Secretaria de Estado da Educação do Paraná

DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Física

GOVERNO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA

DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA
FÍSICA

PARANÁ
2008

GOVERNADOR DO ESTADO DO PARANÁ
Roberto Requião

SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ
Yvelise Freitas de Souza Arco-Verde

DIRETOR GERAL
Ricardo Fernandes Bezerra

SUPERINTENDENTE DA EDUCAÇÃO
Alayde Maria Pinto Digiovanni

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA
Mary Lane Hutner

COORDENAÇÃO DAS DIRETRIZES CURRICULARES ESTADUAIS
Maria Eneida Fantin

EQUIPE TÉCNICO-PEDAGÓGICA DA DISCIPLINA DE FÍSICA
Fábio Luis de Souza
Juliana Loch
Marina de Lurdes Machado

LEITORES CRÍTICOS DA DISCIPLINA DE FÍSICA
Maurício Urban Kleinke – UNICAMP
Sandro Aparecido dos Santos – UNICENTRO – Campus Guarapuava

LEITORES CRÍTICOS DA ÁREA PEDAGÓGICA EDUCACIONAL
Iria Brzezinski – Universidade Católica de Goiás
Lia Rosenberg – Consultora independente
Marcia Angela da Silva Aguiar – Universidade Federal de Pernambuco
Sofia Lerche Vieira – Universidade Estadual do Ceará
Walter Esteves Garcia – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
Jam3 Comunicação

AGRADECIMENTOS

Agradecemos de modo especial aos professores das escolas da Rede Estadual de Ensino que desde 2003 participaram dos eventos promovidos pela Secretaria de Estado da Educação, contribuindo com a elaboração dos textos das Diretrizes Curriculares. Esses professores enriqueceram as discussões sobre teoria e ensino da sua disciplina, fizeram leituras críticas das diversas versões preliminares das DCE enviadas às escolas nas semanas pedagógicas e enviaram seus pareceres para que os textos pudessem ser aprimorados. Da mesma forma agradecemos o trabalho dos professores dos Núcleos Regionais de Educação e dos departamentos pedagógicos da SEED que ao longo deste processo coordenaram as discussões e sistematizaram os textos até chegarmos a estas Diretrizes Curriculares, agora oficialmente publicadas.

CARTA DA SECRETÁRIA DA EDUCAÇÃO

A escola pública vem sendo replanejada no Estado do Paraná nos últimos anos e isso traz uma luz diferenciada para a prática pedagógica, sustentada por uma intensa discussão sobre as concepções teórico-metodológicas que organizam o trabalho educativo. Essas reflexões, sobre a ação docente, concretizaram-se na crença do professor como sujeito epistêmico e da escola como principal lugar do processo de discussão destas Diretrizes Curriculares que agora são oficialmente publicadas.

Quando assumimos a gestão governamental, um olhar para dentro das escolas permitiu identificar a ausência de reflexão sistematizada sobre a prática educativa que ali ocorria, e o foco da formação continuada, então oferecida, fugia da especificidade do trabalho educativo e situava-se em programas motivacionais e de sensibilização, em sua grande maioria.

Tais políticas educacionais, estabelecidas no final da década de 1990, alteraram a função da escola ao negligenciar a formação específica do professor e esvaziar as disciplinas de seus conteúdos de ensino, de modo que o acesso à cultura formal ficou mais limitado, principalmente para as camadas socialmente marginalizadas.

Contrapondo-nos a esta concepção, salientamos que, para a maioria da população brasileira, a escola constitui a alternativa concreta de acesso ao saber, entendido como conhecimento socializado e sistematizado na instituição escolar. Sob esta perspectiva de escola pública, construímos essas Diretrizes Curriculares, por meio de uma metodologia que primou pela discussão coletiva ocorrida, efetivamente, durante os últimos cinco anos e envolveu todos os professores da rede.

Com essas Diretrizes e uma formação continuada focada nos aspectos fundamentais do trabalho educativo pretendemos recuperar a função da escola pública paranaense que é ensinar, dar acesso ao conhecimento, para que todos, especialmente os alunos das classes menos favorecidas, possam ter um projeto de futuro que vislumbre trabalho, cidadania e uma vida digna.

Yvelise Freitas de Souza Arco-Verde
Secretária de Estado da Educação do Paraná

CARTA DO DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO BÁSICA

Você está recebendo, neste caderno, um texto sobre concepção de currículo para a Educação Básica e as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE) de sua disciplina.

Esses textos são frutos de um longo processo de discussão coletiva, ocorrido entre 2004 e 2008, que envolveu os professores da Rede Estadual de Ensino e, agora, se apresentam como fundamento para o trabalho pedagógico na escola.

Durante os anos de 2004, 2005 e 2006 a Secretaria de Estado da Educação promoveu vários encontros, simpósios e semanas de estudos pedagógicos para a elaboração dos textos das Diretrizes Curriculares, tanto dos níveis e modalidades de ensino quanto das disciplinas da Educação Básica. Sua participação nesses eventos e suas contribuições por escrito foram fundamentais para essa construção coletiva.

Ao longo dos anos de 2007 e 2008 a equipe pedagógica do Departamento de Educação Básica (DEB) percorreu os 32 Núcleos Regionais de Educação realizando o evento chamado DEB Itinerante que ofereceu, para todos os professores da Rede Estadual de Ensino, dezesseis horas de formação continuada. Em grupos, organizados por disciplina, esses professores puderam, mais uma vez, discutir tanto os fundamentos teóricos das DCE quanto os aspectos metodológicos de sua implementação em sala de aula.

Ainda em 2007 e 2008, as Diretrizes Curriculares Estaduais passaram por leituras críticas de especialistas nas diversas disciplinas e em história da educação. Tais leitores, vinculados a diferentes universidades brasileiras, participaram, também, de debates presenciais com as equipes disciplinares do DEB, com vistas aos necessários ajustes finais dos textos.

Assim, os textos que compõem este caderno se apresentam na seguinte ordem e estrutura: o primeiro, sobre a Educação Básica, inicia com uma breve discussão sobre as formas históricas de organização curricular, seguida da concepção de currículo proposta nestas diretrizes para a Rede Pública Estadual, justificada e fundamentada pelos conceitos de conhecimento, conteúdos escolares, interdisciplinaridade, contextualização e avaliação.

O segundo texto refere-se à sua disciplina de formação/atuação. Inicia-se com um breve histórico sobre a constituição dessa disciplina como campo do conhecimento e contextualiza os interesses políticos, econômicos e sociais que interferiram na seleção dos saberes e nas práticas de ensino trabalhados na escola básica. Em seguida, apresenta os fundamentos teórico-metodológicos e os conteúdos estruturantes que devem organizar o trabalho docente.

Anexo a esse documento, há uma relação de conteúdos considerados básicos para as séries do Ensino Fundamental e para o Ensino Médio. Tais conteúdos foram sistematizados a partir das discussões realizadas nos encontros descentralizados (DEB-Itinerante) e deverão ser ponto de partida para organização das Propostas Pedagógicas Curriculares das escolas da Rede Estadual de Ensino.

Assim, é com orgulho que disponibilizamos, à Rede Pública Estadual de Educação, o documento das Diretrizes Curriculares Estaduais para a Educação Básica. Considera-se que os textos estão agora devidamente amadurecidos e, por isso, você os recebe nesse caderno, oficialmente publicados.

Nossa expectativa é que estas Diretrizes fundamentem o trabalho pedagógico e contribuam de maneira decisiva para o fortalecimento da Educação pública estadual do Paraná.

Mary Lane Hutner
Chefe do Departamento de Educação Básica

SUMÁRIO

A EDUCAÇÃO BÁSICA E A OPÇÃO PELO CURRÍCULO DISCIPLINAR **13**
1 OS SUJEITOS DA EDUCAÇÃO BÁSICA **14**
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS **15**
3 DIMENSÕES DO CONHECIMENTO **20**
3.1 O CONHECIMENTO E AS DISCIPLINAS CURRICULARES 24
3.2 A INTERDISCIPLINARIDADE 27
3.3 A CONTEXTUALIZAÇÃO SÓCIO-HISTÓRICA 28
4 AVALIAÇÃO **31**
5 REFERÊNCIAS **33**
DIRETRIZES CURRICULARES DA DISCIPLINA DE FÍSICA **37**
1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA **38**
1.1 SOBRE O ENSINO DE FÍSICA 45
2 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS **50**
3 CONTEÚDOS ESTRUTURANTES **57**
3.1 MOVIMENTO 58
3.2 TERMODINÂMICA 59
3.3 ELETROMAGNETISMO 60
4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS **61**
4.1 O PAPEL DOS LIVROS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA **63**
4.2 OS MODELOS CIENTÍFICOS E O ENSINO DE FÍSICA 65
4.2.1 A resolução de problemas 68
4.3 SOBRE O USO DA HISTÓRIA NO ENSINO DE FÍSICA **69**
4.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA 71
4.5 LEITURAS CIENTÍFICAS E ENSINO DE FÍSICA 74
4.6 AS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA 77
4.6.1 A informática no ensino de física 77
5 AVALIAÇÃO 78
6 REFERÊNCIAS 88
ANEXO: Conteúdos Básicos da disciplina de Física 92

A EDUCAÇÃO BÁSICA E A OPÇÃO PELO CURRÍCULO DISCIPLINAR

As etapas históricas do desenvolvimento da humanidade não são formas esvaziadas das quais se exalou a vida ***porque*** a humanidade alcançou formas de desenvolvimento superiores, porém, mediante a atividade criativa da humanidade, mediante a ***práxis***, elas se vão continuamente integrando no presente. O processo de integração é ao mesmo tempo crítica e avaliação do passado. O passado concentra no presente (e portanto ***aufgehoben*** no sentido dialético) cria natureza humana, isto é, a "substância" que inclui tanto a objetividade quanto a subjetividade, tanto as relações materiais e as forças objetivas, quanto a faculdade de "ver" o mundo e de explicá-lo por meio dos vários modos de subjetividade – cientificamente, artisticamente, filosoficamente, poeticamente, etc. (KOSIK, 2002, p. 150)

1 OS SUJEITOS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

A escola pública brasileira, nas últimas décadas, passou a atender um número cada vez maior de estudantes oriundos das classes populares. Ao assumir essa função, que historicamente justifica a existência da escola pública, intensificou-se a necessidade de discussões contínuas sobre o papel do ensino básico no projeto de sociedade que se quer para o país.

A depender das políticas públicas em vigor, o papel da escola define-se de formas muito diferenciadas. Da perspectiva das teorias críticas da educação, as primeiras questões que se apresentam são: Quem são os sujeitos da escola pública? De onde eles vêm? Que referências sociais e culturais trazem para a escola?

Um sujeito é fruto de seu tempo histórico, das relações sociais em que está inserido, mas é, também, um ser singular, que atua no mundo a partir do modo como o compreende e como dele lhe é possível participar.

Ao definir qual formação se quer proporcionar a esses sujeitos, a escola contribui para determinar o tipo de participação que lhes caberá na sociedade. Por isso, as reflexões sobre currículo têm, em sua natureza, um forte caráter político.

Nestas diretrizes, propõe-se uma reorientação na política curricular com o objetivo de construir uma sociedade justa, onde as oportunidades sejam iguais para todos.

Para isso, os sujeitos da Educação Básica, crianças, jovens e adultos, em geral oriundos das classes assalariadas, urbanas ou rurais, de diversas regiões e com diferentes origens étnicas e culturais (FRIGOTTO, 2004), devem ter acesso ao conhecimento produzido pela humanidade que, na escola, é veiculado pelos conteúdos das disciplinas escolares.

Assumir um currículo disciplinar significa dar ênfase à escola como lugar de socialização do conhecimento, pois essa função da instituição escolar é especialmente importante para os estudantes das classes menos favorecidas, que têm nela uma oportunidade, algumas vezes a única, de acesso ao mundo letrado, do conhecimento científico, da reflexão filosófica e do contato com a arte.

Os conteúdos disciplinares devem ser tratados, na escola, de modo contextualizado, estabelecendo-se, entre eles, relações interdisciplinares e colocando sob suspeita tanto a rigidez com que tradicionalmente se apresentam quanto o estatuto de verdade atemporal dado a eles. Desta perspectiva, propõe-se que tais conhecimentos contribuam para a crítica às contradições sociais, políticas e econômicas presentes nas estruturas da sociedade contemporânea e propiciem compreender a produção científica, a reflexão filosófica, a criação artística, nos contextos em que elas se constituem.

Essa concepção de escola orienta para uma aprendizagem específica, colocando em perspectiva o seu aspecto formal e instituído, o qual diz respeito aos conhecimentos historicamente sistematizados e selecionados para compor o currículo escolar.

Nesse sentido, a escola deve incentivar a prática pedagógica fundamentada em diferentes metodologias, valorizando concepções de ensino, de aprendizagem (internalização) e de avaliação que permitam aos professores e estudantes conscientizarem-se da necessidade de "...uma transformação emancipadora. É desse modo que uma contraconsciência, estrategicamente concebida como alternativa necessária à internalização dominada colonialmente, poderia realizar sua grandiosa missão educativa" (MÈSZÁROS, 2007, p. 212).

Um projeto educativo, nessa direção, precisa atender igualmente aos sujeitos, seja qual for sua condição social e econômica, seu pertencimento étnico e cultural e às possíveis necessidades especiais para aprendizagem. Essas características devem ser tomadas como potencialidades para promover a aprendizagem dos conhecimentos que cabe à escola ensinar, para todos.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Pensar uma concepção de currículo para a Educação Básica traz, aos professores do Estado do Paraná, uma primeira questão a ser enfrentada. Afinal, o que é currículo?

Sacristán fala de impressões que, "tal como imagens, trazem à mente o conceito de currículo". Em algumas dessas impressões, a idéia de que o currículo é construído para ter efeitos sobre as pessoas fica reduzida ao seu caráter estrutural prescritivo. Nelas, parece não haver destaque para a discussão sobre como se dá, historicamente, a seleção do conhecimento, sobre a maneira como esse conhecimento se organiza e se relaciona na estrutura curricular e, consequência disso, o modo como as pessoas poderão compreender o mundo e atuar nele.

> [...] o currículo como conjunto de conhecimentos ou matérias a serem superadas pelo aluno dentro de um ciclo – nível educativo ou modalidade de ensino é a acepção mais clássica e desenvolvida; o currículo como programa de atividades planejadas, devidamente sequencializadas, ordenadas metodologicamente tal como se mostram num manual ou num guia do professor; o currículo, também foi entendido, às vezes, como resultados pretendidos de aprendizagem; o currículo como concretização do plano reprodutor para a escola de determinada sociedade, contendo conhecimentos, valores e atitudes; o currículo como experiência recriada nos alunos por meio da qual podem desenvolver-se; o currículo como tarefa e habilidade a serem dominadas como é o caso da formação profissional; o currículo como programa que proporciona conteúdos e valores para que os alunos melhorem a sociedade em relação à reconstrução social da mesma. (SACRISTAN, 2000, p. 14)

Essas impressões sobre currículo podem ser consideradas as mais conhecidas e corriqueiras, porém, nem todas remetem a uma análise crítica sobre o assunto.

Quando se considera o currículo tão somente como um documento impresso, uma orientação pedagógica sobre o conhecimento a ser desenvolvido na escola ou mera lista de objetivos, métodos e conteúdos necessários para o desenvolvimento dos saberes escolares, despreza-se seu caráter político, sua condição de elemento que pressupõe um projeto de futuro para a sociedade que o produz. Faz-se necessária, então, uma análise mais ampla e crítica, ancorada na idéia de que, nesse documento, está impresso o resultado de embates políticos que produzem um projeto pedagógico vinculado a um projeto social.

Assim, da tentativa de responder o que é currículo, outras duas questões indissociáveis se colocam como eixos para o debate: a intenção política que o currículo traduz e a tensão constante entre seu caráter prescritivo e a prática docente.

Como documento institucional, o currículo pode tanto ser resultado de amplos debates que tenham envolvido professores, alunos, comunidades, quanto ser fruto de discussões centralizadas, feitas em gabinetes, sem a participação dos sujeitos diretamente interessados em sua constituição final. No caso de um currículo imposto às escolas, a prática pedagógica dos sujeitos que ficaram à margem do processo de discussão e construção curricular, em geral, transgride o currículo documento.

Isso, porém, não se dá de forma autônoma, pois o documento impresso, ou seja, "o estabelecimento de normas e critérios tem significado, mesmo quando a prática procura contradizer ou transcender essa definição pré-ativa *(de currículo)*. Com isso, ficamos vinculados a formas prévias de reprodução, mesmo quando nos tornamos criadores de novas formas" (GOODSON, 1995, p. 18).[1]

Entretanto, quando uma nova proposição curricular é apresentada às escolas, como fruto de ampla discussão coletiva, haverá, também, criação de novas práticas que irão além do que propõe o documento, mas respeitando seu ponto de partida teórico-metodológico.

Em ambos os casos, mas com perspectivas políticas distintas, identifica-se uma tensão entre o currículo documento e o currículo como prática. Para enfrentar essa tensão, o currículo documento deve ser objeto de análise contínua dos sujeitos da educação, principalmente a concepção de conhecimento que ele carrega, pois, ela varia de acordo com as matrizes teóricas que o orientam e o estruturam. Cada

[1] Esses vínculos, em geral, buscam atrelar a concepção teórica e política do currículo à distribuição de verbas destinadas à educação, à avaliação dos materiais didáticos a serem comprados e distribuídos para as escolas, e ao tipo de formação continuada oferecida aos professores.

uma dessas matrizes dá ênfase a diferentes saberes a serem socializados pela escola, tratando o conhecimento escolar sob óticas diversas. Dessa perspectiva, e de maneira muito ampla, é possível pensar em três grandes matrizes curriculares[2], a saber:

O currículo vinculado ao academicismo e ao cientificismo

No currículo vinculado ao academicismo/cientificismo, os saberes a serem socializados nas diferentes disciplinas escolares são oriundos das ciências que os referenciam. A disciplina escolar, assim, é vista como decorrente da ciência e da aplicabilidade do método científico como método de ensino. Esse tipo de currículo pressupõe que o "processo de ensino deve transmitir aos alunos a lógica do conhecimento de referência. [...] é do saber especializado e acumulado pela humanidade que devem ser extraídos os conceitos e os princípios a serem ensinados aos alunos" (LOPES, 2002, p. 151-152).

Embora remeta-se ao saber produzido e acumulado pela humanidade como fonte dos saberes escolares, podendo-se inferir o direito dos estudantes da Educação Básica ao acesso a esses conhecimentos, uma das principais críticas ao currículo definido pelo cientificismo/academicismo é que ele trata a disciplina escolar como ramificação do saber especializado, tornando-a refém da fragmentação do conhecimento. A consequência são disciplinas que não dialogam e, por isso mesmo, fechadas em seus redutos, perdem a dimensão da totalidade.

Outra crítica a esse tipo de currículo argumenta que, ao aceitar o *status quo* dos conhecimentos e saberes dominantes, o currículo cientificista/academicista enfraquece a possibilidade de constituir uma perspectiva crítica de educação, uma vez que passa a considerar os conteúdos escolares tão somente como "resumo do saber culto e elaborado sob a formalização das diferentes disciplinas" (SACRISTAN, 2000, p. 39). Esse tipo de currículo se "concretiza no *syllabus* ou lista de conteúdos. Ao se expressar nesses termos, é mais fácil de regular, controlar, assegurar sua inspeção, etc., do que qualquer outra fórmula que contenha considerações de tipo psicopedagógico" (SACRISTÁN, 2000, p. 40).

O currículo vinculado às subjetividades e experiências vividas pelo aluno

O currículo estruturado com base nas experiências e/ou interesses dos alunos faz-se presente, no Brasil, destacadamente, em dois momentos: nas discussões

[2] Adaptadas de Sacristan, 2000, p. 39-53 e Lopes, 2002.

dos teóricos que empreenderam, no país, a difusão das idéias pedagógicas da Escola Nova[3], e na implementação do projeto neoliberal de educação, difundido no documento chamado Parâmetros Curriculares Nacionais.

Fundamentando-se em concepções psicológicas, humanistas e sociais, esse tipo de currículo pressupõe que

> [...] os aspectos intelectuais, físicos, emocionais e sociais são importantes no desenvolvimento da vida do indivíduo, levando em conta, além disso, que terão de ser objeto de tratamentos coerentes para que se consigam finalidades tão diversas, ter-se-á que ponderar, como consequência inevitável, os aspectos metodológicos do ensino, já que destes depende a consecução de muitas dessas finalidades e não de conteúdos estritos de ensino. Desde então, a metodologia e a importância da experiência estão ligadas indissoluvelmente ao conceito de currículo. O importante do currículo é a experiência, a recriação da cultura em termos de vivências, a provocação de situações problemáticas [...]. (SACRISTÁN, 2000, p. 41)

Numa relação comparativa à concepção de currículo cientificista, centrado em planos de estudos, o currículo como base de experiências põe seu foco na totalidade de experiências vivenciadas pelo aluno, a partir de seus interesses e sob tutela da escola que,

> [...] nesse contexto, era vista como a instituição responsável pela compensação dos problemas da sociedade mais ampla. O foco do currículo foi deslocado do conteúdo para a forma, ou seja, a preocupação foi centrada na organização das atividades, com base nas experiências, diferenças individuais e interesses da criança. (ZOTTI, 2008)

As críticas a esse tipo de currículo referem-se a uma concepção curricular que se fundamenta nas necessidades de desenvolvimento pessoal do indivíduo, em prejuízo da aprendizagem dos conhecimentos histórica e socialmente construídos pela humanidade. Além disso, a perspectiva experiencial reduz a escola ao papel de instituição socializadora, ressaltando os processos psicológicos dos alunos e secundarizando os interesses sociais e os conhecimentos específicos das disciplinas pois considera o ensino dos saberes acadêmicos é apenas um aspecto, de importância relativa, a ser alcançado. Uma vez que esta concepção de currículo não define o papel das disciplinas escolares na organização do trabalho pedagógico com a experiência, o utilitarismo surge como um jeito de resolver esse problema, aproximando os conteúdos das disciplinas das aplicações sociais possíveis do conhecimento.

[3] A Escola Nova foi um importante movimento de renovação da escola tradicional. Fundamentava o ato pedagógico na ação, na atividade da criança e menos na instrução dada pelo professor. Para John Dewey, um dos idealizadores da Escola Nova, a educação deveria ajudar a resolver os problemas apresentados pela experiência concreta da vida. Assim, a educação era entendida como processo e não como produto. "Um processo de reconstrução e reconstituição da experiência; um processo de melhoria permanente da eficiência individual" (GADOTTI, 2004, p. 144).

Tanto a concepção cientificista de currículo, quanto aquela apoiada na experiência e interesses dos alunos

> [...] pautam-se em uma visão redentora frente à relação educação e sociedade, com respostas diferenciadas na forma, mas defendendo e articulando um mesmo objetivo – adaptar a escola e o currículo à ordem capitalista, com base nos princípios de ordem, racionalidade e eficiência. Em vista disso, as questões centrais do currículo foram os processos de seleção e organização do conteúdo e das atividades, privilegiando um planejamento rigoroso, baseado em teorias científicas do processo ensino-aprendizagem, ora numa visão psicologizante, ora numa visão empresarial. (ZOTTI, 2008)

O currículo como configurador da prática, vinculado às teorias críticas

O currículo como configurador da prática, produto de ampla discussão entre os sujeitos da educação, fundamentado nas teorias críticas e com organização disciplinar é a proposta destas Diretrizes para a rede estadual de ensino do Paraná, no atual contexto histórico.

Não se trata de uma idéia nova, já que, num passado não muito distante, fortes discussões pedagógicas se concretizaram num documento curricular que se tornou bastante conhecido, denominado Currículo Básico[4]. Esse documento foi resultado de um intenso processo de discussão coletiva que envolveu professores da rede estadual de ensino e de instituições de ensino superior. Vinculava-se ao materialismo histórico dialético, matriz teórica que fundamentava a proposta de ensino-aprendizagem de todas as disciplinas do currículo. Chegou à escola em 1990 e vigorou, como proposição curricular oficial no Paraná, até quase o final daquela década.

Estas Diretrizes Curriculares, por sua vez, se apresentam como frutos daquela matriz curricular, porém, duas décadas se passaram e o documento atual tem as marcas de outra metodologia de construção, por meio da qual a discussão contou com a participação maciça dos professores da rede. Buscou-se manter o vínculo com o campo das teorias críticas da educação e as metodologias que priorizem diferentes formas de ensinar, de aprender e de avaliar. Além disso, nestas diretrizes a concepção de conhecimento considera suas dimensões científica, filosófica e artística, enfatizando-se a importância de todas as disciplinas.

Para a seleção do conhecimento, que é tratado, na escola, por meio dos conteúdos das disciplinas concorrem tanto os fatores ditos externos, como aqueles determinados pelo regime sócio-político, religião, família, trabalho quanto as características sociais e culturais do público escolar, além dos fatores específicos do sistema como os níveis de ensino, entre outros. Além desses fatores, estão os

[4] As discussões que culminaram na elaboração do currículo básico ocorreram no contexto da reabertura política, na segunda metade dos anos de 1980, quando o Brasil saía de um período de 20 anos submetido à ditadura militar.

saberes acadêmicos, trazidos para os currículos escolares e neles tomando diferentes formas e abordagens em função de suas permanências e transformações.

Tais temas foram o mote das discussões propostas para os professores durante o processo de elaboração destas Diretrizes, trabalhados numa abordagem histórica e crítica a respeito da constituição das disciplinas escolares, de sua relevância e função no currículo e de sua relação com as ciências de referência.

Na relação com as ciências de referência, é importante destacar que as disciplinas escolares, apesar de serem diferentes na abordagem, estruturam-se nos mesmos princípios epistemológicos e cognitivos, tais como os mecanismos conceituais e simbólicos. Esses princípios são critérios de sentido que organizam a relação do conhecimento com as orientações para a vida como prática social, servindo inclusive para organizar o saber escolar.

Embora se compreendam as disciplinas escolares como indispensáveis no processo de socialização e sistematização dos conhecimentos, não se pode conceber esses conhecimentos restritos aos limites disciplinares. A valorização e o aprofundamento dos conhecimentos organizados nas diferentes disciplinas escolares são condição para se estabelecerem as relações interdisciplinares, entendidas como necessárias para a compreensão da totalidade.

