

Conceitos Unificadores e Ensino de Física

(Unifying concepts and physics teaching)

José André Peres Angotti

Departamento de Metodologia de Ensino, Programa de Pós-Graduação em Educação

CED/UFSC - 88040-900 Florianópolis, SC, Brasil

Trabalho apresentado na V RELAEF

Resumo

A categoria dual Fragmentos e Totalidades contemplada nos níveis epistemológico e pedagógico indica possibilidades para o ensino/aprendizagem de Física/Ciências Naturais e relações com a Tecnologia com ênfase em Conceitos Unificadores Supradisciplinares associada ao ensino temático. Quatro desses conceitos são apresentados visando a minimização do conhecimento fragmentário na educação escolar, em direção a unidades estruturadas e interligadas de saber sistematizado.

Abstract

The dualistic category Fragments and Wholeness considered in epistemological and pedagogical levels, indicates possibilities for teaching/learning Physics/Natural Sciences and related Technology with emphasis in Unifying Concepts and Thematic Teaching. Four of these Concepts are presented and proposed to minimize fragmentation in school education and conquest of structured and linked unities of systematized knowledge.

A Natureza do Conceito Científico

O conceito, sempre presente nas leis e teorias, é o 'regular transferível' para inúmeras outras situações aplicáveis dessas poucas leis e teorias. É uma das armas econômicas do pensamento científico, porque relacional, operativo e abstrato.

Em Ciências Naturais(CN), como em todos os campos de conhecimento, o conceito é caracterizado pela infinita transferência a todos os objetos, situando o que há de comum. Em particular, no campo científico/tecnológico, na ausência do objeto concreto, ele (o conceito) estimula e permite ações transformadoras no objeto. Moldável tanto na linguagem comunicativa do falar e escrever da língua codificada, como na matemática na maioria das vezes, a ele se atribui uma propriedade de estrutura de grupo, parâmetro ou invariância.

O que propomos aqui é a eleição de alguns conceitos

que, na formação dos professores, podem se constituir em balizas ou âncoras, tanto para as aquisições do saber em CN como para minimizar excessos de fragmentação do pensamento dos estudantes. E também dos professores, uma vez que o ensino de CN, seja de Física, Química ou Biologia, ainda se caracteriza por conjunto de fragmentos de saberes que, embora associados, não são assim discutidos. Resultam separados, ilhados, mesmo para a maioria dos professores dessas ciências. Isto significa que, na prática, *'temos avançado' contra a interdisciplinaridade e contra a complexidade.*

Outra demanda social contemporânea, a da articulação entre o conhecimento científico e os processos tecnológicos, não vem sendo contemplada em escala nas práticas educativas.

Neste contexto, está muito forte o compromisso de trazermos para o universo cultural o conhecimento em C&T restrito a poucos. Ainda, para as grandes maio-

rias escolarizadas que não prosseguem estudos ligados a C&T, os conceitos unificadores poderão permitir novas entradas e percepções, uma vez que muito mais abertos e relacionais do que os chamados 'conteúdos'.

A busca e identificação dos conceitos, que são poucos, amplos e densos, estão norteadas pelos campos epistemológico e pedagógico (Angotti, 1991). Eles são determinados tanto pela natureza crítica do conhecimento em C&T como pela natureza crítica das complexas relações de transmissão e transformação do saber que se dão na esfera educacional.

A base teórica que dá suporte à esta proposição está parametrizada pela necessidade de enfrentamento da tensão entre fragmentos e totalidades do conhecimento sistematizado em CN (Bohm, 1992). Similarmente, pelas tensões análogas decorrentes entre Análise e Síntese, entre Macroscópico e Microscópico, entre o Atomizado-estático de Demócrito e o Contínuo-dinâmico de Heráclito. Mais ainda, pela associação entre as esferas indissociáveis da matéria e da consciência, não obstante os séculos de influência cartesiana (Bohm, 1992).

