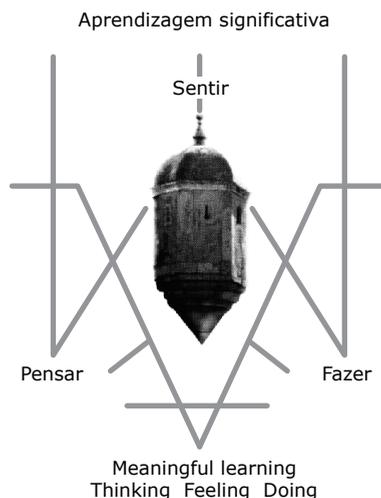


Teoria da Aprendizagem Significativa

Contributos do III Encontro Internacional
sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, 2000

Textos de

J. D. Novak, M. A. Moreira, J. A. Valadares, A. F. Cachapuz, J. F.
Praia, R. D. Martínez, Y. H. Montero, M. E. Pedrosa



Organização e introdução de
M. A. Moreira, J. A. Valadares, C. Caballero, V. D. Teodoro

Introdução	3
Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies (LIPs) leading to empowerment of learners <i>Joseph D. Novak</i>	23
Aprendizagem significativa crítica (critical meaningful learning) <i>Marco Antônio Moreira</i>	47
A procura da excelência na aprendizagem <i>Antônio F. Cachapuz</i>	67
A importância epistemológica e educacional do Vê do conhecimento <i>Jorge Valadares</i>	87
Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino <i>João Félix Praia</i>	121
Aprendizaje significativo, contexto y mediación simbólica <i>Rubén Darío Martínez, Yolanda Haydeé Montero, María Eugenia Pedrosa</i>	135

Introdução

David Ausubel e a origem da Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria actual da aprendizagem significativa pode considerar-se como tendo origem no trabalho do psicólogo educacional americano David Ausubel, que, em 1963, publicou *The psychology of meaningful verbal learning*¹, uma das obras que iniciaram a revolução cognitiva na Psicologia Educacional. Definindo o que se deve entender por aprendizagem significativa, em oposição à aprendizagem mecânica ou memorística, Ausubel defende que há princípios gerais de aprendizagem significativa que podem ser integrados numa teoria geral. Pretende deste modo fornecer aos professores uma ferramenta lógica para que eles possam descobrir estratégias de ensino mais eficazes ou para que possam efectuar boas escolhas entre aquelas de que tomam consciência na sua formação e na sua prática. Ausubel demarca-se claramente da Psicologia Clássica, em que os princípios psicológicos eram extrapolados, de forma indiscriminada, da pesquisa sobre a aprendizagem animal e automática—considera-se um psicólogo educacional na acepção actual do termo e não simplesmente psicólogo.

Ausubel argumenta que é possível desenvolver uma Teoria da Aprendizagem Significativa alicerçada em princípios. Um desses princípios, que ainda hoje continua a ser um farol que ilumina a teoria, é o seguinte: o factor mais importante de que depende a aprendizagem de um aluno é aquilo que ele já sabe, ou seja aquilo que está incorporado na sua estrutura cognitiva. Para Ausubel, a aprendizagem significativa, como incorporação substantiva, não meramente memorística de um novo conhecimento numa estrutura cognitiva prévia, está em oposição à aprendizagem mecânica, rotineira ou automática. Mas oposição não significa dicotomia, pois, tal como Ausubel realça, toda a aprendizagem em sala de aula pode localizar-se ao longo de duas dimensões independentes, que são dois contínuos, o contínuo *aprendizagem mecânica—aprendizagem significativa* e o contínuo *aprendizagem por recepção—aprendizagem por descoberta*. Significa isto que tanto a aprendizagem por recepção quanto a aprendizagem por descoberta podem ser mecânicas ou significativas. Será ou não significativa a aprendizagem resultante de uma tarefa de um aluno, não importa

¹. Ausubel actualizou esta obra em 2000: Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. A tradução portuguesa está publicada pela Plátano Editora (2002).

como é que ele é confrontado com aquilo que vai aprender (se o que vai aprender lhe é proporcionado numa forma acabada ou numa forma por descobrir mais ou menos autonomamente) consoante se verifiquem ou não as duas condições seguintes: que a tarefa de aprendizagem seja potencialmente significativa; e que ele se empenhe psicologicamente de modo activo na tarefa de modo a relacionar as novas ideias às ideias que já possui na sua estrutura de conhecimento prévia. Saliente-se que a tarefa só será potencialmente significativa para cada aluno, se disser respeito a algo lógico e plausível ou sensível e o aluno dispuser de conceitos na sua estrutura cognitiva adequados para transformar o significado lógico do assunto a aprender em significado psicológico, conceitos esses que se designam por *subsunçoes*.

A maioria da aprendizagem significativa ocorre por *assimilação de conceitos*, isto é, por interacção dos novos conceitos com os subsunçoes existentes, mas Ausubel também se debruçou sobre a *formação dos conceitos*, processo pelo qual a criança recém-nascida cria os primeiros subsunçoes ao descobrir os atributos resultantes das diversas classes de estímulos que vai tendo.

Saliente-se a terminar que Ausubel, para além de se demarcar dos teóricos cognitivistas da chamada pedagogia por descoberta, ao valorizar igualmente a chamada aprendizagem por recepção activa e significativa, também se demarca dos defensores de certas teorias do processamento da informação, ao afirmar que a aprendizagem é muito mais do que uma simples condução dos estímulos entrados na memória sensorial para a memória a curto prazo e desta para a memória a longo prazo. A informação é processada sob formas conceptuais, formando-se primeiro o núcleo representativo do conceito e só depois a sua representação verbal.

A contribuição de Joseph Novak

Joseph Novak, biólogo de formação, desde cedo começou por se dedicar ao tema da educação científica, quando ainda era assistente em Botânica e fazia investigação na área da fisiologia das plantas. Por diversas vezes reconheceu a influência marcante que nele teve o trabalho de Ausubel em Psicologia Educacional. Da colaboração entre Ausubel e Novak nasceu uma segunda edição, revista, da obra básica da Teoria da Aprendizagem Significativa¹. De então para cá, Ausubel abandonou o grupo que tem trabalhado e continua a trabalhar na Teoria da Aprendizagem Significativa e tem sido Joseph Novak, professor da Universidade de Cornell, o grande dinamizador, conjuntamente com discípulos seus, muitos dos quais foram seus alunos de

pós-graduação ou tiveram seminários com ele, que têm levado por diante a tarefa de aperfeiçoar a Teoria da Aprendizagem Significativa.

