas ações. Porém, constitui um aspecto crucial para a identificação das competências docentes, dentro dos propósitos deste estudo. Tal elaboração, como também já discutido no capítulo da Metodologia de Pesquisa segue a estratégia de “Construção Iterativa de uma Explicação” (LAVILLE e DIONE, 1999, p.227), na qual o pesquisador elabora pouco a pouco uma explicação lógica da situação estudada, examinando as unidades de sentido e as inter-relações entre elas. Este é um processo iterativo, pois progride por aproximações sucessivas. Analisa-se, então, seguidas vezes o material e interpreta-se as ações do professor dentro de um processo de idas e vindas, até o momento em que reconhece-se o recurso cognitivo como uma unidade fechada, digna de ser verificada em situações análogas.

A seguir apresentamos uma discussão desses recursos cognitivos ou competências específicas que verificamos durante a pesquisa.

8.2- Recursos Cognitivos ou Competências mais Específicas

- 1) Utilizar linguagem adequada ao nível dos estudantes: esta competência é obviamente importante mesmo se o modelo de ensino for por transmissão e recepção, porém em nosso caso, ela adquire uma relevância maior, pois, há a necessidade de um debate mais intenso entre professor e alunos. Ela compreende situações em que a dificuldade do discurso precisa ser suprimida para a melhoria da comunicação. Mobiliza, portanto, a capacidade de discernir entre o momento de se utilizar uma linguagem mais coloquial ou mais técnica. Este recurso não será indicado durante a análise das transcrições dos vídeos, a não ser que ocorra um caso que nos chame a atenção, caso contrário admitimos que a preocupação com o uso

adequado da linguagem ao nível dos estudantes será algo recorrente em todas as aulas.

- 2) Interpretar palavras chave e/ou mensagens dos alunos: Não são poucas as vezes em que um aluno utiliza uma palavra chave dentro de uma aula e é por meio dela que o professor será capaz de fazer inferências e interpretar o seu raciocínio. Tampouco, uma pergunta, por exemplo, que revela a falta de entendimento de algo que já deveria estar consolidado em seu conhecimento. Logo, este recurso permite que o professor entre em uma certa sintonia com o discurso do aluno.
- 3) Conhecer o nível da capacidade de interpretação dos alunos: Esta competência permite que o professor desenvolva atividades e discussões dentro do campo de possibilidades de entendimento do aluno.
- 4) Utilização de mensagens que visem aproximar o conhecimento do aluno do objeto de estudo sem dar a resposta final: Dentro da perspectiva construtivista do ensino, o aluno deve construir seu próprio conhecimento e o professor age como um facilitador nesse processo. Isto significa que o professor não deve, a princípio, fornecer todas as respostas ao aluno. Neste sentido, ele precisa ter a habilidade de argumentar com o objetivo de apenas dar indícios, “pistas” acerca do objeto de estudo, para os alunos.
- 5) Saber reelaborar uma questão (ou uma resposta) feita pelo aluno, para devolvê-la a ele: consideramos esta uma das principais capacidades que o professor precisa desenvolver para trabalhar dentro do modelo das situações-problema. Isto, pois, é ela quem melhor revela a diferença que há entre o modelo de transmissão e recepção e o das situações-problema. Enquanto que, em uma aula tradicional a tendência é do professor fornecer as respostas prontas para os alunos; ao orientar-se por situações-problema ele tem por princípio incentivar o aluno a reestruturar o seu próprio pensamento na busca pelas respostas referentes ao objeto da aprendizagem. Logo, essa capacidade manifesta o caráter dialético da aprendizagem, dentro de um processo de idas e vindas constantes, por meio de questões cada vez mais precisas e esclarecidas para que o

aprendiz possa alcançar um grau superior de entendimento acerca do conteúdo estudado. Os sucessivos questionamentos também podem ser usados para que o professor obtenha um *feedback* dos seus alunos.

- 6) Conhecer os pré-requisitos do aluno sobre o conteúdo da Física: este é um saber estratégico e prerrogativa do ensino pautado na visão construtivista de aprendizagem. Ele capacita o professor a planejar atividades de ensino que possibilitem a elaboração de um conflito cognitivo adequado ao nível dos estudantes. Pré-requisito aqui é entendido tanto como aquele saber que o aluno já adquiriu em cursos anteriores, como as concepções alternativas que ele mantém acerca do fenômeno físico estudado.
- 7) Conhecer os pré-requisitos do aluno sobre o conteúdo da Matemática: este saber permite que o professor possa fazer uso da linguagem matemática sem que esta constitua um obstáculo a mais à aprendizagem da Física. Nesta pesquisa, sabíamos de antemão que seria necessário que os alunos soubessem basicamente Álgebra, para o desenvolvimento das equações que relacionam grandezas angulares e lineares.
- 8) Saber utilizar recursos visuais: Várias vezes durante as aulas, o professor fez uso de figuras e escreveu na lousa equações que exigiam um trabalho dos alunos para relacioná-las e demonstrou uma série de fenômenos que ocorriam na bicicleta. Tais estratégias facilitaram o entendimento, a interpretação e, conseqüentemente, a realização das tarefas por parte dos alunos. É um recurso que entre outras coisas favorece a transposição de um raciocínio mais simplificado para outro mais complexo.
- 9) Intermediar, com variedade de recursos, o conhecimento antigo do aluno com o novo: no processo de transposição do conhecimento prévio para o conhecimento cientificamente aceito, o aluno experimenta certas dificuldades inerentes a essa atividade. Dessa forma, o professor precisa intermediar esses dois conhecimentos, lançando mão de uma variedade de recursos e estratégias, levando em conta as peculiaridades do aluno e do conteúdo estudado.

- 10) Permitir que o conhecimento seja sociabilizado entre o grupo de estudantes: observamos em determinadas ocasiões uma participação mais intensa de certos alunos, enquanto outros não se mostraram envolvidos de modo satisfatório. Nestas ocasiões, o professor precisou intervir para garantir que todos tivessem o aproveitamento esperado. Este recurso cognitivo capacita o professor a perceber quem manifesta um comportamento de “fuga” da atividade proposta ou mesmo de acomodação de determinado aluno.
- 11) Partir de situações concretas para chegar às abstratas: Esta capacidade expressa a necessidade de antecipação exigida do professor que trabalha por meio de situações-problema. Em certos momentos das aulas, o professor já prevendo a dificuldade dos alunos perante uma análise com grau de complexidade maior, utiliza determinados recursos para um primeiro entendimento, daquilo que é elementar, para, posteriormente, ampliar a discussão. Assim, ele lança mão de experimentos, observações de mecanismos como foi o caso da bicicleta etc.
- 12) Saber gerenciar o debate entre alunos e com o professor: esta competência exige que o professor seja capaz de organizar e administrar situações de debate em que há conflito de opiniões. Tal tarefa consiste basicamente em revisar as opiniões até o momento em que a divergência surge e, a partir daí, selecionar os argumentos e permitir que os seus autores os defendam. Outra necessidade é saber até que ponto a discussão deve ser aprofundada.
- 13) Saber avaliar a participação dos alunos nas atividades de aprendizagem: este recurso requer uma observação dos alunos durante as atividades para identificar quais não estão participando e se for possível descobrir o porquê.
- 14) Saber explicitar para o aluno a necessidade de quantificar as grandezas físicas envolvidas no fenômeno estudado: a utilização deste recurso cognitivo contribui, entre outras coisas, para dar crédito ao uso das equações matemáticas, enfim da linguagem matemática, dentro do estudo de fenômenos físicos. Ao perceber a necessidade de maior precisão no

tratamento de grandezas físicas, o aluno adquire consciência da falta de objetividade do seu conhecimento prévio. Devido a isso, consideramos este recurso como essencial para a articulação da Física com Matemática.

- 15) Estar atento para o desenvolvimento individual dos alunos: Como foi observado nos vídeos das aulas, alguns alunos se omitiram das atividades. Nessas situações o professor deve ser capaz de envolver esses alunos nas tarefas propostas, para isso, acreditamos que deverá utilizar de expedientes diferenciados como, por exemplo, criar atividades complementares com cunho motivacional maior, conversar em particular com esses alunos para um diagnóstico mais preciso das suas dificuldades ou da sua falta de interesse.

É importante comentar que, embora algumas dessas competências específicas possam parecer óbvias, e apareçam em situações de ensino tradicional, nesta pesquisa elas se evidenciam em casos diferenciados, e, portanto, justificam sua presença na construção das competências que buscamos identificar.

Assim, com base nesses recursos cognitivos, a seguir discutimos a atuação docente em cada uma das aulas, ilustrando com trechos transcritos dos vídeos.

8.3- Análise das Transcrições das Aulas

A discussão que nos propomos aqui consiste basicamente em descrever as observações das situações de ensino e em explicitar os recursos cognitivos mobilizados e orquestrados nas ações do professor.

8.3.1- Aula 1

Em determinado momento desta primeira aula, os alunos tentavam explicar a diferença entre o movimento de rotação da coroa e da catraca. E o professor sugere um experimento simples:

_ E agora? E essas duas velocidades aí? Será que a gente poderia entender um pouquinho melhor, para a gente tirar uma relação, que pode até ser uma equação matemática para vermos do que dependem essas duas velocidades?

_ Bom, vamos então fazer um pequeno experimento aqui. Alguém poderia me ajudar? Aline você me ajuda? Aqui nós temos a marcha mais leve. Aline dá uma volta no pedal. Vocês viram que ela deu uma volta completa no pedal, e aqui a roda não completou uma volta. Vocês perceberam que a coroa deu uma volta completa, mas a catraca juntamente com a roda não deu uma volta completa. Elas deram uma fração de volta, perceberam?

_ Tem uma relação disso com o movimento linear? O que vocês acham? Porque o que vai acontecer aqui é que: quando a gente pedala, a gente vai dar uma volta no pedal, mas aqui (atrás) vai dar apenas uma fração. Então lá (na coroa) a gente pedala mais, enquanto aqui (atrás) a gente está andando menos.

_ Como a gente pode medir uma fração de volta? Vamos fazer mais alguns testes? Vamos colocar na marcha mais pesada para ver o que acontece. Aí eu vou pedir a mesma coisa.

_ Bom, no primeiro caso a coroa deu uma volta completa e a catraca não deu uma volta inteira. E agora o que vocês acham que vai acontecer?

(Aline) _ Vai passar de uma volta.

_ Aonde vai passar de uma volta? Aqui (roda de trás)?

(Aline) _ É?

_ Ah! Entendi! Na frente não completa uma volta e aqui atrás já completou? É isso? (Ela confirma). Então vamos ver.

O uso deste experimento se deve principalmente para facilitar a visualização dos movimentos e a percepção da diferença entre eles. Nesta tarefa, o professor faz uso principalmente dos **recursos (8) e (11)**.

_ Olha só, pessoal. Aqui (atrás) já deu uma volta enquanto que lá (na frente) deu um pouquinho mais que um quarto de volta. Então vamos imaginar alguém pedalando. Na frente, vai pedalar pouco, e atrás vai girar bastante. O que acontece com a velocidade aqui? Você ganha velocidade ou perde?

(alunos) _ Ganha.

_ Bom vou mudar a questão: como eu poderia medir essa fração de volta? Porque isso vai me ajudar a entender essa diferença de velocidade. Será que eu vou ter que contar essas frações de volta: aqui tem 0,5 voltas; 1,2 voltas... Por exemplo: enquanto essa (coroa) dá uma volta por segundo, a de trás dá 0,8 voltas por segundo. O que vocês acham?

Silêncio.

_ Ok, pessoal, eu estou vendo que para medir a velocidade de rotação vou precisar medir frações de volta. Será que essa é a maneira mais adequada de se fazer isso? Será que não existe uma maneira mais "fácil" de se fazer isso? Será que essa é uma unidade física adequada?

(Priscila) _ Não.

_ Olha só: a velocidade é medida em metros por segundo; quilômetros por segundo, agora fração de volta fica um “negócio meio esquisito”, não fica?

Na verdade isso seria possível, o número de voltas ou mesmo frações de volta por unidade de tempo nada mais é que a frequência do movimento. No entanto, nosso objetivo primeiro era discutir o conceito de velocidade angular, portanto, essa idéia foi omitida propositalmente, mas posteriormente foi retomada nas aulas de exercícios, que não foram gravadas em vídeo. **[recurso (6)]**.

Ao realizar estes questionamentos o professor tentava facilitar para os alunos a realização de uma associação entre a idéia da fração de volta e a medida do ângulo percorrido em um movimento circular. Ele demonstra conhecer o nível de interpretação dos alunos para realizar tal associação; utiliza mensagens como a palavra “fácil” para descrever como seria a velocidade de rotação em função de algo diferente das frações de volta e utiliza a visualização direta do sistema de transmissão da bicicleta e de figuras na lousa. Coordenam-se, assim, nesta situação os **recursos (3), (4), (8), (11)**.

No pneu da bicicleta foi feita uma marca (um pequeno segmento de reta) propositalmente para facilitar a visualização do ângulo percorrido, enquanto o pneu girava **[o professor utiliza o recurso (8)]**. Dando continuidade:

_ Como eu posso medir essas frações de volta, usando uma coisa mais “fácil”?

(Gustavo) _ O diâmetro.

_ O diâmetro do quê? O diâmetro, você imagina uma circunferência, certo?...