Conceitos são construtos universais da consciência humana sobre 'coisas' do universo - coisas materiais e outras 'coisas', de caráter relativamente permanente. Pela sua gênese, são dialéticos por excelência, como indicam Horkheimer e Adorno:

"O conceito, que se costuma definir como a unidade característica do que está nele subsumido, já era, desde o início, o produto do pensamento dialético, no qual cada coisa só é o que ela é, tornando-se aquilo que ela não é." (Horkheimer e Adorno, 1985: 29)

A opção pelos conceitos unificadores no ensino de CN já identifica de partida o enfrentamento do conflito entre o objeto e a construção que dele fazem os homens, já enlaça na dimensão crítica tanto o universo das 'coisas' externas aos homens como a capacidade de pensar esse universo e mesmo de refletir esse pensar.

No diálogo inicial, nossos interlocutores são os professores, em particular os de CN. Queremos discutir

e problematizar com eles os aspectos do conhecimento que aprendemos de maneira dissociada e que ensinamos nas disciplinas dos cursos escolares. A rearticulação desse conhecimento, a prática de pensar o processo e o conteúdo da reflexão e a indissociabilidade de Ciência e Tecnologia são tarefas da educação escolar.

Com relação às tentadoras tendências que muitos professores ainda defendem, sobre a prioridade a ser dada aos 'fatos', lembramos que já é quase consensual entre os epistemólogos e críticos do empreendimento científico que *"toda observação está impregnada de teoria"* (Hanson, 1985; Piaget & Garcia, 1988). Numa discussão mais profunda e crítica sobre a relação entre teoria e prática, Horkheimer afirma:

Com efeito, o saber aplicado e disponível está sempre contido na práxis social; em consequência disso o fato percebido antes mesmo da elaboração teórica consciente por um indivíduo cognoscente, já está codeterminado pelas representações e conceitos humanos." (Horkheimer, 1983:125)

Não é mais possível separar o que pertence à natureza inanimada daquilo que pertence à práxis social. Para esse autor, podemos hoje inverter, na sociedade capitalista avançada, a idéia de que as ferramentas são prolongamentos dos órgãos humanos, pois tais utensílios foram concebidos, projetados e fabricados enquanto extensão do homem, mas carregam na sua existência e disponibilidade a história, concepção e teorias de seus criadores e pioneiros, desde um instrumento tosco usado no passado, até um equipamento avançado de computação, produto da mais recente tecnologia científica. A manipulação muitas vezes automática que no dia a dia fazemos de tais equipamentos nos coloca na outra ponta, configurando um contacto indireto com os pioneiros "presentes" nas ferramentas. É nesse sentido que

"os órgãos são também prolongamentos das ferramentas." (idem, ibidem: 126)

Como nossa formação usualmente nos impulsiona a isolar em demasia o "natural" do "artificial", a diferen-

ciar com muita certeza a natureza bruta da transformada, cristalizando a suposta neutralidade do observador, mais um alerta é dado por Horkheimer quanto à determinação do social sobre nosso universo:

"Mesmo quando se trata da experiência com objetos naturais como tal, sua naturalidade é determinada pelo contraste com o mundo social, e nesta medida, dele depende." (idem, ibidem, 1983: 126)

Podemos então afirmar com bastante convicção que: *O conceito não é a coisa, o fato não é absoluto. De forma semelhante, a Ciência não é a Natureza.*

Abordagem temática e conceitual unificadora

O comprometimento do ensino de CN com ênfase nos conceitos se apóia no enfrentamento da tensão entre Fragmentos e Totalidades do conhecimento elaborado, construído e em construção. Ademais, se justifica pela necessidade de articulação entre saberes que, pela sua origem, abordagem, separação rígida em disciplinas de currículos, parecem distintos, embora mantenham traços comuns. São traços difíceis de ser identificados pelos estudantes mesmo quando estimulados por docentes que utilizam técnicas diversificadas e metodologias não tradicionais de ensino.