Assim, o fato de se identificarem condicionamentos históricos e culturais, presentes no formato disciplinar de nosso sistema educativo, não impede a perspectiva interdisciplinar. Tal perspectiva se constitui, também, como concepção crítica de educação e, portanto, está necessariamente condicionada ao formato disciplinar, ou seja, à forma como o conhecimento é produzido, selecionado, difundido e apropriado em áreas que dialogam mas que constituem-se em suas especificidades.

3 DIMENSÕES DO CONHECIMENTO

Fundamentando-se nos princípios teóricos expostos, propõe-se que o currículo da Educação Básica ofereça, ao estudante, a formação necessária para o enfrentamento com vistas à transformação da realidade social, econômica e política de seu tempo. Esta ambição remete às reflexões de Gramsci em sua defesa de uma educação na qual o espaço de conhecimento, na escola, deveria equivaler à idéia de atelier-biblioteca-oficina, em favor de uma formação, a um só tempo, humanista e tecnológica.

> Esta será uma de suas idéias chaves até o final da vida. O homem renascentista, para ele (Gramsci) sintetiza o momento de elevada cultura com o momento de transformação técnica e artística da matéria e da natureza; sintetiza também a criação de grandes idéias teórico-políticas com a experiência da convivência popular. Sem dúvida, deve ele estar imaginando o homem renascentista como um Leonardo da Vinci no seu atelier-biblioteca-oficina: as estantes cheias dos textos clássicos, as mesas cheias de tintas e modelos mecânicos; ou então escrevendo ensaios políticos e culturais como um Maquiavel que transitava da convivência íntima com os clássicos historiadores da literatura greco-romana, para a convivência, também íntima, com os populares da cidade de Florença. À luz desses modelos humanos, Gramsci sintetiza, no ideal da escola moderna para o proletariado, as características da liberdade e livre iniciativa individual com as habilidades necessárias à forma produtiva mais eficiente para a humanidade de hoje. (NOSELLA, p. 20)

Esse é o princípio implícito nestas diretrizes quando se defende um currículo baseado nas dimensões científica, artística e filosófica do conhecimento. A produção científica, as manifestações artísticas e o legado filosófico da humanidade, como dimensões para as diversas disciplinas do currículo, possibilitam um trabalho pedagógico que aponte na direção da totalidade do conhecimento e sua relação com o cotidiano.

Com isso, entende-se a escola como o espaço do confronto e diálogo entre os conhecimentos sistematizados e os conhecimentos do cotidiano popular. Essas são as fontes sócio-históricas do conhecimento em sua complexidade.

Em breve retrospectiva histórica, é possível afirmar que, até o Renascimento, o que se entendia por conhecimento se aproximava muito da noção de pensamento filosófico, o qual buscava uma explicação racional para o mundo e para os fenômenos naturais e sociais.

> A filosofia permite um conhecimento racional, qual um exercício da razão. [...] A partir do século VI a.C., passou a circunscrever todo o conhecimento da época em explicações racionais acerca do cosmo. A razão indagava a natureza e obtinha respostas a problemas teóricos, especulativos. Até o século XVI, o pensamento permaneceu imbuído da filosofia como instrumento do pensamento especulativo. [...] Desta forma, a filosofia representou, até o advento da ciência moderna, a culminância de todos os esforços da racionalidade ocidental. Era o saber por excelência; a filosofia e a ciência formavam um único campo racional. (ARAUJO, 2003, p. 23-24)

Com o Renascimento e a emergência do sistema mercantilista de produção, entre outras influências, o pensamento ocidental sofreu modificações importantes relacionadas ao novo período histórico que se anunciava. No final do século XVII, por exemplo, Isaac Newton, amparado nos estudos de Galileu, Tycho Brahe e

Kepler estabeleceu a primeira grande unificação dos estudos da Física relacionando os fenômenos físicos terrestres e celestes. Temas que eram objeto da filosofia, passaram a ser analisados pelo olhar da ciência empírica, de modo que "das explicações organizadas conforme o método científico, surgiram todas as ciências naturais" (ARAUJO, 2003, p. 24).

O conhecimento científico, então, foi se desvinculando do pensamento teocêntrico e os saberes necessários para explicar o mundo ficaram a cargo do ser humano, que descreveria a natureza por meio de leis, princípios, teorias, sempre na busca de uma verdade expressa pelo método científico.

A dimensão filosófica do conhecimento não desapareceu com o desenvolvimento da razão científica. Ambas caminharam no século XX, quando se observou a emergência de métodos próprios para as ciências humanas, que se emanciparam das ciências naturais. Assim, as dimensões filosófica e científica transformaram a concepção de ciência ao incluírem o elemento da interpretação ou significação que os sujeitos dão às suas ações – o homem torna-se, ao mesmo tempo, objeto e sujeito do conhecimento.

Além disso, as ciências humanas desenvolveram a análise da formação, consolidação e superação das estruturas objetivas do humano na sua subjetividade e nas relações sociais. Essas transformações, que se deram devido à expansão da vida urbana, à consolidação do padrão de vida burguesa e à formação de uma classe trabalhadora consciente de si, exigem investigações sobre a constituição do sujeito e do processo social. São as dimensões filosófica e humana do conhecimento que possibilitam aos cientistas perguntarem sobre as implicações de suas produções científicas. Assim, pensamento científico e filosófico constituem dimensões do conhecimento que não se confundem, mas não se devem separar.

> Temas que foram objeto de especulação e reflexão filosófica passaram daí por diante pelo crivo do olhar objetivador da ciência. [...] As ciências passaram a fornecer explicação sobre a estrutura do universo físico, sobre a constituição dos organismos e, mais recentemente, sobre o homem e a sociedade. A filosofia passou a abranger setores cada vez mais restritos da realidade, tendo, no entanto, se tornado cada vez mais aguda em suas indagações; se não lhe é dado mais abordar o cosmo, pois a física e suas leis e teorias o faz mais apropriadamente, o filósofo se volta para a situação atual e pergunta-se: o que faz de nós este ser que hoje somos? (o) que é o saber, (o) que é o conhecer e de como se dá a relação entre mente e mundo. (ARAUJO, 2003, p. 24)

Por sua vez, a dimensão artística é fruto de uma relação específica do ser humano com o mundo e o conhecimento. Essa relação é materializada pela e na obra de arte, que "é parte integrante da realidade social, é elemento da estrutura de tal sociedade e expressão da produtividade social e espiritual do homem"

(KOSIK, 2002, p. 139). A obra de arte é constituída pela razão, pelos sentidos e pela transcendência da própria condição humana.

Numa conhecida passagem dos *Manuscritos econômico-filosóficos*, Karl Marx argumenta que "o homem se afirma no mundo objetivo, não apenas no pensar, mas também com todos os sentidos" (MARX, 1987, p. 178) e os sentidos não são apenas naturais, biológicos e instintivos, mas também transformados pela cultura, humanizados.

Para Marx, o capitalismo e a propriedade privada determinam a alienação dos sentidos e do pensamento, reduzindo-os à dimensão do ter. Portanto, a emancipação humana plena passa, necessariamente, pelo resgate dos sentidos e do pensamento.

> Para o ouvido não musical a mais bela música não tem sentido algum, não é objeto. [...] A formação dos cinco sentidos é um trabalho de toda história universal até nossos dias. O sentido que é prisioneiro da grosseira necessidade prática tem apenas um sentido limitado. (MARX, 1987, p. 178)

O conhecimento artístico tem como características centrais a criação e o trabalho criador. A arte é criação, qualidade distintiva fundamental da dimensão artística, pois criar "é fazer algo inédito, novo e singular, que expressa o sujeito criador e simultaneamente, transcende-o, pois o objeto criado é portador de conteúdo social e histórico e como objeto concreto é uma nova realidade social" (PEIXOTO, 2003, p. 39).

Esta característica da arte ser criação é um elemento fundamental para a educação, pois a escola é, a um só tempo, o espaço do conhecimento historicamente produzido pelo homem e espaço de construção de novos conhecimentos, no qual é imprescindível o processo de criação. Assim, o desenvolvimento da capacidade criativa dos alunos, inerente à dimensão artística, tem uma direta relação com a produção do conhecimento nas diversas disciplinas.

Desta forma, a dimensão artística pode contribuir significativamente para humanização dos sentidos, ou seja, para a superação da condição de alienação e repressão à qual os sentidos humanos foram submetidos. A Arte concentra, em sua especificidade, conhecimentos de diversos campos, possibilitando um diálogo entre as disciplinas escolares e ações que favoreçam uma unidade no trabalho pedagógico. Por isso, essa dimensão do conhecimento deve ser entendida para além da disciplina de Arte, bem como as dimensões filosófica e científica não se referem exclusivamente à disciplina de Filosofia e às disciplinas científicas. Essas dimensões do conhecimento constituem parte fundamental dos conteúdos nas disciplinas do currículo da Educação Básica.

3.1 O CONHECIMENTO E AS DISCIPLINAS CURRICULARES

Como saber escolar, o conhecimento se explicita nos conteúdos das disciplinas de tradição curricular, quais sejam: Arte, Biologia, Ciências, Educação Física, Ensino Religioso, Filosofia, Física, Geografia, História, Língua Estrangeira Moderna, Língua Portuguesa, Matemática, Química e Sociologia[5].

Nestas Diretrizes, destaca-se a importância dos conteúdos disciplinares e do professor como autor de seu plano de ensino, contrapondo-se, assim, aos modelos de organização curricular que vigoraram na década de 1990, os quais esvaziaram os conteúdos disciplinares para dar destaque aos chamados temas transversais.

Ainda hoje, a crítica à política de esvaziamento dos conteúdos disciplinares sofre constrangimentos em consequência dos embates ocorridos entre as diferentes tendências pedagógicas no século XX. Tais embates trouxeram para "[...] o discurso pedagógico moderno um certo complexo de culpa ao tratar o tema dos conteúdos" (SACRISTÁN, 2000, p. 120). A discussão sobre conteúdos curriculares passou a ser vista, por alguns, como uma defesa da escola como agência reprodutora da cultura dominante. Contudo,

> Sem conteúdo não há ensino, qualquer projeto educativo acaba se concretizando na aspiração de conseguir alguns efeitos nos sujeitos que se educam. Referindo-se estas afirmações ao tratamento científico do ensino, pode-se dizer que sem formalizar os problemas relativos aos conteúdos não existe discurso rigoroso nem científico sobre o ensino, porque estaríamos falando de uma atividade vazia ou com significado à margem do para que serve. (SACRISTÁN, 2000, p. 120)

É preciso, também, ultrapassar a idéia e a prática da divisão do objeto didático pelas quais os conteúdos disciplinares são decididos e selecionados fora da escola, por outros agentes sociais. Quanto aos envolvidos no ambiente escolar, sobretudo aos professores, caberia apenas refletir e decidir sobre as técnicas de ensino.

> [...] A reflexão sobre a justificativa dos conteúdos é para os professores um motivo exemplar para entender o papel que a escolaridade em geral cumpre num determinado momento e, mais especificamente, a função do nível ou especialidade escolar na qual trabalham. O que se ensina, sugere-se ou se obriga a aprender expressa valores e funções que a escola difunde num contexto social e histórico concreto. (SACRISTÁN, 2000, p. 150)

[5] As disciplinas técnicas dos cursos de Ensino Médio Integrado devem orientar-se, também, por essa compreensão de conhecimento, pois a ciência, a técnica e a tecnologia são frutos do trabalho e produtos da prática social. Participam, portanto, dos saberes das disciplinas escolares.

Os estudos sobre a história da produção do conhecimento, seus métodos e determinantes políticos, econômicos, sociais e ideológicos, relacionados com a história das disciplinas escolares e as teorias da aprendizagem, possibilitam uma fundamentação para o professor em discussões curriculares mais aprofundadas e alteram sua prática pedagógica.

Nessa práxis, os professores participam ativamente da constante construção curricular e se fundamentam para organizar o trabalho pedagógico a partir dos conteúdos estruturantes de sua disciplina.

Entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos de grande amplitude, conceitos, teorias ou práticas, que identificam e organizam os campos de estudos de uma disciplina escolar, considerados fundamentais para a compreensão de seu objeto de estudo/ensino. Esses conteúdos são selecionados a partir de uma análise histórica da ciência de referência (quando for o caso) e da disciplina escolar, sendo trazidos para a escola para serem socializados, apropriados pelos alunos, por meio das metodologias críticas de ensino-aprendizagem.

Por serem históricos, os conteúdos estruturantes são frutos de uma construção que tem sentido social como conhecimento, ou seja, existe uma porção de conhecimento que é produto da cultura e que deve ser disponibilizado como conteúdo, ao estudante, para que seja apropriado, dominado e usado. Esse é o conhecimento instituído. Além desse saber instituído, pronto, entretanto, deve existir, no processo de ensino/aprendizagem, uma preocupação com o devir do conhecimento, ou seja, existem fenômenos e relações que a inteligência humana ainda não explorou na natureza. Portanto, de posse de alguns conhecimentos herdados culturalmente, o sujeito deve entender que isso não é todo o conhecimento possível que a inteligência tem e é capaz de ter do mundo, e que existe uma consciência, uma necessidade intrínseca e natural de continuar explorando o "não saber" (CHAUÍ, 1997), a natureza (VASQUEZ, 1997).

Como seleção, tais conteúdos carregam uma marca política, são datados e interessados e, nesse sentido, alguns saberes disciplinares, considerados importantes no passado, podem estar, aqui, excluídos do campo de estudos da disciplina. Outros conteúdos estruturantes, ainda que mais recorrentes na história da disciplina, têm, nestas diretrizes, sua abordagem teórica reelaborada em função das transformações sociais, políticas, econômicas e culturais ocorridas recentemente.

Ao vincular o conceito de conteúdo estruturante tanto a uma análise histórica quanto a uma opção política, considera-se que

> O envelhecimento do conteúdo e a evolução de paradigmas na criação de saberes implica a seleção de elementos dessas áreas relativos à estrutura do saber, nos métodos de investigação, nas técnicas de trabalho, para continuar aprendendo e em diferentes linguagens. O conteúdo relevante de uma matéria é composto dos aspectos mais estáveis da mesma e daquelas capacidades necessárias para continuar tendo acesso e renovar o conhecimento adquirido. (SACRISTÁN, 2000, p. 152-153)

Então, o conhecimento que identifica uma ciência e uma disciplina escolar é histórico, não é estanque, nem está cristalizado, o que caracteriza a natureza dinâmica e processual de todo e qualquer currículo.

Assim, nessas diretrizes, reconhece-se que, além de seus conteúdos "mais estáveis", as disciplinas escolares incorporam e atualizam conteúdos decorrentes do movimento das relações de produção e dominação que determinam relações sociais, geram pesquisas científicas e trazem para o debate questões políticas e filosóficas emergentes.

Tais conteúdos, nas últimas décadas, vinculam-se tanto à diversidade étnico-cultural[6] quanto aos problemas sociais contemporâneos[7] e têm sido incorporados ao currículo escolar como temas que transversam as disciplinas, impostos a todas elas de forma artificial e arbitrária.

Em contraposição a essa perspectiva, nestas diretrizes, propõe-se que esses temas sejam abordados pelas disciplinas que lhes são afins, de forma contextualizada, articulados com os respectivos objetos de estudo dessas disciplinas e sob o rigor de seus referenciais teórico-conceituais.

Nessa concepção de currículo, as disciplinas da Educação Básica terão, em seus conteúdos estruturantes, os campos de estudo que as identificam como conhecimento histórico. Dos conteúdos estruturantes organizam-se os conteúdos básicos a serem trabalhados por série, compostos tanto pelos assuntos mais estáveis e permanentes da disciplina quanto pelos que se apresentam em função do movimento histórico e das atuais relações sociais. Esses conteúdos, articulados entre si e fundamentados nas respectivas orientações teórico-metodológicas, farão parte da proposta pedagógica curricular das escolas.

A partir da proposta pedagógica curricular, o professor elaborará seu plano de trabalho docente, documento de autoria, vinculado à realidade e às necessidades de suas diferentes turmas e escolas de atuação. No plano, se explicitarão os conteúdos específicos a serem trabalhados nos bimestres, trimestres ou semestres letivos, bem como as especificações metodológicas que fundamentam a relação

6 Nesse aspecto destaca-se a necessidade do trabalho pedagógico com a história cultura afro-brasileira, africana e indígena, conforme preconizam as leis 10.639/03 e 11.645/08.

7 Dentre os problemas sociais contemporâneos estão a questão ambiental, a necessidade do enfrentamento a violência, os problemas relacionados à sexualidade e à drogadição.

ensino/aprendizagem, além dos critérios e instrumentos que objetivam a avaliação no cotidiano escolar.

3.2 A INTERDISCIPLINARIDADE

Anunciar a opção político-pedagógica por um currículo organizado em disciplinas que devem dialogar numa perspectiva interdisciplinar requer que se explicite qual concepção de interdisciplinaridade e de contextualização o fundamenta, pois esses conceitos transitam pelas diferentes matrizes curriculares, das conservadoras às críticas, há muitas décadas.

Nestas diretrizes, as disciplinas escolares, são entendidas como campos do conhecimento e se identificam pelos respectivos conteúdos estruturantes e por seus quadros teóricos conceituais. Considerando esse constructo teórico, as disciplinas são o pressuposto para a interdisciplinaridade. A partir das disciplinas, as relações interdisciplinares se estabelecem quando:

- conceitos, teorias ou práticas de uma disciplina são chamados à discussão e auxiliam a compreensão de um recorte de conteúdo qualquer de outra disciplina;
- ao tratar do objeto de estudo de uma disciplina, buscam-se nos quadros conceituais de outras disciplinas referenciais teóricos que possibilitem uma abordagem mais abrangente desse objeto.

Desta perspectiva, estabelecer relações interdisciplinares não é uma tarefa que se reduz a uma readequação metodológica curricular, como foi entendido, no passado, pela pedagogia dos projetos. A interdisciplinaridade é uma questão epistemológica e está na abordagem teórica e conceitual dada ao conteúdo em estudo, concretizando-se na articulação das disciplinas cujos conceitos, teorias e práticas enriquecem a compreensão desse conteúdo.

No ensino dos conteúdos escolares, as relações interdisciplinares evidenciam, por um lado, as limitações e as insuficiências das disciplinas em suas abordagens isoladas e individuais e, por outro, as especificidades próprias de cada disciplina para a compreensão de um objeto qualquer. Desse modo, explicita-se que as disciplinas escolares não são herméticas, fechadas em si, mas, a partir de suas especialidades, chamam umas às outras e, em conjunto, ampliam a abordagem dos conteúdos de modo que se busque, cada vez mais, a totalidade, numa prática pedagógica que leve em conta as dimensões científica, filosófica e artística do conhecimento.

Tal pressuposto descarta uma interdisciplinaridade radical ou uma antidisciplinaridade[8], fundamento das correntes teóricas curriculares denominadas pós-modernas.

8 A ideia de antidisciplinaridade é fruto das discussões teóricas de alguns estudos culturais educacionais. Tais estudos constituem um novo campo do saber que, entre outras características, propõe refletir sobre a "extensão das noções de educação, pedagogia e currículo para além dos muros da escola; a desnaturalização de teorias e disciplinas instaladas no aparato escolar; a visibilidade de dispositivos disciplinares na escola e fora dela; a ampliação e complexificação das discussões sobre identidade e diferença e sobre

3.3 A CONTEXTUALIZAÇÃO SÓCIO-HISTÓRICA

A interdisciplinaridade está relacionada ao conceito de contextualização sócio-histórica como princípio integrador do currículo. Isto porque ambas propõem uma articulação que vá além dos limites cognitivos próprios das disciplinas escolares, sem, no entanto, recair no relativismo epistemológico. Ao contrário, elas reforçam essas disciplinas ao se fundamentarem em aproximações conceituais coerentes e nos contextos sócio-históricos, possibilitando as condições de existência e constituição dos objetos dos conhecimentos disciplinares.

De acordo com Ramos (p. 01, s/d),

> Sob algumas abordagens, a contextualização, na pedagogia, é compreendida como a inserção do conhecimento disciplinar em uma realidade plena de vivências, buscando o enraizamento do conhecimento explícito na dimensão do conhecimento tácito. Tal enraizamento seria possível por meio do aproveitamento e da incorporação de relações vivenciadas e valorizadas nas quais os significados se originam, ou seja, na trama de relações em que a realidade é tecida.

Essa argumentação chama a atenção para a importância da práxis no processo pedagógico, o que contribui para que o conhecimento ganhe significado para o aluno, de forma que aquilo que lhe parece sem sentido seja problematizado e apreendido.

É preciso, porém, que o professor tenha cuidado para não empobrecer a construção do conhecimento em nome de uma prática de contextualização. Reduzir a abordagem pedagógica aos limites da vivência do aluno compromete o desenvolvimento de sua capacidade crítica de compreensão da abrangência dos fatos e fenômenos. Daí a argumentação de que o contexto seja apenas o ponto de partida[9] da abordagem pedagógica, cujos passos seguintes permitam o desenvolvimento do pensamento abstrato e da sistematização do conhecimento.

Ainda de acordo com Ramos (p. 02, s/d),

> O processo de ensino-aprendizagem contextualizado é um importante meio de estimular a curiosidade e fortalecer a confiança do aluno. Por outro lado, sua importância está condicionada à possibilidade de [...] ter consciência sobre seus modelos de explicação e compreensão da realidade, reconhecê-los como equivocados ou limitados a determinados contextos, enfrentar o questionamento, colocá-los em cheque num processo de desconstrução de conceitos e reconstrução/apropriação de outros.

processos de subjetivação. Sobretudo tais análises têm chamado a atenção para novos temas, problemas e questões que passam a ser objeto de discussão no currículo e na pedagogia" (COSTA, 2005, p. 114). Assim, a ideia de antidisciplinaridade fundamenta-se numa epistemologia e numa concepção política educacional que se contrapõe à defendida nestas diretrizes curriculares.

[9] RAMOS, M. (s/d) "Quando se parte do contexto de vivência do aluno, é preciso enfrentar as concepções prévias que eles trazem e que, mesmo consideradas como conhecimento tácito, podem estar no plano do senso comum, constituído por representações equivocadas ou limitadas para a compreensão e a explicação da realidade".

Com isso, é preciso ter claro que esse processo de ensino fundamenta-se em uma cognição situada, ou seja, as idéias prévias dos estudantes e dos professores, advindas do contexto de suas experiências e de seus valores culturais, devem ser reestruturadas e sistematizadas a partir das idéias ou dos conceitos que estruturam as disciplinas de referência.

De um ponto de vista sócio-histórico da noção de contextualização, deve-se considerar que o confronto entre os contextos sócio-históricos, construído ao longo de uma investigação, é um procedimento metodológico das ciências de referência e das disciplinas escolares.

A simples comparação entre contextos sócio-históricos, porém, promove juízos de valor sobre as diferentes temporalidades, além do anacronismo, quando elementos de uma dada época são transportados automaticamente para outro período histórico. O presentismo[10], por exemplo, é a forma mais comum do anacronismo.

Para evitar o anacronismo, é necessária uma sólida compreensão dos conceitos de tempo e de espaço, muito caros ao entendimento do processo sócio-histórico de constituição das dimensões filosófica, científica e artística de todas as disciplinas escolares.

Assim, é importante que os professores tenham claro que o método fundamental, no confronto entre contextos sócio-históricos, é a *distinção temporal* entre as experiências do passado e as experiências do presente. Tal distinção é realizada por meio dos conceitos e saberes que estruturam historicamente as disciplinas – os conteúdos estruturantes. Esse método também considera outros procedimentos, além das relações de temporalidade, tais como a contextualização social e a contextualização por meio da linguagem.

A contextualização social expõe uma tensão teórica fundamental: o significado de contextualização para as teorias funcionalista[11] e estruturalista[12] em oposição a esse significado para as teorias críticas.

Das perspectivas funcionalista e estruturalista, a sociedade apresenta-se com estruturas políticas, econômicas, culturais, sociais permanentes. Para essas concepções, a contextualização tem como finalidade explicar o comportamento social dos indivíduos ou dos grupos conforme a normatização de uma estrutura pré-existente, cabendo à educação adaptar os indivíduos a essas estruturas. Na História da Educação Brasileira, por muito tempo, essas concepções foram aceitas, mas passaram a ser questionadas por apresentarem limites na formação dos indivíduos.

[10] Na compreensão presentista, o historiador analisa o passado a partir do ponto de vista do presente. O Presentismo considera que o historiador é influenciado pela cultura, valores e referências do tempo em que vive sendo, portando, relativo todo o conhecimento produzido sobre o passado.

[11] Cf. Durkheim, E. As Regras do Método sociológico. 14 ed. São Paulo: Editora Nacional 1990.
Para o funcionalismo os indivíduos têm funções sociais definidas a desempenhar, de acordo com o grupo social a que pertencem.

[12] Cf. Levi Strauss, C. Antropologia Estrutural I e II . trad. Sonia Wolosker, Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 1976.
Para o estruturalismo as sociedades são organizadas de acordo com estruturas já existentes que definem os papéis sociais, políticos, culturais e econômicos de cada um, cabendo aos indivíduos apenas se adaptarem a essa estrutura dada.

Para as teorias críticas, nas quais estas diretrizes se fundamentam, o conceito de contextualização propicia a formação de sujeitos históricos – alunos e professores – que, ao se apropriarem do conhecimento, compreendem que as estruturas sociais são históricas, contraditórias e abertas. É na abordagem dos conteúdos e na escolha dos métodos de ensino advindo das disciplinas curriculares que as inconsistências e as contradições presentes nas estruturas sociais são compreendidas. Essa compreensão se dá num processo de luta política em que estes sujeitos constroem sentidos múltiplos em relação a um objeto, a um acontecimento, a um significado ou a um fenômeno. Assim, podem fazer escolhas e agir em favor de mudanças nas estruturas sociais.

É nesse processo de luta política que os sujeitos em contexto de escolarização definem os seus conceitos, valores e convicções advindos das classes sociais e das estruturas político-culturais em confronto. As propostas curriculares e conteúdos escolares estão intimamente organizados a partir desse processo, ao serem fundamentados por conceitos que dialogam disciplinarmente com as experiências e saberes sociais de uma comunidade historicamente situada.

A contextualização na linguagem é um elemento constitutivo da contextualização sócio-histórica e, nestas diretrizes, vem marcada por uma concepção teórica fundamentada em Mikhail Bakhtin. Para ele, o contexto sócio-histórico estrutura o interior do diálogo da corrente da comunicação verbal entre os sujeitos históricos e os objetos do conhecimento. Trata-se de um dialogismo que se articula à construção dos acontecimentos e das estruturas sociais, construindo a linguagem de uma comunidade historicamente situada. Nesse sentido, as ações dos sujeitos históricos produzem linguagens que podem levar à compreensão dos confrontos entre conceitos e valores de uma sociedade.