(Gustavo) _ Não, tipo você coloca um transferidor e aí você vê esse ponto aqui, quantos graus ele vai.

Quando o aluno fala em colocar um transferidor, o professor percebe que o desenvolvimento do raciocínio está no caminho certo. Logo, procura estimular a expressão deste raciocínio através do esclarecimento de que o transferidor não serve para medir diâmetros, mas ângulos. Vemos que a palavra “transferidor” e a expressão “quantos graus ele vai” permitiram ao professor a constatação de que o aluno estava no caminho certo, pois este estabeleceu uma relação com a medida de ângulos, o que era exatamente aquilo que o professor esperava que os alunos pudessem associar. Podemos afirmar que essas duas expressões ativaram esquemas de percepção e diagnóstico, que favoreceram a avaliação pelo professor do pensamento do aluno **[recurso (2)]**. No entanto, o aluno falara em medir frações de volta usando o diâmetro da roda, o que é incoerente. Assim, o professor busca corrigir tal desvio, lançando mão do questionamento que vem a seguir.

_ Mas isso não é diâmetro, é ângulo. Você vai medir um ângulo, portanto?

(Gustavo) _ É.

_ Entendi. Interessante essa idéia.

Neste momento, o professor percebe que o aluno Gustavo conseguiu associar corretamente o movimento circular da roda ao ângulo percorrido pelo segmento de reta que une um ponto na roda ao seu centro. O professor aproveita para demonstrar o raciocínio do aluno por meio de figuras na lousa **[recurso (8)]**. Contudo, para formalizar o conceito de velocidade angular era necessário explicitar a dependência do tempo, para demonstrar a idéia da rapidez com que o ângulo é percorrido.

..._ Essas medidas de ângulos são coisas mais “fáceis” da gente entender. O que vocês acham?

(alunos) _ É...

_Essa velocidade mediria o que então? Quando a gente fala em velocidade, a gente fala da rapidez com que algum fenômeno ocorre. Aqui seria a rapidez com o que está ocorrendo?

(Priscila) _ Com que a roda está girando.

Embora a resposta estivesse correta do ponto de vista da mera observação, a aluna não associou a velocidade com que a roda gira com a rapidez com que o ângulo é percorrido, o que foi discutido poucos instantes atrás, logo, o professor interpreta que ainda não compreende matematicamente o fenômeno em questão **[recurso (2)]**. Neste momento, o professor verifica que precisa facilitar esta associação, logo, apela para a forma pela qual esta velocidade é medida. Ele faz uso, portanto, da necessidade de quantificar a velocidade do movimento de rotação da roda da bicicleta **[recurso 14]**. O professor nota, naquele momento, que a quantificação da grandeza física em questão – o ângulo – facilitará a descrição matemática do fenômeno.

Dessa forma, o professor procura elaborar uma questão que explicita a necessidade de quantificar a grandeza física envolvida no fenômeno – o ângulo. Nesta situação, é necessário que ele reconheça a capacidade de interpretar a pergunta que será feita; utilize uma pergunta que possa estabelecer uma “ponte” entre o que foi discutido e o conhecimento prévio do conceito de velocidade (que eles já estão habituados, em tese) e reestruture a resposta da aluna. Mobilizam-se neste caso os **recursos (3), (4), (5), (6)**. Dessa forma, refaz a questão:

_A rapidez com que a roda está girando. Sim, é lógico, mas essa rapidez está sendo medida em função do quê?

(João) _ Do ângulo.

_ Do ângulo. Então, eu poderia chamar essa velocidade de velocidade angular, o que vocês acham?

(alunos) _ Sim.

_ Essa velocidade angular, eu imagino, deve ser parecida com aquela velocidade linear. Será que teria um jeito para calcular essa velocidade angular?

Até o presente momento, a situação de maior relevância era a de interação argumentativa entre professor e alunos (categoria 1). No entanto, agora além dessa situação, destaca-se também a situação em que existe a necessidade de articular a Física e a Matemática (categoria 2), pois, agora o professor tenta incentivar os alunos a comparar a equação da velocidade linear (escalar), que já era do conhecimento dos alunos, com a velocidade angular. Ele acredita que os alunos serão capazes de interpretar que a definição matemática da velocidade angular possui uma essência igual à da velocidade escalar; por isso, envia a mensagem de que imagina que as duas velocidades sejam parecidas; novamente demonstra conhecer os pré-requisitos sobre Física dos alunos, bem como de Matemática e procura articular um conhecimento já consolidado (velocidade escalar média) com algo novo – a velocidade angular. Dessa forma, verifica-se a orquestração dos **recursos (3), (4), (6), (7) e (9)**.

Dando continuidade:

_ ... O Carlos falou para usar um transferidor para medir o ângulo que é percorrido. Mas espera aí, se eu usar o transferidor, eu vou medir só o ângulo. Isso já vai me dar “de cara” a velocidade angular? Eu teria que medir mais o que? (Quem falou primeiro foi o Gustavo, o Carlos falou depois...)

Neste ponto, o professor percebe que a resposta não está completa, pois apenas a medida do ângulo não será suficiente para se determinar a velocidade angular. Daí vem a necessidade de questionar o que mais deveria ser medido. Coordenam-se os **recursos (4), (5), (6), (7) e (14)**.

A aluna Laura responde:

(Laura) _ O intervalo de tempo.

_ O intervalo de tempo, com que esse ângulo é percorrido...

_ ... Muito bem, pessoal, será que a gente conseguiria imaginar uma fórmula matemática para esse cálculo?... Escrevam no papel.

Após um certo tempo de discussão os dois grupos foram capazes de formular a equação para o cálculo pretendido. Nota-se que as insinuações do professor em comparar os dois tipos de velocidade surtiram efeito. E isto só foi possível graças ao estudo do conceito de velocidade média, realizado anteriormente pelos alunos, fato que já era do conhecimento do professor. Assim, pautando-se pelo conceito já construído pelos alunos, ele busca a ampliação da idéia de velocidade escalar média, em trajetória retilínea, para um movimento em trajetória circular.

A atividade 4 foi realizada, porém não foi gravada por tratar-se da resolução de exercícios, o que não faz parte da nossa análise.

8.3.2- Aula 2

Nesta aula o professor discute a relação entre a velocidade angular e a linear de um ponto na roda da bicicleta. Na aula anterior, os alunos discutiram o

mecanismo de funcionamento da bicicleta e perceberam a diferença entre estas velocidades. Agora, o professor espera que sejam capazes de compreender por meio da Matemática a relação existente entre elas. A situação preponderante aqui é de articulação entre Matemática e Física, mas obviamente a situação de debate estará presente.

_ Há relação entre a velocidade angular e a linear? Uma depende da outra ou são independentes? O que vocês acham?

(Alunos) _ Depende...

_ Então, como ocorre essa relação: se uma aumenta a outra diminui, é inversamente proporcional; ou se uma aumenta a outra também aumenta, é diretamente proporcional? Como seria essa relação matematicamente? Vamos fazer uma discussão em grupo.

Após um certo tempo em que os alunos não apresentaram nada, o professor escreveu as duas equações referentes à definição das duas velocidades: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ e $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. O objetivo disso é facilitar a comparação entre os dois tipos de velocidade, fazer com que eles apreendam que o formato das equações é o mesmo e que elas encerram a variação de uma grandeza física dentro de um certo intervalo de tempo. Nesta passagem, são mobilizados os **recursos (3), (6), (7) e (8)**.

_ Se existe relação entre as duas velocidades, o que vocês têm a dizer com relação ao ângulo percorrido ($\Delta\varphi$) e o deslocamento linear (Δs)? Existe relação também? Sim ou não?

(Alunos) _ Sim.

_ Então, vamos começar por aqui, pessoal? Porque eu acho que entendendo essa relação (entre deslocamento angular e linear), ficará mais fácil de entender essa outra (entre as velocidades).

Seguindo o planejamento da aula, o professor tenta facilitar o estabelecimento de uma relação entre o deslocamento angular e o deslocamento linear. Aqui o professor antecipa a dificuldade que os alunos terão em relacionar a velocidade angular e a linear, por isso, pede que relacionem antes os respectivos deslocamentos. Esta previsão é fruto de um conhecimento tácito, conquistado ao longo de um certo tempo dentro da carreira docente. Em síntese, o professor imagina que a visualização dos dois tipos de deslocamentos (angular e linear) facilita o estabelecimento de uma relação de proporcionalidade, que deverá se converter em uma relação algébrica. Enquanto que uma relação entre as velocidades (angular e linear) deverá vir posteriormente, pois expressam taxas de variação destes deslocamentos, o que, de acordo com sua experiência, exigirá uma elaboração mais complexa do raciocínio dos alunos, por envolver o intervalo de tempo em que os deslocamentos ocorrem, isto é, a rapidez com que estes deslocamentos ocorrem. Articulam-se aqui, os **recursos (3), (8), (6), (7), (11) e (14)**.

Além disso, essa antecipação da dificuldade dos alunos, revela o conhecimento que o professor tem da capacidade deles em visualizar as duas velocidades, que na fase em que estão, pode ainda ser falha.

Durante as discussões nos grupos, o professor percebe a dificuldade dos alunos de um dos grupos. Devido a isso, pede que os alunos façam uma figura (uma circunferência) e tentem enxergar os deslocamentos nela [**recurso (8) e (13)**]. Após um certo tempo de discussão com os alunos fornece mais uma “dica” para facilitar a visualização dos dois diferentes deslocamentos: quais são estes deslocamentos em uma volta completa [**recurso (4)**]. Esta situação remete à primeira competência, na qual a argumentação do professor deve ser cuidadosa de modo a deixar que os alunos reestruturem seu próprio conhecimento para a

superação do obstáculo, que significa, estabelecer uma relação, primeiramente visual e depois algébrica, entre os deslocamentos angular e linear **[recurso (9)]**. O professor seleciona o que vai dizer, dimensiona o teor da sua intervenção, de modo a não dar a resposta para a atividade.

Como os alunos não conseguiam avançar, o professor faz uma figura na lousa para demonstrar a proporcionalidade entre os dois tipos de deslocamento **[recurso (8)]**. E reforça a idéia de pensar os deslocamentos para uma volta completa ao escrever na lousa: $\Delta s = 2\pi r$ e $\Delta \varphi = 2\pi$, acreditando que os alunos seriam capazes de relacionar as duas equações. **[recursos (4), (7) e (8)]**.

É importante destacar que a estratégia de orientá-los a pensar em uma volta completa surgiu durante a aula. De acordo com o planejamento, se os alunos não conseguissem obter a relação matemática desejada, o professor deveria demonstrar o que ocorre com os dois tipos de deslocamentos nos ângulos notáveis: $\frac{\pi}{2} rad; \pi rad; \frac{3\pi}{2} rad; 2\pi$. Ou seja, demonstrar passo a passo os deslocamentos. Contudo, no momento em que escreve as equações $\Delta s = 2\pi r$ e $\Delta \varphi = 2\pi$ ele acredita ser suficiente para que os alunos possam fazer as substituições, além de ser um raciocínio mais simples. Nesta passagem, o professor improvisa, pois percebe que pode tornar a tarefa mais acessível aos alunos. Ao invés de relacionar os deslocamentos várias vezes, prefere fazer isso uma única vez. Articulam-se nesta situação os **recursos (3), (4) e (11)**.

Já o outro grupo fornece uma fórmula pronta ($v = \omega \cdot r$), correta, mas os alunos não souberam explicar como foi obtida. Disseram que estavam testando algumas fórmulas. Aqui, o professor percebe que o aluno Daniel havia sugerido aquela fórmula, o que se confirma mais tarde quando os alunos passam uma tarefa para ele, que foi solicitada ao grupo. Isto é, o grupo ficou dependendo do raciocínio de um único aluno **[recurso (13)]**. No entanto, aquela equação não fazia muito sentido para o próprio aluno, pois ele insiste na estratégia de adivinhar a equação correta, e assim comete erros. A impressão que ficou para o professor

foi a de que a fórmula foi memorizada pelo aluno, mas não fazia sentido do ponto de vista do fenômeno físico.

Este grupo, ou melhor, o aluno Daniel, elabora uma nova fórmula (errada):

$$\Delta s = \frac{2\pi r}{\Delta \varphi}$$

O professor percebe que a estratégia do grupo estava equivocada [**recurso (2)**]. Era necessário dar um norte mais preciso para aqueles alunos. Oferece a mesma dica de pensar em uma volta completa e relembra por meio de questionamentos uma equação que os alunos já conheciam, proveniente da Matemática do Ensino Fundamental: $\Delta s = 2\pi r$; e quanto vale o deslocamento angular para uma volta completa: $\Delta \varphi = 2\pi \text{ rad}$ [**recursos (4), (8), (9) e (11)**]. Feito isso, ele pede aos alunos que verifiquem algebricamente se aquela equação que o Daniel elaborou está correta [**recurso (5)**]. Nesta ação, o professor busca permitir que os alunos confrontem suas idéias, para que eles próprios percebam seus erros, o que é uma das premissas do Construtivismo. A necessidade de permitir tal confronto de idéias é um saber adquirido durante leituras e cursos que o professor realizou em sua graduação e mestrado.