A proposta de Novak é mais ampla e ambiciosa do que a de Ausubel, já que defende uma Teoria da Educação que integra a Teoria da Aprendizagem Significativa. A teoria de Novak assenta na ideia de que a educação é um conjunto de experiências cognitivas, afectivas e psicomotoras que, quando guiadas pela Teoria da Aprendizagem Significativa, conduzirão ao engrandecimento (*empowerment*) do educando, preparando-o para lidar com um mundo em mudança. Acrescentando um quinto “lugar comum”—a avaliação—aos quatro propostos por Schwab (1978)¹, o aprendiz, o professor, o currículo e a matriz social, e tão fundamental como estes, Novak aproxima-se muito das ideias modernas resultantes das ciências da cognição de que o pensamento é ao mesmo tempo activo e sensitivo, isto é, que pensamento, sentimentos e acções se combinam para formar o significado das experiências.

Foi durante o desenvolvimento de um projecto de ensino audiotutorial nos anos 70 que Novak e seus colaboradores tiveram a ideia de introduzir os chamados *mapas conceptuais* ou *mapas de conceitos*, um dos grandes contributos para o desenvolvimento da Teoria da Aprendizagem Significativa. Confrontado com um enorme conjunto de gravações que tinham sido efectuadas aos alunos envolvidos nesse projecto, e com a necessidade de interpretar o seu conteúdo e discernir os padrões de mudança na compreensão conceptual desses alunos, Novak e o seu grupo de pesquisa começaram a representar as estruturas cognitivas dos mesmos e as mudanças nelas operadas através de mapas hierarquizados de conceitos e proposições. Os primeiros mapas conceptuais foram construídos a partir de transcrições de entrevistas com alunos e só depois, foram introduzidos nas salas de aula para serem produzidos pelos próprios alunos de modo a “externalizar” as suas estruturas cognitivas. Logo de início foi notório que os mapas dos estudantes “instruídos” eram mais ricos do que os dos estudantes pouco “instruídos”.

O desenvolvimento das tecnologias da informação nos últimos vinte anos deu um impulso importante à utilização de mapas de conceitos. Exis-

¹. Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. N. Y.: Holt, Rinehart and Winston.

Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. N. Y.: Holt, Rinehart and Winston.

¹. Schwab, J. J. (1978). *Science, curriculum, and liberal education: Selected essays*. Chicago: The University of Chicago Press.

tem actualmente diversos produtos comerciais¹ e não comerciais² que permitem construir, partilhar e discutir colaborativamente mapas de conceitos.

A contribuição de D. Bob Gowin

D. Bob Gowin, tal como Novak, é hoje professor emérito da Universidade de Cornell. No seu trabalho de doutoramento, em Filosofia da Ciência, empenhou-se em compreender a estrutura e o processo de criação do conhecimento científico. Tendo-se apercebido de que os alunos de ciências saíam dos laboratórios com pouca ou nenhuma consciência do que tinham estado a fazer seguindo protocolos experimentais tipo *receita*, e sem terem aprendido significativamente aquilo que se pretendia que aprendessem, Gowin começou por desenvolver o chamado **método das 5 perguntas**, que se destina também a “desempacotar” o conhecimento apresentado, por exemplo, num artigo científico ou num capítulo de um livro. Essas perguntas são as seguintes³:

1. Qual é a questão determinante do trabalho?
2. Quais são os conceitos-chave?
3. Quais são os métodos que foram utilizados para responder à questão-chave?
4. Quais são os principais juízos cognitivos no trabalho?
5. Que juízos de valor foram feitos no trabalho?

Trata-se, sem dúvida, de questões importantes que tanto apoiam o estudante no laboratório como o ajudam a tornar claro o conteúdo dos artigos, por vezes obscuros, com que ele tem de trabalhar. Para Gowin a aprendizagem, enquanto processo de pesquisa individual e idiossincrática, distingue-se do ensino, um acto social, e deverá ser encarada como uma estrutura em que a interacção entre os acontecimentos, os conceitos e os factos desempenha um papel decisivo. No processo de ensino-aprendizagem, o professor e o aluno estão, pois, intimamente envolvidos num *compartilhar* de significados a respeito dos conhecimentos veiculados pelo material educativo. O currículo, o professor e o aluno são, portanto, elementos indissociáveis e que se influenciam mutuamente.

Na sequência do método das cinco perguntas, Gowin criou um dos importantes artefactos da Teoria da Aprendizagem Significativa, o “V do conhecimento”, também conhecido como “V epistemológico”, “V heurístico”

1. E.g., Inspiration Software, <http://www.inspiration.com> [4 Janeiro 2002].

2. E.g., CMap, <http://cmap.coginst.uwf.edu> [4 Janeiro 2002].

3. Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca: Cornell University Press, p. 88.

ou “V de Gowin”. Trata-se de um instrumento que se enquadra perfeitamente no paradigma construtivista actual, e que, quando convenientemente usado, poderá contribuir de modo decisivo para facilitar a aprendizagem significativa da ciência. Orientado pelo “V” e pelo professor, o aluno é envolvido numa teia construtivista em que concepções e metodologias, reflexão e acção, interagem dialecticamente. Com efeito, ao basear-se nesse instrumento, o aluno é “obrigado” a:

1. ter presente, a todo o momento, o objecto e o problema em estudo, não trabalhando “às cegas”;
2. reflectir sobre os conceitos e relações entre conceitos (teorias, princípios e leis) necessários para a pesquisa e a enriquecer esse quadro conceptual com base no qual vai pesquisar os objectos/acontecimentos que servem de base ao seu estudo;
3. utilizar esse quadro conceptual para atribuir significado aos registos efectuados;
4. utilizar as teorias para reorganizar e transformar os dados em conclusões;
5. interpretar as conclusões com base nas teorias;
6. enriquecer os seus conceitos e aprimorar as suas teorias com base nas observações e conclusões;
7. formular juízos cognitivos e de valor acerca do trabalho efectuado com base nas teorias;
8. etc...