A dimensão epistemológica que os sustenta bem como a dimensão pedagógica que lhes permite difusão e implementação são, a nosso ver, de caráter distinto da dimensão ontológica que sustenta o ensino de CN através de TEMAS, no sentido freiriano (Delizoicov, 1991). A leitura de Holton (1979), da permanência dos 'themata' enquanto um dos limites humanos, auxilia a identificar, no campo pedagógico de Freire, o seu traço ontológico, relativo à 'gnose'.

Pela etimologia (thema) da palavra, estão enquadradas as crenças e pressuposições de cientistas no contexto da descoberta, que são mantidas no contexto da justificação. Obviamente, não só entre os cientistas isto ocorre.

No pedagógico, tanto a concepção de Freire, do 'Tema Gerador', como os temas propostos por Snyders, são também fortemente determinados pela dimensão

ontológica, em sintonia com as crenças, tendências majoritárias, contradições e necessidades de problematização com os grupos que freqüentam as escolas. Justamente por isso, não são facilmente demarcados. De seu lado, o conhecimento científico e tecnológico já aponta para alguns de seus temas que poderão ser significativos aos estudantes, oferecendo ferramentas que auxiliam o recorte, ou seja, ele não dará conta de qualquer tema. Outros conhecimentos poderão e deverão ocupar-se de temas mais "externos" ao conhecimento em C&T. Exemplos temáticos com essas características podem ser encontrados em publicações no país (Angotti e Delizoicov, 1991¹), (GREF, 1990/91/93) e no exterior, principalmente na Holanda- Un. de Utrecht, Projeto PLON. (Lijnse, 1990; Eijkelhof, 1989; Deckker, 1986).

Os Conceitos Unificadores são complementares aos Temas e carregam para o processo de ensino-aprendizagem a *veia epistêmica*, na medida em que identificam os aspectos mais partilhados (em cada época) pelas comunidades de C&T, sem negligenciar os aspectos conflitivos.

Uma vez estabelecida a possibilidade de serem trabalhadas as contradições encerradas nos TEMAS, associadas ao caráter unificador e epistêmico dos conceitos, sempre privilegiando o conflito entre os saberes, dois problemas educacionais merecem ser discutidos teoricamente, dada sua pertinência e presença forte nos embates sobre possibilidades de melhoria nos resultados da educação escolar em ampla escala.

Primeiro, é a suposta dificuldade de convivência entre duas opções: abordagem temática e 'escola unitária'. Não se pode abrir mão da escola unitária

¹Na publicação Física (S.Paulo, Cortez, 1991) privilegiamos um tema: "Produção, Distribuição e Consumo de Energia Elétrica" para tratamento em extensão num primeiro momento e seus desdobramentos em profundidade, num segundo momento. No último capítulo do livro: Temas de Estudo, Bibliografia e Projetos de Ensino, indicamos aos professores de Física do segundo grau uma série de Temas (da época dos gregos à atual) para ensino/aprendizagem de C&T. Os Projetos de ensino e a bibliografia extensa de textos e periódicos apontam coordenadas no sentido de sensibilizar os docentes para avançar essas e outras questões. Esse capítulo, que pressupõe a independência, a iniciativa e a crítica do professor, diferencia essa publicação dos livros didáticos mais adotados, que acabam apostando na sua dependência e estreiteza de opções.

quando se pretende inserir culturalmente um conhecimento ainda distante das populações. A pluralidade dos temas, seu compromisso com o regional e local parecem se opor aos requisitos da escola unitária.