No entanto, este aluno, antes de verificar se a equação está correta, ao visualizar as duas relações na lousa foi capaz de relacioná-las e chegar na resposta esperada. Mesmo assim, o professor solicita uma explicação do raciocínio, o que é feita, sem problemas pelo aluno, o que deixa o professor consciente de que não se tratava mais de um “chute”.

Logo após, o professor pergunta se aquela equação (errada) que foi fornecida anteriormente se confirmava. Os alunos respondem que não e o professor reforça que se as substituições forem feitas não dará certo.

Assim o professor pede a Daniel que explique seu raciocínio para o resto, e dirige-se para o outro grupo .

Identificamos nesta passagem outra situação importante. Trata-se da dependência do grupo de um só aluno. Em determinado momento ocorre a seguinte fala:

_ Provem para mim se essa fórmula está certa. O professor entrega a folha com o raciocínio do grupo para Aline. Imediatamente, ela repassa para o Daniel.

_ Eu quero uma participação do grupo aqui! Já vão passar a “bola” para o Daniel. O Daniel é o cara que...

(Priscila) _ É ele que pensa.

_ É ele que pensa!? Vocês também pensam!

Em face dessa condição, o professor se preocupa em sociabilizar as discussões, tentando utilizar o **recurso (10)**. No entanto, experimenta uma dificuldade em motivar os alunos para a execução da tarefa e experimenta uma certa frustração.

No outro grupo, após um certo de tempo de discussão, o aluno Gustavo pergunta se é possível igualar as duas equações que estavam na lousa. Prontamente, o professor afirma que sim. Contudo, o aluno iguala o deslocamento angular ao linear: $\Delta s = \Delta \varphi$; o que não é correto. O professor questiona:

_ Você está dizendo para mim que o deslocamento angular é igual ao linear? Vocês acham que isso é verdade? (pergunta para o grupo).

O grupo fica em silêncio por alguns instantes.

_ Isto ($\Delta \varphi$) é igual a isto (Δs)?

(Gustavo) _ São proporcionais...

_ Sim, são proporcionais, mas não são iguais.

Para forçar uma conclusão do grupo, o professor pede:

_ Vai lá, resolve essa equação.

Novamente o professor procura permitir que os alunos confrontem suas idéias. **[recurso (5)]**.

O aluno resolve e chega numa incoerência: o raio deverá ser sempre igual 1:

$$\Delta s = \Delta \varphi \Leftrightarrow 2\pi r = 2\pi \Leftrightarrow r = 1$$

Após terem percebido o equívoco do aluno Gustavo, os alunos ficam em silêncio. O professor percebe a dificuldade dos alunos em visualizar a igualdade que está na lousa. Ele nota a falta de uma observação mais cuidadosa por parte dos alunos, logo, tenta forçar essa observação.

_ Olha aqui, pessoal: isso aqui (destaca na lousa o 2π) é $\Delta\varphi$. E isso aqui (destaca 2π na outra equação), o que é?

(alunos) _ $\Delta\varphi$.

_ E aí, como fica? Escreve aí.

Laura apresenta a equação correta, e o professor discute a idéia de proporcionalidade que está expressa por aquela fórmula:

_ Então isso quer dizer o quê, pessoal? Que o deslocamento linear (mostra na figura que está na lousa) vai ser o quê?

(Laura) _ O deslocamento angular vezes o raio.

Neste momento o professor aproveita para discutir com os dois grupos, a questão da proporcionalidade.

_ Pessoal, todos concordaram comigo que existia uma proporcionalidade entre o deslocamento linear e o angular, certo? Esta proporcionalidade (relação de proporcionalidade) precisaria de uma constante de proporcionalidade, que seria o raio.

_ Para aquele movimento, o raio não vai mudar. A não ser que você mude de marcha, mas aí já é uma outra situação.

Feito isso, o professor retorna à questão da relação entre as velocidades.

_ E a velocidade angular tem relação com a velocidade linear? Como seria?

_ Escrevam as fórmulas aí. (as fórmulas são colocadas na lousa).

_ Eu quero uma relação entre isso aqui (destaca na lousa a velocidade linear) e isso aqui (destaca a velocidade angular), será que dá para tirar?

Os alunos ficam em silêncio.

_ Vocês não têm a relação disso (deslocamento linear) com isso (deslocamento angular)? Vocês não conseguiriam pensar, numa relação algébrica?

(Aline) _ $v = \omega.r$

_ Por quê?

(Aline) _ Porque o raio é constante e a velocidade linear é comparada com a angular.

_ Certo, certo!

Embora a resposta não seja clara, o professor interpreta e compreende a idéia da aluna de que assim como os deslocamentos são proporcionais, as velocidades também serão **[recurso (2)]**. Contudo, ele procura instigar os alunos para que formulem uma equação a partir da relação entre os deslocamentos, pois a relação dada por Aline era um “chute”.

Laura faz uma sugestão, que é colocada na lousa:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow v = \frac{\Delta \varphi \cdot r}{\Delta t}$$

_ *Você tirou uma relação entre a velocidade linear, o deslocamento angular e o raio. O que eu quero é uma relação entre a velocidade linear e a angular. Será que ainda dá para tirar a partir daqui (da equação apresentada pela aluna) ainda?*

Os alunos permanecem em silêncio.

_ *O que é velocidade angular? Não é “ $\Delta\varphi$ ” por “ Δt ”? E aí?*

(Aline) _ *“ ω ” vezes “ r ”.*

_ *Por quê?*

(Aline) _ *Por que é “ $\Delta\varphi$ ” por “ Δt ”.*

_ *Então, eu posso escrever isso aqui, assim: $v = \omega \cdot r$*

_ *Ok!*

8.3.3- Aula 3

Na terceira aula, a situação de ensino que se destaca é a de intermediação do debate entre as opiniões dos alunos. O professor solicita aos alunos uma comparação entre a velocidade angular e a linear nos acoplamentos existentes na bicicleta: no mesmo eixo e em eixos diferentes. Ele mostra os acoplamentos na bicicleta, e para facilitar a visualização, fornece aos dois grupos figuras com estes acoplamentos. **[recurso (8)]**. Vejamos a discussão:

_ *Neste acoplamento aqui (eixos diferentes), o que está acontecendo? Você pedala aqui e você desenvolve uma velocidade, não é verdade? O que você poderia dizer da outra velocidade? Comparem as velocidades.*

(Laura) _ *A roda menor vai ser mais rápida.*

_ Por quê? Mostre para mim.

(Aline) _ Porque ela é maior. E ela percorre um espaço maior. Enquanto a outra por ser menor, percorre um espaço menor.

_ Ah! Entendi. Essa daqui (roda maior) percorre um espaço maior, porque ela é maior. O que é maior nela?

(Aline) _ O diâmetro.

_ O diâmetro, o raio, a circunferência... Essa que é maior percorre uma distância maior e essa que é menor percorre uma distância menor?

_ Essa que percorre uma distância maior vai ser mais rápida?

Os alunos balançam a cabeça negativamente.

_ Não? Ah tá! Essa, por ser menorzinha, gira mais rápido?

(Alunos) _ Sim.

_ Entendi. Então eu posso concluir que qual velocidade vai ser maior?

(Aline) _ A angular.

_ A velocidade angular é maior aqui (roda menor).

(Aline) _ É a angular...

(Carlos) _ As duas não é?

_ Tanto a angular quanto a linear serão maiores aqui (roda menor) do que aqui (roda maior).

(Priscila) _ É, não é?

_ Espera aí. Primeiramente, vocês me falaram que essa daqui (a roda maior) é mais rápida ou mais lenta que essa (roda menor)?

(alunos) _ Mais lenta.

_ Tá certo. Agora, qual velocidade vai ser menor a angular ou a linear?

(Aline) _ A menor é a linear.

(Karina) _ Não é a angular!

Durante este trecho, a tarefa do professor foi aprofundar cada vez mais a discussão. Ele mobiliza basicamente os **recursos (2) e (5)**.

No final deste diálogo, os alunos divergem em suas opiniões. A discussão fica confusa e o professor sente que é hora de intervir. Assim, ele procura estabelecer uma seqüência para a análise, bem como, recordar o significado de cada uma das velocidades, mobilizando, portanto, o **recurso (12)**.

_ Pensem na velocidade angular e depois na velocidade linear, o que vai acontecer? Recordem, a velocidade angular é o ângulo percorrido no tempo. E a linear? A linear... Você imagina um ponto aqui (roda maior) e outro aqui (roda menor)... a distância que esse percorre (primeiro ponto) e a distância que esse percorre (segundo ponto) em cima da circunferência... Pensem um pouquinho.

_ Vamos só organizar: comparem a velocidade angular das duas rodas e a velocidade linear das duas rodas.

O professor dirige-se para o outro grupo, que está analisando o acoplamento no mesmo eixo.

_ E aí pessoal?

(João) _ Essa daqui (polia menor) tem velocidade duas vezes maior do que esta...

_ Duas vezes maior? Por quê?

Na verdade, afirmar que a velocidade da polia menor é duas vezes maior que a velocidade da maior é impreciso, uma vez que os raios não foram dados, além de estar incorreto. Independente disso, o professor compreende que o aluno quis apenas dizer que a velocidade da menor polia será maior que a outra. Logo, ao questionar a idéia o professor mobiliza os **recursos (2) e (5)**.

(Gustavo) _ Essa (polia maior) tem velocidade maior do que esta (intermediária), que tem velocidade maior do que esta (menor).

Os alunos discutem e discordam. Eles não definiram sobre qual velocidade estão falando: a angular ou a linear.

(Maria Eugênia) _ Enquanto essa daqui dá uma volta a menor tem que dar duas para acompanhar.

(Gustavo) _ Não as velocidades são iguais...

_ Calma lá! Ela (Maria Eugênia) falou que essa menorzinha tem que dar duas voltas para acompanhar a maior.

(Maria Eugênia) _ É.

(Gustavo) _ Não, é que elas estão no mesmo eixo.

Os alunos continuam discordando. O professor pára a discussão, com o objetivo de organizar o debate e destaca as opiniões da Maria Eugênia e do Gustavo. **[recurso (12)]**.

_ Mas de qual velocidade vocês estão falando? Nós temos duas a angular e a linear. De qual você está falando (o professor pergunta para Maria Eugênia)?

(Maria Eugênia) _ Da angular.

Os alunos ficaram em dúvida.

_ Vocês não acham fundamental a gente definir sobre qual tipo de velocidade vamos discutir?

Gustavo e João afirmam ser a angular. A discordância continua. Maria Eugênia defende que no mesmo eixo as velocidades angulares são diferentes (o que está errado).

João se contradiz:

(João) _ *As velocidades podem ser iguais, mas o ângulo vai ser diferente.*

_ *Opa! Se falarmos da velocidade angular, falamos do ângulo... E aí?*

O professor procura aprofundar a discussão e destaca a palavra “ângulo” dita por João. Mobiliza neste caso, os **recursos (2), (4) e (5)**.

(João) _ *O ângulo que esse daqui (menor polia) vai percorrer no eixo vai ser maior do que esse daqui (maior polia).*

(Gustavo) _ *Eu acho que não. Vamos supor que todos os discos fossem do mesmo tamanho, eles girando, o ângulo seria a mesma coisa. Pensa este daqui (menor polia) dentro deste daqui (maior polia), eles vão girar a mesma coisa.*

O professor pensa em disseminar a idéia de Gustavo, por estar correta **[recursos (2), (4) e (12)]**. Assim, reflete sobre o que pedir para que o aluno faça para expor melhor sua concepção do que acontece naquele acoplamento. Nesta procura, a saída encontrada foi solicitar que o aluno desenhasse o que havia pensado. **[recursos (3), (8) e (9)]**.

_ *Deixe-me entender. Você imaginou colocar esse aqui (menor polia) dentro desse aqui (maior polia)... [recurso (5)].*

(Gustavo) _ *Isso, imagina um ponto aqui (polia maior) do mesmo tamanho desse aqui (polia menor).*

_ *Faz uma figurinha aqui do lado, eu achei interessante isso.*

O aluno Gustavo expõe sua interpretação do fenômeno utilizando uma outra figura, mas mesmo assim Maria Eugênia e João não concordam. Neste momento o professor questiona os outros integrantes do grupo, e Matheus e Marcos constroem um artefato que irá resolver a discordância.

_ Vocês dois aí, estão fazendo o quê? Ah! Vocês vão recortar e fazer a demonstração? É aquela história do “espetinho”?

Matheus havia sugerido a idéia de colocar três círculos de papel espetados pelo centro em um lápis, o que denominou por “espetinho”. Depois, ao girar, ficaria mais fácil de visualizar o que aconteceria. Enquanto este grupo terminava a montagem o professor dirigiu-se ao outro grupo que analisava o acoplamento em eixos diferentes.

_ E aí, pessoal? O que vocês têm a me dizer?

(Aline) _ A velocidade angular aqui (roda menor) é maior do que aqui (roda maior).

_ Legal! Interessante. Por quê?

Ao dizer que achou “legal”, o professor tentou deixar a mensagem de que eles estão no caminho certo **[recurso (4)]**. Contudo, falta averiguar se aquela resposta faz sentido para o grupo e, por isso, ele pergunta o porquê. **[recurso (5)]**

(Priscila) _ *Porque a roda menor precisa girar mais para acompanhar...*

Os alunos falam juntos, e não foi possível entender. Logo após, a aluna Karina explicou com mais detalhes. E o professor solicitou que o grupo colocasse no papel esta explicação, que estava correta:

“A velocidade angular será maior na roda menor, pois ela terá que girar mais vezes para acompanhar a roda maior.”