A pesquisa internacional e a sua contribuição

Há já alguns anos que a Teoria da Aprendizagem Significativa e os instrumentos e metodologias nela fundamentados têm vindo a ser trabalhados ao nível da pesquisa educacional e discutidos em encontros internacionais de pesquisadores e de professores. Este facto tem permitido, por um lado, aperfeiçoar, fundamentar e consolidar o seu núcleo duro e, por outro, tem permitido testar a sua aplicabilidade e eficiência e disseminá-la. Não é por acaso que, por exemplo, *Learning how to learn*¹, está traduzido em sete línguas: português, espanhol, italiano, chinês, tailandês, japonês e árabe.

Nos EUA, por exemplo, a investigação com e sobre mapas de conceitos está amplamente documentada. Uma pesquisa na base de dados ERIC² sobre “concept mapping” origina centenas de registos, incluindo dois *digests* específicos sobre mapas de conceitos. Além dos mapas conceptuais

¹. Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. NY: Cambridge University Press.

². <http://www.askeric.org/Eric> [4 Janeiro 2002].

e do V do conhecimento, também outros organizadores gráficos, guiados pela Teoria da Aprendizagem Significativa, como sejam os lab-o-grams, os círculos de conceitos, as redes semânticas, etc.¹, têm sido objecto de pesquisa e desenvolvimento. Nas décadas de 1980 e 1990 decorreram quatro seminários internacionais promovidos por J. D. Novak, onde foram apresentadas investigações de muitos países, estando uma parte substancial das contribuições acessíveis na Internet².

A Teoria da Aprendizagem Significativa tem inspirado trabalhos na área da metacognição, da resolução de problemas, da mudança conceptual, das *misconceptions*, das representações e modelos mentais, da avaliação, da história e da filosofia da ciência, etc., em praticamente todas as disciplinas científicas.

Iremos aqui destacar apenas o trabalho de um grupo alargado de professores a que pertencem os organizadores desta obra. Ele compreende professores das mais variadas áreas e níveis de ensino, que têm vindo a trocar entre si experiências de pesquisa e acção ao longo dos anos. Trata-se de um grupo a que pertencem apenas investigadores e professores dos países ibéricos e ibero-americanos e que, por razões de afinidades linguísticas e culturais, se tornou independente e tem realizado os seus próprios encontros. Esta obra é um dos produtos desses encontros.

Este grupo ibérico e ibero-americano reuniu-se pela primeira vez na Universidade de Cornell, em 1992, onde decorreu o seu 1.º Encontro, na forma de Seminário orientado por J. Novak e Marco Moreira, durante 15 dias. Em 1996 e em 2000 decorreram o segundo e o terceiro encontros do grupo, respectivamente em Espanha e em Portugal. Alguns elementos do grupo estiveram na origem de um programa internacional de doutoramento em ensino das ciências, a decorrer na Universidade de Burgos, e organizado, em colaboração, por esta universidade e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com uma forte componente da Teoria da Aprendizagem Significativa.

¹. Para mais informação, ver <http://www.15degreelab.com> [4 Janeiro 2002].

². <http://www2.ucsc.edu/mlrg/mlrgarticles.html> [4 Janeiro 2002].

Encontros Ibero-Americanos sobre Aprendizagem Significativa

I Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa

O I Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa foi realizado na Universidade de Cornell, Estados Unidos, com o título original de "Seminar on College Teaching for Latin Faculty", de 6 a 17 de Julho de 1992. O Professor Joseph Novak liderou o seminário e foi ajudado nessa tarefa pelo Professor Marco António Moreira. Participaram também como professores outros membros do corpo docente do Departamento de Educação de Cornell, em particular o Professor D. B. Gowin.

O evento foi planificado para professores universitários, de países de língua espanhola ou portuguesa, em qualquer disciplina, com o objectivo de introduzi-los à teoria da aprendizagem significativa e às estratégias instrucionais e metacognitivas conhecidas como mapas conceptuais e diagramas V. A primeira semana foi dedicada à apresentação e discussão da teoria e das estratégias enquanto a segunda foi devotada, em grande parte, à elaboração de projectos individuais. Participaram desse primeiro encontro 34 professores da Argentina, Brasil, Colômbia, Estados Unidos, Guatemala, México, Portugal e Venezuela. Os objectivos foram plenamente atingidos e vários dos projectos elaborados na segunda semana foram efectivamente implementados em sala de aula.

No final do Encontro ficou acertada a apresentação de um relatório, um ano depois, sobre o andamento dos projectos e mais tarde, dois ou três anos após, a organização de um segundo seminário. Este segundo evento acabou por se concretizar cinco anos mais tarde em Burgos, Espanha, com o nome de II Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa.

II Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa

A actividade de investigação desenvolvida no âmbito da teoria da Aprendizagem Significativa e a constituição de grupos de trabalho no período posterior ao Seminário de Cornell determinaram a planificação do 2.º Encontro com um objectivo muito concreto: "Actualizar e rever o desenvolvimento da teoria da aprendizagem significativa através de conferências, apresentação de trabalhos de investigação e oficinas relativas ao tema".

Decorreu no Palácio de Saldañuela de Burgos (Espanha), com a colaboração da Universidade de Burgos e do Conselho de Educação da Junta de Castilla-León, assim como de outras entidades locais. A Comissão Organizadora Internacional foi constituída por Marco António Moreira, coordena-

dor (Brasil), Joseph D. Novak (USA), Concesa Caballero, coordenadora local (Espanha) e Jorge Valadares (Portugal).

O número de participantes foi limitado a 60 para favorecer a possibilidade de debates sobre os trabalhos apresentados. Os participantes provinham de 10 países diferentes (Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Espanha, Portugal, Venezuela, Uruguai, USA). Todas as comunicações-20 no total-tiveram uma apresentação oral seguida de discussão. Foi possível verificar a diversidade de interesses dos grupos de investigação focalizados na teoria da Aprendizagem Significativa, tanto a nível conceptual como de estratégias facilitadoras de aprendizagem.

As conferências, a cargo de J. D. Novak e M. A. Moreira, tiveram como título, respectivamente, "Clarify with concept maps revisited" e "Meaningful learning: a subjacent concept".