A escola que queremos há de ter características de *unitária*, o que não significa ser *única* (Pimenta, 1991). Temas que encerram grandes contradições nacionais, não vinculados a épocas ou locais muito precisos merecem destaque na educação escolar; as especificidades de cada região estarão inseridas e contempladas, mantidas suas relações com os Temas de amplas dimensões. Temas emergentes como os recentes acidentes nucleares no exterior e no país, continuam solenemente ignorados pelo sistema escolar, dada sua exclusão das ementas e programas. Se alguma elasticidade houvesse nos cursos, certamente tais assuntos teriam sido analisados na ocasião, com suporte bibliográfico construído pelos professores uma vez que não há informação disponível nos livros didáticos e os artigos especializados não são produzidos imediatamente. Do noticiário e do conhecimento advindo de sua formação crítica, os professores são desafiados a contribuir, individualmente ou em equipe. Programas mais abertos e elásticos precisam de algum compromisso com essas possibilidades e também com o conhecimento recentemente conquistado; do contrário continuaremos a privilegiar a ciência e tecnologia disponíveis até o século passado, obstruindo justamente o conhecimento atual que atinge os alunos pelas vias da educação informal, que de alguma forma os sensibiliza enquanto atores e sujeitos de um mundo mergulhado em rápidas mudanças.

O segundo ponto que levantamos refere-se a outra polêmica, aquela dos 'conteúdos'. Os educadores não detalham o conceito de 'conteúdo' quando o abordam. De maneira muito geral, entendemos conteúdos como 'o conhecimento que deve ser transmitido, ou aquilo que se costuma ensinar nas escolas'.

Conteúdos podem até justificar a atomização do conhecimento que se processa na 'ciência da escola', mesmo numa só disciplina, assim pouco contribuem

para a apreensão de unidades estruturadas e ordenadas do saber.

Conteúdos na interpretação mais costumeira dos professores, estão sempre vinculados a uma forte restrição. São *contidos*, isto é, aprisionados em 'garrafas de saber'. Podem se comunicar, porém não é fácil encontrar e utilizar os 'vazos comunicantes'.

Seja em *extensão*, seja em *profundidade*, alguns atingem as unidades estruturadas de saber com certa plenitude. Outros, mesmo com muita escolaridade, não o conseguem, pois demasiadamente voltados ora para a extensão do conhecimento, ora para a especialização em um ramo do conhecimento.

Os cursos de formação, que pressupõem o somatório de conhecimentos atomizados, o conjunto de inúmeros conteúdos, muitas vezes se caracterizam mais pela ausência e pela lacuna do que pela presença e significado dos conteúdos críticos. Particularmente, nos cursos de magistério e licenciaturas, eles não instrumentalizam os habilitados a saltar para as dimensões orgânicas, ordenadas e estruturadas do saber.

A idéia de substituir conteúdos nos cursos de formação de professores é tentadora, necessária até. Entretanto, o parâmetro de referência para a mudança precisa ir além dos adjetivos de 'significativo e atual'. Os programas curriculares propostos a partir de demandas sociais e atualização são válidos, porém correm o risco de se tornar obsoletos e estáticos no futuro breve, dadas a dinâmica social e a aceleração dos processos em C&T.

Existirá uma alternativa que possibilite mudanças sem risco de breve obsolescência?

Em todos os saberes científicos existem conjuntos de assuntos essenciais, anexados a outros, complementares. Variáveis como a área (conhecimento específico), sócio-economia local e regional (lugar, espaço vivido) e tempo (época), são relevantes para a abordagem conjunta pelas equipes pedagógicas. Um esforço deve ser feito para se detectar o que é fundamental e o que é suplementar.

Generalidades do tipo "conteúdos renovados", "saber crítico acumulado" e "temas significativos" são belas expressões que nos deixam alertas e nos direcionam para a oposição aos conteúdos mortos e acabados da escola tradicional, inadequados à educação das grandes maiorias. Contudo, não apontam para o que fazer nem para o como fazer pedagógicos, pois mais centrados no que não fazer e/ou como não fazer.

A proposta que apresentamos para discussão das bases do ensino-aprendizagem em CN defende a inserção da vertente epistêmica associada à presença sistemática da ênfase conceitual unificadora e supradisciplinar na busca dos universais, muito ausentes nas discussões sobre conteúdos. Ela não elimina o debate sobre conteúdos, mas acrescenta elementos que, a nosso ver, não podem ser mais negligenciados.