Feito isso, o professor pede aos alunos desse grupo que comparem agora a velocidade linear na roda maior e na menor, ainda no mesmo acoplamento (em eixos diferentes). Karina acredita que as velocidades lineares sejam iguais nas duas rodas. O resto do grupo concorda, mas as explicações não são claras, além de falarem ao mesmo tempo. Como a resposta está correta, o professor pede para que uma única pessoa fale. Nesta situação, o professor necessita organizar a discussão para, então, aprofundá-la. Logo mobiliza os **recursos (12) e (5)**.

_ *Estou começando a entender o que vocês estão falando, mas eu gostaria de ouvir a Laura falando, porque a explicação dela me parece mais convincente.*

Após a explicação, o professor pede que a aluna a escreva no papel e dirige-se ao outro grupo.

“A velocidade linear será a mesma para as duas rodas, pois, na roda menor, a corrente irá percorrer uma distância menor em um intervalo de tempo menor e, na roda maior, a corrente percorrerá uma distância maior em um intervalo de tempo maior.”

Aqui, o professor deixa uma mensagem de que a resposta está correta **[recurso (4)]**, quando diz que começa a entender, mas também que as justificativas estão confusas. Assim, ele tenta encontrar a melhor explicação, para ser acatada pelo grupo.

Nesta passagem acreditamos que o professor comete um erro. Ele busca uma justificativa correta para o grupo, e por isso tenta selecionar a melhor. No entanto, deveria pedir que todos os alunos escrevessem suas explicações no papel, pois todos naquele grupo foram capazes de formulá-las, e então, permitir uma troca de idéias entre os alunos daquele grupo.

No outro grupo, o “espetinho” já estava montado. O uso do “espetinho” foi incentivado pelo professor, pois permitiria a observação direta de que os discos giravam juntos, e, portanto, a velocidade angular deveria ser a mesma para eles. Neste caso o professor fez uso dos **recursos (8) e (11)**.

Assim, o professor pede que Gustavo mostre o “espetinho” para Maria Eugênia:

_ Mostra aqui para a Maria, que ela que está duvidando. Pode explicar, e aí?

(Gustavo) _ A velocidade vai ser a mesma...

_ Qual velocidade?!!

(Gustavo) _ *A angular. Por mais que o raio deste daqui seja maior, o tanto que eles vão percorrer vai ser a mesma coisa. (O ângulo percorrido será o mesmo).*

_ *Você entendeu?* (O professor pergunta para Maria Eugênia, e ela responde que sim).

_ *Todos entenderam, aqui?* (Os alunos respondem que sim).

(Matheus) _ *A velocidade linear seria diferente.*

_ *A velocidade linear seria diferente?*

(Gustavo) _ *É, isso seria, mas a angular seria a mesma.*

_ *Entendi. Então vamos escrever a conclusão de vocês?*

O professor solicita aos alunos que escrevam esta conclusão no papel. E pede que expliquem por que a velocidade linear será diferente:

“Neste acoplamento, a velocidade angular será a mesma, usando P_1 , P_2 e P_3 na figura, o ângulo percorrido será o mesmo. A velocidade linear de P_1 será maior que P_3 , pois o raio de P_1 é maior. Por causa do deslocamento de cada circunferência.”

O professor dirige-se ao outro grupo (Aline, Priscila, Laura, Karina e Carlos) e pede que realizem a mesma análise para o acoplamento no mesmo eixo. Feito isso, retorna ao primeiro grupo (Gustavo, Maria Eugênia, Joyce, João, Marcos e

Matheus) e solicita uma análise das velocidades para o acoplamento em eixos distintos, o que já havia sido feito pelo grupo.

_ Qual velocidade vocês compararam?

(Gustavo) _ A linear. Não a angular!!

_ Então o que você pode dizer das velocidades angulares?

(Gustavo) _ Que a velocidade angular de B é maior, porque o raio de A é maior. Daí para a B acompanhar o giro da A vai ter que girar mais rápido. Que nem da bicicleta.

_ Entendi. Então, essa daqui (menor) vai ter que girar mais rápido para acompanhar a outra.

A explicação foi semelhante à do outro grupo que já havia cumprido a mesma tarefa.

_ Coloca isso no papel, então, pessoal. Enquanto isso, eu vou conversar com esse grupo aqui.

O professor dirige-se para o outro grupo.

(Aline) _ A velocidade angular desse (roda menor) é maior e da roda maior é menor.

O professor constata o erro no raciocínio e tenta fazer com que os alunos reflitam sobre ele. Em seu seguinte questionamento, ele procura confrontar os dois acoplamentos. Agindo assim, ele coordena os **recursos (4) e (5)**.

_ Espera aí. A velocidade angular dessa roda menor é maior do que essa (roda maior)?

_ Então a velocidade angular dessa daqui (roda menor) é maior, assim como no outro acoplamento? É igual, então: a velocidade angular é maior aqui (roda menor) tanto para esse quanto para o outro acoplamento?

(Aline) _ É.

O grupo concorda com a aluna. Como os alunos insistem no erro, o professor solicita uma justificativa [**recurso (5) e (12)**], questionando:

_ Por quê?

(Aline) _ Esse daqui (roda menor) para completar 360°.. Vai completar mais rápido, e esse daqui (roda maior) vai demorar mais.

_ Esse daqui (roda menor) vai dar uma volta completa antes do que essa (roda maior)?

(Aline e Priscila) _ Isso.

_ Interessante! Aí, vocês estão usando a mesma técnica do pessoal do outro grupo? Cadê o “espetinho”?

_ Então vamos lá.

Os alunos observam que os dois círculos de papel giram juntos com o eixo (lápis) e um silêncio denota uma certa dúvida. O professor pega o “espetinho”, o faz girar e questiona o grupo:

_ Eu vou girar, e esse daqui (roda menor) vai girar mais rápido?

(Grupo) _ É.

_ E aí? Está girando mais rápido, pessoal?

(Laura) _ Eles giram “igual”.

_ Gira igual?

(Aline) _ Aqui parece ser igual.

_ O que você acham? Esse aqui deveria girar mais rápido, não é?

(Priscila) _ É, eu acho.

_ E por que não está girando?

(Karina) _ Estão presos no mesmo lugar.

_ Estão presos no mesmo lugar? Estão presos no mesmo eixo. Conseqüência de estarem presos no mesmo eixo?

(Karina) _ Acompanha o mesmo comprimento...

(Priscila) _ Quando o eixo gira as duas rodas giram juntas.

_ E aí? Vocês me falaram coisa errada?

(Aline) _ É.

_ Beleza! Então, vamos reformular? O que vocês acham, então?

(Priscila) _ Que a velocidade angular é igual.

_ Então tá bom. Escrevam isso. Agora, por quê?

(Karina) _ Porque estão presos no mesmo eixo!

_ Se o eixo gira?....

(Karina) _ Os círculos vão girar junto...

(Aline) _ Para acompanhar.

_ Isso! Coloca no papel, pessoal.

Novamente o recurso do espetinho facilitou o entendimento, pois os alunos verificaram por meio da observação direta que as velocidades angulares eram iguais, para o acoplamento no mesmo eixo. Além disso, durante este trecho, o professor aprofunda a discussão questionando a razão dos círculos girarem juntos, portanto, ele orquestra os **recursos (8), (11), (5), (9) e (12)**.

Em seguida, o professor dirige-se ao outro grupo, que analisava o acoplamento em eixos diferentes.

_ E aí, pessoal?

(Gustavo) _ Eu acho que a velocidade linear vai ser a mesma. A velocidade com que a corrente vai girar aqui (ao passar pela roda maior) vai ser a mesma que aqui (quando passar pela roda menor). Por mais que o raio dessa daqui seja maior, e a volta seja maior, a velocidade da corrente, dos dois lados, vai ser a mesma, porque senão ela iria estourar.

_ Um ponto que você pegar aqui, quando a corrente está passando na coroa (roda maior, neste caso) vai ter a mesma velocidade de um ponto quando ela está passando na catraca (roda menor, neste caso).

(Gustavo) _ É.

_ Todo mundo concorda com isso? (Os alunos concordam).

O professor procura averiguar o entendimento da questão e aprofunda um pouco mais a discussão. Coordena os **recursos (2), (4), (5), (6), (9), (10), (12), (13) e (15)**.

_ Por quê?

(Gustavo) _ Porque a corrente é a mesma. Ela vai ter a mesma velocidade senão ela vai estourar. Ela dá um tranco.

_ Ah! Ela dá um tranco? E se ela fosse de borracha? O que aconteceria?

(Gustavo) _ É que nem correia de carro.

Maria Eugênia, João e Gustavo começam a falar junto. O professor intervém para tentar organizar a discussão. **[recurso (12)]**.

O professor procura investigar a idéia de que a corrente vai arrebentar, caso as velocidades lineares sejam diferentes num acoplamento em eixos diferentes. Assim, ele revisa o pensamento do aluno Gustavo **[recurso (5)]**:

_ Esta daqui (roda menor) vai ter que girar mais rápido que essa (roda maior), certo? (Os aluno respondem que sim). Agora, se ela gira mais rápido, ela faz isso para poder acompanhar a outra, como vocês falaram, certo? (Novamente concordam). Então, a velocidade angular dela será maior. Agora, a velocidade linear delas deve ser igual por quê?

(Gustavo) _ Por causa da diferença dos raios... Não sei explicar... Aqui nesse ponto ou nesse a velocidade é a mesma.

_ Você falou do tranco na corrente, não é?

(Gustavo) _ É, por exemplo: se aqui (um ponto qualquer da corrente) estivesse mais rápido, e aqui estivesse mais devagar (outro ponto da corrente) ela ia forçar muito aqui (ponto supostamente mais lento).

_ Então, deixa eu tentar organizar uma coisa para vocês: cada ponto da corrente vai ter a mesma velocidade linear, porque se você tiver um ponto da corrente com uma velocidade maior do que outro ponto, o que vai acontecer? Vai arrebentar a corrente?

(Gustavo) _ É.

_ *Um pontinho está girando mais rápido, e outro mais devagar... O que pode acontecer? Pode arrebentar?*

(Gustavo e Maria Eugênia) _ *É.*

_ *Entendi. Então está certo. Todos concordam?* (A resposta é afirmativa).

Assim, a explicação colocada no papel ficou:

“A circunferência B terá que girar mais rápido para acompanhar a circunferência A. O raio de A é maior, logo a velocidade angular de B é maior que a de A”.

“A velocidade linear será a mesma, a velocidade da corrente será constante em todo o percurso, caso contrário a corrente romperia”.

A explicação neste caso foi diferente daquela apresentada pelo outro grupo. Logo, o professor perdeu a oportunidade de trocar as explicações entre os dois grupos e elevar o grau de entendimento do fenômeno para todos os alunos. Portanto, ele comete um erro ao não utilizar o **recurso (10)**.

Além disso, nos diálogos que se seguiram, o professor não percebeu que monopolizou o debate com o aluno Gustavo. Faltou a ele cobrar também uma explicação dos outros componentes do grupo. Logo, vemos que o professor não apresentou o **recurso (13)**, o que denota uma atuação insatisfatória, nesta passagem.

O professor dirige-se ao outro grupo e analisa a reformulação da explicação escrita pelo grupo:

“A velocidade angular é a mesma, porque elas estão presas ao mesmo eixo, sendo assim todas as rodas acompanham o movimento do eixo”.

*_ Ok, e a velocidade linear, o que vocês acham? (O grupo fica em silêncio).
Pensem um pouquinho.*

(Aline) _ Acho que é mesma.

_ A velocidade linear vai ser a mesma?

(Karina) _ A gente marcou um ponto e ele girou... Ficou no mesmo lugar.

_ Isso, mas isso aí é a rotação. O ângulo percorrido foi o mesmo. Isso é a velocidade angular. E a linear?

Nesta situação, o professor mobiliza os **recursos (2)** quando interpreta a frase da aluna, cujo raciocínio não está explícito; o **(5)** para reestruturar a pergunta de modo a direcioná-la no sentido esperado por ele; e **(6)** pois busca recordar a idéia de velocidade linear discutida em aulas anteriores.

(Laura) _ O que seria mesmo a velocidade linear?

_ A fórmula?

(Laura) _ Não, não! Ali (e aponta para a figura). Como seria a velocidade linear?

_ É o deslocamento em cima da circunferência.

Aqui, o professor não chega a falar propriamente da velocidade linear, apenas se preocupou em destacar principal diferença entre as duas velocidades, pois se refere apenas à diferença entre os deslocamentos, o que era suficiente naquele momento. Neste caso o professor coordena os **recursos (4) (6) e (8)**.

(Laura) _ *Então, eu acho que vai ser maior, ali.*

_ *Ah! A velocidade linear, pessoal, vai ser de um ponto. Isso não estava muito fixado para vocês, não é? Então, o que vocês acham?*

(Priscila) _ *Na maior (polia) a velocidade é maior .*

_ *Por quê?*

(Laura) _ *Porque é maior o diâmetro.*

_ *Então, coloca no papel isso aí.*

“A velocidade linear será maior na roda maior, pois ela irá percorrer uma circunferência maior que as outras menores”.