Essas ideias relativas à contextualização sócio-histórica vão ao encontro da afirmação de Ivor Goodson de que o currículo é um artefato construído socialmente e que nele o conhecimento pode ser prático, pedagógico e "relacionado com um processo ativo" desde que contextualizado de maneira dialética a uma "construção teórica mais geral" (GOODSON, 1995, p. 95).

Assim, para o currículo da Educação Básica, *contexto* não é apenas o entorno contemporâneo e espacial de um objeto ou fato, mas é um elemento fundamental das estruturas sócio-históricas, marcadas por métodos que fazem uso, necessariamente, de conceitos teóricos precisos e claros, voltados à abordagem das experiências sociais dos sujeitos históricos produtores do conhecimento.

4. AVALIAÇÃO

No processo educativo, a avaliação deve se fazer presente, tanto como meio de diagnóstico do processo ensino-aprendizagem quanto como instrumento de investigação da prática pedagógica, sempre com uma dimensão formadora, uma vez que, o fim desse processo é a aprendizagem, ou a verificação dela, mas também permitir que haja uma reflexão sobre a ação da prática pedagógica.

Para cumprir essa função a avaliação deve possibilitar o trabalho com o novo, numa dimensão criadora e criativa que envolva o ensino e a aprendizagem. Desta forma, se estabelecerá o verdadeiro sentido da avaliação: acompanhar o desempenho no presente, orientar as possibilidades de desempenho futuro e mudar as práticas insuficientes, apontando novos caminhos para superar problemas e fazer emergir novas práticas educativas (LIMA, 2002/2003).

No cotidiano escolar, a avaliação é parte do trabalho dos professores. Tem por objetivo proporcionar-lhes subsídios para as decisões a serem tomadas a respeito do processo educativo que envolve professor e aluno no acesso ao conhecimento.

É importante ressaltar que a avaliação se concretiza de acordo com o que se estabelece nos documentos escolares como o Projeto Político Pedagógico e, mais especificamente, a Proposta Pedagógica Curricular e o Plano de Trabalho Docente, documentos necessariamente fundamentados nas Diretrizes Curriculares.

Esse projeto e sua realização explicitam, assim, a concepção de escola e de sociedade com que se trabalha e indicam que sujeitos se quer formar para a sociedade que se quer construir.

Nestas Diretrizes Curriculares para a Educação Básica, propõe-se formar sujeitos que construam sentidos para o mundo, que compreendam criticamente o contexto social e histórico de que são frutos e que, pelo acesso ao conhecimento, sejam capazes de uma inserção cidadã e transformadora na sociedade.

A avaliação, nesta perspectiva, visa contribuir para a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos, com vistas às mudanças necessárias para que essa aprendizagem se concretize e a escola se faça mais próxima da comunidade, da sociedade como um todo, no atual contexto histórico e no espaço onde os alunos estão inseridos.

Não há sentido em processos avaliativos que apenas constatam o que o aluno aprendeu ou não aprendeu e o fazem refém dessas constatações, tomadas como sentenças definitivas. Se a proposição curricular visa à formação de sujeitos que se apropriam do conhecimento para compreender as relações humanas em suas contradições e conflitos, então a ação pedagógica que se realiza em sala de aula precisa contribuir para essa formação.

Para concretizar esse objetivo, a avaliação escolar deve constituir um projeto de futuro social, pela intervenção da experiência do passado e compreensão do presente, num esforço coletivo a serviço da ação pedagógica, em movimentos na direção da aprendizagem do aluno, da qualificação do professor e da escola.

Nas salas de aula, o professor é quem compreende a avaliação e a executa como um projeto intencional e planejado, que deve contemplar a expressão de conhecimento do aluno como referência uma aprendizagem continuada.

No cotidiano das aulas, isso significa que:

- é importante a compreensão de que uma atividade de avaliação situa-se entre a intenção e o resultado e que não se diferencia da atividade de ensino, porque ambas têm a intenção de ensinar;
- no Plano de Trabalho Docente, ao definir os conteúdos específicos trabalhados naquele período de tempo, já se definem os critérios, estratégias e instrumentos de avaliação, para que professor e alunos conheçam os avanços e as dificuldades, tendo em vista a reorganização do trabalho docente;
- os critérios de avaliação devem ser definidos pela intenção que orienta o ensino e explicitar os propósitos e a dimensão do que se avalia. Assim, os critérios são um elemento de grande importância no processo avaliativo, pois articulam todas as etapas da ação pedagógica;
- os enunciados de atividades avaliativas devem ser claros e objetivos. Uma resposta insatisfatória, em muitos casos, não revela, em princípio, que o estudante não aprendeu o conteúdo, mas simplesmente que ele não entendeu o que lhe foi perguntado. Nesta circunstância, o difícil não é desempenhar a tarefa solicitada, mas sim compreender o que se pede;
- os instrumentos de avaliação devem ser pensados e definidos de acordo com as possibilidades teórico-metodológicas que oferecem para avaliar os critérios estabelecidos. Por exemplo, para avaliar a capacidade e a qualidade argumentativa, a realização de um debate ou a produção de um texto serão mais adequados do que uma prova objetiva;
- a utilização repetida e exclusiva de um mesmo tipo de instrumento de avaliação reduz a possibilidade de observar os diversos processos cognitivos dos alunos, tais como: memorização, observação, percepção, descrição, argumentação, análise crítica, interpretação, criatividade, formulação de hipóteses, entre outros;
- uma atividade avaliativa representa, tão somente, um determinado momento e não todo processo de ensino-aprendizagem;
- a recuperação de estudos deve acontecer a partir de uma lógica simples: os conteúdos selecionados para o ensino são importantes para a formação do aluno, então, é preciso investir em todas as estratégias e recursos possíveis para que ele aprenda. A recuperação é justamente isso: o esforço de retomar, de voltar ao conteúdo, de modificar os encaminhamentos metodológicos, para assegurar a possibilidade de aprendizagem. Nesse sentido, a recuperação da nota é simples decorrência da recuperação de conteúdo.

Assim, a avaliação do processo ensino-aprendizagem, entendida como questão metodológica, de responsabilidade do professor, é determinada pela perspectiva de investigar para intervir. A seleção de conteúdos, os encaminhamentos metodológicos e a clareza dos critérios de avaliação elucidam a intencionalidade do ensino, enquanto a diversidade de instrumentos e técnicas de avaliação possibilita aos estudantes variadas oportunidades e maneiras de expressar seu conhecimento. Ao professor, cabe acompanhar a aprendizagem dos seus alunos e o desenvolvimento dos processos cognitivos.

Por fim, destaca-se que a concepção de avaliação que permeia o currículo não pode ser uma escolha solitária do professor. A discussão sobre a avaliação deve envolver o coletivo da escola, para que todos (direção, equipe pedagógica, pais, alunos) assumam seus papéis e se concretize um trabalho pedagógico relevante para a formação dos alunos.

5 REFERÊNCIAS

ARAUJO, I. L. **Introdução à filosofia da Ciência**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003.

BAKHTIN, M. (Volochinov). **Marxismo e filosofia da linguagem.** 12ª ed. São Paulo: Hucitec, 2006.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL/MEC. Decreto Nº 2.208, de 17 de abril de 1997. In: BRASIL/MEC. Educação Profissional de nível técnico. Brasília: MEC, 2000.

CHAUÍ, M. **Convite à filosofia**. São Paulo: Ática, 2003.

CIAVATA, M. e FRIGOTTO, G. (Orgs) **Ensino médio:** ciência cultura e trabalho, Brasília: MEC, SEMTEC, 2004.

COSTA, M. V. Estudos culturais e educação: um panorama. *In*: SILVEIRA, R. M. H. (Org.) **Cultura poder e educação**. Porto Alegre: Hulbra, 2005.

DURKHEIM, E. **As regras do método sociológico.** 14 ed. São Paulo: Editora Nacional, 1990.

FRIGOTTO, G. **Sujeitos e Conhecimento**: os sentidos do ensino médio. *In* FRIGOTTO, G. e CIAVATTA, M. **Ensino Médio:** ciência, cultura e trabalho. Brasília: MEC, SEMTEC, 2004.

GADOTTI, M. História das ideias pedagógicas 8ª ed. São Paulo: Ática, 2004.

GOODSON, I. **Teoria do currículo**. São Paulo: Cortez, 1995.

KOSIK, K. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

KUENZER, A. **Ensino médio e profissional**. São Paulo: Cortez, 1999.

LEVI STRAUSS, C. **Antropologia estrutural I e II** . trad. Sonia Wolosker, Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 1976.

LIMA, E. S. **Avaliação na Escola.** São Paulo: Sobradinho 107, 2002/2000.

LOPES, A. C. Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio: quando a integração perde seu potencial crítico. In LOPES, A. C. e MACEDO, E. (orgs.) **Disciplinas e integração curricular**. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

LOPES & MACEDO (Orgs.) A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências. In: **Disciplinas e integração curricular: história e políticas**. Rio de janeiro: D P & A Editora, 2002.

MARX, K. **Manuscritos econômico-filosóficos e outros textos escolhidos**. São Paulo: Nova Cultural, 1987.

MÈSZÁROS, I. A educação para além do capital. In: **O desafio e o fardo do tempo histórico:** o socialismo no século XXI. São Paulo: Boitempo, 2007, p. 195-224.

NOSELLA, P. **A escola de Gramsci**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.

PEIXOTO, M. I. H. Arte e grande público: a distância a ser extinta. Campinas: Autores Associados, 2003.

RAMOS, M. N. O Projeto Unitário do Ensino Médio sob os princípios do trabalho, da ciência e da cultura. *In*: FRIGOTTO, G. e CIAVATTA, M. **Ensino médio ciência, cultura e trabalho**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2004.

RAMOS, M. N. **A contextualização no currículo de ensino médio:** a necessidade da crítica na construção do saber científico. Mimeo, Sem data.

SACRISTÁN, J. G. **A Educação Obrigatória**: seu sentido educativo e social. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

SACRISTÁN, J. G. **O currículo:** uma reflexão sobre a prática. Trad. Ernani F. da F. Rosa, Potro Alegre: Artmed, 2000.

VAZQUEZ, A. S. **Filosofia da práxis**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

REFERÊNCIAS ON LINE

ZOTTI, S. A . **Currículo.** In: Navegando na história da educação brasileira. Disponível em: http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/glossario/verb_c_curriculo.htm. Acesso em 25 de outubro de 2008.

DIRETRIZES CURRICULARES DE FÍSICA

Associar as leis de conservação com as propriedades do espaço e do tempo, cogitar sobre diferentes ordens que emergem e se transformam no domínio da vida e das máquinas, compreender as qualidades dos materiais em sua intimidade quântica, acompanhar o quase mítico surgimento das forças da natureza e a evolução do universo são atividades tão prazerosas que deveriam ser tomadas como direito universal.

A importância desse conhecimento (...) sua relevância [histórica] e filosófica justifica aceitar o desafio de partilhar, com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos.

Luis Carlos de Menezes

1 ASPECTOS HISTÓRICOS DA FÍSICA E DO ENSINO DE FÍSICA

Este texto foi elaborado a partir de discussões realizadas com os professores da disciplina de Física da rede estadual de educação do Paraná e explicita uma proposta para o trabalho pedagógico com essa disciplina no Ensino Médio. A contextualização histórica de conhecimentos da Física e suas relações com a educação escolar são fundamentais para a compreensão destas diretrizes curriculares.

A Física tem como objeto de estudo o Universo em toda sua complexidade e, por isso, como disciplina escolar, propõe aos estudantes o estudo da natureza, entendida, segundo Menezes (2005), como realidade material sensível. Ressalte-se que os conhecimentos de Física apresentados aos estudantes do Ensino Médio não são coisas da natureza, ou a própria natureza, mas modelos elaborados pelo Homem no intuito de explicar e entender essa natureza.

Desde tempos remotos, provavelmente no período paleolítico, a humanidade observa a natureza, na tentativa de resolver problemas de ordem prática e de garantir subsistência. Porém, bem mais tarde é que surgiram as primeiras sistematizações, com o interesse dos gregos em explicar as variações cíclicas observadas nos céus. Esses registros deram origem à astronomia[1], talvez a mais antiga das ciências e, com ela, o início do estudo dos movimentos.

Entretanto, apesar dos estudos e contribuições dos mais diversos povos, como os árabes e os chineses, entre outros, as pesquisas sobre a História da Física demonstram que, até o período do Renascimento, a maior parte da ciência conhecida pode ser resumida à Geometria Euclidiana, à Astronomia Geocêntrica de Ptolomeu (150 d. C.) e à Física de Aristóteles (384-322 a.C.).

As explicações a respeito do Universo mudam, em cada época, de acordo com o que se conhece sobre ele. Aristóteles, no século IV a.C., apresentou argumentos bastante convincentes para mostrar a forma arredondada da Terra e desenvolveu uma Física para tentar compreender a nova visão de mundo terrestre. Essa ideia trazia alguns questionamentos, dentre eles: como pessoas e objetos moventes não caíam da Terra? Um percurso pode iniciar e terminar no mesmo lugar? Como a Terra não cai, já que não há nada que a segure, como se supunha haver, quando se imaginava que ela fosse plana?

> Assim, estudando o movimento dos corpos terrestres Aristóteles deduziu qualitativamente que "existem coisas "pesadas", como os sólidos e os líquidos que caem em direção ao centro da Terra; e outras coisas "leves", como o ar e o fogo; que se afastam do centro da Terra. (MARTINS, 1997, p. 76)

[1] Ver nota de final de texto

Dessa forma, quatro elementos formariam o Universo: terra, água, fogo e ar. O que se observava era um comportamento natural dos corpos terrestres em um cosmos considerado ordenado, hierárquico e imutável: os elementos terra e água, por serem pesados, buscavam uma aproximação com o centro do Universo; enquanto os elementos fogo e ar, leves, tentavam afastar-se dele. Esses movimentos contribuíam para a formação de uma matéria pesada no centro do Universo e

> [...] como essa matéria pressiona por todos os lados, para esse ponto central, forma-se uma grande massa redonda, que fica parada e que não cai para nenhum lado, pois é igualmente empurrada por todos os lados em direção ao centro. Isso explicaria porque a Terra não cai. (MARTINS, 1997, p. 76)

Por outro lado, como se observava que alguns corpos celestes não se aproximavam nem se afastavam do centro do Universo, Aristóteles imaginou que existiria um quinto elemento, o éter, que a tudo preencheria acima da Lua. Dessa forma o Universo seria dividido em dois mundos: o sub-lunar, localizado abaixo da Lua, formado pelos quatro elementos (terra, água, fogo e ar), e o supralunar, localizado a partir da Lua, formado por éter.

A Física aristotélica nega o vácuo e foge da ideia de infinito, pois, na sua época, a existência de espaços vazios de matéria era inconcebível. Acima da Lua haveria cascas esféricas feitas de éter, chamadas de orbes que, encaixadas umas nas outras, seriam responsáveis pelo movimento de arraste dos planetas em torno da Terra. A última orbe, a casca das estrelas, seria onde o Universo terminaria, pois o espaço era concebido como algo cercado por alguma coisa.

> Ora, se o universo é tudo aquilo que existe, não há nada fora do universo que possa tocá-lo ou cercá-lo. Por isso, ele não está em lugar nenhum, não está em nenhum espaço. Também não se pode falar sobre o espaço onde não existe nada. Por isso, não se pode falar sobre os espaços fora do universo. (MARTINS, 1997, p. 77)

Logo, nesse Universo, o movimento dos planetas e da Lua só poderia ser circular, pois um círculo tem início e fim. "O cosmo move-se circularmente e não está em espaço algum, já que nada o contém" (ARAUJO, 2003, p. 27-28). Por isso, na Física aristotélica não era possível conceber a inércia tal qual a conhecemos hoje. O movimento retilíneo e uniforme indefinidamente não era admissível num Universo que era fechado e finito, uma vez que uma reta não tem início nem fim.

> Este universo em que se encadeiam os seres, onde todo móvel é movido e que supõe a existência de um motor primeiro para toda mudança, serviu de modelo e guia para a filosofia da natureza de toda a Idade Média, seja pela noção de motor primeiro e imóvel – perfeitamente adequada à postulação da existência de Deus –, seja pela noção de causalidade e determinabilidade dos seres. (ARAUJO, 2003, p. 29)

Com São Tomás de Aquino (1225-1274), a filosofia medieval tentou conciliar a tradição cristã ao pensamento greco-romano, influenciada, principalmente, por Platão (427-347 a.C.), Aristóteles e a astronomia geocêntrica.

O conhecimento medieval do Universo era associado a Deus, validado pela Igreja Católica e transformado em dogmas. O Cosmo medieval era ordenado, hierárquico e imutável. Por isso, as coisas tendiam a permanecer em seu lugar natural. A Terra ocupava uma posição de destaque, visto que era o lugar onde vivia o Homem, criação divina perfeita.

A cosmologia de Ptolomeu foi aceita pela Igreja porque respeitava este Cosmo, isto é, colocava a Terra no centro do Universo. A filosofia medieval cristã (escolástica) submetia a fé e "as verdades científicas" ao cristianismo, valorizava as questões espirituais e, com isso, afastava os filósofos dos estudos dos fenômenos naturais.

As mudanças eram prenunciadas pelos que não se enquadravam à escolástica e, no Renascimento, apesar de mantida a visão teocêntrica, passaram-se a valorizar as inovações na arte como a geometrização na pintura e a perspectiva tridimensional e a entender a natureza como uma revelação divina, mas que podia ser descrita em linguagem matemática, entendendo-se a geometria como parte fundamental da linguagem do Livro da Natureza. Nesse período, surgiram novas técnicas que favoreciam a transformação da ciência e da sociedade.

As observações e cálculos do polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), por exemplo, insistiam em revelar que era o Sol o centro de um sistema do qual a Terra era apenas um planeta. A partir disso, ele propôs o novo modelo de explicação do universo (heliocentrismo), uma ideia já defendida muito antes por Aristarco de Samos (310-210 a.C.), para quem o Universo tinha um fogo central.

O sistema heliocêntrico de Copérnico fundamentava-se na geometria de Platão, na Filosofia de Pitágoras e trazia um grande problema para a Física: uma inconsistência entre a Física aristotélica, utilizada para descrever os fenômenos sub-lunares, e a Astronomia, usada para descrever os fenômenos celestes, contradição que viria a ser resolvida com os estudos de Isaac Newton (1642-1727) (ARAUJO & CARUSO, 1998).

As inconsistências e insuficiências dos modelos explicativos do Universo exigiram novos estudos que produziram novos conhecimentos físicos. Tais estudos foram estimulados pelas mudanças econômicas, políticas e culturais iniciadas no

final do século XV com a ampliação da sociedade comercial. Esses acontecimentos acentuaram-se ao longo dos séculos seguintes, levaram ao fim a sociedade medieval e abriram caminho para a Revolução Industrial do século XVIII.

> A navegação, os descobrimentos de novos continentes, as trocas de mercadorias, a criação de bancos, a circulação de bens e dinheiro geraram o surgimento de uma nova classe social: a burguesia, que se opõe, naturalmente, ao poder dos príncipes e reis medievais, bem como aos dos cardeais da Igreja [...]. (PONCZEK. In: ROCHA, 2005, p. 32)

Naquele contexto histórico, Galileu Galilei (1562-1643) inaugurou a Física que conhecemos hoje. De suas observações pelo telescópio, desfez o sacrário dos lugares naturais, da dicotomia entre terra e céu, entre mundo sub-lunar e supralunar e contribuiu para a afirmação do sistema copernicano. O Universo deixaria de ser finito e o céu deixou de ser perfeito. O espaço passou a ser mensurável, descrito em linguagem matemática.

Galileu buscava descrever um fenômeno partindo de uma situação particular, por exemplo, a queda de um corpo sob ação da gravidade. Com ele, estruturaram-se as bases da ciência moderna que parte de uma situação particular para fazer generalizações e construir leis universais.

Caruso e Araújo (1998) ressaltam outro aspecto fundamental do método científico de Galileu: o valor epistemológico atribuído à experimentação que, ao contrário da contemplação e da argumentação racional, seria o caminho para a verdade. Segundo os autores, ao combinar o conhecimento empírico com a Matemática, Galileu realizou uma síntese que deu origem ao que se convencionou chamar de método científico moderno, rompendo com o método descritivo de Aristóteles e com o pensamento medieval.

> A nova visão de mundo de Galileu, [...] que ousou observar sob a mesma perspectiva corpos celestes e terrestres, era coerente com sua irreverência ao publicar seus trabalhos em italiano, língua do povo, e não em latim, língua dos doutos. René Descartes, filósofo seu contemporâneo, também propunha que a mesma ciência desse conta dos mundos supra-lunares, separados na tradição aristotélica. É justo tomar Galileu e Descartes como marcos da modernidade e do que se conhece hoje como ciência. (MENEZES, 2005, p. 18)

Galileu[2] publicou a sua obra "Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo - ptolomaico e copernicano" na qual defendia o sistema heliocêntrico de Copérnico, embora sem considerar as leis, formuladas depois por Kepler, sobre o movimento da Terra em torno do Sol. Essas leis foram levadas em conta por Newton, que estabeleceu uma unificação no modo como a Física analisa os

[2] Ver nota de final de texto

> [...] fenômenos terrestres e celestes, resolvendo assim na sua essência a crise na Ciência introduzida pela Revolução Copernicana. É um passo gigantesco, restaurador da credibilidade da Ciência e essencial para o surgimento do Iluminismo. (CARUSO & ARAÚJO, 1998, p. 10)

Ao aceitar o modelo de Copérnico e propor a matematização do Universo, Galileu[3] causou uma revolução. É evidente que ele não fez isso sozinho, mas, ao aprofundar as ideias que evoluíam desde que o homem se interessou pelo estudo da natureza, contribuiu para o nascimento da Ciência Moderna.

Ao instituírem o método científico, Bacon, Galileu, Descartes e, provavelmente, outros anônimos, retiraram das autoridades eclesiásticas o controle sobre o conhecimento e iniciaram um novo período que chamamos de moderno, o que possibilitou a Isaac Newton realizar a primeira grande unificação da ciência, que elevou a Física, no século XVII, ao status de Ciência.

Enquanto Copérnico, Kepler e outros, antecessores e contemporâneos, deram grande importância à composição da matéria, essência dos corpos identificada nas formas geométricas, Newton[4] preocupou-se com as leis do movimento e com a forma como se dá a interação entre os corpos, o que foi sintetizado na Teoria da Gravitação.

> Com sua mecânica e sua gravitação, Newton completou o que Galileu e Descartes não chegaram a realizar que foi submeter o céu e a Terra às mesmas leis; a primeira grande unificação da física. Ele identificou as quantidades transferidas em qualquer interação e percebeu que a soma destas quantidades se mantém no sistema conjunto das partes que interagem, seja este o sistema solar ou um simples carrossel. Descobriu, assim, o primeiro e talvez o mais universal conjunto de invariantes na física, as quantidades de movimento, grandezas que se conservam sempre, mesmo em processos em que tudo parece estar mudando. (MENEZES, 2005, p. 19)

A Teoria da Gravitação deu consistência teórica aos trabalhos de Brahe e Kepler e pode ser considerada o início de uma nova concepção na qual o Universo passaria a ser governado por leis físicas, sob equações matemáticas, e menos submetido à ação divina.

Essa ciência moderna indicava a ideia de que o Universo se comporta com uma regularidade mecânica[5], ou seja, era uniforme, mecânico e previsível. Além disso, essa ciência alicerçava-se em dois pilares principais:

- a Matemática como linguagem para expressar leis, ideias e elaborar modelos para descrever os fenômenos físicos;
- a experimentação como forma de questionar a natureza, de comprovar ou confirmar ideias e de testar novos modelos.

3/4/5 Ver nota de final de texto

Ainda prevalecia uma concepção mística da natureza, pois Deus era considerado uma força infinita e causa de todos os fenômenos do Universo, inclusive da interação gravitacional. A natureza era entendida como um grande relógio ao qual Deus, o relojoeiro, deu corda e saiu de cena. As leis da natureza seriam a forma do criador reger sua criação. Por isso, a grande importância dada às leis do movimento sistematizadas por Newton.

A síntese elaborada por Newton explicava de forma satisfatória fenômenos celestes e terrestres, por isso seu trabalho foi considerado, pelos filósofos europeus iluministas do século XVIII, especialmente na França, o caminho correto para o conhecimento do Universo.

O Iluminismo herdou de Descartes, de Newton e de outros, ideias racionalistas e mecanicistas e, embora a presença divina e a alquimia fossem ainda fortes na obra de Newton[6], os iluministas concentraram-se na matemática e na experimentação, pois desejavam uma sociedade pautada na razão.

De acordo com Abrantes (1989), a Física francesa do século XVIII distinguia as propriedades gerais dos corpos (*physique générale* – Física geral), seguindo o modelo dos *Principia*. Era abstrata, matematizada, euclidiana e seu caráter qualitativo e especulativo dificultava uma visão simples da natureza.

Os fenômenos particulares, por sua vez, (*physique particulière* – Física especial) eram tomados sob uma abordagem empírica, qualitativa, especulativa, conforme o modelo newtoniano da Óptica. "Em Laplace, os newtonianos que tomaram seja os *Principia*, seja a *Óptica* como paradigmas, confluem, contribuindo para o surgimento, na França, de uma Física unificada" (ABRANTES, 1989, p. 10).

Os franceses estiveram entre os grandes disseminadores da obra de Newton e se preocuparam em eliminar o empirismo[7] e as ideias metafísicas – como o papel da ação divina na teoria da gravitação, por exemplo –, o que deu origem à Física Matemática. Mesmo a termodinâmica, de início desenvolvida empiricamente, passaria a ter um tratamento quantificado com os franceses nos moldes do *Principia*.

Na Inglaterra, na segunda metade do século XVIII, o contexto social e econômico favorecia o avanço do conhecimento físico, pois a incorporação das máquinas a vapor à indústria trouxe mudanças no modo de produzir bens e contribuiu para grandes transformações sociais e tecnológicas e também para o desenvolvimento da termodinâmica.