Quatro conceitos, a saber, *transformações, regularidades, energia e escalas*, vêm sendo utilizados pela nossa equipe (Pernambuco, 1988 e 1990) em várias ações pedagógicas e têm servido como quadros de referência nas intervenções realizadas em vários níveis de escolaridade, níveis diversos de profundidade e crítica, e também na produção de material instrucional/didático (Angotti, 1991).

Haverá outros Conceitos Unificadores? Os pesquisadores dirão. Contudo, essa categoria deve ser pautada pelos mínimos; não se pode acrescentar à vontade diversos conceitos. O potencial unificador do conjunto deve ser preservado; aumentar demais a lista significa erodir o esforço contra os excessos de fragmentação.

Caracterizando quatro conceitos unificadores

Inicialmente, as localizações e definições pelo critério da amplitude dos quatro conceitos supradisciplinares que adotamos.

1. TRANSFORMAÇÕES; da matéria viva e/ou não viva, no espaço e no tempo.

2. REGULARIDADES; que categorizam e agrupam as transformações mediante regras, semelhanças, ciclos abertos ou fechados, repetições e/ou conservações no espaço e no tempo. Regularidades neste sentido são

entendidas enquanto 'regularidades de transformações'. Elas constituem a contrapartida das transformações no conhecimento, sobretudo no conhecimento científico. Em poucas palavras, podemos afirmar que a Ciência trabalha dinamicamente o par Transformações e Regularidades (T&R). Em linguagem matemática, escrevemos que várias Transformações (T) são dependentes (ou 'função') de pelo menos uma Regularidade (R), ou $R = R(T)$.

3. ENERGIA; conceito que incorpora os dois anteriores com a vantagem de atingir maior abstração, de estar acompanhado de linguagem matemática de grande generalização e condensação, para instrumentalizar transformações e conservações, e ainda de estar associado à degradação. Energia (E) é um sutil 'camaleão' do conhecimento científico. Transforma-se espacial e temporalmente, na dinâmica mutável dos objetos, fenômenos e sistemas, conserva-se na totalização das distintas formas e degrada-se porque uma de suas formas - o calor - é menos elástica ou reversível do que as outras. A grandeza é uma ponte segura que conecta os conhecimentos específicos de C&T. Conecta também esses a outras esferas de conhecimento, às contradições do cotidiano permeado pelo natural, tanto fenomênico como tecnológico. É esta grandeza que pode e deve, mais do que qualquer outra, balizar as tendências de ensino que priorizam hoje as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Em linguagem matemática, escrevemos $E = E(T, R)$.

4. ESCALAS; que enquadram os eventos estudados nas mais distintas dimensões. Sejam ergométricas, macro ou microscópicas a nível espacial, sejam de durações normais, instantâneas ou remotas a nível temporal; sejam, com auxílio dos três conceitos anteriores, transformações e regularidades analisadas por 'faixas de energia' ou escalas energéticas. Escalas métricas, das quantidades extensivas, que não se restringem às ênfases estáticas dos mapeamentos, dos 'atlas escolares' que parecem eternos e imutavelmente pelo primeiro par (T&R), incorporadas no terceiro $\langle E, E(T, R) \rangle$.

Os conceitos unificadores podem aproximar as 'várias ciências', (dos cientistas, dos currículos, dos professores, dos alunos) preservados os níveis de formação e cognição. Principalmente, queremos estreitar vínculos entre 'cientistas, professores e currículos', para que se estabeleçam diálogos com estudantes e crianças. Mais ainda, que os 'conteúdos' sejam definidos por TEMAS significativos de amplo alcance e que os conceitos unificadores sejam sistematicamente utilizados para que as transferências e as desejadas apreensões ocorram, e daí o conhecimento em CN possa vir a ser instrumento real de exercício para qualquer profissão ou atividade da cidadania. Sobretudo, para que o nível de cultura elaborada seja mais partilhado.