Embora o professor compreenda o raciocínio da aluna, fazendo uso do **recurso (2)**, ele poderia cobrar uma explicação da relação entre a circunferência e o diâmetro, pois isso não ficou explícito o suficiente após assistirmos o vídeo. Esta explicação poderia contribuir para aumentar o rigor da justificativa da aluna e seria uma ação pertinente neste caso.

O professor finaliza a aula dizendo que as conclusões tiradas pelos grupos serão confirmadas em uma atividade prática, utilizando cálculos.

10.3.4- Aula 4

Nesta aula foram resolvidos exercícios abertos, nos quais os dados não são totalmente fornecidos, o que obriga uma reflexão dos estudantes sobre quais informações estão faltando e como deverão ser coletadas.

O professor inicia a aula demonstrando matematicamente as relações que foram discutidas na aula 3, sobre os acoplamentos, e a seguir fornece os exercícios.

Ainda que, nesta aula verificássemos as mesmas situações das aulas anteriores, não havendo, portanto, uma variação significativa dos recursos cognitivos observados, gostaríamos de destacar a “situação de falta de participação de alguns alunos”.

Em dois momentos da aula, encontramos as seguintes falas do professor:

_ Nesse grupo aqui, eu vi que só uma pessoa fez! Então, na semana que vem, o Daniel não vai ter nada para fazer, mas vocês vão ter que apresentar uma resposta disso. Vocês já têm todos os dados, ok?

_ Agora eu senti que esse grupo ficou muito dependente do Daniel...!

Nessas duas falas, o professor expressa sua insatisfação com a postura dos alunos. Além da falta de participação, eles se “apoiaram” no colega. O professor, aqui, utiliza os **recurso (13)**, mas não foi hábil para usar os **recursos (10) e (15)**, pois não consegue criar uma estratégia para incentivar os alunos a voltarem sua atenção para a atividade.

CONSIDERAÇÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

Neste trabalho, buscamos identificar quais competências docentes se mostram relevantes para se ensinar Física por meio de uma estratégia orientada por situações-problema. Tal estratégia, cujas características são convergentes com os principais preceitos construtivistas, pauta-se pela colocação de uma situação problematizadora que será o fio condutor para a aprendizagem. A busca por essas competências se justifica, principalmente, pela diferença entre o modo de ensinar desta proposta e o modelo tradicional de ensino baseado na transmissão de conhecimentos pelo professor e pela assimilação passiva dos estudantes.

Com este propósito, elaboramos uma seqüência de atividades de ensino sobre o tópico Movimento Circular Uniforme, tendo como suporte o trabalho de Silva (1990). Nas atividades desenvolvidas para este estudo, a situação-problema foi enunciada pela seguinte questão:

“Se andarmos de bicicleta e colocarmos em uma marcha “leve” ficamos pedalando e pedalando, e nos deslocamos muito pouco. Já quando usamos uma marcha mais “pesada”, pedalamos pouco e o deslocamento é maior. Por que isso ocorre?”

Esta questão se mostrou fértil do ponto de vista didático e motivacional, tendo em vista que atendeu aos objetivos do ensino. E, a partir dela, outras questões ou situações-problema menores foram endereçadas aos alunos para discussões mais específicas.

E ainda que tenhamos argumentado na Introdução deste trabalho sobre a formação de competências em alunos, nas atividades de ensino propostas focalizamos a construção de conhecimento físico, mais precisamente, o conceito de velocidade angular. Não pretendemos ampliar o foco para a construção de competências nos alunos, para não elevar o nível de complexidade do estudo, sob o risco de ultrapassar o seu escopo.

Em seguida, analisamos nossa própria atuação docente, com o auxílio das gravações em vídeo das aulas, tendo como foco as competências que se mostraram peculiares a esse modo de ensino.

Realizamos assim, uma exploração de situações de ensino que podem se repetir dentro de uma dinâmica de aula orientada por situações-problema. Esta exploração objetivou a análise das ações do professor, nas quais, foram evocados os saberes, competências mais específicas, enfim, os recursos cognitivos utilizados durante situações de ensino específicas. Esses recursos cognitivos, mobilizados durante a atuação do professor deram a indicação da competência que o mesmo manifestou em determinada situação de ensino.

Assim, dentro dos propósitos da pesquisa, identificamos três competências que se apresentam como relevantes. A primeira delas ocorrerá nas ocasiões em que há debate entre professor e alunos, ou somente entre alunos. Prevemos que este tipo de situação seja freqüente dentro do modelo de ensino adotado, dadas suas características, em que a explicitação e a reestruturação do raciocínio do aluno constituem um dos princípios fundamentais. Logo, constatamos que a **capacidade de mediar debates** possa denominar tal competência. Dentre os recursos cognitivos mobilizados por essa competência observamos: (1) Utilizar linguagem adequada ao nível dos estudantes; (2) Interpretar palavras chave e/ou mensagens dos alunos; (3) Conhecer o nível da capacidade de interpretação dos alunos; (4) Utilização de mensagens que visem aproximar o conhecimento do aluno do objeto de estudo sem dar a resposta final; (5) Saber reelaborar uma questão (ou uma resposta) feita pelo aluno, para devolvê-la a ele; (12) Saber gerenciar o debate entre alunos e com o professor.

A segunda competência diz respeito à necessidade de tornar os alunos conscientes da intrínseca relação entre Matemática e Física. Situações em que a interpretação de fenômenos físicos ocorra por meio de grandezas quantificáveis são constantes, seja qual for o modelo de ensino adotado. No entanto, em nosso caso, no qual, busca-se resposta para a situação-problema, a quantificação de grandezas físicas assumirá um papel fundamental, diferente daquele proporcionado pelo ensino tradicional, em que a Matemática surge como

ferramenta para exercícios repetitivos em situações idealizadas. Dessa forma, o professor deve desenvolver a competência que denominamos por **capacidade de articular a Física e a Matemática**, de modo a conduzir as estratégias para a resolução da situação-problema. Para este estudo, a articulação entre as duas disciplinas se efetivou de duas formas: a primeira através da comparação entre a equação que define a velocidade escalar média e a velocidade angular; e a outra por meio da análise da proporcionalidade entre os deslocamentos lineares e angulares, e conseqüentemente, das velocidades também. Sendo que a demonstração dessas relações foi realizada pelos alunos com o auxílio do professor; não se tratou de uma mera exposição deste. Observamos ainda que, dependendo do tópico de ensino, a articulação poderá assumir outras características, com o uso de vetores, por exemplo, etc.

Verificamos que essa competência mobilizou os seguintes recursos cognitivos: (6) Conhecer os pré-requisitos do aluno sobre o conteúdo da Física; (7) Conhecer os pré-requisitos do aluno sobre o conteúdo da Matemática; (8) Saber utilizar recursos visuais; (9) Intermediar, com variedade de recursos, o conhecimento antigo do aluno com o novo; (11) Partir de situações concretas para se chegar às abstratas; (14) Saber explicitar para o aluno a necessidade de quantificar as grandezas físicas envolvidas no fenômeno estudado.

A última competência foi observada durante momentos em que alguns alunos deixaram de participar ativamente das atividades. Independentemente das razões observadas neste estudo, nessas situações, o professor necessita ter a competência que enunciamos como **capacidade de promover a participação dos alunos**. Esta competência mobilizou os seguintes recursos cognitivos: (10) Permitir que o conhecimento seja sociabilizado entre o grupo de estudantes; (12) Saber gerenciar o debate entre alunos e com o professor; (13) Saber avaliar a participação dos alunos nas atividades de aprendizagem; (15) Estar atento para o desenvolvimento individual dos alunos.

Constatamos que o professor não apresentou satisfatoriamente esta terceira competência, pois ficou demasiadamente envolvido com o desenvolvimento das atividades como um todo, o que prejudicou sua atuação

neste tipo de situação, na qual deveria se preocupar com os alunos individualmente.

Em todo esse processo, uma dificuldade que enfrentamos se deve à sobreposição das categorias de análise que é resultado da simultaneidade das situações de ensino. Isto é, embora possam ser destacáveis, as situações de debate ocorriam juntamente com as situações de articulação da Matemática e da Física, o que tornava de certa forma complicadas as separações dos recursos cognitivos mobilizados pelo professor.

Destacamos que, não foram objeto deste estudo as competências em nível elementar, os esquemas, por exemplo, mas as capacidades mais diretamente observáveis e funcionais do ponto de vista de uma descrição que contribuísse de maneira mais efetiva para o entendimento das ações do professor. Segundo Perrenoud (2001, p.220), na medida em que as competências supõem a integração funcional de recursos cognitivos diversos (saberes, lógica natural, conceitos, esquemas específicos, capacidades de regulação e de coordenação do conjunto), se deveria estudar separadamente a gênese de cada uma dessas categorias de recursos; e a gênese de competências como capacidades de orquestração, de integração de recursos diversos na situação. Acreditamos que investigações cujo intento seja a busca por respostas para a gênese dos recursos cognitivos possam contribuir decisivamente com a questão da formação docente. E, neste sentido, Perrenoud (idem) defende a possibilidade de transposição dos resultados de inúmeros trabalhos sobre a aquisição de saberes, o desenvolvimento de operações mentais, a formação de conceitos, a construção do *habitus*, a interiorização de valores e de normas, em sua maioria, hoje, construtivistas e interacionistas para os propósitos docentes. Concordamos com o autor supra citado, que é sobre a construção de competências propriamente ditas que importa saber mais, dado seu potencial de favorecer o diálogo entre formador e aprendiz, que ocorre por meio da discussão de situações de ensino vivenciadas pelo futuro professor, nos momentos de prática supervisionada, como é o caso do estágio.

O objetivo não foi o mapeamento exaustivo das competências, o que seria impossível, a julgar pela variedade de interpretações possíveis dos recursos cognitivos, das situações e da própria metodologia usada. Realizamos um tatear dos recursos cognitivos com o objetivo de discutir a formação docente tendo como suporte a idéia de competência. Dessa forma, reconhecemos que a idéia de competência favorece o desenvolvimento daquele conhecimento tácito do professor, pois de certa forma o aproxima do saber acadêmico, na medida em que as análises partem de situações de ensino reais. Neste sentido, os recursos cognitivos elencados foram elaborados com a preocupação de serem facilmente compreendidos pelos docentes em formação para facilitar, como foi dito anteriormente, o diálogo entre formador, aprendiz e o conteúdo referente à formação. Assim, concluímos que trabalhos ou documentos que visem expor uma lista definitiva de competências devem ser encarados com ressalvas.

A articulação entre a metodologia empregada e o problema de pesquisa mostrou-se eficaz, uma vez que traduziu com fidelidade o trabalho de um professor reflexivo, que busca entender sua prática com vistas a aperfeiçoá-la, e não exatamente desenvolver uma teoria generalizável, o que, segundo Schwartz (1998) pode ser impossível. Muito embora, o desenvolvimento das competências identificadas neste trabalho constitua um referencial útil perante algumas situações práticas, tratou-se de um recorte de uma situação cotidiana da vida docente, já destacado em Perrenoud (2000) – organizar e dirigir situações de aprendizagem. E por tratar-se de um recorte, a metodologia empregada nos permitiu a análise direta das ações e posturas adotadas por nós na qualidade de professor, sendo a reflexão facilitada pela gravação em vídeo. Contudo, recortes mais amplos podem ser testados e investigados, o que contribuiria com o enriquecimento das reflexões sobre a noção de competência dentro da questão da formação docente.

Com relação ao trabalho efetuado atualmente nas escolas, percebemos que o emprego do modelo das situações-problema constitui-se em uma tarefa árdua para a extensa maioria dos professores. Ele requer uma vasta gama de competências e de recursos cognitivos, que não puderam ser totalmente explorados neste estudo, e que só podem ser adquiridos ao se experimentar o modelo, no dia-a-dia. Portanto, não se deve pensar em revolucionar, em mudar drasticamente a maneira de atuar desses profissionais. Nossa sugestão é começar com poucos projetos, que sejam bem estruturados, com objetivos claros e tangíveis, então, aos poucos, com a aquisição de experiência, o seu modo de ensinar venha a ser transformado.

Ao observarmos nossa atuação, concluímos que o modelo das competências como meio de certificação ainda é algo obscuro, mas para o indivíduo é algo que pode enriquecer sua ascensão profissional, do ponto de vista do seu trabalho, suas ações em sala de aula (ou em outro ambiente disponível para o ensino). É difícil garantir que um profissional adquiriu determinada competência específica. Somente ele poderá saber isto, dentro de um curto prazo, e dessa sua auto-avaliação dependerá seu sucesso na empreitada da inovação. Além disso, certificar um professor por meio de competências (ou esquemas de pensamento para a ação docente) exigirá que alguém o acompanhe durante um certo período, no estágio talvez, para constatar *in loco* o que o professor faz. Pois, a construção de competências é um processo de longa duração, caracterizado pela recorrência de situações simultaneamente semelhantes e distintas (PERRENOUD, 2001; p.221). Talvez o professor em formação possa registrar os momentos cruciais das suas aulas e discuti-los com os formadores; para que durante as situações específicas constatar se este professor manifesta as competências exigidas, já previamente identificadas (o que pode ser feito durante o estágio de prática docente). Vemos que tanto a formação quanto a certificação em termos de competência exige um trabalho diferenciado de avaliação e diagnóstico de competências por parte dos formadores. Dessa forma, não é

possível formar professores da maneira que atualmente é necessária, em “escala industrial”, mas somente de “forma artesanal”.