Diariamente, decorreu uma oficina de trabalho/workshop, coordenado por D. J. Novak e M. A. Moreira, na qual participaram todos os congressistas. Esta actividade gerou um espaço de interesse para a discussão e debate sobre as comunicações apresentadas nos diversos dias e permitiu analisar aspectos fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa e do seu futuro na investigação educacional.

O Encontro foi avaliado muito positivamente pelos participantes, tendo ficado patente o avanços e a complementaridade das investigações, fazendo sentir a necessária continuidade destes Encontros internacionais.

As conferências e Comunicações estão publicadas nas Actas do Encontro pelo Servicio de Publicaciones da Universidade de Burgos (incorporadas em formato digital no CD do III Encontro).

III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa

Sob a égide da Universidade Aberta, de Lisboa, e do Instituto de Inovação Educacional, o III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa decorreu em Portugal, na cidade de Peniche. A exemplo das duas reuniões anteriores, esta foi particularmente dirigida a pesquisadores e professores dos países ibéricos e ibero-americanos.

Os seus grandes objectivos foram:

- A apresentação e discussão de pesquisas que têm sido efectuadas nos países ibéricos e ibero-americanos acerca da Teoria da Aprendizagem Significativa, e conseqüente troca de experiências entre os pesquisadores.

- A valorização do quadro teórico centrado no conceito de aprendizagem significativa.
- A disseminação desse quadro teórico por professores dos mais diversos graus de ensino de modo a que sejam colhidos os frutos, na prática lectiva, do grande esforço de pesquisa que tem sido produzido para tornar mais significativa a aprendizagem dos conhecimentos nas escolas do ensino básico, secundário e superior.

Devido às restrições impostas pelo espaço e dada a natureza desta reunião houve uma selecção das pré-inscrições acabando por estar presentes e participaram de actividades do Encontro cerca de 100 participantes, dos quais 36 eram portugueses.

Realizaram-se quatro conferências com discussão final, uma em cada um dos dias de trabalho.

No primeiro dia, os participantes com investigação já produzida na área repartiram-se por três grupos de trabalho, onde em cada grupo foi discutido um dos seguintes três temas: um tema relacionado com a avaliação da aprendizagem significativa; outro que se debruçou sobre a exploração de técnicas desenvolvidas para facilitar essa aprendizagem; e outro ainda que discutiu as novas tendências e as perspectivas futuras para a teoria.

Ainda no primeiro dia, os professores que pela primeira vez participavam neste tipo de reuniões e que queriam familiarizar-se com a teoria da aprendizagem significativa repartiram-se por 2 oficinas pedagógicas, uma onde trabalharam com mapas conceptuais e outra onde construíram e discutiram diagramas V. Os elementos destes grupos e das oficinas trabalharam em conjunto ao longo da semana num total de 7 h 30 min. No último dia foram apresentados oralmente, pelos professores coordenadores, relatos e conclusões dos trabalhos realizados.

Foram ainda apresentadas e discutidas dezasseis comunicações orais em sessão plenária, que tinham sido previamente seleccionadas por um grupo de três *referees* de entre as cerca de 70 comunicações apresentadas. As restantes 44 comunicações que também foram aceites pelos *referees* foram apresentadas em poster, afixadas no 1.º dia e retiradas no último, tendo havido um espaço em cada dia para a discussão dos mesmos com os respectivos autores.

Finalmente, ainda foram realizadas duas mesas redondas que tiveram como tema fulcral a teoria da aprendizagem significativa: uma vocacionada para as visões retrospectivas onde se discutiu o passado e o presente da teoria e outra voltada para as visões prospectivas, onde se discutiu o pre-

sente numa perspectiva de futuro e se apontaram linhas de rumo para a investigação.

No último dia, para além da sessão de conclusões e discussão dos trabalhos em grupo, ainda houve uma sessão de conclusões do Encontro.

As principais **conclusões** deste Encontro foram as seguintes:

- A teoria da aprendizagem significativa, apesar de já ter nascido há mais de 30 anos, continua a ser alvo de pesquisa por especialistas das mais variadas formações, com claro predomínio para os de formação em ciências.
- O “núcleo duro” da teoria mantém-se, mas actualmente regista-se um largo reforço proveniente, por um lado, dos estudos epistemológicos construtivistas, e por outro, do influxo de informação oriundo das ciências e tecnologias da cognição.
- Verificou-se que têm predominado as pesquisas por temas específicos, portanto de âmbito restrito, com especial incidência nas áreas do ensino da Física, da Biologia, da Química e da Geologia, embora também tenham surgido pesquisas em outras áreas como as da Geografia, da Informática, das Ciências da Natureza, etc.
- Notou-se um enorme entusiasmo no modo como os professores presentes se envolveram nos trabalhos, e é legítimo esperar que eles sirvam de focos disseminadores daquilo que aprenderam e contagem outros professores para a necessidade de conseguir aprendizagens cada vez mais significativas.

Este terceiro Encontro foi organizado por Jorge Valadares (coordenador), Marco Moreira, Concesa Caballero, Margarida Graça, Filomena Amador, Vitor Teodoro e Hermano Carmo.

Bibliografia essencial, em português, sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa (por ordem alfabética de títulos)

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1998). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano.

Trata-se da tradução portuguesa da obra *Learning how to Learn*, publicada pela Cambridge University Press em 1984. É um livro de consulta indispensável para quem pretende introduzir-se na versão moderna da Teoria da Aprendizagem Significativa.

O 1.º capítulo, *Aprender sobre a Aprendizagem*, fornece-nos uma visão geral do livro. É uma espécie de organizador avançado, no sentido ausube-

liano, que permite ao leitor adquirir subsunçores (ou conceitos integradores) para aprender significativamente o conteúdo seguinte.

O capítulo 2 apresenta uma discussão bastante completa acerca dos mapas conceptuais de Novak, sua construção e utilizações. Dado tratar-se de uma criação de um dos autores, não admira o rigor do discurso bem como os excelentes conselhos de ordem prática que são apresentados. Os professores encontrarão lá excelentes exemplos, além de estratégias (na forma de protocolos) para introduzir os mapas de conceitos para alunos de diversos níveis de escolaridade.