Essa primeira revolução industrial se fez mais com conhecimento técnico, isto é, realizado por técnicos, e não pelos homens da ciência. Mas a incorporação das

6 Ver nota de final de texto

7 Para Newton, os fenômenos deveriam ser provados pela razão e por experimentos. As hipóteses não têm lugar na filosofia experimental, diz Newton no escólio geral dos Principia. O argumento da indução não deve ser desviado através das hipóteses, mas a abordagem da física especial seguia o espírito da "queries", que são questões, problemas colocados por Newton para posterior investigação a ser feita por outros. Newton também não descobriu a causa da gravidade a partir dos fenômenos, pois ele não inventaria uma hipótese pelo seu posicionamento metodológico. Também nos Principia, alguns conceitos (por exemplo, "força"), apresentam-se como obstáculo à matematização pelo seu caráter excessivamente empírico. Esses empecilhos precisavam ser eliminados para que se alcançasse uma Física unificada. (ABRANTES, 1989, p.7-9).

máquinas à indústria uniu técnicos e cientistas na busca pela compreensão da ciência do calor, para melhoria técnica das máquinas[8], contribuindo para o avanço industrial. Tal revolução na indústria transformou a vida social e econômica e completou

> [...] o que já se iniciara com o mercantilismo, quando os seres humanos passaram a ser também força-de-trabalho e a natureza passou também a ser matéria-prima. O poder, antes centrado no domínio territorial, a partir de então passou a ser, cada vez mais, definido pela capacidade de produzir mercadorias e de controlar mercados. (MENEZES, 2005, p. 20-21).

O calor passou a ser entendido como uma forma de energia relacionada ao movimento, o que possibilitou o estabelecimento das leis da termodinâmica, outra grande unificação na Física. Em 1842, Mayer[9] concluiu que calor e trabalho são manifestações de energia e elaborou uma síntese na qual afirmava que a energia criada

> [...] não pode ser destruída, aniquilada; pode tão-somente mudar de forma. Ao abranger trocas de trabalho e calor, a energia mostrou-se uma quantidade que se conserva em todos os processos, constituindo outro grande invariante, ao lado das quantidades de movimento, outra grande unificação da física. (MENEZES, 2005, p. 29)

Em conjunto com as máquinas, a incorporação da ciência ao sistema fabril como força produtiva reduziu o homem a mero operador de máquinas. O trabalho do artesão que dominava todas as etapas do seu ofício foi substituído pelo trabalho especializado e fragmentado. A compreensão do complexo sistema fabril era para poucos, com mudanças na formação do trabalhador, que era diferenciada da formação dos dirigentes. O conhecimento físico tornou-se, então, um importante aliado para o avanço da sociedade capitalista.

Nesse contexto houve mais uma unificação na Física, cuja sistematização coube ao escocês James Clerk Maxwell, por volta de 1861.

> [...] (Maxwell) previu que os campos eletromagnéticos poderiam se propagar como ondas, o que foi logo confirmado por Heinrich Hertz. A velocidade destas ondas coincide com a da luz, levando à formulação da teoria eletromagnética da luz, completando assim, a unificação que Faraday iniciara. Ao lado da teoria da gravitação universal, desenvolvida por Newton, a teoria do eletromagnetismo, sistematizada por Maxwell, completou uma visão geral de todos os campos de força até então conhecidos, ao mesmo tempo em que lançou as bases tanto para a produção e uso da energia elétrica quanto para as modernas telecomunicações. (MENEZES, 2005, p. 21)

[8] Ver nota de final de texto

[9] O princípio da conservação da energia foi estabelecido entre 1842 e 1847, num processo de pesquisa que envolveu quatro cientistas europeus. Para saber mais sobre o assunto, ver BUCUSSI (2006, p. 21).

Até meados do século XIX, todos os problemas, aparentemente, poderiam ser resolvidos pela Física Newtoniana, pelas leis da termodinâmica e pelas equações de Maxwell. Entretanto, faltava algo, uma base experimental para comprovar a existência do éter, meio hipotético que possuiria propriedades especiais e supunha-se que fosse através dele que as ondas eletromagnéticas se propagavam. Esse meio, o éter, que tinha sido considerado por René Descartes no século XVII, foi retomado no século XIX, pois a intenção era manter a imagem de um Universo mecânico criado pelo homem no século XVII.

Uma nova revolução no campo de pesquisa da Física marcou o início do século XX. Em 1905, Einstein apresentou a teoria da relatividade especial ao perceber que as equações de Maxwell não obedeciam às regras de mudança de referencial da teoria newtoniana. Ao decidir pela preservação da teoria, Einstein alterou os fundamentos da mecânica e apresentou uma nova visão do espaço e do tempo, sem o éter[10].

No período entre guerras, os trabalhos dos diversos cientistas que fugiram dos governos autoritários fascistas[11] levaram muitos cientistas a se transferirem para outros países, onde tinham mais liberdade para desenvolver suas pesquisas, especialmente os Estados Unidos, e cujos trabalhos abriram caminho para o desenvolvimento da mecânica quântica. A interpretação probabilística da matéria e a descrição da natureza em função de interações passaram a nortear o desenvolvimento da Física no mundo.

No Brasil, em 1934, foi criado o curso de *Sciencias Physicas,* na Faculdade de Philosophia, Sciencias e Letras da Universidade de São Paulo, para formar bacharéis e licenciados em Física. Isso permitiu que a Física[12], como campo de pesquisa e criação de novos conhecimentos, começasse a se desenvolver efetivamente no país.

Os novos fatos científicos do século XX obrigaram os físicos a refletirem sobre o próprio conceito de ciência, sobre os critérios de verdade e validade dos modelos científicos, entretanto, o mesmo não ocorreu com o ensino de Física no Brasil, que não sofreu grandes alterações até meados da década de 1940.

1.1 SOBRE O ENSINO DE FÍSICA

Na escola secundária, o ensino de Física era uma realidade desde 1808[13], com a vinda da família Real ao Brasil. A inserção desse conhecimento no currículo visava atender os anseios da corte para a formação de uma intelectualidade local. Destinava-se, inicialmente, aos cursos de formação de engenheiros e médicos, portanto, não era para todos.

[10/11/12] Ver nota de final de texto

[13] O livro "Pesquisas em Ensino de Física", organizado por NARDI (2004), é uma coletânea de textos, entre eles "Elementos históricos: ciência – sociedade -governo no Brasil", evidencia aspectos da história da ciência brasileira e as posturas adotadas pelos governantes e pela sociedade quanto a esses aspectos. Sugere-se a leitura deste texto para uma melhor compreensão das questões ligadas à ciência e ao ensino das disciplinas científicas no Brasil.

Em 1837, foi criado, no Rio de Janeiro, o Colégio Pedro II, para servir de padrão de ensino secundário e modelo para os demais colégios a serem criados nas províncias[14]. Foi adotada uma Física matematizada, quantitativa, ensinada por meio dos manuais franceses, com ênfase na transmissão e aquisição de conteúdos, relacionados aos problemas europeus, distantes da realidade brasileira. Os autores adotados constituíam uma elite no mundo intelectual da época e eram os mesmos utilizados pelas escolas francesas, conforme observou Lorenz (1986).

Essa predominância por materiais didáticos traduzidos ou adaptados dos manuais europeus perdurou até meados do século XX, quando começaram a surgir outras produções, inclusive nacionais.

A busca por novas tecnologias de guerra, iniciada com o desenvolvimento da bomba atômica, ampliou o clima de rivalidade entre as duas grandes potências (Estados Unidos e Rússia) e acirrou a corrida armamentista. De modo geral, o fim da Segunda Guerra Mundial marcou um momento de euforia no ensino de Ciências e provocou mudanças no currículo escolar da disciplina (KRASILCHIK, 1987).

No Brasil, em 1946, foi criada a primeira instituição brasileira direcionada ao ensino de Ciências: o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (Ibecc), que era, de fato, a Comissão Nacional da Unesco no Brasil. Seu papel era "[...] promover a melhoria da formação científica dos alunos que ingressariam nas instituições de ensino superior e, assim, contribuir de forma significativa ao desenvolvimento nacional" (BARRA E LORENZ, 1986, p. 1971). Sua atividade mais importante foi construir material para laboratório, livros didáticos e paradidáticos.

Em 1957, com o lançamento do primeiro satélite artificial – o *Sputnik* – a União Soviética deu um passo à frente na corrida espacial. Esse fato foi atribuído ao avanço tecnológico e científico soviético e à qualidade de seu ensino. Iniciou-se, então, uma rediscussão sobre o ensino de Ciências, com críticas à abordagem livresca da educação científica, própria de países como os EUA e o Brasil, entre outros.

Essas discussões eram parte de um projeto político pela hegemonia capitalista americana e alteraram os rumos do Ibecc. De fato, a partir de 1959, originaram-se grandes projetos para a melhoria do ensino de ciências como o da Fundação Nuffield, na Inglaterra, e o *Physical Science Study Committee (*PSSC), nos EUA, este com versão também para Biologia e Química.

Na década de 1960, o PSSC foi traduzido pelo Ibecc como um projeto integrante de um programa de apoio à América Latina, da Fundação Ford. Conforme Wuo (2003) e Barra e Lorenz (1986), tal projeto deveria renovar o ensino de ciências para o desenvolvimento tecnológico nacional. No Brasil, o PSSC teve apoio financeiro da Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional (Usaid), em prol da "Aliança para o Progresso", e marca a influência do modelo americano

[14] Ver nota de final de texto

no ensino das disciplinas científicas no Brasil. Entretanto, o projeto foi concebido para as escolas americanas, razão pela qual se mostrou inadequado à realidade educacional brasileira, sobretudo devido à precária formação e qualificação dos docentes.

A revogação da obrigatoriedade de adoção dos programas oficiais do MEC, pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação – LDB n. 4.024, de 21 de dezembro de 1961, deu liberdade às escolas quanto à escolha dos conteúdos de ensino. Isso possibilitou ao Ibecc introduzir, nos cursos colegiais, os materiais já adotados em outros países e publicados pelo convênio Universidade de Brasília/Usaid[15]. Investiu-se na aquisição de kits de materiais para aulas experimentais, por meio de convênios com instituições e governos estrangeiros. Tais *kits* eram traduzidos e "sempre acompanhados de livros que serviam de roteiros-guia para as atividades dos professores, perpetuando, dessa forma, o modelo de ensino difundido nos programas" (ROSA E ROSA, 2005, p. 05) americanos.

Por outro lado, projetos nacionais começaram a ser desenvolvidos. Em São Paulo, o Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física (Getef), formado por professores ligados ao ensino secundário paulista, desenvolveu o Projeto Piloto de Ensino de Física, durante o golpe militar de 1964, com o patrocínio da Unesco, introduzindo a tecnologia educativa e o uso da instrução programada no país.

Outros dois projetos, também nacionais, foram desenvolvidos[16]: o Projeto de Ensino de Física (Pef), pelo Instituto de Física da USP; e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física-(Pbef), pela Fundação Brasileira de Educação e Cultura (Funbec). Por meio desses projetos, eram produzidos materiais didáticos e oferecidos cursos para professores sobre o uso de tais materiais. A metodologia baseava-se nos princípios da tecnologia educacional, introduzida pelo Getef, que tomava o aluno como centro do processo de ensino-aprendizagem. "A meta proposta era desenvolver um material didático em que o aluno praticamente trabalhasse sozinho, quase sem a ajuda do professor" (WUO, 2003, p. 323).

A busca, pelos militares, da modernização e desenvolvimento (dependente) do país pós 1964, valorizara o ensino de Ciências, pois, para isso, necessitava-se de mão-de-obra qualificada, o que levou à promulgação da Lei n. 5.692, em 1971. Assim, o ensino de segundo grau (hoje ensino médio) devia preparar os alunos para o trabalho, e seus objetivos eram:

- conter a demanda aos cursos superiores;
- encaminhar os estudantes dos cursos técnicos para o mercado de trabalho mais rapidamente;
- consolidar uma prática semelhante à visão americana da educação como fonte de progresso econômico (ROSA & ROSA, 2005).

[15/16] Ver nota de final de texto

Ao longo da década de 1970, então, a educação, em especial no ensino de Ciências, foi chamada à responsabilidade de levar o Brasil ao desenvolvimento e à modernidade. No plano internacional, os programas de melhoria de ensino para esta disciplina deram origem a projetos que, no Brasil, aconteceram por meio do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino-PREMEN, criado em 1972.

Nos anos de 1980, o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Gref), integrado por professores da Rede Estadual Pública de São Paulo e coordenado pelo Instituto de Física da USP, elaborou uma proposta de ensino cuja abordagem dos conteúdos escolares deveria partir da vivência de professores e alunos. Tal proposta colocava o professor no centro do trabalho pedagógico. Além de cursos de formação e assessoria, o Gref produziu uma coleção de três volumes destinados aos professores[17]. Além disso, o grupo do Gref produziu as "Leituras em Física", dirigidas aos estudantes e que hoje estão disponíveis na rede web, no sítio da USP.

No Paraná, e em todo o país, no final da década de 1970 e início da década seguinte, sob a euforia originada pelo fim da ditadura militar, pela perspectiva de abertura democrática e de eleições diretas imediatas para presidência da república e governos estaduais, muitos puderam manifestar um discurso político de defesa dos menos favorecidos, inclusive no meio educacional.

A pedagogia histórico-crítica é exemplo desse momento. No Paraná, as ideias de teóricos e educadores como Dermeval Saviani mobilizaram as discussões e as ações para implementação dessa perspectiva pedagógica, que tiveram início, primeiramente, na prefeitura de Curitiba e, depois, na rede estadual. Desse movimento, nasceram o Currículo Básico e os documentos de Reestruturação do Ensino de 2º Grau, entre eles o referente à disciplina de Física.

Publicada em 1993, essa proposta de reestruturação do ensino, inclusive de Física, para as escolas paranaenses, buscava propiciar ao aluno uma sólida educação geral voltada à compreensão crítica da sociedade para enfrentar as mudanças e atuar sobre elas, condição improvável sem a aquisição do conhecimento científico. Além disso, o entendimento da relação ciência-tecnologia, do processo de elaboração da ciência e sua aplicação à tecnologia, evitaria a apresentação da ciência como verdade absoluta – à margem da sociedade – e contribuiria para o desenvolvimento da criticidade dos estudantes.

Esse processo político-educacional, todavia, foi interrompido porque as novas demandas da educação no país, na década de 1990, passaram a ser orientadas por diversos documentos oriundos de organismos financeiros internacionais, como por exemplo, no Paraná, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). A educação deveria, então, estar voltada à competitividade, numa sociedade cada vez mais dominada por recursos tecnológicos de última geração. A necessária

[17] Essa coleção compõe a Biblioteca do Professor, disponível nas escolas da rede estadual de educação do Paraná.

reforma educacional para esse fim foi concretizada com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) n. 9.394/96, com as Diretrizes Curriculares Nacionais e com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Nos textos desses documentos verificam-se referências à necessidade de formação de cidadãos polivalentes, criativos e capazes de adaptação permanente às novas formas de produção, e reorientação quanto à formação e a qualificação profissional para que se alcance a qualidade e a competitividade.

O uso da tecnologia na educação[18], especialmente os recursos computacionais, passou a ser exigência do novo padrão de formação e qualificação. Nos documentos do Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio do Paraná (Proem), de 1994, essa ideia foi usada como justificativa para reformular o Ensino de 2º Grau no Estado (Paraná/SEED Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio – 1993) face à nova configuração brasileira e mundial, exposta à acirrada competição. Tal concepção implicava reorientar a formação e a qualificação profissional para melhorar a qualidade e a competitividade.

No Paraná, antes da publicação dos PCN, entre 1997-98, ocorreu uma discussão por áreas de conhecimento, para implementar a reforma proposta pelo Proem, exigindo-se que os Projetos Pedagógicos (PP) das escolas se fundamentassem na Pedagogia das Competências[19]. Assim, foi desconsiderado o artigo 3° da LDB que supõe um ensino baseado nos princípios da "*liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber*" e, "*pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas*" (LDB n. 9.394/1996, Art. 3, parágrafos II e III).

A partir de 2003, foi proposta uma mobilização coletiva para elaboração de novas diretrizes curriculares estaduais, considerando-se a necessidade de um documento crítico para orientar a prática pedagógica nas escolas paranaenses e o lapso de tempo em que o professor ficou à margem dessas discussões.

Propôs-se, então, encontros para discussões curriculares de modo que o professor se reencontrasse com o campo do conhecimento de sua formação inicial para retomar o que é específico de sua disciplina e, a partir dela, estabelecer uma prática de ensino que contemple relações interdisciplinares.

O tratamento dos conteúdos sob enfoque disciplinar prossegue porque entende-se que as disciplinas escolares estão vinculadas a campos de conhecimentos que, embora estejam em constante construção, são socialmente reconhecidos e não devem ser generalizados, nem esvaziados.

Estas Diretrizes buscam construir um ensino de física centrado em conteúdos e metodologias capazes de levar os estudantes a uma reflexão sobre o mundo das ciências, sob a perspectiva de que esta não é somente fruto da racionalidade

[18] Ver nota de final de texto

[19] O termo Competências admite muitos significados, é polissêmico. Entendê-lo exige estudos mais aprofundados que não cabem em uma definição apenas.

científica. É preciso ver o ensino da física "com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos" (MENEZES, 2005).

Entende-se, então, que a física, tanto quanto as outras disciplinas, deve educar para cidadania e isso se faz considerando a dimensão crítica do conhecimento científico sobre o Universo de fenômenos e a não-neutralidade da produção desse conhecimento, mas seu comprometimento e envolvimento com aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais.

O ponto de partida da prática pedagógica são os conteúdos estruturantes, propostos nestas Diretrizes Curriculares com base na evolução histórica das ideias e dos conceitos da Física. Para isso, os professores devem superar a visão do livro didático como ditador do trabalho pedagógico, bem como a redução do ensino de Física à memorização de modelos, conceitos e definições excessivamente matematizados e tomados como verdades absolutas, como coisas reais.

Ressalta-se a importância de um enfoque conceitual para além de uma equação matemática, sob o pressuposto teórico de que o conhecimento científico é uma construção humana com significado histórico e social.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

O recorte histórico da Física, apresentado na primeira parte deste documento, teve por objetivo buscar um quadro conceitual de referência capaz de abordar o objeto de estudo desta ciência – o Universo – sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorrem.

Os resultados desta busca são grandes sínteses que constituem três campos de estudo da Física e que completam o quadro teórico desta ciência no final do século XIX:

- A *mecânica* e a *gravitação*, elaboradas por Newton em duas obras: *Pilosophiae naturalis principia mathematica* (os *Principia)* e *Opticks* (Óptica);
- A *termodinâmica*, elaborada por autores como Mayer, Carnot, Joule, Clausius, Kelvin, Helmholtz e outros;
- O *eletromagnetismo*, síntese elaborada por Maxwell a partir de trabalhos de homens como Ampére e Faraday.

A primeira síntese refere-se ao estudo dos *movimentos* (mecânica e gravitação) presente nos trabalhos de Newton e desenvolvida posteriormente por outros cientistas, como Lagrange, Laplace e Hamilton. Centra-se nas leis do movimento dos corpos materiais, sua descrição e suas causas. Com esses estudos, o Universo

passou a ser descrito a partir de entidades como o espaço e o tempo, e as causas dos movimentos explicadas pela ação das forças.

Os conceitos de massa, espaço e tempo se fizeram presentes desde que os homens iniciaram seu contato com a natureza, mas foi Newton que elaborou a primeira concepção (científica).

> O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e da sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração; o tempo relativo, aparente e comum é alguma medida de duração perceptível e externa (seja ela exata ou não uniforme) que é obtida através do movimento e que é normalmente usada no lugar do tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano. [...] O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa [...]. (NEWTON, 1990, p. 07)

Os conceitos explicitados por Newton são considerados entidades[20] no estudo dos movimentos porque eles são fundamentais para a sustentação da teoria. A Física newtoniana ampara-se em ideias mecanicistas e deterministas de mundo e sustenta-se na ideia de que se conhecêssemos a posição inicial, o *momentum* da partícula e sua massa, todo o seu futuro poderia ser determinado.

A segunda síntese, a termodinâmica, deu-se a partir do estudo dos fenômenos térmicos e sua axiomatização. É resultante da integração entre os estudos da mecânica e do calor, de onde se desenvolveu o Princípio da Conservação da Energia.

Bucussi (2006), amparado em Kuhn, postula que a descoberta do princípio da conservação da energia ocorreu de forma simultânea entre 1842 e 1847 por quatro cientistas europeus: Mayer, Joule, Ludwig Colding e Helmholtz, e conclui:

> Só depois de Rudolf Clausius (1822-1888) ter, em 1865, demonstrado matematicamente esta lei [da conservação da energia] foi que o termo energia recebeu significado preciso sendo admitido como uma "função de estado", estando em tal gênese um forte vínculo com as relações entre calor e trabalho, dois conceitos que hoje tidos como "processos transferência-transformação de energia". Destaca-se ainda que Joule e Clausius assumiram que o calor estava relacionado com uma certa energia cinética das partículas que constituem os corpos, passando a se estruturar cada vez mais uma Teoria Cinética baseada nas leis de Newton, que permitirá, inclusive, a compreensão das Leis da Termodinâmica. (BUCUSSI, 2006, p. 13)

O estabelecimento do princípio da conservação da energia se expressa na primeira lei da termodinâmica por meio do conceito de energia interna de um sistema. Entretanto, a irreversibilidade dos fenômenos espontâneos exigia a formulação de outra lei, pois, aparentemente, existia uma violação da primeira lei:

[20] As entidades físicas dentro de cada uma destas sínteses (teorias) – Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo – são aqueles conceitos fundamentais para a sustentação da teoria. Por exemplo, no estudo dos movimentos os conceitos e definições são expressos através das entidades espaço, tempo e massa; a velocidade é definida como uma relação entre espaço e tempo (ds/dt); a aceleração é expressa como a variação da velocidade no tempo (dv/dt) ou seja, (ds^2/dt^2).

não era possível a transformação integral de calor em trabalho. A constatação da aparente violação da primeira levou à formulação da segunda lei da termodinâmica e à construção do conceito de entropia.

Assim, o calor (entendido como uma das várias manifestações da energia), o conceito de temperatura e a entropia são essenciais para a compreensão do corpo teórico da termodinâmica, por isso são considerados, por estas diretrizes, entidades fundamentais.

A terceira síntese, do eletromagnetismo, deu-se a partir do estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos. Sua elaboração deveu-se a estudos de diversos cientistas, entre eles Ampère, Faraday e Lenz. Os resultados desses estudos permitiram a Maxwell sistematizar as quatro leis do eletromagnetismo.

Após um período de prevalência do método indutivo de Newton, com a publicação dos *Principia,* no século XVIII, o método hipotético voltou à tona para explicar os fenômenos ligados à gravitação, à eletricidade, ao magnetismo e à óptica, entre outros. Uma série de fluidos sutis (por exemplo, o éter) foi considerada para explicar estes fenômenos (BEZERRA, 2006).

Nesse contexto científico trabalharam Faraday e Maxwell, ambos contrários à ideia da ação à distância. Faraday, ao formular a hipótese de linhas de força, instituiu a ideia de ação contínua. Maxwell, através de uma analogia entre as linhas de força e o fluído incompressível (o éter), estabeleceu conexão entre os fenômenos descobertos por Faraday, em busca de uma teoria para o campo eletromagnético.

Para Maxwell, a energia é fundamental em termos de impulsos e força, em substituição à descrição mecânica newtoniana. O campo eletromagnético não é meramente disposicional, possui energia, ou seja, é uma entidade física com existência real (Bezerra, 2006). Mas, apesar de dotado de energia própria, o campo de Maxwell está associado ao éter, isto é, a um meio mecânico.

De acordo com Bezerra (2006), Maxwell se apresenta como um personagem de transição entre a visão mecanicista e a desmecanização do mundo, pois, sua teoria se divide entre a visão mecanicista e o rompimento com ela. No plano ontológico "a teoria de Maxwell é uma teoria do campo eletromagnético, mas, ao mesmo tempo uma teoria do éter eletromagnético" (BEZERRA, 2006, p. 207).

> Tanto Faraday quanto Maxwell consideravam que a ação intermediada por um meio ou por um campo era um tipo de ação por contato[21]. Neste caso contato entre o corpo B que sente o campo C ao seu redor, campo este produzido por outro corpo A (a carga elétrica, ou a corrente elétrica). Neste modelo considera-se que o campo C foi propagado ao longo do espaço de A até B. (ASSIS. In: SILVA, 2006, p. 95)

[21] Ver nota de final de texto

Na teoria de campo eletromagnético elaborada por Maxwell, cargas, correntes e campos, considerados, hoje, conceitos fundamentais do eletromagnetismo, apresentam-se como estados mecânicos do éter (Chalmers. In: Bezerra, 2006, p. 195). Ao prever que os campos eletromagnéticos poderiam se propagar como ondas e que essas ondas se propagam à velocidade da luz, Maxwell eleva a luz ao status de conceito fundamental do eletromagnetismo.

Assim, a Física chegou ao final do século XIX com um quadro conceitual de referência constituído nestes três campos: movimento (mecânica e gravitação), termodinâmica e eletromagnetismo. Esse conjunto teórico e a visão de mundo deles decorrente ficaram conhecidos como Física Clássica. Muitos pesquisadores desta época acreditavam que todos os problemas relacionados a questões físicas resolveriam-se com essa teoria clássica.

Esse quadro, contudo, apresentou alguns problemas de abrangência, especialmente certos aspectos do eletromagnetismo, que não se harmonizavam com a mecânica newtoniana. Um exemplo é a radiação emitida por estrelas e corpos aquecidos, fenômeno não compreendido pela termodinâmica nem pelo eletromagnetismo. Outras questões, que permaneceram em aberto (e algumas ainda permanecem), nos mostram quão longe se estava da compreensão do Universo. Entre elas:

- Qual a origem da matéria?
- Que forças agem sobre os componentes da matéria?
- Como explicar as propriedades térmicas e químicas da matéria?
- Qual a natureza da força de gravitação?

A visão mecanicista começou a ser abalada com a experiência de Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923), em 1887, que revelou ser o valor da velocidade da luz independente do referencial adotado para a medida e pôs em dúvida a existência do éter. Este fato pode ter contribuído para que os físicos aceitassem uma visão relativística da natureza, a qual independe do éter. Isso já se observava no trabalho de Maxwell, embora ele aceitasse o éter.

Para Bezerra (2006), a eletrodinâmica de Maxwell estava adiante do seu tempo, pois tal teoria se apresenta independente em relação ao éter, compatível com a imagem relativística da natureza. Isso se justifica, pois o campo eletromagnético, união dos campos elétricos e magnéticos, impõe uma união entre o espaço e o tempo, uma vez que a variação de um campo no espaço está ligada à variação do outro campo no tempo.