Concluimos assim, que a idéia de competência constitui um aspecto de maior relevância para a formação do professor, à medida que assume a responsabilidade por essa formação, refletindo constantemente sobre suas ações, aumentando a noção que possui dos seus recursos cognitivos e destacando as situações de ensino nas quais suas competências se efetuem, do que um aspecto que possa garantir a certificação profissional.

Com a aplicação do pré-teste e do pós-teste (ver resultados em anexo) que comparavam as velocidades angulares e lineares em três situações distintas, verificamos que houve aprendizagem na maioria dos alunos, o que pode ser constatado pela mudança em seu raciocínio, quando estava equivocado. Inicialmente, alguns alunos confundiam a análise da velocidade linear com a angular. Já na aplicação do pós-teste, eles conseguiram destacar os dois tipos de velocidade e analisar corretamente, com exceção de três alunos. Assim, embora a avaliação não tenha sido explorada neste estudo, devido ao enfoque do mesmo, podemos considerar que esta metodologia de ensino levou os alunos ao aprendizado esperado.

Como deixamos claro, não foi intenção neste trabalho esgotar o assunto sobre as competências necessárias para se ensinar Física por meio de situações-problema. Assim, além daquelas já enunciadas, pudemos perceber outras competências, que se apresentam como relevantes dentro da mesma perspectiva de modelo de ensino, e nosso intuito é discutir brevemente sobre duas delas. A primeira foi notada durante a elaboração da situação-problema em si e refere-se à capacidade de criar tais situações-problema. Enfrentamos esta situação no início do planejamento da seqüência didática e constatamos a dificuldade de se agregar todos os elementos necessários ao ensino, como: a possibilidade da situação envolver os obstáculos suficientes à aprendizagem esperada, ser capaz de motivar o aluno na busca por soluções, bem como motivá-lo ao debate, estar

adequada ao nível de possibilidades dos alunos, entre muitas outras coisas. De fato, muito antes de chegarmos à situação-problema utilizada neste trabalho, vivenciamos um período de procura, no qual constatamos a necessidade de “olhar o mundo por meio da Física”. E isso significa observar fenômenos, equipamentos, enfim, qualquer possibilidade de tema que envolvesse a Física, e que manifestasse um potencial de produzir questões capazes de envolver os alunos na busca por soluções.

Outra competência que não aparece nas análises dos vídeos, mas pudemos perceber sua relevância, refere-se à capacidade de organizar a logística para o ensino. Em vários momentos das aulas que ministramos, foi necessário que realizássemos um trabalho relativamente árduo de preparação do “cenário” para a efetivação do ensino, no sentido de reunir as condições necessárias, como: equipamentos, organização de horários, ambiente etc. Assim, verificamos que o professor que busca orientar seu modo de ensino por meio de situações-problema deve ser hábil em antecipar as condições materiais necessárias para a execução das atividades, bem como em improvisar em determinadas ocasiões.

Como já ficou evidente ao longo deste trabalho, a formação de competências exige a articulação entre experiência e reflexão, o que se intensifica quando o docente vivencia uma busca pela inovação didática. Dessa forma, a construção dessas competências pressupõe estratégias que viabilizem tal articulação. Dentre essas estratégias de formação de competências que podem ser encontradas em alguns trabalhos como, (PAQUAY et.al., 2001), (PERRENOUD, 2002 e 2000), (CARVALHO 1987), (SANT’ANNA, 1979) entre outros, gostaríamos de destacar duas, as quais pudemos prever a eficácia perante nossa atuação. A primeira refere-se à estratégia de microensino, cuja essência baseia-se no pressuposto de reduzir a complexidade da situação de ensino, em termos de tempo, número de alunos e conteúdo de aula, para facilitar o desenvolvimento do professor no âmbito da prática. Logo, no microensino, os professores em formação são solicitados a ensinar lições curtas, sobre um conteúdo de sua matéria de ensino, a um grupo pequeno de alunos. Estas aulas

curtas trazem a oportunidade de intensa supervisão, registro com vídeo para *feedback* imediato e acumulação e utilização do *feedback* do aluno (SANT'ANNA, 1979, p.2). Também durante este período, ênfase especial é dada à aquisição, prática ou desenvolvimento de habilidades técnicas de ensino e competências.

Outra vantagem deste procedimento reside na oportunidade de teorizar as práticas, discutindo problemas reais na busca de confrontá-los com referenciais teóricos já, de certa forma, bem estabelecidos pela pesquisa acadêmica. Processo inverso do que ocorre no modelo de formação do professor técnico especialista, o qual, como já discutido, apóia-se em conhecimentos especializados e formalizados para o desenvolvimento da prática docente, cujo prejuízo também já fora explicitado no capítulo “As Questões sobre a Formação de Professores”.

A segunda, que pode ser encarada como complementar ao recurso do microensino, enfoca o uso do vídeo como ferramenta de formação docente. De acordo com Mottet (apud PAQUAY e WAGNER, 2001, p.150), as observações de classe e as experiências pedagógicas, em dimensões reais ou reduzidas, são geralmente consideradas como os modos principais de formação prática de professores. No entanto, o valor formativo dessas atividades está ligado, evidentemente, à possibilidade de explorar seus dados e de submetê-los a uma análise posterior.

O registro em vídeo, de fato, deixa uma marca: ele permite uma auto-observação retransmitida. É uma memória que estimula a reflexão e a análise, individualmente ou em grupo. A imagem do vídeo oferece a um possível grupo de estagiários a possibilidade de analisarem juntos a mesma situação pedagógica e de terem um referencial único para a reflexão distanciada sobre os processos em jogo e sobre as competências postas à prova (PAQUAY e WAGNER, *idem*). Constitui-se, então, segundo os autores, em uma peça chave para instrumentalizar a ligação entre teoria e prática.

Devido ao *feedback*, à reflexão sobre a ação que o vídeo oportuniza, que o estagiário em formação é conduzido a uma espécie de “inflexão teórica” (PAQUAY e WAGNER, *idem*). Para os autores, ler, interpretar ou mesmo avaliar uma prática requer a mobilização de saberes e a disposição de representações às quais se

comparam os dados observados, mas essa inflexão circunscreve-se à perspectiva do aperfeiçoamento na prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikenhead, G.S.; Fleming, R.W. e Ryan, A.G. (1987). High school graduates beliefs about science-technology-society. I. Methods and issues in monitoring student views. **Science Education**, 71(2):145-161.
- Apple, M.W. (1989). **Educação e Poder**. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Apple, M.W. (1982). **Ideologia e Currículo**. São Paulo: Brasiliense.
- Alsop, S. e Watts, M. (2003). Science education and affect. **International Journal of Science Education**, vol.25, nº 9, 1043-1047.
- Arantes, V.A. (2002). A Afetividade no Cenário da Educação. In Araújo, U.F.: **Psicologia, Educação e as Temáticas da Vida Contemporânea**. São Paulo: Moderna.
- Arantes, V.A. (2000). Cognição, afetividade e moralidade. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.26, n.2, p.137-153.
- Arruda, S.M. e Laburú, C.E. (1996). Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências. **Pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática – série Ciência e Educação**, nº3, p.25-31.
- Astolfi, J.P. & Develay, M. (1990). **A Didática das Ciências**. Campinas: Papyrus.
- Barberá, O. e Valdéz, P. (1996). El Trabajo Práctico em la Enseñanza de las Ciencias: Una Revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, 14(3), p. 365-379.
- Barbosa, A.C.Q. e Rodrigues, M.A. (2006). Alternativas Metodológicas para a **Identificação de Competências**. Boletim Técnico do SENAC. **Vol. 32, Nº2, Maio / Agosto, p.20-29.** Disponível em: <<http://www.senac.br/INFORMATIVOS/BTS/index.asp>> Acesso em: **11/01/2008.**
- Bardin, L. (2004). **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70.

Barros Filho, J. (2002). **Avaliação da Aprendizagem e Formação de Professores**

de Física para o Ensino de Nível Médio. Campinas Faculdade de Educação da UNICAMP. Tese de Doutorado.

Barros Filho, J.(1999). **Avaliação do Processo Educacional: Busca de um Sistema de avaliação contínuo, em um curso de Física – Eletrodinâmica – de nível médio baseado em pressupostos construtivistas.** Campinas, Faculdade de Educação da UNICAMP. Dissertação de Mestrado.

Bazzo, W.A. (1998). **Ciência, Tecnologia e Sociedade – e o contexto da educação tecnológica.** Florianópolis: Editora da UFSC.

Bem-Chaim, D. e Zoller, U. (1991). The STS outlook profiles of Israeli high-school Students and their teachers. **International Journal of Science Education**, vol.13, n.4, 447-458.

Bereiter, C. (1990). Aspects of na educational learning theory. **Review of Educational Research**, 60, 603-624.

Bingle, W.H. e Gaskell,P.J. (1994). Scientific literacy for decision making and social construction of scientific knowledge. **Science Education**, 78(2):185-201.

Bogdan, R.C. & Biklen, S.K. (1982). **Qualitative Research for Education: an introduction to theory and methods.** Boston: Allyn and Bacon, Inc.

Borreguero, P. e Rivas, F. (1995). Una aproximación empírica a través de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) en estudiantes de secundaria e universitarios valencianos. **Enseñanza de las Ciencias**, 13(3), 363-370.

Bronowski, J. (1979). **Ciência e Valores Humanos.** São Paulo: EDUSP.

Bybee, R.W. (1987). Science education and the Science-Technology-Society **(S-T-S) Theme. Science Education**, 71(5):667-683.

Busquets, M.D.; Cainzos, M.; Fernández, T.; Leal, A.; Moreno, M.; Sastre, G.

- (1999). **Temas Transversais em Educação – Bases para uma formação integral**. São Paulo: Ática.
- Carvalho, A.M.P. (2003). A inter-relação entre a didática das ciências e a prática de ensino. In: Salles, S.E. e Ferreira, M.S. **Formação docente em Ciências: memórias e práticas**. Niterói: Eduff, p. 117-136.
- Carvalho, A.M.P. e Gil-Pérez, D. (1995). **Formação de Professores de Ciências-tendências e inovações**. 2^a ed. São Paulo: Cortez.
- Coburn, W.W. (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. **Science Education**, 80(5): 579-610.
- Cohen, L.; Manion, L. e Morrison, K. (2003). **Research Methods in Education**. Londres e Nova Iorque: Routledge Falmer.
- Costa, M.E. (1996). Aportes de las Ciencias del Lenguaje para la consideración de Calidad en educación y su evaluación. **Revista Iberoamericana de Educación**, (10):79-99.
- Connell, J.P. (1985). A new multidimensional measure of children's perceptions of control. **Child Development**, 56, 1018-1041.
- Damásio, A. (2000). **O Mistério da Consciência: do corpo e das emoções ao Conhecimento de si**. São Paulo: Companhia das Letras.
- Damásio, A. (1996). **O Erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras.
- Delizoicov, D.(1991). **Conhecimento, Tensões e Transições**. São Paulo, IFUSP. Tese de Doutorado.
- Dixon, B. (1976). **Para que Serve a Ciência?** São Paulo: EDUSP.
- Doyle, W. (1983). Academic Work. **Review of Educational Research**, 53, 159-200.
- Driver, R. (1988). Un Enfoque Constructivista para el Desarrollo del Currículo en Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 6 (2), 109-120.
- Elliot, J. (2000). **La Investigación-Acción en Educación**. Madrid: Morata.
- Faingold, N. (2001). De estagiário a especialista: construir as competências

- profissionais. In: Paquay et.al. Formando Professores Profissionais – quais estratégias, quais competências? Porto Alegre: Artmed, 119-133, 2ªed.
- Gadotti, M. (1992). **Educação e Compromisso**. 4ª ed. Campinas: Papirus.
- García, A. e Fabregat, A. (1998). O sujeito como sistema cognitivo processador de informação e construtor de significados. In Minguet, P.A. (Org.) **A Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: ArtMed.
- García, C.M. (1992). A formação de professores: novas perspectivas baseadas na investigação sobre o pensamento do professor. In: Nóvoa, A [org.]. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, p.51-76, 2ª ed.
- Gargallo, B. & Cánovas, Paz (1998). A construção humana através da elaboração das construções pessoais: G.A. Kelly. In: Minguet, P.A. [org.]. **A Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: ArtMed.
- Gaskell, P.J. (1982). Science, technology and society: Issues for science teachers. **Studies in Science Education**, 9, 33-46.
- Gatti, B.A. (1992) A formação dos docentes: o confronto necessário professor & Academia. **Educação Brasileira**, (14).
- Gil-Pérez, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-Tecnológicas. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.18: 69-90.
- Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza /Aprendizaje como Investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, 11(2): 197-212.
- Hart, E.P. e Robottom, I.M. (1990). The science-technology-society movement in science education : a critique of the reforms process. **Journal of Research in Science Teaching**, 27(6):575-588.
- Heikkinen, H. (1987). Decision making in the science curriculum. **The Australian Science Teachers Journal**, vol. 33, n.2:53-57.
- Hewson, P.W. e Hewson, M.G. (1988). An Appropriate Conception of Teaching Science: A View from Studies of Science Learning. **Science Education**.