O capítulo 3 é dedicado ao V de Gowin. Pelas razões apontadas a propósito do capítulo anterior, o conteúdo é rigoroso e claro. Mostra-se como o V é um modo simples de levar professores e alunos a dominar a estrutura do conhecimento. Recheado de exemplos de diversas aplicações, em particular ao material de leitura e à planificação das aulas em laboratório, o capítulo revela ao leitor todas as potencialidades do uso do V na aprendizagem da ciência, em particular como um precioso auxiliar de uma pesquisa teórico-experimental bem conduzida e propiciadora de uma aprendizagem bastante significativa. Também contempla uma secção dedicada à classificação de Vs produzidos pelos alunos.

No capítulo 4, os autores debruçam-se sobre a planificação do ensino. Mostram como quer os mapas conceptuais quer o V podem ser utilíssimos nessa tarefa. Uma vez mais surgem exemplos claros como é o caso, que referem, de uma planificação de um curso de preparação de cientistas e engenheiros envolvidos no tratamento de águas residuais.

A avaliação é tratada nos capítulos 5, 6 e 7. O capítulo 5 mostra a importância do V numa avaliação eminentemente formativa (ou mesmo formadora, se quisermos distinguir esta como particularmente vocacionada para a valorização das potencialidades do aluno enquanto ser que tem de construir o seu próprio conhecimento o mais eficazmente possível). As escalas de pontuação que figuram neste capítulo deverão ser entendidas como meras sugestões e o seu maior valor reside no facto de destacarem as características importantes que se apreciam nos mapas conceptuais, como é o caso das ligações cruzadas (*cross links*), por exemplo, por revelarem mecanismos cognitivos de reconciliação integradora de conceitos.

O capítulo 6 versa a utilização do V na avaliação. Mostra-se como os diagramas em V permitem avaliar o rigor e eficiência cognitiva do trabalho experimental dos alunos, bem como o seu nível de compreensão dos conteúdos que aprendem a partir das mais variadas fontes de conhecimento.

O capítulo 7 trata do uso da entrevista na avaliação, particularmente da chamada entrevista clínica ao estilo de Piaget. Os autores mostram através de exemplos como os mapas conceptuais podem servir como auxiliares preciosos na planificação de uma entrevista, na sua condução e na sua avaliação, servindo como fontes primárias de perguntas a incluir e tirando partido do facto de se tratar de instrumentos com base nos quais se detectam facilmente concepções erróneas (*misconceptions*). A terminar o capítulo, há uma secção dedicada ao uso do V na análise das entrevistas.

O 8.º e último capítulo do livro foi escrito pelos autores como um contributo para a necessária melhoria da pesquisa educacional. Aí surge a parada de Vês, como um modo de ilustrar o processo contínuo de construção do conhecimento, e o importante papel de auxílio que o Vê epistemológico pode proporcionar a quem se confronta com a tarefa de planear uma pesquisa em educação. O capítulo foi concebido tendo por base os elementos constitutivos do V do conhecimento, que são ao mesmo tempo os elementos mais importantes de toda a pesquisa educacional.

Novak, J. D. (2000). *Apreender, criar e utilizar o conhecimento, mapas conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e nas empresas*. Lisboa: Plátano.

É a tradução da obra *Learning, creating and using knowledge: Concept maps (TM) as facilitative tools in schools and corporations*, publicada pela editora Lawrence Erlbaum em 1998.

Logo a seguir ao Prefácio, no capítulo 1, o autor proporciona uma visão geral da obra.

No capítulo 2 é discutida a necessidade de uma Teoria da Educação, baseada na aprendizagem significativa. Os cinco elementos fundamentais envolvidos em todo o acto educativo, o formando, o professor, os conhecimentos, o contexto e a avaliação são analisados, bem como as relações entre eles. O capítulo termina com uma secção dedicada à melhoria da investigação educacional e da avaliação.

No capítulo 3 surge a definição de aprendizagem significativa como sendo fundamental para a capacitação do ser humano, bem como o contínuo aprendizagem significativa—aprendizagem mecânica. São analisados os elementos fundamentais de que é formado todo o conhecimento humano, factos, conceitos, proposições e princípios e discutida a natureza da memória humana bem como o papel dos três sistemas de memória humana (memória sensorial, memória de trabalho ou de curto prazo e memória de longo prazo). O autor dá conta de como criou os mapas con-

ceptuais como instrumentos que facilitam a organização do conhecimento e, portanto, a aprendizagem significativa.

No capítulo 4 é tratado com mais pormenor o modo como o ser humano constrói idiossincriticamente os seus significados com base nos conceitos e proposições que integrou previamente na sua estrutura cognitiva e à medida que esta se vai desenvolvendo. São apresentadas as ideias de Piaget acerca do desenvolvimento cognitivo, acompanhadas de estudos recentes que revelam algum desacordo com tais ideias, sem prejuízo da importante papel que os seus trabalhos desempenharam no conhecimento do modo como se desenvolve a aprendizagem das crianças.

O capítulo 5 é dedicado à teoria da assimilação de David Ausubel e o seu desenvolvimento posterior feito com base nos estudos que se têm efectuado sobre a aprendizagem significativa. É discutida a criatividade e a inteligência à luz dos conhecimentos actuais proporcionados por esses estudos.

O capítulo 6 é fortemente epistemológico já que nele são discutidas a natureza e as fontes do conhecimento. Neste capítulo é dada ênfase ao construtivismo baseado no V do Conhecimento e na sequência de Vs ("parada de Vs"), sendo discutidos os seus 12 elementos constituintes, considerados fundamentais na construção de qualquer conhecimento. São também analisadas diversas formas de conhecimento, assim como abordagens para a apreensão e utilização do conhecimento nas escolas e nas empresas.

O capítulo 7 é dedicado à integração do pensamento, sentimentos e acções pelo professor e gestor eficazes, sendo as ideias apresentadas apoiadas na teoria da aprendizagem significativa e no construtivismo (tratados nos dois capítulos anteriores) e consideradas igualmente aplicáveis quer na actividade escolar quer na actividade empresarial pelas semelhanças que apresentam. O papel do professor e gestor eficazes é ilustrado através de alguns exemplos, entre os quais um estudo efectuado pelo autor ao longo de 12 anos acerca da aprendizagem de conceitos. O importante papel dos sentimentos e emoções na aprendizagem escolar e empresarial, em particular o sentimento de confiança e a honestidade, é bem ilustrado. O capítulo termina com uma referência ao trabalho de equipa no mundo empresarial e ao uso de mapas conceptuais e Vês do conhecimento nesse trabalho.