A utilização dos quatro conceitos deve ser trabalhada conjuntamente com os professores; podem ser também, quando necessário, abordados "separadamente" com os alunos, em progressão e mesmo hierarquização. Por exemplo, é melhor priorizar as transformações e regularidades com escalas qualitativas ou semiquantitativas quando os níveis cognitivos ainda não permitem a interlocução via conceito de energia.

Já dissemos que além de unificadores são SUPRADICIPLINARES, ou seja, permeiam os escopos da Física, Química, Biologia, Geologia, Astronomia. Assim, na "ciência dos currículos", podem orientar grupos de professores destas disciplinas nos segundo e terceiro grau, e da disciplina CN no primeiro. Vão na direção das totalidades, das estruturações de conhecimento articulado e dinâmico, contra as fragmentações exageradas que não consideram muito mais do que nomenclaturas, fórmulas, memorizações. Em cotrapartida, os conceitos em destaque não irão atingir o conhecimento holístico por magia ou pelo somatório de superficialidades, não farão integrações a ponto de descaracterizar as especificidades de cada um dos conhecimentos.

Não são 'teorias', mas nelas estão presentes e delas fazem parte. Tanto das 'velhas' como das atuais mais aceitas. Ainda, muito provavelmente farão parte das futuras, que virão a substituir as atuais. São categorias

que dificilmente serão descartadas no futuro e ajudarão a reestruturar o conhecimento do porvir.

Os conceitos não estão presos a modelos/estruturas, como muitos outros do escopo das CN que caracterizam modelos de 'coisas', a exemplo do átomo, de moléculas, de células. São mais fluidos, não diretamente estruturáveis, embora participem da construção dos modelos e teorias.

Mesmo considerando as rupturas necessárias entre os saberes do senso comum e do elaborado, neste último é preciso um esforço para se reduzir os atomicismos de cada uma das disciplinas das ementas da 'Ciência dos currículos' e da 'Ciência dos professores'. É principalmente neste espaço que temos contribuído (Angotti, 1991, Delizoicov & Angotti, 1990 e 1991).

A atual tendência que anseia pela aprendizagem articulada e interdisciplinar não se dará sem a reformulação daquelas 'ciências'. Grandes temas atuais de interesse global, como o ecológico e a vertente de ensino de CN para as sociedades, nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, não podem ser atingidos sem substituição das ementas atuais. Substituição do ensino orientado somente por objetivos pelo ensino que também contempla os processos, com priorização dos conceitos supradisciplinares como os aqui propostos, visando os desejáveis ganhos culturais pelos alunos em cada uma das disciplinas das ciências da natureza, bem como do seu conjunto, na medida em que tais conhecimentos encerram tanto suas especificidades como domínios comuns, quanto à curiosidade e formulação de boas questões, os procedimentos, a busca de universais e invariâncias, a relação estreita entre teoria e experiência...

Tais conceitos, a prazo mediato, poderão atingir o status de TRANSDICIPLINARES, uma vez que as investigações atuais priorizam problemáticas complexas que demandam fortemente a contribuição de especialistas diversos, cada um estimulado a compreender a visão do outro especialista e assim convidado a aprender também na diferença e não somente no convívio

com seus pares. Esses procedimentos e alternativas apresentam-se também como desafios na educação em Ciências, particularmente aos professores de Física, Química e de Biologia, cada vez mais convidados para ações comuns, seja a partir dos próprios avanços do conhecimento mais complexo e interdisciplinar, seja a partir dos seus alunos que não raro estranham o domínio constante das especificidades.