72(5): 597-614.

Hofstein, A.; Aikenhead, G. e Riquarts, K. (1988). Discussion over STS at the Fourth IOSTE Symposium. **International Journal of Science Education**, vol.10, n.4:357-366.

Iglesia, P.M. (1997). Una revisión del movimiento educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad. **Enseñanza de las Ciencias**, 15(1): 51-57.

Kilpatrick, W.H. (1978). **Educação para uma Civilização em Mudança**. 16^a ed. São Paulo: Melhoramentos; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar – Ministério da Educação e Cultura.

Kolstoe, S.D. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. **International Journal of Science Education**, vol.22, n.6: 645-664.

Kortland, K. (1996). An STS case study about Student's decision making on the Waste issue. **Science Education**, 80(6): 673-689.

Kuenzer, A.Z. (2003). Competência como Práxis: Os Dilemas da Relação entre Teoria e Prática na Educação dos Trabalhadores. **Boletim Técnico do SENAC**, vol.29, nº, Janeiro/Abril. Disponível em: <<http://www.senac.br/INFORMATIVOS/BTS/index.asp>> Acesso em: 11/01/2008.

Laville, C. e Dione, J. (1999). **A Construção do Saber – manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Porto Alegre: ArtMed.

Lüdke, M. (2001). O professor seu saber e sua pesquisa. **Educação & Sociedade**, Ano XXII, nº 74, Abril, 77-96.

Lüdke, M. [et al.](2001). **O Professor e a Pesquisa**. Campinas: Papirus.

Lüdke, M. e André, M.E.D.A. (1986). **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU.

Machado, N.J. (2002). Sobre a idéia de competência, In Perrenoud, P. et.al. **As Competências para Ensinar no Século XXI – a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed.

Machado, N.J. (1995). **Epistemologia e Didática – As Concepções de Conhecimento e Inteligência e a Prática Docente**. São Paulo: Cortez.

- Martinovich, P. (1997). The teaching of Science 10 from an STS perspective. **Alberta Science Education Journal**, vol.30, n.1: 21-25.
- Matthews, M.R. (2000). Variedades de Construtivismo. **Ciência e Ensino**, nº 8, Junho.
- McCaslin, M. & Good, T. (1992). Compliant cognition: The missaliance of management and instructional goals in current school reform. **Educational Researcher**, 21(3), 4-17.
- McDermott, L.C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: the need for special science courses for teachers. **American Journal of Physics**, 58 (8), 734-742.
- Megid Neto, J. (2001). O que se pesquisa sobre ensino de Ciências no nível Fundamental: tendências de teses e dissertações defendidas entre 1972 e 1995. **Educação em Foco**, v.6, nº1, p.73-86, Mar-Ago.
- Meirieu, P. (1998). **Aprender... Sim, Mas Como?** Porto Alegre: ArtMed.
- Merriam, S.B. (1998). **Qualitative Research and Case Study Applications in Education**. San Francisco: Jossey – Bass.
- Minguet, P.A. (1998). **A Construção do Conhecimento na Educação** (Org.). Porto Alegre: ArtMed.
- Miras, M. (2006). Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: Coll, C. [et.al.]. **O Construtivismo na Sala de Aula**. 6ª ed. São Paulo: Ática.
- Monteiro, A.M.F.C.(2001). Professores: entre saberes e práticas. **Educação & Sociedade**, ano XXII, Abril, nº 74, 121-142.
- Moreno, M.; Sastre, G.; Bovet, M.; Leal, A. (1999). **Conhecimento e Mudança – os modelos organizadores na construção do conhecimento**. São Paulo: Moderna. Campinas: editora da UNICAMP.
- Morin, E. (1999). **Ciência com Consciência**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Mortimer, E.F. (1995). Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos? In: **Coletânea da Terceira Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**, p.56-74.

- Novak, J.D. (1988). Constructivismo Humano: um consenso emergente. **Enseñanza de las Ciencias**, 6 (3), 213-223.
- Nóvoa, A. (1992). **Os Professores e a sua Formação** (Org.). Lisboa: Dom Quixote; 2ªed.
- Osborne, J.[et.al.] (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. **International Journal of Science Education**. Vol. 25, nº 9, 1049-1079.
- Osborne, J. (1996). Beyond Constructivism. **Science Education**, 80(1): 53-82.
- Pacheco, D. Megid Neto, J. e Curado, M.C.C. (1996). Vestibular, pesquisa acadêmica e ensino de Física – existe integração? **Pró-Posições**, vol.7, n.1[19]:58-66.
- Paquay, L. e Wagner, M.C. (2001). Competências profissionais privilegiadas nos estágios e na videoformação, In: Paquay et.al. **Formando Professores Profissionais – quais estratégias, quais competências?** Porto Alegre: Artmed, 135-159, 2ªed.
- Pereira, J.E.D. (1999). As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente. **Educação & Sociedade**, ano XX, nº 68, Dezembro, 109-125.
- Pérez Gómez, A. (1992). O pensamento prático de professor: A formação do professor como profissional reflexivo, In: Nóvoa, A. **Os Professores e a sua Formação**. Lisboa: Dom Quixote; p.93-114; 2ªed.
- Perrenoud, P. (2002). **A Prática Reflexiva no Ofício do Professor – profissionalização e razão pedagógica**. Porto Alegre: Artmed.
- Perrenoud, P. (2000). **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed.
- Perrenoud, P. (1999). **Construir as Competências Desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed.

- Piaget, J. (2001). **Seis Estudos de Psicologia**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária.
- Piaget, J. (1976). **A Equilibração das Estruturas Cognitivas – Problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J. (1954) Intelligence and Affectivity: Their Relationship During Child Development *Annual Reviews Monograph*, traduzido e editado por T.A.Brown e C.E.Kaegi.
- Pintrich, P.R.; Marx, R.W. e Boyle, R.A. (1993) Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. **Review of Educational Research**. Vol. 63, Nº 2, pp.167-199.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. e Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, 66(2), p.211-227.
- Postman, N. (1994). **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel.
- Ratcliffe, M. (1997). Pupil decision-making about socio-scientific issues within the science curriculum. **International Journal of Science Education**, vol.19, n.2: 167-182.
- Rezaei, A. e Katz, L. (1998). Science, technology and society: facts or opinions. **Alberta Science Education Journal**, vol.31, n.1: 31-41.
- Rowell, J.A. e Dawson, C.J. (1985). Equilibration, Conflict and Instruction: A New Class-Oriented Perspective. **European Journal of Science Education**, 7(4), p. 331-344.
- Russell, B. (1955). **A Ciência e a Sociedade**. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- Saez, M.J. e Riquarts, K. (1996). El desarrollo sostenible y el futuro de la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 14(2): 175-182.
- Sant'anna, F.M. (1979). **Microensino e Habilidades Técnicas do Professor**.

- São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Santos, M.E.N.V.M. (1999). Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** (ENPEC). Valinhos, SP.
- Santos, W.L.P. (1992). **O Ensino de Química para Formar o Cidadão**. Campinas, Faculdade de Educação da UNICAMP. Dissertação de Mestrado.
- Sastre, G. e Moreno, M. (2002). **Resolução de Conflitos e Aprendizagem Emocional – gênero e transversalidade**. São Paulo: Moderna.
- Schön, D.(2000). **Educando o Profissional Reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: ArtMed.
- Schön, D. (1992). Formar professores como profissionais reflexivos; In: Nóvoa, A. **Os Professores e a sua Formação**. Lisboa: Dom Quixote, p.77-92, 2ªed.
- Schön, D. (1983). **The Reflective Practitioner: how professionals think in action**. New York: Basic.
- Schwartz, Y. (1998). Os ingredientes da competência: um exercício necessário para uma questão insolúvel. **Educação e Sociedade**. Ano XIX, Nº 65, p.101-139.
- Solé, I. e Coll, C. (2006). Os professores e a concepção construtivista. In Coll, C. **[et.al.] O Construtivismo na Sala de Aula**. 6ªed. São Paulo: Ática.
- Silva, C.A.D. (2002). **Estudo das Tomadas de Decisões de Alunos Universitários em Questões que Envolvem a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade**. Campinas, Faculdade de Educação da UNICAMP. Dissertação de Mestrado.
- Silva, C.A.D. et.al. (1999). O Movimento CTS e o ensino tecnológico – uma revisão bibliográfica. In: **Atas do XV Congresso Brasileiro de Engenharia**

- Mecânica (COBEM).** Águas de Lindóia, SP.[CD-ROM]. Acrobat Reader.
- Silva, D. (1996). Eletricidade: Atividade de Ensino Coerente com um Modelo Construtivista. **Pró-Posições**, vol.7, nº1[19], Março, p.41-57.
- Silva, D. (1995). **Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura.** Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP.
- Silva, D. (1990). **O Ensino Construtivista da Velocidade Angular. Textos – Pesquisas para o Ensino de Ciências**, nº4, Faculdade de Educação da USP.
- Soares, M.B. (1989). **Alfabetização no Brasil: o estado do conhecimento.** Brasília: INEP/REDUC.
- Solbes, J. e Vilches, A. (1997). STS interactions and the Chemistry and Physics teaching. **Science Education**, vol.81, 377-386.
- Solbes, J. e Vilches, A. (1989). Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: un Instrumento de cambio actitudinal. **Enseñanza de las Ciencias**, 7(1): 14-20.
- Stavy, R. (1991). Using Analogy to Overcome Misconceptions About Conservation of Matter. **Journal of Research in Science Teaching**, 28(4), p. 305-313.
- Strauss, A. e Corbin, J. (1998). **Basics of Qualitative Research – techniques and procedures for developing grounded theory.** London: SAGE publications.
- Tardif, M. (2000). Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários – elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**, Jan/Fev/Mar/Abr, Nº13, 5-24.
- Trivelato, S.L.F. (1995). Ensino de ciências e o movimento CTS

- (Ciência/Tecnologia/Sociedade). In: **Atas da 3ª Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**: 35-48.
- Valadares, J. (2006). O Ensino Experimental das Ciências: do conceito à prática: Investigação / Acção / Reflexão. **Revista Proformar on Line**. Disponível em : <http://www.proformar.org/revista/edicao_13/ensino_exp_ciencias> Acesso em: 02/01/2008.
- Vargas, M. (1999). Prefácio. In: Grinspun, M.P.S.(org). **Educação Tecnológica – desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez.
- Villani, A. (1992). Conceptual Change in Science and Science Education. **Science Education**, 76(2), p. 223-237.
- Villani, A. (1984). Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: práticas, conteúdos e pressupostos. **Revista de Ensino de Física**, vol.2, n.2:76-95.
- Watts, M. e Jofili, Z. (1998). Towards critical construtivist teaching. **International Journal of Science Education**, vol.20, nº 2, 173-185.
- Watts, M. et.al. (1997). 'Event-centred-learning: an approach to teaching science technology and societal issues in two countries. **International Journal of Science Education**, vol.19, n.3:341-351.
- Wheatley, G.H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. **Science Education**, 75(1): 9-21.
- Yager, R.E. e Tamir, P. (1993). STS approach: reasons, intentions, accomplishments and outcomes. **Science Education**, 77(6):637-658.
- Yin, R.K. (2001). **Estudo de Caso – planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2ªed.
- Zeichner, K. (1998). Para além da divisão entre professor-pesquisador e Pesquisador acadêmico. In: **Cartografias do Trabalho Docente: professor(a)-pesquisador(a)**. Geraldi, C.M.G.; Fiorentini, D. ; Pereira, E.M.A. (orgs.). Campinas: Mercado das Letras.
- Zeichner, K. (1992). Novos caminhos para o *practicum*: uma perspectiva para os anos 90. In: Nóvoa, A. **Os Professores e a sua Formação**. Lisboa: Dom Quixote, p.115-138; 2ªed.
- Zoller, U. (1982). Decision-making in future science and technology curricula.

European Journal of Science Education, vol.4, n.1: 11-17.

Zylbersztajn, A. (1983). Concepções Espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e Implicações para o Ensino. **Revista de Ensino de Física**, 5(2), p.3-16.

ANEXOS

ROTEIRO DAS ATIVIDADES

AULA 1

ATIVIDADE	OBJETIVO	AVALIAÇÃO
Apresentar a situação-problema.	Desencadear as atividades de ensino-aprendizagem e envolver os alunos no estudo da velocidade angular.	O professor avalia o grau de motivação dos alunos e de adequação da situação ao nível deles.
<p>Permitir que os estudantes explorem o câmbio da bicicleta.</p> <p>Para organizar esta atividade, o professor pode realizar alguns questionamentos que funcionarão como um guia. Eles devem discutir organizados em grupos e a síntese destas discussões será apresentada por cada um dos grupos, de modo a envolver a sala inteira na discussão.</p>	<p>1. Fazer com que compreendam o funcionamento deste sistema: como ocorre a transmissão do movimento circular da coroa e para a catraca; e como esta provoca o movimento da bicicleta.</p> <p>2. Os alunos deverão ainda perceber a necessidade de se medir ângulos para calcular a rapidez com que ocorre um movimento circular.</p>	O professor deverá avaliar os métodos utilizados na exploração, para saber o momento oportuno das intervenções, isto é, da colocação das questões. Deve verificar se os alunos conseguiram atingir os dois objetivos propostos. Caso contrário, garantir tal condição pela discussão entre os grupos, ou mesmo por uma explicação, levando em conta os argumentos dos próprios alunos.
Questionar sobre como poderia se determinar a velocidade angular, por meio da comparação com a velocidade linear. Pedir que os grupos escrevam a fórmula numa folha e a entreguem ao professor.	Formalizar matematicamente a velocidade angular relacionando-a ao deslocamento angular e ao intervalo de tempo transcorrido.	Verificar se a relação matemática apresentada está correta. Caso contrário, intervir para que todos possam obtê-la.
Propor exercícios.	Fixar o conceito de velocidade angular.	Verificar a compreensão do significado das grandezas envolvidas nas equações discutidas.