Até a década de 1870, os físicos ainda acreditavam ser possível medir a velocidade da terra em relação ao éter, mas o impacto proporcionado por experimentos como o de Michelson e Morley, fez surgir a ideia do princípio da

relatividade para os fenômenos ópticos e eletromagnéticos, embora não fosse unânime a sua aceitação.

Einstein, em 1905, escreveu o artigo "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento" no qual preservava as equações de Maxwell e postulava a invariância da velocidade da luz. O éter foi, então, desconsiderado e o espaço e o tempo, redefinidos.

Os resultados apresentados por Einstein nesse artigo foram obtidos antes por Lorentz e Poincaré, que aceitavam a existência do éter. Einstein, ao contrário, desconsiderou-a, uma vez que o éter não era observável experimentalmente e a Física deveria se preocupar com grandezas observáveis e mensuráveis. A impossibilidade de comprovação experimental do éter é base fundamental da teoria da relatividade. Essa base não existia antes de 1885. Einstein utilizou essa ideia em 1905 e, certamente, não teria feito da mesma forma se seus estudos fossem realizados vinte anos antes (Martins, 2005).

Assim, a descrição dos fenômenos eletromagnéticos passava pelos conceitos básicos de carga e campo, designados, nestas diretrizes, entidades fundamentais do eletromagnetismo.

> A revisão dos conceitos de espaço e tempo nos leva ao golpe final desferido na visão mecanicista. Para o surgimento da teoria da relatividade, era necessário que os últimos bastiões de uma visão mecanicista de mundo – a saber, o espaço e o tempo – fossem postos abaixo. [...] A teoria da relatividade restrita incorpora princípios aos quais tem que se sujeitar tanto a mecânica quanto o eletromagnetismo. Esse é mais um golpe na visão mecanicista. A teoria da relatividade geral completa a demolição, na medida em que o próprio espaço-tempo, a própria geometria do universo; se identifica com o campo gravitacional. O último resquício da imagem mecanicista da natureza e de ciência se foi. Neste novo quadro conceitual [...] finalmente, após uma longa e acidentada travessia histórica, agora investido de um estatuto ontológico comparável ao da matéria, resta, enfim, o campo. (BEZERRA, 2006, p. 216-217)

Sobre o trabalho pedagógico

Para entender o processo de construção desse quadro conceitual da Física e dos conceitos fundamentais que o sustentam, é imperativo que a pesquisa faça parte do processo educacional, ou seja, que cada professor, ao preparar suas aulas, estude e se fundamente na História e na Epistemologia da Física. Trilhar esse caminho é imprescindível para se repensar o currículo para a disciplina.

> Como princípio educativo, o conhecimento, que tem como fonte a pesquisa, está na base do processo emancipatório, que sempre começa com a tomada de consciência crítica e a capacidade de dizer não: ato que inaugura o processo político questionador e que jamais se conclui. O confronto de ideias, o embate entre posições, o reconhecimento do conflito, a constatação da desigualdade, são fundamentais para a organização política dos desiguais no sentido da emancipação. (BARRETO, 2007, p. 10)

Ao voltar-se para os estudos teóricos e epistemológicos da Física o professor vai além dos manuais didáticos e estabelece relações entre essa ciência e outros campos do conhecimento, de modo que os estudantes também percebam essas relações.

> Uma primeira possibilidade é um novo reconhecimento da disciplinaridade. Isso significa demarcar o espaço da física, explicar seu campo de legislação. Não só ensinar, mas, além disso, mostrar o que é a física. Mostrar qual sua maneira de olhar, o que ela não é capaz de olhar, onde é preciso olhar de outra maneira e onde ela pode se compor com outros olhares. Quer dizer, não só o conteúdo da física, mas qual seu ponto de vista e seus limites. A ideia de disciplinaridade é importante para demarcar e para compor. (KAWAMURA, 1997. In: ALMEIDA, 2004, p. 64)

Desse modo o professor planeja e controla o trabalho pedagógico de maneira consciente, responsável pela aprendizagem de seus alunos.

Assim, serão objetos de análise no trabalho docente: os sujeitos (docentes e estudantes), os processos de seleção e socialização dos conteúdos escolares, o processo de avaliação, a realidade escolar, bem como a sociedade em que vivemos.

Para selecionar e abordar os conteúdos de ensino é preciso considerar a sociedade e o contexto histórico em que o conhecimento é produzido. Isso requer considerar as ideias de um cientista à luz do seu tempo e não limitar-se a contar histórias ou lendas.

> Discutir a construção do saber científico como um produto da cultura humana, sujeita ao contexto de cada época pode auxiliar o educador a apresentá-la de maneira crítica aos seus alunos e contribuir para transpor os conhecimentos científicos para a sala de aula. Conhecer uma proposta alternativa àquela trazida pelos livros didáticos fornece ao professor um embasamento útil para esse desafio. (FORATO In: SILVA, 2006, p. 192)

Tomar o pressuposto da ciência como uma produção histórica e os conteúdos escolares vinculados a interesses sociais, econômicos, culturais e políticos, significa indagar:

- Quais eram as relações de produção na sociedade onde o conhecimento em estudo foi produzido?
- Quais ideias predominavam no tempo histórico em que esse conhecimento foi produzido?
- Como o cientista/pesquisador desenvolveu sua teoria científica?

- Que interesses orientam as instituições que apoiam e sustentam a pesquisa?

Sobre o processo ensino-aprendizagem

Ao preparar sua aula o professor deve ter em vista que a produção científica não é uma cópia fiel do mundo ou da realidade perceptível pelo senso comum, mas uma construção racional, uma aproximação daquilo que se entende ser o comportamento da natureza. Assim,

- O processo de ensino-aprendizagem, em Física, deve considerar o conhecimento trazido pelos estudantes, fruto de suas experiências de vida em suas relações sociais. Interessam, em especial, as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes e que influenciam a aprendizagem de conceitos do ponto de vista científico;
- A experimentação, no ensino de Física, é importante metodologia de ensino que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, proporcionando melhor interação entre professor e estudantes, e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar;
- Ainda que a linguagem matemática seja, por excelência, uma ferramenta para essa disciplina, saber Matemática não pode ser considerado um pré-requisito para aprender Física. É preciso que os estudantes se apropriem do conhecimento físico, daí a ênfase aos aspectos conceituais sem, no entanto, descartar o formalismo matemático.

Ao levar em conta o conhecimento prévio dos estudantes, o professor deve considerar que a ciência atual rompe com o imediato, o perceptível, o que pode ser tocado e que, para adentrar ao mundo da ciência, é preciso um processo de enculturação no qual o estudante apropria-se das teorias científicas.

> Esse rompimento tem que começar em relação ao real imediato. Para o senso comum, a realidade é aquilo que pode ser tocado, manejado; mas, para aprender o conhecimento científico atual é necessária a ruptura com essa realidade imediata e adentrar num mundo onde o real é uma construção e não se constitui num mundo dado. (CARVALHO FILHO, 2006, p. 04)

A aprendizagem somente é possível através da interação com o professor, detentor do conhecimento físico. Nestas diretrizes, recoloca-se o professor no centro do trabalho pedagógico como o sujeito indispensável nesse processo[22].

Ao propor um currículo de física para o Ensino Médio é preciso considerar que a educação científica é indispensável à participação política e capacita os estudantes para uma atuação social e crítica com vistas à transformação de sua

[22] Ver nota de final de texto

vida e do meio que o cerca. Dessa perspectiva o ensino de física vai além da mera compreensão do funcionamento dos aparatos tecnológicos.

Assim, esta proposta político-pedagógica implica que o ensino de física aborde os fenômenos físicos lembrando que suas ferramentas conceituais são as de uma ciência em construção, porém com uma respeitável consistência teórica. É importante compreender, também, a evolução dos sistemas físicos, suas aplicações e suas influências na sociedade, destacando-se a não-neutralidade[23] da produção científica.

3 CONTEÚDOS ESTRUTURANTES

Entende-se por conteúdos estruturantes os conhecimentos e as teorias que hoje compõem os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina escolar[24]. Esses conteúdos fundamentam a abordagem pedagógica dos conteúdos escolares, de modo que o estudante compreenda o objeto de estudo e o papel dessa disciplina no Ensino Médio.

Nos fundamentos teórico-metodológicos apresentaram-se as três grandes sínteses que compunham o quadro conceitual de referência da Física no final do século XIX e início do século XX. Essas três sínteses – *Movimento, Termodinâmica* e *Eletromagnetismo* – doravante serão denominadas "conteúdos estruturantes".

Em cada conteúdo estruturante estão presentes ideias, conceitos e definições, princípios, leis e modelos físicos, que o constituem como uma teoria. Desses estruturantes derivam os conteúdos que comporão as propostas pedagógicas curriculares das escolas.

Na Física, conforme Rocha (2005), a teoria eletromagnética desempenha papel semelhante aos estudos dos movimentos e da termodinâmica. Embora tenham evoluído separadamente, elas são teorias unificadoras: a *mecânica* de Newton, no século XVII, unificou a estática, a dinâmica e a astronomia; a *termodinâmica*, no século XIX, unificou conhecimentos sobre gases, pressão, temperatura e calor e a teoria *eletromagnética*, de Maxwell, unificou o magnetismo, a eletricidade e a ótica.

> A enorme quantidade de conteúdos de Ciências Naturais e as oposições que tensionam a atividade docente a partir da bipolaridade "extensão–profundidade" requer, cada vez mais, que estruturemos os conhecimentos de forma a se priorizar as unificações e sínteses, sem negligenciar o papel também fundamental das análises. (AUTH; ANGOTTI. In: PIETROCOLA, 2005, p. 198)

Os conteúdos específicos relativos a Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo podem ser aprofundados e contextualizados em relações

[23/24] Ver nota de final de texto

interdisciplinares[25] sob uma abordagem que contemple os avanços e as perspectivas da Física nos últimos anos, o que contribui para a apresentação de uma ciência em construção[26].

Os conteúdos estruturantes podem apresentar, eventualmente, uma relação de interdependência, o que faz com que, em alguns momentos, o trabalho pedagógico com um determinado conteúdo básico[27] ou específico, envolva referenciais teóricos de mais de um estruturante. Por exemplo, a luz, considerada a sua dualidade e o fenômeno em estudo, pode ter um tratamento de partícula, objeto de estudo do movimento, e um tratamento ondulatório, objeto de estudo constituído no eletromagnetismo (Pietrocola, 2005). No entanto, a luz, dada a sua natureza eletromagnética, deve ser entendida conceitualmente como objeto (conteúdo) de estudo do eletromagnetismo.

Outras vezes, um conteúdo básico ou específico é objeto de estudo dos três conteúdos estruturantes. É o caso do princípio da conservação da energia que, embora desenvolvido na termodinâmica, está presente também no estudo de movimento e de eletromagnetismo.

A proposta pedagógica curricular deve ser composta de conteúdos básicos (ver anexo), derivados dos três estruturantes, de forma a garantir uma cultura científica o mais abrangente possível, do ponto de vista da Física. Caberá ao professor, a partir da proposta pedagógica e da matriz curricular da sua escola, selecionar os conteúdos específicos que comporão seus Planos de Trabalho Docente, nas séries do Ensino Médio em que a disciplina de Física for ofertada.

Ao elaborar a proposta pedagógica curricular, o professor deve considerar a realidade socioeconômica e cultural da região onde se situa a escola para contextualizar os conteúdos e permitir aos estudantes ampliar as construções de significados no acesso ao conhecimento científico.

3.1 MOVIMENTO

No estudo dos movimentos, é indispensável trabalhar as ideias de conservação de *momentum* e energia, pois elas pressupõem o estudo de simetrias e leis de conservação, em particular da Lei da Conservação da Energia, desenvolvida nos estudos da termodinâmica, no século XIX, e considerada uma das mais importantes leis da Física.

A conservação *de momentum* está enraizada na própria concepção de homogeneidade do espaço – simetria de translação no espaço – ao menos do ponto

[25] Ver nota de final de texto

[26] Os conteúdos estruturantes escolhidos para compor o currículo de Física são aqueles que podemos chamar de clássicos.

[27] Entende-se por Conteúdos Básicos os conhecimentos fundamentais a serem estudados ao longo do Ensino Médio, na disciplina de Física. Ver quadro de conteúdos básicos em anexo.

de vista clássico. Além disso, encontra lugar no estudo de colisões ou de eventos em que algum tipo de recuo se manifesta, como no caso de colisões entre partículas. A conservação *de momentum* é também um instrumento da Física de partículas, uma importante área da Física moderna, ligada à cosmologia e à teoria quântica de campos, pois as colisões são importantes para o estudo do comportamento, constituição e interações de partículas subatômicas (EISBERG,1979).

Os conceitos de *momentum* e impulso carregam as ideias fundamentais de espaço, tempo e matéria (massa). Um sistema físico que evolui conduz aos conceitos de *momentum* e impulso e é formado por essas entidades – espaço, tempo e massa. Nesse contexto, também são fundamentais os conceitos de referenciais da mecânica clássica e da relativística. Ainda, a concepção de matéria, tanto da mecânica clássica como da mecânica relativística e quântica, deve ser considerada porque a evolução do conceito de interação depende dessa concepção.

Outro importante conceito a ser trabalhado é o de força, definido a partir da variação temporal da quantidade de movimento, que constitui a segunda lei de Newton. A variação da quantidade de movimento conduz à ideia de impulso, um importante conceito da teoria newtoniana. Para abordar o conceito de força, as ideias de matéria e espaço devem estar bem fundamentadas, evitando-se, assim, o risco de reduzi-lo à mera discussão matemática.

Ainda no contexto do estudo do Movimento, é importante a abordagem da gravitação universal. A teoria da Gravitação Universal de Newton partiu das Leis de Kepler, mas ao invés de considerar as órbitas planetárias como elípticas, assumiu-as como circulares. Isso levou à elaboração da lei dos quadrados – aceleração inversamente proporcional ao quadrado da distância. Essa lei tem validade para o cálculo e a compreensão das órbitas de qualquer planeta.

3.2 TERMODINÂMICA

No campo da termodinâmica, os estudos podem ser desdobrados a partir das Leis da termodinâmica, em que aparecem conceitos como temperatura, calor (entendido como energia em trânsito) e as primeiras formulações da conservação de energia, sobretudo os trabalhos de Mayer, Helmholtz, Maxwell e Gibbs.

A Lei Zero da termodinâmica é um bom enfoque para o estudo das noções preliminares de calor como energia em trânsito, equilíbrio térmico, propriedades termométricas e até uma breve discussão sobre medidas de temperatura. O conceito de temperatura deve ser abordado como modelo baseado em propriedades de um material, não uma mera medida do grau de agitação molecular de um sistema.

A primeira lei da termodinâmica, que também porta a ideia de calor como forma de energia, permite identificar sistemas termodinâmicos postos a realizar

trabalho. Os conceitos de calor e trabalho, hoje, são entendidos como processos de transferência/transformação de energia, ou seja, a energia está diretamente ligada ao trabalho. Destacando-se, mais uma vez, a Lei da Conservação da Energia como uma importante lei da Física.

O estudo da segunda lei da termodinâmica é importante para a compreensão das máquinas térmicas, mas vai além, pois conduz ao conceito de entropia. Nem todos os eventos que obedecem à Lei da Conservação da Energia podem, de fato, acontecer, o que se deve à existência de outro princípio natural – os processos espontâneos são irreversíveis, o que colabora para que cresça a desordem do sistema, medida pela entropia.

No trabalho pedagógico com a termodinâmica, recomenda-se a apresentação da teoria cinética, que aplica as leis da mecânica newtoniana a moléculas individuais de um sistema, bem como uma abordagem qualitativa do teorema da equipartição da energia, cujas limitações tiveram papel importante no desenvolvimento da mecânica quântica e da mecânica estatística.

Novamente, o conceito de entropia tem papel importante, pois sua interpretação estatística, apresentada por Boltzmann, fortalece as hipóteses da terceira lei da termodinâmica. Ainda, contribui para a elaboração de ideias dentro da termodinâmica como a da quantização da energia e a consideração de que as moléculas dos sistemas em estudo são numerosas e os valores médios de suas propriedades podem ser calculados, mesmo sem nenhuma informação sobre suas moléculas específicas.

Conforme Chaves (2000), esses estudos, que podem estar ligados à queda de um objeto de uma mesa ou à expansão do Universo, manifestam a beleza e a importância da segunda e terceira leis da termodinâmica no desenvolvimento da Física.

3.3 ELETROMAGNETISMO

Historicamente, um dos resultados mais importantes dos trabalhos de Maxwell é a apresentação da luz como uma onda eletromagnética e o estudo das suas equações que levam às quatro leis do eletromagnetismo clássico.

Estudar o eletromagnetismo possibilita compreender carga elétrica, o que pode conduzir a um conceito geral de carga no contexto da física de partículas, ao estudo de campo elétrico e magnético. A variação da quantidade de carga no tempo leva à ideia de corrente elétrica e a variação da corrente no tempo produz campo magnético, o que leva às equações de Maxwell.

O trabalho sobre o eletromagnetismo enseja, ainda, tratar conteúdos relacionados a circuitos elétricos e eletrônicos, responsáveis pela presença da

eletricidade e dos aparelhos eletroeletrônicos no cotidiano, com a presença da eletricidade em nossas casas. Esses temas ainda são objetos de estudo em muitas pesquisas, sejam relativas à tecnologia incorporada aos sistemas produtivos ou aos novos materiais e técnicas. Ao serem abordados na escola, é preciso considerar, também, seu papel nas mudanças econômicas e sociais da sociedade contemporânea, bem como o fato de não serem acessíveis para todos.

A teoria elaborada por Maxwell deu à natureza ondulatória da luz uma sólida envergadura teórica. Todavia, trabalhos realizados no final do século XIX e início do século XX, especialmente por Planck e Einstein, levaram ao estabelecimento da natureza corpuscular – os *quanta* da luz – que revelaram a natureza dual da luz.

Para uma abordagem em Física Moderna, é importante, também, o trabalho com o efeito fotoelétrico e a compreensão que a descoberta dos *quanta* de luz deu início à mecânica quântica e à imutabilidade da velocidade luz, como um dos princípios da relatividade.

Tais abordagens, no ensino de física, contribuem para a compreensão dessa ciência como algo em construção, cujo conhecimento atual é a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas. Ao abordar o conhecimento científico em seus aspectos qualitativos e conceituais, filosóficos e históricos, econômicos e sociais, o ensino de física contribuirá para a formação de estudantes críticos.

4 ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

É importante que o processo pedagógico, na disciplina de Física, parta do conhecimento prévio dos estudantes, no qual se incluem as concepções alternativas ou concepções espontâneas. O estudante desenvolve suas concepções espontâneas[28] sobre os fenômenos físicos no dia-a-dia, na interação com os diversos objetos no seu espaço de convivência e as traz para a escola quando inicia seu processo de aprendizagem.

Por sua vez, a concepção científica envolve um saber socialmente construído e sistematizado, que requer metodologias específicas no ambiente escolar[29]. A escola é, por excelência, o lugar onde se lida com esse conhecimento científico, historicamente produzido.

Porém, uma sala de aula é composta de pessoas com diferentes costumes, tradições, pré-conceitos e ideias que dependem de sua origem cultural e social e esse ponto de partida deve ser considerado.

28/29 Ver nota de final de texto

> Por isso, o conhecimento deve-se processar contra um conhecimento anterior. Na realidade, toda aquisição de conhecimento deve superar um conhecimento pré-existente, que pode funcionar como obstáculo à aquisição do novo saber. A cristalização de verdades revela-se como impedimentos ao avanço do saber, (pois) a crença em uma verdade definitiva não é uma vantagem para o avanço da ciência, porque se torna um grave entrave, por impedir o aparecimento de ideias e conceitos que neguem o saber estabelecido. O tratamento dado, pelo professor, ao conhecimento existente e prévio dos estudantes deve ser bastante relativizado, para permitir a aquisição dos novos. O professor deve, na realidade, trabalhar a formação de seus alunos de tal modo que os leve a perceberem que não há um conhecimento definitivo e que o saber que eles trazem não se constitui numa verdade pronta e acabada, mas que pode funcionar como uma barreira a formulações de novos saberes. (CARVALHO FILHO, 2006, p. 12)

No trabalho com os conteúdos de ensino, seja qual for a metodologia escolhida, é importante que o professor considere o que os estudantes conhecem a respeito do tema para que ocorra uma aprendizagem significativa[30].

> Em outros termos: é para problematizar o conhecimento já construído pelo aluno que ele deve ser apreendido pelo professor; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico. (DELIZOICOV. In: PIETROCOLA, 2005, p. 132)

Como poderiam os estudantes formular questões sobre algo que não conhecem? Ou ainda, como eles podem explicitar questões que os inquietam, mas não sabem como perguntar? Nesses casos, torna-se imprescindível que o professor cumpra a função de uma espécie de "informante científico"[31]. Para ir além do limite da informação e atingir a fronteira da formação, é preciso uma mediação não-aleatória, feita pelo conhecimento físico, num processo organizado e sistematizado pelo professor.

As construções dos estudantes são modelos que tentam descrever o real, aproximando-se de uma ciência aristotélica. No entanto,

> [...] percebe-se que a produção do conhecimento atual produz uma ruptura com o conhecimento vulgar e o professor deve ensinar ciências, na perspectiva da ciência, destacando o modelo de formulação do saber e procurando desenvolver metodologias que levem os estudantes a desligarem-se dos conhecimentos que trouxeram para a sala de aula. (CARVALHO FILHO, 2006, p. 08)

[30] A aprendizagem significativa é aquela que ocorre de maneira não mecânica ou arbitrária e fica disponível para ser utilizada em outras situações semelhantes às realizadas em sala de aula a elas relacionadas. A teoria da Aprendizagem Significativa é de David Ausubel. No Brasil temos como um dos responsáveis pela teoria da Aprendizagem Significativa o professor Marco Antonio Moreira.

[31] O "informante científico" detém o conhecimento dos conteúdos, mas também a competência metodológica e o conhecimento do contexto escolar. Por isso, esse é o papel do professor.

O professor deve mostrar ao estudante que o seu conhecimento não está pronto e acabado, mas que deve ser superado. Muitas das ideias dos estudantes já foram consideradas pelos cientistas, pois também o conhecimento científico não se constitui, originalmente, em uma verdade absoluta e definitiva.

Tem-se por objetivo que professor e estudantes compartilhem significados na busca da aprendizagem que ocorre quando novas informações interagem com o conhecimento prévio do sujeito e, simultaneamente, adicionam, diferenciam, integram, modificam e enriquecem o saber já existente, inclusive com a possibilidade de substituí-lo.

Para Tavares (2004), a partir do conhecimento físico, o estudante deve ser capaz de perceber e aprender, em outras circunstâncias semelhantes às trabalhadas em aula, para transformar a nova informação em conhecimento. Então, qualquer que seja a metodologia, o professor deve buscar uma avaliação cujo sentido seja verificar a apropriação do respectivo conteúdo, para posteriores intervenções ou mudança de postura metodológica.

4.1 O PAPEL DOS LIVROS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Os livros didáticos de Física dirigidos ao Ensino Médio, de uma maneira geral, apresentam a Física como uma ciência que permite compreender uma imensidade de fenômenos naturais, indispensável para a formação profissional, a preparação para o vestibular, a compreensão e interpretação do mundo pelos sujeitos.

No entanto, neles, a ênfase recai nos aspectos quantitativos em prejuízo dos conceitos, privilegiando a resolução de "problemas de física" que se traduzem em aplicações de fórmulas matemáticas e contribuem para consolidar uma metodologia de ensino centrada na resolução de exercícios matemáticos. Isso porque esses livros, salvo raras exceções, reproduzem os livros utilizados nos cursos de graduação, responsáveis pela formação inicial da maioria dos docentes de Física.

Nessa perspectiva, "[...] via de regra, os conteúdos acabam por ser desenvolvidos como se estabelecessem relações com eles mesmos, sendo desconsideradas as diversas relações com outros tópicos da própria Física e de outros campos de conhecimento" (GARCIA et al, 2001, p. 138).

Além disso, essa prática pedagógica mistifica a ciência ao mostrar os modelos científicos – elaborações da mente humana válidas para alguns contextos – como verdades incontestáveis e absolutas, resultantes de procedimentos experimentais. Isso pode levar o estudante

> [...] a ter uma ideia distorcida do que é a Física e quase sempre ao desinteresse pela matéria. Os estudantes devem ser levados a perceber que os modelos dos quais os pesquisadores lançam mão para descrever a natureza são aproximações válidas em determinados contextos, mas que não constituem uma verdade absoluta. Muitas vezes ideias como as de partícula, gás ideal, queda livre, potencial elétrico e muitas outras são apresentadas sem nenhuma referência à realidade que representam, levando o estudante a julgá-los sem utilidade prática. Outras vezes modelos como o de um raio luminoso, de átomo, de campo, de onda eletromagnética, etc., são apresentados como se fossem entes reais. (ALVARES, 1991, p. 42)

Tendo em vista que "[...] um número elevado dos estudantes brasileiros, ou, não tem acesso aos estudos superiores, ou, segue cursos para os quais a Física não tem caráter propedêutico" (ALVARES, 1991, p. 25), o ensino médio deve ter assegurado a seus egressos o acesso à compreensão conceitual e ao formalismo próprio deste campo do conhecimento, essencial para o desenvolvimento de uma cultura científica. Daí a necessidade da revisão das práticas pedagógicas.

A história do ensino de física mostra que, efetivamente, pouco se alterou no cenário desse ensino desde a sua implantação.

> [...] hoje, no início do século XXI, mais de cem anos de história se passaram desde a introdução da Física nas escolas no Brasil, mas sua abordagem continua fortemente identificada com aquela praticada há cem anos: ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas utilizando metodologias voltadas para a resolução de exercícios algébricos. Questões voltadas para o processo de formação dos indivíduos dentro de uma perspectiva mais histórica, social, ética, cultural, permanecem afastadas do cotidiano escolar, sendo encontradas apenas nos textos de periódicos relacionados ao ensino de Física, não apresentando um elo com o ambiente escolar. (ROSA & ROSA, 2005, p. 06)

O livro didático é uma importante ferramenta pedagógica a serviço do professor como é o computador, a televisão, a rede web, etc. Mas, sua eficiência, assim como a de outras ferramentas, está associada ao controle do trabalho pedagógico, responsabilidade do professor. Em outras palavras, o pedagogo do livro deve ser o professor e não o contrário. O professor é quem sabe quando e como utilizar o livro didático.