Dentre as alternativas para o tratamento em equipe dos estudos temáticos apoiados nas categorias conceituais aqui apresentadas, uma idéia que merece ser contemplada nos cursos de segundo e mesmo terceiro graus de escolaridade é a da mudança dos horários, no sentido de se permitir o encontro desses professores com seus alunos em pelo menos algumas ocasiões; por exemplo um encontro semanal para discussões de temáticas amplas a partir de cada conhecimento específico e também numa perspectiva conjunta, pelo menos multidisciplinar. A utilização dos conceitos unificadores enquanto categorias norteadoras para ensino/aprendizagem pode contribuir para que os professores iniciem e prossigam seu novo diálogo entre si e com seus alunos.

Referências Bibliográficas

- ADORNO, T. & HORKHEIMER, M. 'Dialética do Esclarecimento'. In: Textos Escolhidos; col. Os Pensadores, S.Paulo, Abril, 1983.
- ANGOTTI, J.A. Fragmentos e Totalidades no Conhecimento Científico e no Ensino de Ciências. Tese de Doutorado, S.Paulo, FEUSP, 1991.
- BACHELARD, G. Filosofia do Novo Espírito Científico. Lisboa, Presença, 1976.
- BOHM, D. A totalidade e a Ordem Implicada, S.Paulo, Cultrix, 1992.
- BOHM, D. & PEATS, D. Ciência, Ordem e Criatividade. Lisboa, Gradiva, 1989.
- DELIZOICOV, D. Conhecimento, Tensões e Transições. Tese de Doutorado, S.Paulo, FEUSP, 1991.
- DELIZOICOV & ANGOTTI. Metodologia do Ensino de Ciências, S.Paulo, Cortez, 1990.
- _____. Física, São Paulo, Cortez, 1991.
- DECKKER, J.A et alii. "Pre-University Physics presented in a Thematic and Systematic way". In European Journal of Science Education. 8(2), 1986, 145/53. _____ . Física. S.Paulo, Cortez, 1991.
- EIJLELHOF, H.M.C, et all. "Boadenning the Aims of Physics Education". Pub. of PLON Project. Un. of Utrecht, The Netherlands, 1989.
- FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. Rio, Paz e Terra, 1975.
- GIROUX, H. Teoria Crítica e Resistência em Educação. Petrópolis, Vozes, 1986.
- GRAF. Física (vários autores). São Paulo, Edusp, 1990/93 Vols. 1, 2 e 3.
- HANSON, N. Patrones de Descubrimiento: Observación y Explicación. Madrid, Alianza, 1985.
- HOLTON, G. A Imaginação Científica. Rio, Jorge Zahar, 1979.
- HORKHEIMER, M. 'Teoria tradicional e Teoria Crítica'. In:Textos Escolhidos, col. Os Pensadores, S.Paulo, Abril, 1983.
- KUHN, T. A Estrutura das Revoluções Científicas. S.Paulo, Perspectiva, 1976.
- LIJNSE, P.L. "Energy between the Life-World of Pupils and a the world of Physics". In: Science Education, London, 74 (5), 1990, 571/83.
- _____. et alii. "A Thematic Physics Curriculum: a Balance between Contradictory Curriculum Forces". In Science Education, 74(1), 1990, 95/103.
- PERNAMBUCO, M.M. 'Ensino de Ciências a partir de Problemas da Comunidade'. In: Atas do Seminário: Ciência Integrada ou Integração entre as Ciências: Teoria e Prática. Rio, UFRJ, 1988.

- _____. 'Pesquisa em Ensino de Ciências - Uma Posição: Interdisciplinaridade, Totalidades e Rupturas'. In: Atas do III Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Porto Alegre, UFRGS, 1990.
- PIAGET J. & GARCIA, R. Psicogênese e História das Ciências. Lisboa, D. Quixote, 1987.
- PIMENTA, S.G. & GONÇALVES, C.L. Revendo o ensino de Segundo Grau - Propondo a Formação de Professores, S.Paulo, Cortez, 1990.
- SNYDERS, G. A Alegria na Escola. S.Paulo, Manole, 1988.