AULA 2

ATIVIDADE	OBJETIVO	AVALIAÇÃO
Questionar a relação entre deslocamento escalar e angular, bem como entre as velocidades escalar e angular. Demonstrar essas relações matematicamente, caso os alunos não consigam formulá-las.	Mostrar a interdependência dessas grandezas.	Verificar a compreensão por parte dos alunos do significado das grandezas físicas envolvidas nas relações, por meio de exercícios. Caso isto não ocorra explicar individualmente.
Apresentar o conceito de frequência e período; e a inter-relação entre eles.	Demonstrar que a utilização dessas grandezas facilita o estudo de movimentos periódicos, como é o caso do movimento circular uniforme.	Verificar a compreensão desses conceitos em exercícios.
Demonstrar as relações matemáticas entre velocidade angular, período e frequência.	Prepará-los para entender as duas formas de acoplamentos de engrenagens ou polias.	Verificar se os alunos são capazes de usar corretamente essas relações matemáticas na resolução de problemas.
Propor exercícios	Fixar os conceitos estudados.	Verificar se houve fixação após a aula.

AULA 3

ATIVIDADE	OBJETIVO	AVALIAÇÃO
Retomar a situação-problema, discutindo a transmissão do movimento através do câmbio da bicicleta.	Revisar o conhecimento referente ao funcionamento do câmbio da bicicleta.	Verificar se os alunos se lembram deste funcionamento, Caso contrário, o professor deve garantir que compreendam tal funcionamento, para que possam avançar.
Apresentar, por meio de figuras, os dois tipos de transmissão: com as engrenagens no mesmo eixo, e com as engrenagens em eixos diferentes.	Integrar o conhecimento adquirido à questão da transmissão de movimento circular.	Observar se eles reconhecem o tipo utilizado na bicicleta.
Solicitar que os alunos comparem as velocidades angulares e lineares da coroa e da catraca, no acoplamento em eixos diferentes.	Permitir que os alunos reconheçam que neste tipo de acoplamento as velocidades lineares são iguais.	Verificar se os alunos são capazes de associar as grandezas físicas estudadas ao problema da transmissão.
Solicitar que os alunos estabeleçam uma relação matemática, usando as equações estudadas na aula anterior, entre as velocidades angulares e os raios da coroa e da catraca, no acoplamento em eixos diferentes.	Mostrar que as equações matemáticas nos ajudam a entender este fenômeno.	Verificar se os alunos são capazes de responder à situação-problema. Caso contrário, dar subsídios para que consigam.
Solicitar que os alunos comparem as velocidades angulares e lineares no acoplamento no mesmo eixo.	Permitir que os alunos reconheçam que neste tipo de acoplamento as velocidades angulares são iguais.	Verificar se os alunos são capazes de responder à situação-problema. Caso contrário, dar subsídios para que consigam.
Solicitar que os alunos estabeleçam uma relação matemática, usando as equações estudadas na aula anterior, entre as velocidades escalares e os raios do pneu e da catraca, no mesmo eixo.	Mostrar que as equações matemáticas nos ajudam a entender este fenômeno.	Verificar se os alunos são capazes de responder à situação-problema. Caso contrário, dar subsídios para que consigam.

AULA 4

Propor exercícios abertos.	Fixar os conceitos estudados.	Verificar se houve fixação após a aula.
----------------------------	-------------------------------	---

RESULTADOS DO PRÉ –TESTE

Aluno	Questão 1	Questão 2	Questão 3 parte I	Questão 3 parte II
Aline	$V_A < V_B$	$V_A = V_B$	$V_{PI} > V_{PII}$	$V_A < V_B$
Carlos L.	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} = V_{PII}$	$V_A > V_B$
Carlos H.	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} = V_{PII}$	$V_A = V_B$
Daniel	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} = V_{PII}$	$V_A = V_B$
Gustavo	$V_A < V_B$	$V_A = V_B$	$V_{PI} > V_{PII}$	$V_A = V_B$
João	$V_A < V_B$	$V_A = V_B$	$V_{PI} > V_{PII}$	$V_A = V_B$
Joyce	$V_A < V_B$	$V_A = V_B$	$V_{PI} < V_{PII}$	$V_A = V_B$
Karina	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} < V_{PII}$	$V_A = V_B$
Laura	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} < V_{PII}$	$V_A = V_B$
Marcos	$V_A < V_B$	$V_A = V_B$	$V_{PI} = V_{PII}$	$V_A = V_B$
Maria E.	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} > V_{PII}$	$V_A > V_B$
Matheus	$V_A < V_B$	$V_A = V_B$	$V_{PI} > V_{PII}$	$V_A = V_B$
Priscila	$V_A < V_B$	$V_A < V_B$	$V_{PI} > V_{PII}$	$V_A > V_B$

RESULTADOS DO PÓS-TESTE

Alunos	Questão 1	Questão 2	Questão 3 parte I	Questão 3 parte II
Aline	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Carlos L.	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Carlos H.	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Daniel	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Gustavo	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
João	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Joyce	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Karina	$V_A < V_B$ $\omega_A < \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A < \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Laura	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Marcos	$V_A = V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A = V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Maria E.	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A < \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Matheus	$V_A < V_B$ $\omega_A < \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$
Priscila	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$V_A < V_B$ $\omega_A = \omega_B$	$\omega_{P1} > \omega_{P2}$	$V_A = V_B$

EXERCÍCIOS

1) Uma roda gigante se movimenta, percorrendo um quarto de volta num intervalo de tempo de 4 segundos. Determine sua velocidade angular em graus por segundo e radianos por segundo.

2) Determine a velocidade angular do movimento de rotação da Terra, em rad/h.

3) Na vitrola da vovó, um disco gira com freqüência de 45 rpm. Considerando nesse disco um ponto A situado a 10cm do centro, determine para ele:

d) A freqüência em hertz e o período em segundos.

e) A velocidade angular em radianos por segundo.

f) A velocidade escalar linear em metros por segundo.

4) Um satélite estacionário, usado em comunicações, é colocado em órbita circular, de raio aproximadamente $4,2 \cdot 10^4$ km, acima da linha do equador. Determine a velocidade angular e a velocidade linear do satélite em seu movimento em torno da Terra. Considere $\pi = 3$.

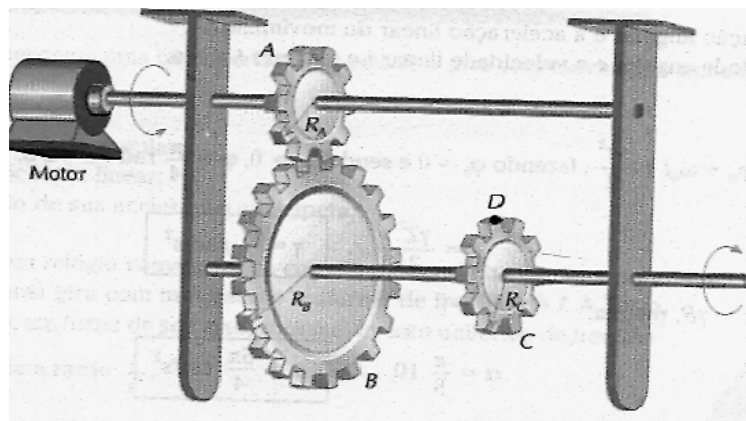
5) Calcule o deslocamento angular de um móvel que executa um movimento circular de raio 5m e percorre 30m de deslocamento.

6) A velocidade angular de um objeto que descreve um MCU é de $\frac{\pi}{4}$ rad/s.

Calcule o intervalo de tempo necessário para dar 2 voltas completas.

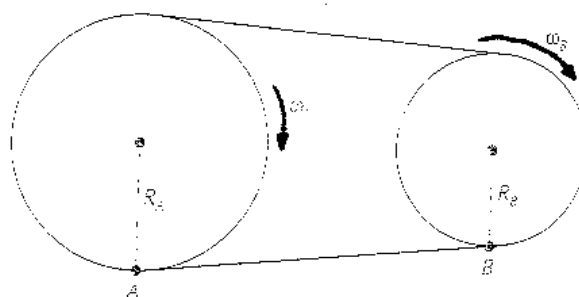
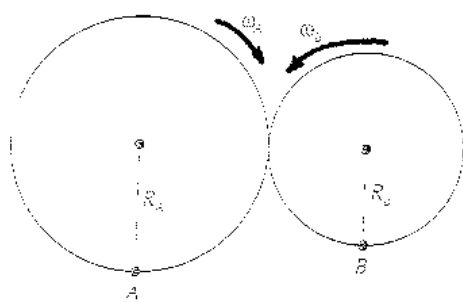
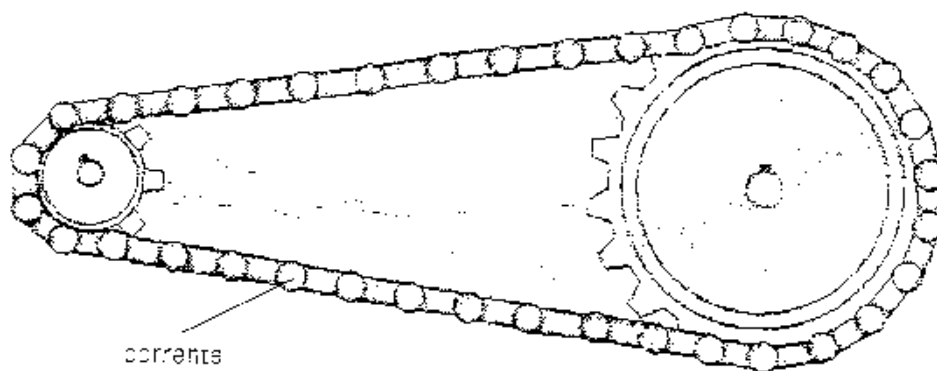
7) Os primeiros satélites artificiais lançados em torno da Terra levavam aproximadamente 120min para dar uma volta completa em movimento circular uniforme. Determine:

- a) O período em segundos.
- b) A frequência em Hz.
- 8) Um ciclista pedala sua bicicleta, dando uma volta completa no pedal a cada 1 segundo. Se o diâmetro da coroa é de 20cm e o da catraca de 10cm, obtenha a frequência da catraca.
- 10) No mecanismo esquematizado, o motor aciona a engrenagem A com uma frequência $f_A = 75\text{rpm}$. Sendo $R_A = 10\text{cm}$, $R_B = 15\text{cm}$ e $R_C = 8\text{cm}$, determine:
- a) A frequência de rotação das engrenagens B e C.
- b) A velocidade linear do ponto D pertencente à periferia da engrenagem C.

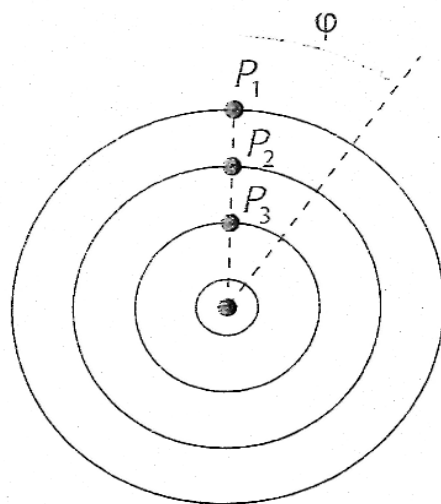


Figuras dos acoplamentos utilizadas durante as aulas.

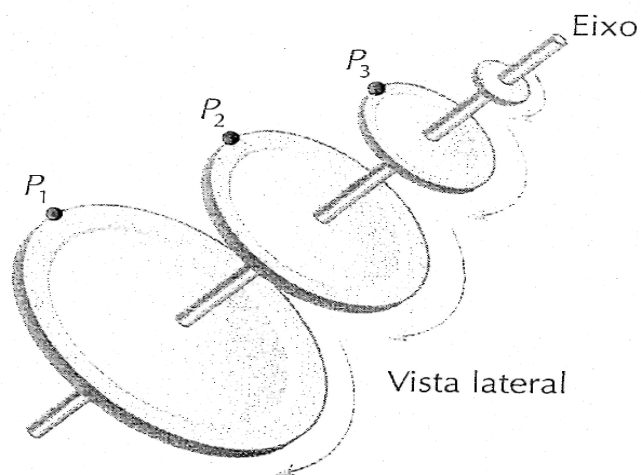
ACOPLAMENTOS NO MESMO EIXO



ACOPLAMENTOS EM EIXOS DIFERENTES



Vista de cima



Vista lateral