Por isso, nestas diretrizes, defende-se a pesquisa como parte integrante do processo educativo, acreditando que apenas com o conhecimento advindo dela o professor pode posicionar-se autonomamente e ocupar o centro do processo de ensino e aprendizagem. "A importância da escola está na possibilidade de realizar a dupla face da pesquisa: apetrechar tecnicamente para fundar competência tecnológica e fazer pensar e se repensar na linha de transformação" (BARRETO, 2007, p. 06), o que é plausível quando o professor pode ir além das possibilidades apresentadas por um livro, qualquer que seja ele.

4.2 OS MODELOS CIENTÍFICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Os modelos científicos buscam representar o real, sob a forma de conceitos e definições. Para descrever e explicar os objetos de estudo a comunidade científica formula leis universais, amparadas em teorias aceitas, mediante rigoroso processo de validação em que se estabelece "uma verdade" sobre o objeto.

A ciência não revela a verdade, mas propõe *modelos explicativos* construídos a partir da aplicabilidade de método(s) científico(s). Assim, os modelos científicos são construções humanas que permitem interpretações a respeito de fenômenos resultantes das relações entre os elementos fundamentais que compõem a Natureza. Muitas vezes esses modelos são utilizados como paradigmas, leis e teorias.

O fazer ciência está, em geral, associado a dois tipos de trabalhos: um teórico e um experimental. Em ambos, o objetivo é estabelecer um modelo de representação da natureza ou de um fenômeno. No teórico, é formulado um conjunto de hipóteses, acompanhadas de um formalismo matemático, cujo conjunto de equações deve permitir que se façam previsões, podendo, às vezes, receber o apoio de experimentos em que se confrontam os dados coletados com os previstos pela teoria.

> O princípio da ciência, quase por sua definição, é: O teste de todo conhecimento é a experiência. A experiência é o único juiz da "verdade" científica. Mas qual é a fonte do conhecimento? De onde provêm as leis a serem testadas? A própria experiência ajuda a produzir essas leis, no sentido em que nos fornece pistas. Mas também é preciso imaginação para criar, a partir dessas pistas, as grandes generalizações – para descobrir os padrões maravilhosos, simples, mas muito estranho por baixo delas e, depois, experimentar para verificar de novo se fizemos a descoberta certa. Esse processo de imaginar é tão difícil que há uma divisão de trabalho na física: existem físicos teóricos que imaginam, deduzem e descobrem as novas leis, mas não experimentam; e físicos experimentais que experimentam, imaginam e deduzem. (FEYNMAN, 2004, p. 36)

Existem modelos que se sustentam teoricamente pela impossibilidade de serem testados, pois dependem de recursos e tecnologias que ainda não foram desenvolvidas. Alguns trabalhos desenvolvem-se experimentalmente antes de uma estrutura teórica. Nessas circunstâncias, os dados coletados podem servir para aproximação de modelos teóricos.

Na escola, o conhecimento científico pode ser tratado por meio de modelos, visto que o conhecimento científico também é expresso através deles. Mas, ao abordá-los, além de conhecer os modelos, o professor precisa entender as idéias e argumentos que levaram a sua construção.[32]

[32] Ver nota de final de texto.

Ao partir dessa premissa, o professor abordará os modelos científicos em suas possibilidades e limitações, de modo a extrapolar o senso comum e rejeitar o argumento de que para aprender Física o pré-requisito é saber Matemática.

Isso pode evitar que os estudantes entendam as expressões matemáticas, resultantes de um modelo, como uma mera quantização de um fenômeno físico. Essa consideração é importante, pois, em muitas situações, os fenômenos físicos são ensinados a partir de fórmulas. Por exemplo: ainda hoje, no estudo dos movimentos, há um excesso de atenção às questões da engenharia, as mesmas questões presentes nos primeiros manuais de Física utilizados no Brasil e que se destinavam principalmente à formação de engenheiros. Provavelmente, cada professor já estudou a lei da ação e reação de Newton e, portanto, resolveu problemas cujo começo era mais ou menos assim:

- "Considere um bloco de massa *m* suspenso por um guindaste... Calcule...";
- "Considere dois blocos de concreto de massa m_1 e m_2 sobre uma superfície lisa e sem atrito... Resolva...";
- "Considere duas massas m_1 e m_2 suspensas por uma polia sem massa e sem atrito... Calcule...".

Se problemas como esses eram distantes da realidade do professor quando estudante, também o são, hoje, do cotidiano dos alunos. Continuar com esta prática pedagógica contribui para uma ideia distorcida da disciplina. Problemas de Física parecidos com os exemplificados acima podem ser propostos; contudo, é preciso discutir esses modelos: o que significa uma superfície sem atrito; ou, o que significa uma polia sem massa e sem atrito?

Quando se estuda o lançamento de projéteis, conteúdo específico de movimentos, diz-se que sua trajetória é uma parábola e considera-se que o movimento na horizontal é Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU), que traz implícita a ideia de Terra plana, uma vez que consideramos um intervalo de tempo infinitamente pequeno. Na vertical, considera-se o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV), o que significa considerar que a força peso é constante – aceleração da gravidade constante. Esse modelo também desconsidera a influência da força de resistência do ar. No entanto, somente é valido pelas ideias nele implícitas; isto é, força de resistência do ar nula, a Terra plana e a força peso constante. Quais são, entretanto, os limites de validade do sistema?

O modelo em questão é válido porque, para altitudes menores que 6.500Km (raio da Terra), a Força Peso pode ser considerada constante e porque, na linha do horizonte de nossa visão, a Terra se apresenta como se fosse plana. A Resistência pode ser desconsiderada já que, nesse caso, a velocidade é pequena. Então, o modelo pode ser usado, mas deve-se discutir com os alunos seus pressupostos e suas características, que não são válidas para todo movimento de projétil (Tavares, 2004).

Para que o estudante tenha uma compreensão do conhecimento físico trabalhado na escola, é preciso indicar-lhe que as fórmulas matemáticas representam modelos simplificados da equação produzida pela ciência. Esses modelos são elaborações humanas, criadas para entender determinado fenômeno ou evento físico, válidos para determinados contextos históricos. Portanto, é reducionista e insuficiente ensinar Física, tão somente, por meio de questões como: considere, suponha, resolva e calcule.

Mesmo em tecnologias sofisticadas para cálculos, como, por exemplo, da órbita da Lua, não se pode afirmar, na Física, que elas suscitem resultados exatos. Fazem-se necessárias aproximações, pois na construção do modelo, divide-se o problema em duas partes: pequena e simples. A pequena pode ser desconsiderada ou seu efeito minimizado e a simples pode ser resolvida.

Outra questão a ser considerada é que muitas vezes, os modelos científicos são provisórios. Por exemplo, o modelo de átomo, considerado inicialmente como a menor partícula da matéria, foi surpreendido, em 1897, com um fato novo: o átomo é composto por partículas ainda menores, ou seja, deixou de ser visto como a partícula elementar da matéria. Fatos novos continuariam surgindo de modo que, hoje, já existe outro modelo, porque se sabe que as partículas formadoras do átomo são compostas por outras partículas.

Mas é preciso cuidado, pois nem sempre um modelo descarta o outro. Por exemplo, quando estamos no âmbito da Física Clássica, o modelo do átomo de Bohr é suficiente. Por outro lado, no âmbito da Física de Partículas, esse modelo não é aconselhável, por estar impregnado de ideias clássicas, mas sim o de Sommerfeld. Ou seja, um modelo simplificado pode permitir a resolução de problemas mais simples.

> Um químico que possua uma sólida cultura quântica não precisa abandonar totalmente a sua visão daltoniana do átomo, enquanto indestrutível e indivisível. Afinal os átomos assim permanecem nos processos químicos e para lidar com a estequiometria das equações químicas não é necessário mais do que essa visão simplificada do átomo daltoniano. (MORTIMER, 1996, p. 06)

Da mesma forma, não é preciso utilizar o modelo da relatividade para analisar movimentos simples como a trajetória de uma bicicleta ou de uma bola de futebol. Entretanto, os conceitos pertinentes a esse modelo são necessários para acompanhar a trajetória de um avião de grande porte ou estudar o movimento de uma partícula em alta velocidade.

Às vezes, um determinado conceito pode ser formulado de diferentes maneiras, dependendo do quadro conceitual do qual ele faz parte ou do fenômeno apresentado pelo conceito que se quer estudá-lo.

> A luz, por exemplo, pode ser definida como aquilo que é emitido por uma fonte material e pode explicar eventos de reflexão e refração do ponto de vista da Óptica Geométrica. Já para a Óptica Física, ela passa a ser definida como constituída de radiações eletromagnéticas e, nesse caso, pode explicar efeitos como a sua decomposição em um espectro, a difração e a polarização. (PINHEIRO; PIETROCOLA; ALVES. In: PIETROCOLA, 2005, p. 35)

Ainda que os modelos matemáticos possibilitem a expressão das ideias científicas numa linguagem universal, é preciso considerar que a Matemática

> [...] está presente na atividade científica tanto no seu processo quanto no seu produto, seja na definição de um conceito, seja na articulação entre os elementos de uma teoria científica. Entretanto, a aparente simplicidade da estruturação do conhecimento científico pode transmitir a impressão de que os modelos matemáticos são meros mecanismos de quantificação de grandezas físicas. (PINHEIRO; PIETROCOLA; ALVES. In: PIETROCOLA, 2005, p. 36)

Ao estudar gravitação sob o modelo de Newton, o aluno deve perceber não apenas uma equação matemática, mas a síntese de uma concepção de espaço, matéria e movimento, resultado de um processo que iniciou nos primeiros estudos dos movimentos, movido pela necessidade ou pela curiosidade e chegou à sistematização realizada por Newton.

4.2.1 A resolução de problemas

Sabe-se da importância da linguagem matemática na Física, mas os modelos criados quase sempre são escritos pelos cientistas para seus pares. Falar com estudantes é diferente, pois, é preciso levar em conta seu grau cognitivo, dentre outros fatores. Isso permitirá definir uma metodologia de ensino para que o estudante chegue ao conhecimento científico.

O professor pode e deve utilizar problemas matemáticos no ensino de física, mas entende-se que a resolução de problemas deve permitir que o estudante elabore hipóteses além das solicitadas pelo exercício e que extrapole a simples substituição de um valor para obter um valor numérico de grandeza.

Isso pode ocorrer através da resolução literal em contraponto à resolução matemática. Ou seja, primeiro o estudante deve encontrar a relação entre todas as grandezas físicas envolvidas - uma expressão matemática literal para depois realizar o cálculo e chegar a um valor.

> A substituição dos dados numéricos por "dados literais" (letras que representam as grandezas envolvidas) em um bom número de situações-problema tradicionalmente propostas ao aluno e nos exemplos discutidos em sala de aula é condição indispensável para que o estudante assimile e ponha em prática uma metodologia mais eficiente e produtiva na abordagem de problemas. (PEDUZZI; PEDUZZI. In: PIETROCOLA; 2005, p. 104)

Por exemplo, num problema que trate um bloco de massa *m* suspenso por um guindaste, primeiro o estudante teria que fazer o levantamento de todas as grandezas envolvidas, nomeando-as, respectivamente, com uma letra. Depois encontraria a expressão matemática que relacione estas grandezas de forma geral. Em seguida, levantaria as diversas possibilidades para o problema, incluindo casos particulares, que, dentre outros, poderiam ser:

- Supondo que o guindaste conseguisse manter o bloco suspenso, que força o guindaste deveria exercer sobre ele?
- Estando o corpo de massa *m* suspenso a uma altura *h* do solo, caso fosse solto pelo guindaste com que velocidade cairia no solo? E, com que aceleração o bloco cairia no solo?

Somente após essas análises, se recorreria ao cálculo matemático. Esse encaminhamento pode contribuir para que o estudante não disponha apenas de fórmulas matemáticas, mas que perceba nelas uma teoria física, permitindo um envolvimento maior com essas teorias e, por consequência, uma aprendizagem muito mais significativa.

4.3 SOBRE O USO DA HISTÓRIA NO ENSINO DE FÍSICA

A História da Ciência faz parte de um quadro amplo que é a História da Humanidade e, por isso, é capaz de mostrar a evolução das ideias e conceitos nas diversas áreas do conhecimento. Em Física, essa evolução traçou um caminho pouco linear, repleto de erros e acertos, de avanços e retrocessos típicos de um objeto essencialmente humano, que é a produção científica.

Essa história deve, também, mostrar a não-neutralidade da produção científica, suas relações externas, sua interdependência com os sistemas produtivos, enfim, os aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais desta ciência.

O que se propõe é que o professor agregue, ao planejamento de suas aulas, a História da Ciência, para contextualizar a produção do conhecimento em estudo.

Muitos são os argumentos a favor da Historia da Ciência, tanto em relação à formação do docente quanto ao ensino escolar, pois:

- É um pré-requisito para o estudo da Filosofia da Ciência, a Metodologia Científica e estudos sobre Política Científica e Tecnológica, dentre outros (MARTINS, 1990);
- Alijar a ciência de seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha ao da religião, ligando paradigmas a dogmas e sociedades científicas a seitas[33] (NEVES, 1998, p. 75);

• Entende-se que uma abordagem histórica dos conteúdos se apresenta útil e rica porque auxilia os sujeitos a reconhecerem a ciência como construção humana, o que pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível, aproximando a ciência do estudante (MATHEUS, 1995);
• O uso adequado de alguns episódios históricos permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento formando uma visão da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e para a desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto negar o seu valor (MARTINS. In: SILVA, 2006, p. xviii);
• O ensino das ciências possibilita aos estudantes perceber como as teorias atualmente aceitas se constituíram e, dessa forma, apreciar o significado cultural e a compreender a validação dos princípios e teorias científicas à luz dos tempos em que foram aceitas. Tal ensino permite, também, refletir sobre o passado para compreender o presente e se preparar para o futuro, numa sociedade científica e tecnologicamente avançada como, cada vez mais, é a que estamos vivendo (SEQUEIRA; LEITE, 1998, p. 157).

Outro fator importante é que muitas concepções espontâneas dos estudantes, relacionadas ao conhecimento científico, encontram paralelo na História da Ciência. Por exemplo, pesquisas mostram que estudantes consideram a temperatura uma medida do quente e do frio; e o calor como uma substância presente nos corpos. Isso remete à teoria do calórico, presente no século XVIII, quando se buscava uma compreensão para a ciência do calor, na termodinâmica. Da mesma forma, observa-se que algumas ideias relacionadas ao estudo de forças remetem aos tempos aristotélicos, quando se pensava que o movimento acontecia enquanto havia uma força impressa.

Nesse caso, conhecendo as ideias dos estudantes e a História da Ciência, o professor terá melhor compreensão a respeito dos modelos trazidos por eles, respeitando-os e ajudando-os na formação do conceito científico.

Ressalta-se que, embora um dos objetivos do uso da História é humanizar a ciência e aproximá-la do estudante, é preciso uma atenção especial a essa abordagem pedagógica e não confundi-la com:

• A História dos grandes físicos ou cientistas que, a partir de um suposto lampejo de genialidade, teriam mudado a História da Humanidade. Ou, ainda, as histórias dos físicos que se apoiaram nos ombros de gigantes que os precederam;
• Algumas curiosidades, ditas históricas, consideradas como motivadoras do ensino, como, por exemplo, a descoberta da gravidade por Newton a partir da queda da maçã ou, a Lei do Empuxo descoberta por Arquimedes durante um banho;
• A História como autoridade: Newton pensou assim e não há possibilidade de questionar seu pensamento. Cabe ao estudante tão somente aceitar.

[33] A substituição dos dados numéricos por "dados literais" (letras que representam as grandezas envolvidas) em um bom número de situações-problema tradicionalmente propostas ao aluno e nos exemplos discutidos em sala de aula é condição indispensável para que o estudante assimile e ponha em prática uma metodologia mais eficiente e produtiva na abordagem de problemas. (PEDUZZI; PEDUZZI. In: PIETROCOLA; 2005, p. 104)

Essas "histórias" reforçam a ideia de que a ciência é construída por grandes gênios, como se fosse um efeito dominó, cada um superando o anterior. Não é isso que ocorre. A evolução da ciência é um trabalho coletivo e gradual, não é individual e instantâneo (MARTINS, 2005, p. 28) nem obra do acaso.

As considerações expostas a respeito da História da Ciência, ao serem incorporadas ao plano de trabalho docente, podem ajudar o estudante a compreender que a busca do conhecimento físico não foi e não é um caminho de direção única, tampouco linear, mas repleto de dúvidas, contradições, erros e acertos, motivado por interesses diversos.

4.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Os resultados de muitas pesquisas[34] em ensino de física são unânimes em considerar a importância das atividades experimentais para uma melhor compreensão acerca dos fenômenos físicos[35].

Essas pesquisas sugerem que as atividades experimentais podem suscitar a compreensão de conceitos ou a percepção da relação de um conceito com alguma ideia anteriormente discutida. No segundo caso, a atividade precisa contribuir para que o estudante perceba, além da teoria, as limitações que esta pode ter. Mesmo as dificuldades e os erros decorrentes das experiências de laboratório devem contribuir para uma reflexão dos estudantes em torno do estudo da ciência.

Assim, é fundamental que o professor compreenda o papel dos experimentos na ciência, no processo de construção do conhecimento científico. Essa compreensão determina a necessidade (ou não) das atividades experimentais nas aulas de física.

Um experimento deve ser planejado após uma análise teórica. A ideia ingênua de que devemos ir para o laboratório com a "mente vazia" ou que "os experimentos falam por si" é um velho mito científico (SILVA E MARTINS, 2003, p. 57).

É fato que, por vezes, o conhecimento científico evolui na medida em que suas hipóteses são confirmadas por evidências experimentais. Em 1887, Albert Michelson e Edward Morley realizaram uma experiência, cujo objetivo era estudar o movimento da Terra em relação ao referencial do éter e medir a velocidade da luz em duas direções perpendiculares, a partir de um sistema de referência fixo na Terra.

Esperava-se detectar uma diferença na velocidade da luz em relação a um

[34/35] Ver nota de final de texto

observador que, estando na Terra, também estaria em movimento em relação ao éter. Entretanto, a experiência mostrou que a velocidade da luz tinha o mesmo valor independentemente do referencial. Mostrou, também, que o trabalho experimental não serve apenas para verificar um modelo, mas, se for preciso, apontar suas limitações e ajudar no desenvolvimento de outro modelo.

Da mesma forma, de acordo com Axt (1991), os ambientes de laboratório na escola devem ser vistos como locais de confrontação de hipóteses e demarcação dos limites de validade dessas hipóteses[36], de modo que a atividade experimental não seja meramente verificatória. Assim, segundo esse autor, aproxima-se o ensino de ciências das características do trabalho científico.

Propõe-se, então, ir além do tradicional objetivo de uma aula experimental, isto é, comprovar leis e teorias científicas, mas ultrapassar atividades tão somente verificatórias. Nessa abordagem reducionista, os estudantes podem adequar os dados coletados ao resultado esperado, àquele previsto pela teoria. No entanto, adequar dados à realidade não é fazer ciência.

Ainda que no âmbito acadêmico o trabalho científico envolva um método[37] para chegar a um resultado, isto é, a um conhecimento científico, não se deve pensar no método como uma sequência lógica e única, como muitas vezes é apresentado em materiais didáticos[38].

Moreira e Ostermann (1993), no texto "Sobre o ensino do método científico", criticam o ensino dogmático e rígido do método, presente na maioria dos livros didáticos de ciências, onde se privilegia a sequência: observação cuidadosa e repetida diversas vezes; formulação de hipóteses para serem testadas com experimento; efetivação de experimento onde se realizam medidas e se coletam dados possíveis de serem codificados em tabelas e gráficos, objetivando buscar relações entre grandezas; conclusões e estabelecimento de leis e teorias científicas (Moreira e Ostermann,1993, p. 112).

Segundo esses autores, os professores das disciplinas de ciências, talvez influenciados por aqueles livros, assumem essa concepção de método, o que se constitui num erro didático e epistemológico. Limitar-se tão somente às etapas do método desprivilegia os conceitos e desconsidera que as observações, embora sejam procedimento do método científico, não são neutras e se amparam no referencial do pesquisador. Um pesquisador observa a partir de um conhecimento científico já validado e conhecido por ele ou, no caso do estudante, de um conhecimento

[36] O texto "Onde está o Atrito? Discussão de dois experimentos que exemplificariam a Lei da Inércia" apresenta uma interessante discussão a respeito de um experimento tradicionalmente apresentado nos livros didáticos para comprovação da Lei da Inércia. Tal texto encontra-se na rede web, e faz parte da revista Física na Escola, v. 6, n. 2, 2005.

[37] No artigo "Teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da História da ciência em sala de aula" os autores apresentam questões que podem ser abordadas em sala de aula através da História da Ciência e alertam para os cuidados que devemos ter para não apresentarmos uma visão distorcida do método científico e uma ideia mística sobre ciência. Disponível na rede web, o texto constitui-se numa importante leitura para nossa reflexão em torno do ensino científico (SILVA; MARTINS; 2003).

[38] Ver nota de final de texto

científico por ele estudado na escola e/ou a partir de suas concepções alternativas.

É preciso considerar, ainda, que na sua atividade prática os cientistas erram e acertam, avançam e retrocedem, testam algumas de suas hipóteses ou deixam de testá-las pela impossibilidade técnica. Ora acreditam e se entusiasmam, ora deprimem-se. Enfim, comportam-se como alguém que participa de uma atividade humana, que é a construção do conhecimento científico.

> Os cientistas utilizam métodos, mas isso não significa que haja um método científico que determine exatamente como fazer para produzir conhecimento. O laboratório pode proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas hipóteses sobre fenômenos, para que planejem suas ações, e as executem, de modo a produzir resultados dignos de confiança. Para que isso seja efetivo, devem-se programar atividades de explicitação dessas hipóteses antes da realização das atividades. (BORGES. In: STUDART; ZYLBERSZTAJN, 2006, p. 36)

Ao adotar a experimentação e propor atividades experimentais, o professor, mais do que explicar um fenômeno físico, deve assumir uma postura questionadora de quem lança dúvidas para o aluno e permite que ele explicite suas ideias, as quais, por sua vez, serão problematizadas pelo professor.

A problematização de situações que envolvam um conteúdo físico possibilita aos estudantes levantarem hipóteses na tentativa de explicar as questões propostas pelo professor. Observem-se os seguintes passos:

- Iniciar um conteúdo a partir de uma problematização exige do professor muito mais uma postura questionadora, como citado acima, do que a do professor que responde as questões ou fornece explicações;
- Na sequência, cabe ao professor a organização do conhecimento para a compreensão do conteúdo problematizado, através do encaminhamento metodológico mais apropriado escolhido também por ele;
- O encaminhamento dado pelo professor, através de diversas estratégias de ensino, deve possibilitar, ao estudante, analisar e interpretar as situações iniciais propostas e outras que são explicadas pelo mesmo conhecimento (Delizoicov & Angotti, 2000, p. 54-55).

A partir desse encaminhamento metodológico e das relações entre professor/estudantes e dos estudantes entre si, intensificam-se as possibilidades de debates e discussões aproximando os sujeitos e facilitando a criação, a análise, a formulação de conceitos, o desenvolvimento de ideias e a escolha de diferentes caminhos para o encaminhamento da atividade. Ainda, privilegia-se o confronto entre as concepções prévias do estudante e a concepção científica, o que pode facilitar a formação de um conceito científico[39].

[39] Ver nota de final de texto

Este procedimento contribui para superar uma visão tradicionalista das atividades experimentais apontadas nas pesquisas já citadas, marcadas por uma espécie de receituário composto por: uma breve introdução sobre o assunto; objetivos da experiência; procedimento experimental e material necessário; relatório dos dados coletados, com gráficos, tabelas; e uma conclusão, conforme a teoria que foi base para a experiência. Não raramente é solicitada a margem de erro que não deve ser superior a um valor previamente estipulado. Ao superar essa prática tradicional, busca-se superar, também, o engano, já reiteradamente citado, de supor que a Ciência seja uma verdade absoluta e que não cabe ao estudante questioná-la.

Outro aspecto a considerar é que uma experiência que permite a manipulação de materiais pelos estudantes ou uma demonstração experimental[40] pelo professor, nem sempre precisa estar associada a um aparato sofisticado. Importa a organização, discussão e reflexão sobre todas as etapas da experiência, o que propicia interpretar os fenômenos físicos e trocar informações durante a aula, seja ela na sala ou no laboratório.

Uma diversidade de aparatos experimentais pode ser construída na própria escola, pelos estudantes, orientados pelo professor. No entanto, é fundamental para a prática experimental a presença constante de materiais e equipamentos que atendam a grupos pequenos, para facilitar a interação entre eles. São necessários: balanças, trenas, cronômetros, termômetros, suportes metálicos, molas e massas aferidas, dinamômetros, lentes, prismas, ímãs, instrumentos de medidas (multímetro, por exemplo), fontes de corrente e tensão, fontes de luz, reagentes, frascos, materiais elétricos, ferramentas e outros que o planejamento do professor exigir.

Por último, reafirma-se a lição de Michelson e Morley: as atividades em espaços de laboratório não devem ter como meta a apresentação de uma ciência fechada, que está à espera de alguém que confirme suas verdades, mas que seja um ambiente de confrontação de hipóteses. Acredita-se que a experimentação pode ser mais um componente, não o único na implementação de uma proposta de ensino centrada no conhecimento.

4.5 LEITURAS CIENTÍFICAS E ENSINO DE FÍSICA

Os pesquisadores em educação,[41] há algum tempo, consideram o uso de textos no ensino de Física. No entanto, ao trabalhá-los, devem-se tomar alguns cuidados, sobretudo quanto à escolha, no que diz respeito à linguagem e ao conteúdo, pois o aluno será o interlocutor nessa proposta de leitura.

O texto não deve ser visto como se todo o conteúdo do processo pedagógico estivesse presente nele, mas como instrumento de mediação entre aluno-aluno

40/41 Ver nota de final de texto

e aluno-professor, a fim de que surjam novas questões e discussões. De fato, os leitores não são iguais, carregam em si histórias de vida diferentes e diversas leituras, ou, eventualmente, nenhuma a respeito do tema em questão.

Nas aulas de Física, tradicionalmente, tem-se utilizado de algoritmos matemáticos e, às vezes, da experimentação. No entanto, é possível ir além com as leituras em Física. Nesse sentido, Zanetic (1998) distingue dois tipos de famílias de autores: a dos cientistas com veia literária e a dos escritores com veia científica. Na primeira família ele coloca nomes como Giordano Bruno, Johannes Kepler, Galileu Galilei, Isaac Newton, Albert Einstein, Niels Bohr, dentre outros (ZANETIC *In:* ALMEIDA E SILVA, 1998).