A importância do contexto para a educação escolar e para a gestão das empresas é realçada no capítulo 8, a começar pelo contexto emocional ao qual é dada uma ênfase especial, sem prejuízo de serem igualmente trata-

dos e considerados importantes o contexto físico, o contexto cultural e o contexto organizacional.

No capítulo 9 é tratado um último elemento envolvido na gestão e na educação e que é considerado pelo autor como o mais importante em alguns aspectos, já que poderá condicionar fortemente todos os outros: é o que se prende com a avaliação e a recompensa do desempenho.

São analisadas formas tradicionais de avaliação, como a testagem a par com formas alternativas inspiradas na Teoria da Aprendizagem Significativa.

O 10.º e último capítulo do livro é claramente voltado para o futuro da educação e da gestão e para o modo como poderão ser melhoradas.

Da obra constam ainda dois apêndices. Trata-se de valiosos auxiliares para o ensino do modo de construção de mapas de conceitos e Vês epistemológicos.

Valadares, J., & Graça, M. (1998). *Avaliando para melhorar a aprendizagem*. Lisboa: Plátano.

Este livro procura enfatizar a avaliação formativa voltada para as aprendizagens significativas dos conteúdos, e, como tal, debruça-se um pouco sobre a teoria «standard» da aprendizagem significativa e os instrumentos que nela se baseiam, mas sem descurar também os instrumentos de avaliação tradicionais.

O 1.º capítulo parte de uma análise dos conceitos de educação e de construtivismo ao encontro de uma perspectiva construtivista da aprendizagem significativa baseada na teoria de Ausubel, Novak e Gowin. Termina com a apresentação de duas ferramentas de meta-aprendizagem e das suas potencialidades educativas.

O 2.º capítulo penetra propriamente no tema fundamental do livro: a avaliação. Partindo de uma perspectiva histórica desta, compara três grandes paradigmas que lhe têm estado subjacentes: o behaviorista, o psicométrico e o cognitivista. Passa então a uma definição moderna de avaliação e às suas categorizações.

O capítulo 3 analisa as fases do desenvolvimento de todo o processo avaliativo, a começar na fase de planificação, para passar então à fase de recolha de informação. A propósito desta são passados em revista os mais diversos instrumentos, desde os testes às grelhas de observação, passando pelos mapas conceptuais e diagramas em Vê. São apontadas poten-

cialidades e limitações, regras de construção, etc, tudo alicerçado em muitos exemplos.

Termina com as secções dedicadas à formulação de juízos de valor e tomada de decisões.

O 4.º e último capítulo trata das características fundamentais dos resultados da aplicação dos instrumentos de avaliação, mais propriamente da fiabilidade ou confiabilidade e da validade. A abordagem é essencialmente qualitativa ainda que seja feita uma leve incursão na estatística. Porém houve o cuidado de remeter os formalismos matemáticos para Apêndice.

O livro termina com diversos Apêndices com mais exemplos e com algumas noções essenciais de Estatística.

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (Eds.). (1999). *Ensinando ciência para a compreensão*. Lisboa: Plátano.

É uma tradução da obra *Teaching Science for Understanding* publicada em 1998 pela editora *Academic Press*. Consta de três partes:

- A parte I é dedicada aos fundamentos teóricos e empíricos do construtivismo humano e engloba os três primeiros capítulos.
- A parte II é dedicada às estratégias de intervenção guiadas pela teoria e engloba os 9 capítulos seguintes.
- A última parte é um excelente Epílogo da autoria de Mintzes, Wandersee e Novak.

Segue-se uma breve síntese do que é tratado em cada um dos capítulos.

O 1.º capítulo é uma autobiografia intelectual de Joseph Novak onde este conhecido educador e mentor do construtivismo humano mostra como nele se desenvolveu a paixão pelo estudo da educação científica desde os tempos em que trabalhava como assistente de Botânica e investigador em fisiologia das plantas. Fundamenta a influência que nele desenvolveu a leitura da 1ª edição da obra *Psychology of Meaningful Learning*, de Ausubel (de quem viria a ser co-autor) e mostra como a partir dela se esforçou por desenvolver uma teoria da educação para o enriquecimento do ser humano.

Refere-se também à sua colaboração com o seu colega, professor da universidade de Cornell, Bob Gowin, o criador do Vê do conhecimento, Vê epistemológico ou Vê heurístico. Revela os seus esforços no importante domínio da metaprendizagem e a sua recente incursão na área empresarial

na tentativa de, através do investimento na aprendizagem significativa do conhecimento por parte dos funcionários, tornar as empresas mais inovadoras e, conseqüentemente, mais competitivas na actual sociedade da informação e da comunicação.

O 2.º capítulo, da autoria de Mintzes e Wandersee, é um relato bem circunstanciado da evolução histórica do ensino das ciências nos Estados Unidos da América desde a era pré-Sputnik até à actualidade, com particular destaque para a contribuição de Ausubel, e, mais recentemente, das ciências da cognição, das epistemologias pós-positivistas e do construtivismo humano de Novak.

No 3.º capítulo, os mesmos autores do capítulo anterior começam por revelar e comparar as principais tendências históricas na investigação em educação científica, passando à apologia de novos mecanismos que consideram bastante potentes para uma investigação guiada fundamentalmente pela teoria, como é o caso dos Vês heurísticos, dos mapas conceptuais e das entrevistas clínicas. Os autores apresentam, como exemplo, uma investigação premiada pela sua qualidade nos Estados Unidos da América e terminam o capítulo apontando o rumo futuro da investigação educacional.

A segunda parte da obra inicia-se com o 4.º capítulo, de Jonn Trowbridge e James Wandersee, dedicado aos chamados organizadores gráficos guiados pela teoria. Os autores iniciam o capítulo com a caracterização e classificação desses instrumentos guiados pela teoria, desde os diagramas em espinha de peixe até aos conhecidos diagramas de vectores, a que se segue uma descrição de cada um, com especial destaque para três deles: os círculos de conceitos, os Vês do conhecimento e os mapas de conceitos. A terminar o capítulo, os autores analisam as limitações do uso dos organizadores gráficos e antevêem o seu futuro.