Sugere-se, então, trazer às aulas de Física textos da obra desses físicos para a formação do leitor crítico, por meio da História da evolução das ideias e conceitos da Física presente nestas obras. Por exemplo, o trabalho em aula com textos de Galileu contribui para o estudante compreender a essência galileana do movimento da queda dos corpos, uma oportunidade para compreender o papel da matemática como linguagem da física.

> A utilização de textos literário-científicos de Galileu e Kepler, bem como outros de Newton que sintetizam a visão de mundo apresentadas pelos seus dois precursores, poderá desempenhar duas funções aparentemente opostas: de um lado, favorecer uma compreensão mais abrangente das teorias físicas por aqueles alunos "normalmente" atraídos pela física, a minoria; de outro, permitir que aqueles alunos que "normalmente" são atraídos pela poesia, outra minoria, percebam que a física também tem dimensões que a aproximam da arte. (ZANETIC, In: ALMEIDA, SILVA, 1998, p. 36)

Despindo-se da ideia de que Literatura é coisa do professor de Língua Portuguesa, pode-se também buscar textos dos literatos com veia científica, pois tais leituras podem contribuir para a efetivação da interdisciplinaridade na escola.

> Se contemplarmos a necessidade de ir além do conhecimento do senso comum e quisermos romper com os obstáculos epistemológicos, científicos ou não, uma leitura atenta do bosque cultural onde se cruzam os caminhos da ciência e da arte pode ser bastante adequada para construir uma ponte, no ensino de ciência, entre o universo científico e o universo da literatura universal. (ZANETIC In: ALMEIDA; SILVA, 1998, p. 35-36)

Mas é preciso ter clareza sobre a natureza do texto literário, que não tem a intenção de veicular conceitos científicos, mas os apresenta ou fala deles numa linguagem que tem a intenção estética.

Sobre a divulgação científica em sala de aula, existem muitos autores que produzem textos de divulgação científica em jornais, revistas, livros, e até mesmo na Internet, que podem ser utilizados pelo professor em sala de aula. De acordo com Almeida (1998), o trabalho com a leitura é fundamental, mas requer atenção.

Os valores associados à ciência – vantagens e desvantagens –, bem como a correção conceitual, devem estar presentes nos textos escolhidos pelo professor.

Para tal seleção, o professor deve considerar, ainda, a realidade social e cultural onde a escola está inserida, sem esquecer que ela é, sobretudo, espaço de trabalho com o conhecimento e que também produz o conhecimento escolar. Por isso é preciso lembrar que o texto de divulgação científica não é um elemento isolado,

> [...] na sala de aula, ele faz parte da trama de relações complexas que permeiam esse espaço. As concepções, representações e expectativas entre os sujeitos engendram e limitam ações e dizeres, significações e interpretações, portanto leituras e não-leituras. (SILVA E ALMEIDA. In: ALMEIDA; SILVA, 1998, p. 36)

neutro e informativo, pois,

Quando se faz a opção por tais textos, aconselha-se buscar aquele que se aproxime do fazer científico, ainda que com linguagem mais simplificada, nos quais os processos de produção dos saberes divulgados contenham aprofundamento suficiente para permitir um diálogo com o conhecimento científico.

Então, como trabalhar os textos? Eis algumas contribuições:

- Ler o texto e apresentá-lo por escrito, com questões e dúvidas ou, ainda, lê-lo para ser discutido em outro momento;
- Solicitar aos alunos que tragam textos de sua preferência, de qualquer natureza (jornal, revista, história em quadrinho, etc.) que contemplem um conteúdo definido pelo professor;
- Assistir a um filme (exemplo: Apollo 13) de ficção científica e, depois, ler um texto de divulgação científica que aborde o mesmo tema. Esta é uma maneira de estimular o aluno para a leitura;
- Fazer uma leitura acompanhada da resolução de problemas qualitativos ou quantitativos.

Por último, o texto não deve ser lido como se fosse um manual. Para isso devem-se evitar perguntas com respostas diretas que não permitam uma reflexão em torno dos saberes divulgados no texto. É importante que as questões propostas

> O que mais você gostaria de saber sobre esse assunto? Você concorda ou discorda do autor? Perguntas como essa podem ter o poder de envolver o estudante na leitura, possivelmente pela sua natureza mais pessoal, e podem ser um bom início para uma leitura, da qual não se poderá dizer que é simulada. (ALMEIDA; SILVA, 1998, p. 67)

despertem o interesse do estudante.

Existem muitos trabalhos disponíveis, inclusive na rede Web, que podem ser aproveitados para estudo, tanto para o professor como para o aluno (ver sugestões no final deste texto).

Ainda, sugere-se consultar a Biblioteca do Professor que mantém um acervo com bons livros, incluindo História e Filosofia da Ciência, além de livros específicos para Física.

4.6 AS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA

Convivemos, diariamente, professores e estudantes, com aparatos tecnológicos dos mais simples aos mais sofisticados, em nossas casas e no ambiente escolar: retroprojetores, televisores, aparelho de vídeo cassete e DVD, computador, dentre outros. Portanto, não se trata mais de ser a favor ou contra, usar ou não usar, mas de planejar o uso do recurso tecnológico conforme a necessidade, a serviço de uma formação integral dos sujeitos, de modo a permitir o acesso, a interação e, também, o controle das tecnologias e de seus efeitos.

> [...] as tecnologias são produtos da ação humana, historicamente construídos, expressando relações sociais das quais dependem, mas que também são influenciados por eles. Os produtos e processos tecnológicos são considerados artefatos sociais e culturais, que carregam consigo relações de poder, intenções e interesses diversos. (OLIVEIRA, 2001, p. 101-102)

Entende-se que

Desse modo, faz-se necessário uma reflexão crítica do docente quanto ao uso de um recurso tecnológico e a forma de incorporação à sua ação pedagógica. A partir daí, se estabelece o uso de um recurso tecnológico em função do conteúdo a ser ministrado e da realidade escolar.

4.6.1 A informática no ensino de física

A presença de laboratórios de informática com acesso à *internet,* nas escolas, bem como a chegada de aparelhos de televisão com porta USB para entrada de dados via *pendrive*, abrem muitas perspectivas para o trabalho docente no ensino de Física.

O uso da *internet*, por exemplo, implica selecionar, escolher, enfim, tomar decisões sobre o que é relevante didatizar. Por isso, sempre que o estudante navegar na *Internet*, o professor deve auxiliá-lo, mostrar caminhos para selecionar uma informação considerada segura[42], pois nem todos os textos encontrados nos diversos sítios da *web* podem ser utilizados em sala de aula. Ao navegar na rede,

[42] Ver nota de final de texto

encontram-se, também, excelentes imagens para o ensino de Física.

Os computadores podem ser utilizados para se fazer animações, ou seja, representações dos movimentos que, nos livros didáticos, são representados por figuras estáticas, em apenas duas dimensões, o que pode tornar o fenômeno incompreensível para os estudantes.

Outra situação, que permite ir além das animações, são as simulações. Diferente das animações, as simulações permitem uma interatividade entre o estudante e a máquina e podem ser utilizadas on-line. Entretanto, ao se utilizar de simulações, é necessário lembrar que elas são modelos de uma situação real apresentados como

> Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes. (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002, p. 81)

realidade virtual.

Esses danos podem ser mais prejudiciais ainda quando as simulações possuem erros. Por isso, ao escolher uma simulação para trabalhar com seus estudantes, o professor deve estar muito atento às limitações desse recurso. Uma simulação é válida quando o experimento não é possível de ser realizado na prática por dificuldades técnicas, falta de equipamentos ou perigo no manuseio.

Outra possibilidade é a utilização de aplicativos, como por exemplo, o editor de texto e planilha eletrônica. Quando utilizados para edição de textos ou confecção de tabelas e gráficos, podem auxiliar na compreensão de algum conteúdo ou finalização de alguma atividade. No entanto, quando se utiliza aplicativos é necessário atenção para não confundir uma aula de física com uma aula de informática.

Qualquer que seja o recurso tecnológico utilizado é preciso que esteja de acordo com o plano de trabalho docente feito pelo professor. O computador, o livro, TV, o filme, são meramente instrumentos e recursos para o ensino e não substituem o professor.

AVALIAÇÃO

A construção da Proposta Pedagógica Curricular, pelo estabelecimento de ensino, ampara-se nos fundamentos teórico-metodológicos das Diretrizes Curriculares que dão direção ao ensino subsidiando o plano de trabalho do

> Assim, para qualificar a aprendizagem de nossos educandos, importa, de um lado, ter clara a teoria que utilizamos como prática pedagógica, e, de outro, o planejamento de ensino, que estabelecemos como guia para nossa prática de ensinar no decorrer das unidades de ensino do ano letivo. Sem uma clara e consistente teoria pedagógica e sem um satisfatório planejamento de ensino; com sua consequente execução, os atos avaliativos serão praticados aleatoriamente, de forma mais arbitrária do que o são em sua própria constituição. (LUCKESI, 2004, s/p)

professor.

Dessa forma, é a teoria pedagógica que dará suporte para qualificar a avaliação como positiva ou negativa e os caminhos para intervenção. Mas, para isso, é preciso um planejamento do que ensinar (conteúdos), para que ensinar (o que se espera do aluno ao final de cada unidade de conteúdo, a cada ano, ao final do ensino médio) e qual é o resultado esperado desse ensino (que sujeito pretende formar).

Assim, do ponto de vista específico, a avaliação deve levar em conta os pressupostos teóricos adotados nestas Diretrizes Curriculares, ou seja, a apropriação dos conceitos, leis e teorias que compõem o quadro teórico da Física pelos estudantes. Isso pressupõe o acompanhamento constante do progresso do estudante quanto à compreensão dos aspectos históricos, filosóficos e culturais, da evolução das ideias em Física e da não-neutralidade da ciência.

Considerando sua dimensão diagnóstica, a avaliação é um instrumento tanto para que o professor conheça o seu aluno, antes que se inicie o trabalho com os conteúdos escolares, quanto para o desenvolvimento das outras etapas do processo educativo.

Inicialmente, é preciso identificar os conhecimentos dos estudantes, sejam eles espontâneos ou científicos, pois ambos interferem na aprendizagem, no desenvolvimento dos trabalhos e nas possibilidades de revisão do planejamento

> O eixo desloca-se do produto para o processo da aprendizagem, dando elementos para entender e trabalhar o papel do erro na escola; acentua-se o caráter diagnóstico da avaliação; a auto-reflexão do aluno sobre como aprende e o que aprende; a consideração de outras dimensões da avaliação que não são a exclusivamente cognitiva; a interatividade no processo avaliativo. (BARRETO, 2007, p. 14)

pedagógico.

Embora o sistema de registro da vida escolar do estudante esteja centrado em uma nota para sua aprovação, a avaliação será um instrumento auxiliar a serviço da aprendizagem dos alunos, cuja finalidade é sempre o seu crescimento e sua formação.

A LDB n. 9.394/1996 estabelece que:

Art. 12. *Os estabelecimentos de ensino, respeitadas as normas comuns e as de seu sistema de ensino, terão a incumbência de:*

V – *prover meios para a recuperação dos alunos de menor rendimento*;

(...)

Art. 13. *Os docentes incumbir-se-ão de*:

III – *zelar pela aprendizagem dos alunos*;

IV – *estabelecer estratégias de recuperação para os alunos de menor rendimento*;

(...)

O texto jurídico reforça a avaliação como um instrumento auxiliar do processo pedagógico a ser usado pelos estabelecimentos de ensino e pelos docentes. Ou seja, trata-se de tomá-la como instrumento para intervir no processo de aprendizagem do estudante, tendo em vista o índice de qualidade desejado.

Isso implica, ao docente, considerar os alunos em sua individualidade e diversidade, condição indispensável para uma prática pedagógica democrática e inclusiva. Aceitar o estudante na sua singular condição intelectual, social, cultural, significa, entre outras coisas, dar espaço para que ele se faça ouvir, permitindo uma relação dialógica com o aluno, sem preconceitos ou estereótipos.

> Do ponto de vista da função educacional da escola, a ênfase no processo e nas condições gerais em que é oferecido o ensino se torna condição essencial para que educadores, alunos e as próprias instituições educacionais usufruam do potencial redirecionador da avaliação, no sentido de potencializar condições para um efetivo domínio dos conhecimentos pelos alunos e para uma formação que se estende a outros domínios. (BARRETO, 2007, p. 15)

Assim, a avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, a avaliação deve ser vista como um ato educativo essencial para a condução de um trabalho pedagógico inclusivo, no qual a aprendizagem seja um direito de todos e a escola pública o espaço onde a educação democrática deve acontecer.

A avaliação deve ter um caráter diversificado tanto qualitativo quanto do ponto de vista instrumental. Do ponto de vista quantitativo, o professor deve orientar-se pelo estabelecido no regimento escolar.

Quanto aos critérios de avaliação em Física, deve-se verificar:

- A compreensão dos conceitos físicos essenciais a cada unidade de ensino e aprendizagem planejada;
- A compreensão do conteúdo físico expressado em textos científicos;
- A compreensão de conceitos físicos presentes em textos não científicos;
- A capacidade de elaborar relatórios tendo como referência os conceitos, as leis e as teorias físicas sobre um experimento ou qualquer outro evento que envolva os conhecimentos da Física.

Como exemplo de instrumentos de avaliação, a partir de uma aula de experimentação, pode-se pedir ao estudante um relatório individual, com questões abertas que permitam a exposição de suas ideias. Isso o levará a refletir sobre o fenômeno discutido nas questões. No caso de uma prática demonstrativa, isto é, realizada pelo professor, pode-se pedir um relato explicativo, por escrito, da experiência. O relatório individual e o relato explicativo são, nesse caso, os instrumentos de avaliação. Nas questões que estruturam esses instrumentos estarão os critérios de avaliação.

Assim, o professor terá subsídios para verificar a aprendizagem dos estudantes e, se for o caso, poderá interferir no processo pedagógico revendo seu planejamento.

Por fim, reitera-se, aqui, que a escola deve oportunizar a construção do conhecimento pelos estudantes e desempenhar seu papel na democratização deste conhecimento. Como ato educativo, a avaliação potencializa o papel da escola quando cria condições reais para a condução do trabalho pedagógico.

NOTAS DE FINAL DE TEXTO

1. Para aprofundar o assunto sugere-se as leituras:

- FRIAÇA, A . C. C. [et al.] (Orgs.). **Astronomia**: Uma Visão Geral do Universo. São Paulo: Edusp, 2003. Esse livro compõe a biblioteca do professor.
- OLIVEIRA FILHO, K. de S., SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

2. Sobre Galileu sugere-se a leitura de THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**: A face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1994, p. 119-146, livro que compõe a biblioteca do professor.

Sugerem-se ainda as leituras:

- KNELLER, G. F. **A ciência como uma atividade humana**. São Paulo: Zahar/ Edusp, 1980;
- GALILEI, G. **O Ensaiador**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2000;
- GALILEI, G. **Duas novas ciências**. São Paulo: Ched, 1935.

3. Para aprofundar o assunto:

- BEN-DOV, Y. **Convite à Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996. Esse livro compõe a biblioteca do professor;
- DESCARTES, R. **O Discurso do Método**. São Paulo: Ediouro, 1986;
- KNELLER, G. F. **A ciência como uma atividade humana**. São Paulo: Zahar/ Edusp, 1980;
- KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Fundo de cultura económica, 1999;

- KOYRÉ, A. **Considerações sobre Descartes**. Lisboa: Ed. Presença, 1963;
- KOYRÉ, A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Lisboa: Gradiva, 1961.

4. Para compreender o trabalho de Newton é preciso estudá-lo em seu contexto. Sugerem-se as leituras:

- FORATO, T. C. de M. **O método newtoniano para a interpretação das profecias bíblicas de João e Daniel na obra**: Observations upon the propheciesof Daniel and the apocalypse of St. John. Dissertação de Mestrado. São Paulo, PUC – SP, 2003;
- KOYRÉ, A. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Lisboa: Gradiva, 1961;
- SILVA, C. C. (org) **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 167 - 206;
- VALADARES, E. de C. **NEWTON:** a órbita da Terra em um copo d'água. São Paulo: Odysseus, 2003;
- WESTFALL, C. **A vida de Newton**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

Outra leitura sugerida é o livro que compõe a biblioteca do professor: THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**: A face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1994, p. 147 - 172.

5. Para aprofundar o assunto:

- BRAGA, M. [et al.] **Breve História da ciência moderna**: Das luzes ao sonho do doutor Frankenstein (séc. XVIII). Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005;
- BRAGA, M. [et al.] **Newton e o triunfo do mecanicismo**. São Paulo: Atual, 1999;
- CARUSO, F. **A Física Moderna e a nova visão de mundo**. II Encontro Estadual de Ensino de Física – RS, Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS, 13 de set., 2007. In: http://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/cs00507.2007_12_13_15_06_37.pdf, Acesso em: 17/05/2008;
- DESCARTES, R. **O Discurso do Método**. São Paulo: Ediouro, 1986;
- KOYRÉ, A. **Introdução à leitura de Platão**. Lisboa: Presença/ São Paulo: Livraria Martins Fontes, 1979;
- MARICONDA, P. R. Francis Bacon e as marés: a concepção da natureza e o mecanicismo. In: **SCIENTLE studia**, São Paulo, v. 5, n. 4, p. 501-519, 2007.

6. Para aprofundar o assunto:

- FORATO, T. C. de M. **O método newtoniano para a interpretação das profecias bíblicas de João e Daniel na obra**: Observations upon the propheciesof Daniel and the apocalypse of St. John. Dissertação de Mestrado. São Paulo, PUC – SP, 2003;
- SILVA, C. C. (org) **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 167-206.

8. Para aprofundar o assunto sugerem-se as leituras:

- HOBSBAWM, E. J. **A era das revoluções**. 19. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005;
- QUADROS, S. **A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. São Paulo: Scipione, 1996.

10. Para aprofundamento sobre o experimento realizado em 1887, por Albert Michelson e Edward Morley, sugere-se a leitura de: RIVAL, M. **Os grandes Experimentos Científicos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1997.
Sugere-se ainda: MARTINS, R. A. **O Universo:** teorias sobre a origem e evolução. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

11. Para aprofundar o assunto sugerem-se as leituras:

- BERNSTEIN, J. **As idéias de Einstein**. São Paulo: Editora Cultrix Ltda, 1973;
- HOBSBAWM, E. J. **A era dos extremos**. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

12. Para aprofundar o assunto ver:

- LOPES, J. L. **Uma história da Física no Brasil**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004;
- NARDI, R. (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2004, p. 139-152.

14. Sugere-se a leitura do texto "Elementos históricos: ciência – sociedade – governo no Brasil", para uma melhor compreensão das questões ligadas à ciência e ao ensino das disciplinas científicas no Brasil. O texto está disponível em: NARDI, R. (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2004.
Ver também:

- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987;
- ROMANELLI, O. de O. **História da educação no Brasil**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 1987.

15. Para aprofundamento indica-se a leitura de NOGUEIRA, F. M. G. **Ajuda externa para a educação brasileira**: da Usaid ao Banco Mundial. Cascavel: Edunioeste, 1999.

16. Sobre o projeto "Física auto-instrutiva" sugere-se a leitura de SAAD, F. D. Análise do Projeto FAI - Uma proposta de um curso de Física Auto-Instrutivo para o 2.º grau. In: HAMBURGER, E. W. (org.). **Pesquisas sobre o Ensino de Física. São Paulo**: Ifusp, 1990.

18.Para saber mais sugere-se a leitura: BELLINE, W; SALVI, R. F. Informática na Educação do Estado do Paraná: História e estrutura organizacional. In: **Anais do X EBRAPEM**, Belo Horizonte: UFMG, 2006.

19.Indica-se para aprofundamento:

- KUENZER, A. Z. **Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho**. São Paulo: Cortez, 2001;
- RAMOS, M. N. A. **Pedagogia das Competências**: autonomia ou adaptação? São Paulo: Cortez, 2001.

21. Para entender a importância do trabalho de Maxwell que possibilitou uma análise dos fenômenos eletromagnéticos instituindo o conceito de campo (ação por contato) sugerem-se os textos:

- BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria de campo e a desmecanização da física. In: **SCIENTLE studia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 177-220, 2006.
- ASSIS, A. K. T. Interações na física – ação à distância versus ação por contato. In SILVA, C. C. (org) **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

O aprofundamento do conceito de campo pode ser mais bem compreendido também, com a leitura de GARDELLI, D. **Concepções de Interação Física**: Subsídios para uma abordagem histórica do assunto no ensino médio. São Paulo, 2004. Dissertação de Mestrado. USP

22. A Teoria Sócio-Histórica, de Vigotski, traz uma importante contribuição pedagógica ao resgatar a função pedagógica do professor, colocando-o no centro do trabalho pedagógico, isto é, no controle do processo de ensino e aprendizagem. Sugerem-se as leituras:

- VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000;
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à pratica educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

23.O texto ARROYO, M. G. A função do ensino de Ciências. In: **Em Aberto**, ano 7, n. 40, out/dez, Brasília, 1988, traz uma importante contribuição ao professor para a sua reflexão sobre o ensino de Física.

24. Para aprofundamento ver:

- ABRANTES, P. C. C. Newton e a Física francesa no século XIX. In: **Cad. de História e Filosofia da Ciência**, Série 2, 1(1): 5-31, jan-jun, 1989, p. 5 –31;
- LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. In: **Revista Ciência e Cultura** 38, n. 3, p. 426-435, março, 1986.

25.Sobre interdisciplinaridade no ensino de Física sugerem-se as leituras:

- PIETROCOLA, M; ALVES, J. de P. F. ; PINHEIRO, T. de F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. In: **http://www. if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_v8_n2_a3.html**. Acesso em 09/06/2005;
- KUENZER, A. Z. **Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho**. São Paulo: Cortez, 2001.

28. Sobre concepções espontâneas, ver:

- MORTIMER, F. E. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em ensino de Ciências**. v.1, n. 1, abril de 1996. In: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/. Acesso em 07/06/2005;
- NARDI, R. (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2004;
- NARDI, R. (org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998;
- NARDI, R. (org.) **Educação em Ciências**: da pesquisa à prática docente. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2003.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996;
- BARBOSA, E.; BULCÃO, M. **Bachelard**: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação. Petrópolis: Vozes, 2004.

29. Sobre a intencionalidade e a não neutralidade do ensino e da ciência, ver:

- FAUNDEZ, A.; FREIRE, P. **Por uma pedagogia da pergunta**. 1 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985;
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à pratica educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996;
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 11 ed. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1987. Sugere-se ainda a leitura do texto QUEIROZ, M. M. A . O ensino de ciências naturais – reprodução ou produção de conhecimentos. In: http://www.ufpi.br/mesteduc/eventos/ivencontro/GT13/ensino_naturais.pdf. Acesso em: 13/08/2008.

30. Sobre o assunto ver:

- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa critica. In: **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, 11-15 set., Lisboa, 2000;
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Unb, 1999;
- TAVARES, R. Aprendizagem significativa. In: **Revista Conceitos**, jul. 2003/jul.2004;
- CORDEIRO, L. F. **É Significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio?** Curitiba, 2003. Dissertação de Mestrado. UFPR.

32. Para um aprofundamento sobre modelos científicos na Física e no ensino de física ver:

- PIETROCOLA, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

34. Para aprofundamento, sugerem-se as leituras:

- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: **Tópicos em Ensino de Ciências**. Moreira, M. A; AXT, R. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 79 -90;
- DIAS, V. S. **Michael Faraday**: subsíduos para metodologia de trabalho experimental. São Paulo, 2004. Dissertação de mestrado. USP;
- RAMOS, E. M. de F; FERREIRA, N. C. O desafio lúdico como alternativa metodológica para o ensino de física. In: In: **Atas do X SNEF**, 25-29/ janeiro 1993, p. 374-377;
- ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Concepções Teórico-Metodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo. In: **Revista Ensaio**, n. 2, v. 5, out, 2003;
- ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. In: **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 1, 2005. Acesso em 09/06/2005;
- SAAD, F. D. **Demonstrações em Ciências**: explorando os fenômenos da pressão do ar e dos líquidos através de experimentos simples. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005;
- ZIN, S. L. B., MASSOT, A. E. Física por experimentos demonstrativos. In: **Atas do X SNEF**, 25-29/ janeiro 1993, p. 708-711.

35. Sobre esse tema sugere-se a leitura de: HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. **Educational Philosophy and Theory**, 20, 53 – 66, 1988. Tradução: Paulo A. Porto.
In: www.iq.usp.br/wwwdocentes/palporto/TextoHodsonExperimentacao.pdf.
Acesso em: 13/08/2008.

36. Ver: DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A . **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000, p. 78-85.
38. Ver: HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. **Educational Philosophy and Theory**, 20, 53 – 66, 1988. Tradução: Paulo A. Porto. In: www.iq.usp.br/wwwdocentes/palporto/TextoHodsonExperimentacao.pdf. Acesso em: 13/08/2008.

39. ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Concepções Teórico-Metodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo. In: **Revista Ensaio**, n. 2, v. 5, out, 2003.

40. Para aprofundar o assunto, ver:

- SAAD, F. D. **Demonstrações em Ciências**: explorando os fenômenos da pressão do ar e dos líquidos através de experimentos simples. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005;
- ZIN, S. L. B., MASSOT, A. E. Física por experimentos demonstrativos. In: **Atas do X SNEF**, 25-29/ janeiro 1993, p. 708-711.

41. Ver:

- ALMEIDA, M. J. P. de; SILVA, H. C. da. (orgs.) **Linguagem, Leituras e Ensino de Ciência**. Campinas: Mercado das Letras/ Associação de Leitura do Brasil-ALB, 1998;
- NARDI, R.; ALMEIDA, M.J.P.M. **Analogias, Leituras e Modelos no Ensino de Ciência:** a sala de aula em estudo. São Paulo: Escrituras, 2006;
- ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. In: **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49) – jan/abr, p. 39-57, 2006;
- ZANETIC, J. Física e Literatura: uma possível integração no ensino. In: **Caderno Cedes**: Ensino de Ciência, Leitura e Literatura, 41, p. 46-61, 1997.

42. Sobre esse assunto ver: AUTH, M.A.; ANGOTTI, J.A.P. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

Sugestões de leituras científicas disponíveis na internet, indicadas para professores e/ou alunos.