O 5.º capítulo é dedicado ao papel importante da metacognição na mudança conceptual. Os autores, Richard F. Gunstone e Ian J. Mitchell, preconizam um novo ensino da ciência baseado na metacognição. Eles referem-se, a seguir, às seguintes estratégias de ensino: Prever-Observar-Explicar (POE), Mapas de Conceitos e Diagramas Relacionais (ou de Venn). Apresentam depois, como exemplo da aplicação destas estratégias, um esboço muito claro de uma sequência de ensino em que se recorre a essas estratégias. Terminam por se referir à natureza das aulas nas quais estas estratégias são usadas, e por uma síntese sobre a introdução destas estratégias.

O 6.º capítulo, escrito por Joseph Nussbaum, centra-se numa área onde diversos pesquisadores em educação investem actualmente, na interface

ente a História e a Filosofia da Ciência e o Ensino construtivista desta. O autor recorre ao exemplo do ensino da teoria das partículas (também chamada teoria corpuscular), começando, após uma introdução, por comparar quatro abordagens sugeridas por pesquisadores para esse ensino. A seguir, pretende mostrar como o estudo das ideias relevantes da História e Filosofia da Ciência pode contribuir para uma boa estratégia para o ensino construtivista da teoria das partículas, ao nível do 7.º ano de escolaridade.

O tema do 7.º capítulo são as analogias, a que tantas vezes se recorre no ensino da ciência. A autora, Zoubeida R. Dagher, trata de modo claro alguns modelos de uso de analogias científicas na sala de aula: o GMAT (*General Model of Analogy Teaching*), o TWA (*Teaching With Analogies*), o Modelo das Analogias de Aproximação, o Modelo das Analogias Múltiplas, etc. A autora termina o capítulo com algumas considerações de ordem prática.

O 8.º capítulo é um estudo, numa perspectiva actual e futura, de três grandes aplicações do computador no ensino das ciências: os MBLs (*Micro-computer-based Laboratories*), as simulações computacionais e o recurso à Internet/*World Wide Web*. A autoria do estudo é de dois especialistas na matéria: Ron Good e Carl Berger.

O 9.º capítulo trata do uso do hipermédia para representar a compreensão emergente dos estudantes e foi escrito por três professores: Michele W. Spitulnik, Carla Zembal-Saul e Joseph S. Krajcik. Nele os autores procedem à apresentação de dois casos de construção de objectos através do hipermédia: um numa turma de Química do Ensino Secundário e outro num curso de professores estagiários.

A aprendizagem cooperativa em trabalho de grupo é o importante tema do 10.º capítulo. M. Gail Jones e Glenda Carter abordam temas tão importantes como as razões do trabalho em grupo, tentando fundamentá-lo nas perspectivas teóricas de Piaget e Vygotsky (obviamente com maior relevância para este último). O papel das interacções verbais, da partilha de metáforas e analogias, do uso de ferramentas adequadas e das experiências prévias, o conflito cognitivo e a mudança conceptual pretendida são analisados.

O 11.º capítulo centra-se, tal como o 6.º, na interface ente a História e a Filosofia da Ciência e o Ensino construtivista desta. James Wandersee e Linda Roach, após discutirem o significado da designação "Natureza da Ciência" e o papel desta no ensino actual, apresentam-nos uma técnica de ensino introduzida pelo primeiro autor numa Conferência de 1989 e que consiste na construção de vinhetas históricas interactivas. Indicam-nos as

perspectivas que se abrem a esta técnica e dão-nos conta da reacção de professores e estudantes já envolvidos no seu uso.

No 12.º e último capítulo antes do Apêndice já referido, Eleanor Abrahms discute o debate da ciência e a sua construção na sala de aula. Apresenta alguns elementos que considera importantes para a compreensão dos conteúdos científicos nas aulas pré-universitárias. Alguns projectos dos "alunos como cientistas", inquiridos aos alunos e a necessidade de comunicação com o mundo exterior à escola são temas tratados pela autora.

Moreira, M. A., & Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceptuais e os Vê epistemológicos*. Lisboa: Plátano.

Trata-se de um pequeno livro (114 páginas), que proporciona uma abordagem muito rigorosa a quem pretende iniciar-se na teoria da aprendizagem significativa e, fundamentalmente, em dois instrumentos facilitadores da aprendizagem dos alunos que tal teoria proporcionou.

O livro tem duas partes, a primeira constituída pelos quatro primeiros capítulos que são dedicados ao mapa de conceitos e a segunda constituída pelo 5.º e último capítulo dedicado ao Vê epistemológico.

Apresenta além disso dois apêndices, contendo o primeiro exemplos adicionais de mapas conceptuais e o segundo diversos exemplos adicionais de diagramas em Vê.

O 1.º capítulo inicia-se com a introdução imediata dos mapas conceptuais, a que se segue a sua fundamentação teórica, com ideias gerais da Teoria da Aprendizagem Significativa. O capítulo termina com a apresentação de um modelo para elaborar mapas conceptuais.

No 2.º capítulo os autores mostram como se podem explorar mapas conceptuais para melhorar o ensino, ilustrando a exposição com vários exemplos. São apresentadas algumas vantagens e desvantagens do uso desses instrumentos.

O 3.º capítulo é dedicado à utilização dos mapas conceptuais na avaliação da aprendizagem, também com base em diversos exemplos.

O 4.º capítulo, último da primeira parte, trata do uso dos mapas conceptuais na análise e no planeamento do currículo, apresentando exemplos de diferentes disciplinas.

Finalmente, o capítulo da segunda parte apresenta ao leitor o Vê epistemológico, também conhecido por Vê heurístico, Vê do conhecimento ou Vê

Introdução

de Gowin. É destacada a sua importância para a análise do currículo, para a avaliação da aprendizagem e para um ensino voltado para a aprendizagem significativa, revelando-se assim como uma nova ferramenta com características muito próprias e ricas potencialidades.