- **A Física na Escola**. Publicação da Sociedade Brasileira de Física. Disponível em: www.sbfisica.org.br/fne
- **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. Publicação da biblioteca eletrônica do Grupo de História e Teoria da Ciência (Unicamp). Disponível em: http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/
- **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Publicação da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: www.fsc.ufsc.br/ccef/
- I**nvestigação em Ensino de Ciências**. Publicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm
- **Revista Brasileira de Educação**. Publicação quadrimensal da ANPEd – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação em co-edição com a Editora Autores Associados. Disponível em www.anped.org/rbe/rbe
- **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Publicação da Sociedade Brasileira de Ensino de Física (SBF). Disponível em: www.sbfísica.org.br/rbef
- **Revista Ciência & Ambiente**. Publicação da Universidade federal de Santa Maria (UFSM). Disponível em: www.ufsem.br/cienciaeambiente.
- **Revista Ciência e Educação**. Publicação do programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Unesp, Campus Bauru. Disponível em: www.2fc.unesp.br/cienciaeeducacao/

- **Revista Eletrônica de Ciências**. Publicação do Centro de Divulgação Científica e Cultural. Disponível em: http://cdcc.sc.usp.br/ciencia/index.html
- **Revista Ensaio**. Publicação conjunta do Centro de Ensino de Ciências e Matemática (Cecimig) e do Programa de Pós-Graduação da Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: http://www.fae.ufmg.br/ensaio
- **Revista Novas Tecnologias na Educação** – RENOTE. Publicação da UFRGS/CINTED. Disponível em: www.cinted.ufrgs.br/renote

REFERÊNCIAS

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: **Tópicos em Ensino de Ciências**. Moreira, M. A; AXT, R. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 79 -90.

ALMEIDA, M. J. P. de; SILVA, H. C. da. (orgs.) **Linguagem, Leituras e Ensino de Ciência**. Campinas: Mercado das Letras/ Associação de Leitura do Brasil-ALB, 1998.

ALMEIDA, M. J. P. de. **Discurso da Ciência e da Escola**: Ideologia e Leituras Possíveis. Campinas, SP: Mercado das Letras, 2004.

ABRANTES, P. C. C. Newton e a Física francesa no século XIX. In: **Caderno de História e Filosofia da Ciência**, Série 2, 1(1): 5-31, jan-jun, 1989, p. 5 –31.

ALVARES, B. A. Livro didático - análise e seleção. In: MOREIRA, M. A; AXT, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991, p. 18-46.

ARAUJO, I. L. **Introdução à filosofia da ciência**. Curitiba: Ed. UFPR, 2003.

BARRA, V. M. & LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. In: **Revista Ciência e Cultura** 38 (12), dezembro, 1986, p. 1970-1983.

BARRETO, E. S. de S. **A avaliação da educação básica entre dois modelos**. In: www.anped.org.br/reunioes/23/textos/0524/.pdf. Acesso em: 28/11/2007.

BEZERRA, V. A. Maxwell, a teoria de campo e a desmecanização da física. In: **Scientle Studia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 177-220, 2006.

BRASIL/MEC. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação** - LDB 9.394/96.

BUCUSSI, A. A. In: **Textos de apoio ao professor de física**. Porto Alegre, Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física UFRGS, v. 17, n. 3, 2006.

CARUSO, F.; ARAÚJO, R. M. X. de. **A Física e a Geometrização do mundo**: Construindo uma cosmovisão científica. Rio de Janeiro: CBPF, 1998.

CARVALHO FILHO, J. E. C. Educação Científica na perspectiva Bachelardiana: Ensaio Enquanto Formação. In: **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 8, n. 1, 2006.
CHAVES, A. **Física:** Mecânica. v. 1. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso Editores, 2000a.

EISBERG, R.; RESNICK R. **Física quântica**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.

FEYNMAN. R. P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.

GARCIA, N. M. D.; JAZOMAR, V. da R.; COSTA, R. Z. V. Área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias: algumas contribuições para a sua organização. In:

KUENZER, A. Z. **Construindo uma proposta para os que vivem do trabalho**. São Paulo: Cortez, 2001.

HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciências. **Educational Philosophy and Theory**, 20, 53 – 66, 1988. Trad.: Paulo A. Porto.
In: http://www.iq.usp.br/docentes/palporto/TextoHodsonExperiemtacao.pdf.
Acesso em: 13/08/2008.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987.

LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. In: **Revista Ciência e Cultura** 38, n. 3, p. 426-435, março, 1986.

LUCKESI, C. C. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem? In: http://www.artmed.com.br/patioonline.htm. Acesso em: outubro, 2004.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência** (9): 3-5, 1990.

MARTINS, R. A. **O Universo:** teorias sobre a origem e evolução. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

MARTINS, R. A. Física e História: o papel da teoria da relatividade. In: **Ciência e Cultura** 57 (3): 25-29, jul/set, 2005.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez., 1995.

MENEZES, L. C. **A matéria** – Uma Aventura do Espírito: Fundamentos e Fronteiras do Conhecimento Físico. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, Junho de 2002.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, agosto de 1993.

MORTIMER, F. E. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em ensino de Ciências**. v.1, n. 1, abril de 1996. In: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/. Acesso em 07/06/2005.

NEVES, M. C. D. A História da Ciência no ensino de Física. In: **Revista Ciência e Educação**, 5 (1), p. 73-81, 1998.

NEWTON, I.: **Principia, Philosophiae naturalis** - principia mathematica. São Paulo: Edusp, 1990.

OLIVEIRA, M. R. N. S. Do mito da tecnologia ao paradigma tecnológico; a mediação tecnológica nas práticas didático-pedagógicas. In: **Revista Brasileira de Educação**, set/out/nov/dez, 2001, n. 18. Reunião anual da ANPED, 24ª . Caxambu: ANPED, p. 101-107.

PARANÁ/SEED. **Programa Expansão, Melhoria e Inovação no Ensino Médio – Documento elaborado para elaboração do Projeto**. Curitiba: Seed, 1994.

PARANÁ/SEED/DESG. **Reestruturação do Ensino de 2º Grau** - Física. Curitiba: SEED/Desg, 1993.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: Conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PIETROCOLA, M; ALVES, J. de P. F. ; PINHEIRO, T. de F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. In: **http://www. if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_v8_n2_a3.html**. Acesso em 09/06/2005.

ROCHA, J. F. (Org.) **Origens e evolução das idéias da Física**. Salvador: Edufra, 2002.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. A Teoria Histórico Cultural e o Ensino da Física. In: **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 33-6, 1-8, 2004. ISBN: 1681-5653.

SILVA, C. C. (org) E**studos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. Teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da História da ciência em sala de aula. In: **Revista Ciência e Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, Campinas, 2003.

SEQUEIRA, M.; LEITE L. A história da ciência no ensino – aprendizagem das ciências. In: **Revista Portuguesa de Educação**, 1 (2), p. 29-40, 1998.

STUDART, N.; ZYLBERSZTAJN (Orgs.) **Física**: Ensino Médio. v. 7. Brasília: Ministério da Educação – Secretaria de Educação Básica, 2006.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. In: **Revista Conceitos**, jul. 2003/jul.2004.

WUO, W. O ensino da Física na perspectiva do livro didático. In: OLIVEIRA, M. A. T. de: RANZI, S. M. F. (orgs.). **História das disciplinas escolares no Brasil: contribuições para o debate**. Bragança Paulista: Edusf, 2003.

ANEXO: CONTEÚDOS BÁSICOS PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA

Este é o quadro de conteúdos básicos que a equipe disciplinar do Departamento de Educação Básica (DEB) sistematizou a partir das discussões realizadas com todos os professores do Estado do Paraná nos eventos de formação continuada ocorridos ao longo de 2007 e 2008 (*DEB Itinerante*).

Entende-se por conteúdos básicos os conhecimentos fundamentais para cada série da etapa final do Ensino Fundamental e para o Ensino Médio, considerados imprescindíveis para a formação conceitual dos estudantes nas diversas disciplinas da Educação Básica. O acesso a esses conhecimentos é direito do aluno na fase de escolarização em que se encontra e o trabalho pedagógico com tais conteúdos é responsabilidade do professor.

Nesse quadro os conteúdos básicos apresentados devem ser tomados como ponto de partida para a organização da proposta pedagógica curricular das escolas.

Por serem conhecimentos fundamentais, não podem ser suprimidos nem reduzidos, porém, o professor poderá acrescentar outros conteúdos básicos na proposta pedagógica, de modo a enriquecer o trabalho de sua disciplina naquilo que a constitui como conhecimento especializado e sistematizado.

Esse quadro indica, também, como os conteúdos básicos se articulam com os conteúdos estruturantes da disciplina, que tipo de abordagem teórico-metodológica devem receber e, finalmente, a que expectativas de aprendizagem estão atrelados. Portanto, as Diretrizes Curriculares fundamentam essa seriação/sequênciação de conteúdos básicos e, sua leitura atenta e aprofundada é imprescindível para compreensão do quadro.

No Plano de Trabalho Docente os conteúdos básicos terão abordagens diversas a depender dos fundamentos que recebem de cada conteúdo estruturante. Quando necessário, serão desdobrados em conteúdos específicos, sempre considerando-se o aprofundamento a ser observado para a série e nível de ensino.

O plano é o lugar da criação pedagógica do professor, onde os conteúdos receberão abordagens contextualizadas histórica, social e politicamente, de modo que façam sentido para os alunos nas diversas realidades regionais, culturais e econômicas, contribuindo com sua formação cidadã.

O plano de trabalho docente é, portanto, o *currículo em ação*. Nele estará a expressão singular e de autoria, de cada professor, da concepção curricular construída nas discussões coletivas.

CONTEÚDO ESTRUTURANTE - MOVIMENTO

CONTEÚDOS BÁSICOS	ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA	AVALIAÇÃO
Momentum e inércia Conservação de quantidade de movimento (*momentum*) Variação da quantidade de movimento = Impulso 2ª Lei de Newton 3ª Lei de Newton e condições de equilíbrio	Os conteúdos básicos devem ser abordados considerando-se: • o contexto histórico-social, discutindo a construção científica como um produto da cultura humana, sujeita ao contexto de cada época; • a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência – uma forma de trabalhar é a utilização de textos originais traduzidos para o português ou não, pois entende-se que eles contribuem para aproximar estudantes e professores da produção científica, a compreensão dos conceitos formulados pelos cientistas e os obstáculos epistemológicos encontrados; • o reconhecimento da Física como um campo teórico, ou seja, consideram-se prioritários os conceitos fundamentais que dão sustentação à teoria dos movimentos, pois se entende que, para ensinar uma teoria científica, é necessário o domínio e a utilização de linguagem própria da ciência, indispensável e inseparável do pensar ciência. Portanto, é fundamental o domínio das ideias, das leis, dos conceitos e definições presentes na teoria e sua linguagem científica; • as relações da Física com a Física e com outros campos do conhecimento; • o contexto social dos estudantes, seu cotidiano e os jogos e brincadeiras que fazem parte deste cotidiano; • as concepções dos estudantes e a História da evolução dos conceitos e ideias em Física como possíveis pontos de partida para problematizações; • que a ciência dos movimentos não se esgota em Newton e seus sucessores. Propõe-se uma discussão em conjunto com o quadro teórico da Física no final do século XIX, em especial as dúvidas que inquietavam os cientistas a respeito de algumas questões que envolviam o eletromagnetismo, as tentativas de adaptar o eletromagnetismo à mecância, o surgimento do Princípio da Incerteza e as consequências para a física clássica; • textos de divulgação científica, literários, etc.	Do ponto de vista clássico, o conceito de momentum implica na concepção de intervalo de tempo, deslocamento, referenciais e o conceito de velocidade. Espera-se que o estudante: • formule uma visão geral da ciência (Física), presente no final do século XIX e compreenda a visão de mundo dela decorrente; • compreenda a limitação do modelo clássico no estudo dos movimentos de partículas subatômicas, a qual exige outros modelos físicos e outros princípios (entre eles o da Incerteza); • perceba (do ponto de vista relativístico e quântico) a necessidade de redefinir o conceito de massa inercial, espaço e tempo e, como consequência, um conceito básico da mecânica clássica: trajetória; • compreenda o conceito de massa (nas translações) como uma construção científica ligada à concepção de força, entendendo-a (do ponto de vista clássico) como uma resistência à variação do movimento, ou seja, uma constante de movimento e o momentum como uma medida dessa resistência (translação); • compreenda o conceito de momento de inércia (nas rotações) como a dificuldade apresentada pelo objeto ao giro, relacionando este conceito à massa do objeto e à distribuição dessa massa em relação ao eixo de rotação. Ou seja, que a diminuição do momento de inércia implica num aumento de velocidade de giro e vice-versa; • associe força à variação da quantidade de movimento de um objeto ou de um sistema (impulso), à variação da velocidade de um objeto (aceleração ou desaceleração) e à concepção de massa e inércia; • entenda as medidas das grandezas (velocidade, quantidade de movimento, etc.) como dependentes do referencial e de natureza vetorial; • perceba, em seu cotidiano, movimentos simples que acontecem devido à conservação de uma grandeza ou quantidade, neste caso a conservação da quantidade de movimento translacional ou linear; • compreenda, além disso, a conservação da quantidade de movimento para os movimentos rotacionais; • perceba que os movimentos acontecem sempre uns acoplados aos outros, tanto os translacionais como os rotacionais; • perceba a influência da dimensão de um corpo no seu comportamento perante a aplicação de uma força em pontos diferentes deste corpo; • aproprie-se da noção de condições de equilíbrio estático, identificado na 1ª lei de Newton e as noções de equilíbrio estável e instável. • reconheça e represente as forças de ação e reação nas mais diferentes situações.

CONTEÚDO ESTRUTURANTE - MOVIMENTO

CONTEÚDOS BÁSICOS	ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA	AVALIAÇÃO
Energia e o Princípio da Conservação da energia	O tratamento pedagógico destes conteúdos básicos adotará uma abordagem pedagógica que considere: • o contexto histórico-social, discutindo a construção científica como um produto da cultura humana, sujeita ao contexto de cada época; • a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência – uma forma de trabalhar é a utilização de textos originais traduzidos para o português ou não, pois se entende que eles contribuem para aproximar estudantes e professores da produção científica, a compreensão dos conceitos formulados pelos cientistas e os obstáculos epistemológicos encontrados; • o campo teórico da Física no qual a energia tem um lugar fundamental, pois se entende que para ensinar uma teoria científica é necessário o domínio e a utilização de linguagem própria da ciência, indispensável e inseparável do pensar ciência. Portanto, é fundamental o domínio das ideias, das leis, dos conceitos e definições presentes na teoria e sua linguagem científica; • as relações da Física com a Física e com outros campos do conhecimento; • textos de divulgação científica, literários, etc; • o cotidiano, o contexto social, as concepções dos estudantes e a história da evolução dos conceitos e idéias em Física como possíveis pontos de partida para problematizações.	Espera-se que o estudante perceba a ideia de conservação de energia como uma construção humana, originalmente concebida no contexto da Termodinâmica, como um dos princípios fundamentais da Física e, a amplitude do Princípio da Conservação da Energia, aplicado a todos os campos de estudo da Física, bem como outros campos externos à Física. Assim, ao se avaliar o estudante espera-se que ele: • conceba a energia como uma entidade física que pode se manifestar de diversas formas e, no caso da energia mecânica, em energias cinética, potencial elástica e potencial gravitacional; • perceba o trabalho como uma grandeza física relacionada à transformação/variação de energia; • compreenda a potência como uma medida de eficiência de um sistema físico. Ou seja, é importante entender com que rapidez no tempo ocorrem as transformações de energia, indicada pela grandeza física potência.
Gravitação	Os conteúdos básicos devem ter uma abordagem que considere: • o contexto histórico-social, discutindo a construção científica como um produto da cultura humana, sujeita ao contexto de cada época; • a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência – uma forma de trabalhar é a utilização de textos originais traduzidos para o português ou não, pois se entende que eles contribuem para aproximar estudantes e professores da produção científica; a compreensão dos conceitos formulados pelos cientistas e os obstáculos epistemológicos encontrados; • as relações da Física com a Física e com outros campos do conhecimento; • o cotidiano, as concepções dos estudantes e a história da evolução dos conceitos e idéias em Física como possíveis pontos de partida para problematizações; • textos de divulgação científica, literários, etc; • o modelo científico presente na gravitação newtoniana a contemporaneidade da gravitação através da Teoria da Relatividade Geral.	Espera-se que o estudante compreenda a Lei da Gravitação Universal como uma construção cientifca importante, pois unificou a compreensão dos fênomenos celestes e terrestres, cujo resultado sintetiza uma concepção de espaço, matéria e movimento, desde os primeiros estudos sobre a natureza até Newton. Assim, ao se avaliar o estudante, espera-se que ele: • associe a gravitação com as leis de Kepler; • identifique a massa gravitacional diferenciando-a da massa inercial, do ponto de vista clássico. • compreenda o contexto e os limites do modelo newtoniano tendo em vista a Teoria da Relatividade Geral.

CONTEÚDO ESTRUTURANTE - TERMODINÂMICA

CONTEÚDOS BÁSICOS	ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA	AVALIAÇÃO
Leis da Termodinâmica: Lei zero da Termodinâmica 1ª Lei da Termodinâmica 2ª Lei da Termodinâmica	A abordagem teórico-metodológica para estes conteúdos básicos deve considerar: • o contexto histórico-social, discutindo a construção científica como um produto da cultura humana, sujeita ao contexto de cada época; • a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência – uma forma de trabalhar é a utilização de textos originais traduzidos para o português ou não, pois se entende que eles contribuem para aproximar estudantes e professores da produção científica, a compreensão dos conceitos formulados pelos cientistas e os obstáculos epistemológicos encontrados; • o reconhecimento da Física como um campo teórico, ou seja, considera-se prioritário os conceitos e ideias fundamentais que dão sustentação ao corpo teórico da termodinâmica, pois se entende que para ensinar uma teoria científica é necessário o domínio e a utilização de linguagem própria da ciência, indispensável e inseparável do pensar ciência. Portanto, é fundamental o domínio das ideias, das leis, dos conceitos e definições presentes na teoria e sua linguagem científica; • as relações da Física com a Física e com outros campos do conhecimento; • o cotidiano, as concepções dos estudantes e a história da evolução dos conceitos e ideias em Física como possíveis pontos de partida para problematizações; • utilização de experimentação para formulação e discussão de conceitos e ideias; • textos de divulgação científica, literários, etc.	Tem-se como expectativa que o estudante compreenda o quadro teórico da termodinâmica, composto por ideias expressas nas suas leis e em seus conceitos fundamentais: temperatura, calor e entropia. Assim, ao se avaliar o estudante,espera-se que ele: • compreenda a Teoria Cinética dos Gases como um modelo construído e válido para o contexto dos sistemas gasosos com comportamento definido como ideal e fundamental para o desenvolvimento das idéias na termodinâmcia; • formule o conceito de pressão de um fluido, seja ele um líquido ou um gás, e extrapole o conceito a outras aplicações físicas; • entenda o conceito de temperatura como um modelo baseado nas propriedades de um material, não uma medida, de fato, do grau de agitação molecular em um sistema; • diferencie e conceitue calor e temperatura, entendendo o calor como uma das formas de energia, o que é fundamental para a compreensão do quadro teórico da termodinâmica; • compreeenda a primeira lei como a manifestação do Princípio da Conservação de Energia, bem como a sua construção no contexto da termodinâmica e a sua importância para a Revolução Industrial a partir do entendimento do calor como forma de energia; • associe a primeira lei à ideia de produzir trabalho a partir de um fluxo de calor. • compreenda os conceitos de capacidade calorífica e calor específico como propriedade de um material identificável no processo de transferência de calor. Da mesma forma, o conceito de calor latente; • identifique dois processos físicos: a) os reversíveis e b) os irreversíveis, que vêm acompanhados de uma degradação de energia enunciada pela segunda lei. Esse princípio físico deve ser compreendido como tão universal quanto o de conservação de energia e sugere um estudo da entropia; • compreenda a entropia, uma grandeza que pode variar em processos espontâneos e artificiais, como uma medida de desordem e probabilidade;

CONTEÚDO ESTRUTURANTE - ELETROMAGNETISMO

CONTEÚDOS BÁSICOS	ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA	AVALIAÇÃO
Carga, corrente elétrica, campo e ondas eletromagnéticas Força eletromagnética Equações de Maxwell: Lei de Gauss para eletrostática/Lei de Coulomb, Lei de Ampère, Lei de Gauss magnética, Lei de Faraday)	O tratamento pedagógico destes conteúdos básicos deverá considerar: • o contexto histórico-social da construção científica entendida como um produto da cultura humana, sujeita aos determinantes de cada época; • a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência – uma forma de trabalhar é a utilização de textos originais traduzidos para o português ou não, pois se entende que eles contribuem para aproximar estudantes e professores da produção científica, a compreensão dos conceitos formulados pelos cientistas e os obstáculos epistemológicos encontrados; • o reconhecimento da Física como um campo teórico com conceitos fundamentais que dão sustentação ao eletromagnetismo, bem como o domínio das ideias, das leis, dos conceitos e definições presentes na teoria e sua linguagem científica; • as relações da Física com a Física e com outros campos do conhecimento; • o contexto social dos estudantes, suas concepções, seu cotidiano, possíveis pontos de partida para problematizações; • textos de divulgação científica, literários, etc; • experimentação para discussão das idéias e conceitos do eletromagnetismo.	Espera-se que o estudante: • compreenda a teoria eletromagnética, suas ideias, definições, leis e conceitos que a fundamentam. • compreenda a carga elétrica como um conceito central no eletromagnetismo, pois todos os efeitos eletromagnéticos estão ligados a alguma propriedade da carga. • compreenda que a carga tanto cria quanto sente o campo de outra carga, mas o campo de uma carga não se altera na presença de outra carga. Assim, a ideia de campo deve ser entendida como um ente que é inseparável da carga. Deseja-se que o estudante entenda essa ideia de campo como uma entidade teórica criada no eletromagnetismo, pois ele é básico para a teoria e mediador da interação entre cargas; • compreenda as leis de Maxwell como um conjunto de leis que fornecem a base para a explicação dos fenômenos eletromagnéticos; • entenda o campo como uma entidade física dotado de energia; • apreenda o modelo teórico utilizado para explicar a carga e o seu movimento (a corrente elétrica), a partir das propriedades elétricas dos materiais; • associe a carga elétrica elementar à quantização da carga elétrica; • conheça as propriedades elétricas dos materiais, como por exemplo, a resistividade e a condutividade; • conheça as propriedades magnéticas dos materiais; • entenda corrente elétrica e força como entes físicos que aparecem associados ao campo; • reconheça as interações elétricas como as responsáveis pela coesão dos sólidos, pelas propriedades apresentadas pelos líquidos (viscosidade, tensão superficial) e propriedades dos gases; • compreenda a força magnética como o resultado da ação do campo magnético sobre a corrente elétrica; • entenda o funcionamento de um circuito elétrico, identificando os seus elementos constituintes; • conceba a energia potencial elétrica como uma das muitas formas de manifestação de energia, como a nuclear e a eólica. • compreenda a potência elétrica como uma medida de eficiência de um sistema elétrico; • perceba o trabalho elétrico como uma grandeza física relacionada à transformação/ variação de energia elétrica.

CONTEÚDO ESTRUTURANTE - ELETROMAGNETISMO

CONTEÚDOS BÁSICOS	ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA	AVALIAÇÃO
A natureza da luz e suas propriedades	O tratamento pedagógico destes conteúdos básicos deverá considerar: • que o estudo da ondulatória deve se iniciar pelas ondas mecânicas, pois são mais "visíveis" ou perceptíveis no cotidiano. No entanto, as ondas eletromagnéticas, entre elas a luz visível, também estão presentes no dia-a-dia, porém o modelo matemático para ondas não encontra uma correspondência direta com este fenômeno, sendo ótimo para mostrar a diferença entre modelo e fenômeno, diferenciando real do abstrato. • o contexto histórico-social da construção científica entendida como um produto da cultura humana, sujeita aos determinantes de cada época; • a Epistemologia, a História e a Filosofia da Ciência – uma forma de trabalhar é a utilização de textos originais traduzidos para o português ou não, pois se entende que eles contribuem para aproximar estudantes e professores da produção científica, a compreensão dos conceitos formulados pelos cientistas e os obstáculos epistemológicos encontrados; • o reconhecimento da Física como um campo teórico com conceitos fundamentais que dão sustentação ao eletromagnetismo, bem como o domínio das ideias, das leis, dos conceitos e definições presentes na teoria e sua linguagem científica; • as relações da Física com a Física e com outros campos do conhecimento; • o contexto social dos estudantes, suas concepções, seu cotidiano, possíveis pontos de partida para problematizações; • textos de divulgação científica, literários, etc; • experimentação para discussão das ideias e conceitos do eletromagnetismo.	A partir da formulação das equações de Maxwell e a comprovação experimental de Hertz, a luz passou a ser entendida como uma entidade eletromagnética. No entanto, estudos realizados no final do século XIX e início do século XX levaram ao estabelecimento da natureza corpuscular da luz (os quanta). Isso contribui para a apresentação da Física como uma ciência construída e em construção. Dessa forma, ao se avaliar o estudante espera-se que ele: • entenda o propósito do estudo da luz no contexto do eletromagnetismo; • conceba a luz como parte da radiação elétromagnética, localizada entre as radiações de alta e baixa energia, que manifesta dois comportamentos, o ondulatório e o de partícula, dependendo do tipo de interação com a matéria; • entenda os processos de desvio da luz, a refração que pode ocorrer tanto com a mudança do meio quanto com a alteração da densidade do meio, além do processo de reflexão, no qual a luz é desviada sem mudança de meio; • entenda os fenômenos luminosos como os de reflexão total, reflexão difusa, dispersão e absorsão da luz, dentre outros importantes para a compreensão de fenômenos cotidianos que ocorrem simultaneamente na natureza, porém, às vezes um ou outro se sobressai; • associe fenômenos cotidianos relacionados à luz como por exemplo: a formação do arco-íris, a percepção das cores, a cor do céu dentre outros, aos fenômenos luminosos estudados; • compreenda a luz como energia quantizada que, ao interagir com a matéria, apresenta alguns comportamentos que são típicos de partículas (por exemplo, o efeito fotoelétrico) e outros de ondas (por exemplo, a interferência luminosa), ou seja, entenda a luz a partir do comportamento dual; • extrapole o conhecimento da dualidade onda-partícula à matéria, como por exemplo ao elétron.

GOVERNO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO

www.diaadiaeducacao.pr.gov.br