Marco Moreira, Jorge Valadares, Concesa Caballero, Vitor Teodoro
Lisboa, Outubro de 2001

Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies (LIPHs) leading to empowerment of learners¹

Joseph D. Novak
jdn2@gte.net
Cornell University

Abstract

The construction of meanings by learners requires that they actively seek to integrate new knowledge with knowledge already in cognitive structure. Ausubel's (1963, 1968) assimilation theory of cognitive learning has been shown to be effective in guiding research and instructional design to facilitate meaningful learning. Gowin's (1981) Vee heuristic has been employed effectively to aid teachers and students in understanding the constructed nature of knowledge. Concept mapping has been used effectively to aid meaningful learning with resulting modification of student's knowledge structures. When these knowledge structures are limited or faulty in some way, they may be referred to as Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies (LIPH's). Conceptual change requires meaningful learning to modify LIPH's. World-wide economic changes are forcing major changes in business and industry placing a premium on the power and value of knowledge and new knowledge production. These changes require changes in school and university education that centers on the nature and power of meaningful learning. New computer tools are available to facilitate teaching activities targeted at modifying LIPH's, and aiding meaningful learning in general.

¹. First presented as the opening lecture of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Cornell University, Ithaca, NY, August 1, 1993. Modified and presented at the III International Seminar on Meaningful Learning, Lisbon, Portugal, September, 2000.

The Construction of Meanings

It is now almost universally accepted among those who study human learning that humans begin construction of meanings at birth and rapidly accelerate the process as they gain the capacity to use language to code meanings for events and objects around them. It is also almost universally accepted that some of the meanings constructed are faulty or limited and this can distort or impede new meaning construction (See for example Bransford, Brown, and Cocking (eds.), 1999). What is not agreed upon is *why* these faulty constructions arise, and *how* we can facilitate the construction of valid meanings and the reconstruction of faulty or invalid meanings. There have been four international seminars at Cornell University where research on student misconceptions and instructional strategies that fail, and some that may succeed in remediating student misconceptions. The Proceedings for these seminars are available electronically (<http://www.mlrg.org>).

We must pause to address the question: What are meanings? Since 1964, my graduate students and I, and many scholars around the world who have been receptive to our work, have built upon the ideas of David Ausubel. In his *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (1963) and later *Educational Psychology; A Cognitive View* (1968, and in his forthcoming, *The Acquisition and Retention of Knowledge*), Ausubel has made the clear distinction between *rote* learning where new knowledge is arbitrarily and non-substantively incorporated into cognitive structure (or we might say now, into long term memory, LTM), and *meaningful* learning where the learner chooses conscientiously to *integrate* new knowledge to knowledge that the learner already possesses. Young (pre-school) children are marvelously adept at meaningful learning, but upon entering formal schooling, too often with overwhelming emphasis on rote memorization and verbatim recall of answers for tests, most learners move to predominantly patterns of rote learning. Most Cornell University students achieve their high grade point averages by rote learning—which they do very well (Edmondson, 1989). Unfortunately, most of this “knowledge” soon becomes irretrievable from long term memory, and even if recalled, seldom can the learner utilize the knowledge in new contexts, as in novel problem solving. Thus much of this high “achievement” is really fraudulent or inauthentic (Edmondson and Novak 1992).

The Construction of Knowledge

If meaningful learning involves substantive, non-arbitrary incorporation of concepts and propositions into cognitive structure, we must ask: What is a

Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies (LIPs) leading to empowerment of learners

concept, what is a *proposition* and what is *cognitive structure*? Here we must move from psychology to epistemology, the study of knowledge and new knowledge production. Our research group has relied strongly upon the work of Gowin, who has devoted his career to the study of epistemology in the context of education. Gowin has devised a marvelous heuristic shaped as a V. The shape is arbitrary but it serves to give emphasis and distinction to a number of important epistemological elements that are involved in the construction of new knowledge, or new meanings. Figure 1 shows the general form of Gowin's Knowledge Vee, with definitions of the

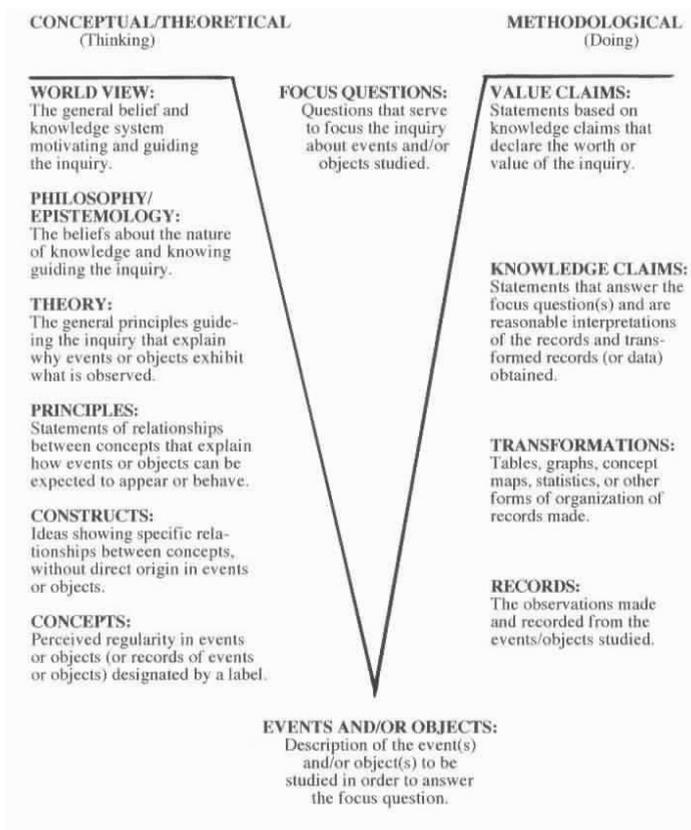


Figure 1. Gowin's Vee showing twelve epistemological elements operating in the construction of knowledge or in an analysis of a unit of knowledge. All elements interact with one another and the process of knowledge construction can be initiated from any element, but most commonly from the focus question and event(s) or object(s) of interest.

12 epistemological elements and Figure 2 shows an example of a math problem as depicted through the Vee.

At the "point" of the Vee are the events or objects we are trying to understand. On the left side are those epistemological elements we bring to the study (our conceptual/theoretical framework) and on the right side are the procedural activities we do guided by our conceptual/theoretical framework. In the center is(are) the focus question(s) that frame the inquiry and guide the interplay of all 12 elements as the inquiry proceeds. Meaning making proceeds when a new regularity is perceived in events or

Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies (LIPs) leading to empowerment of learners

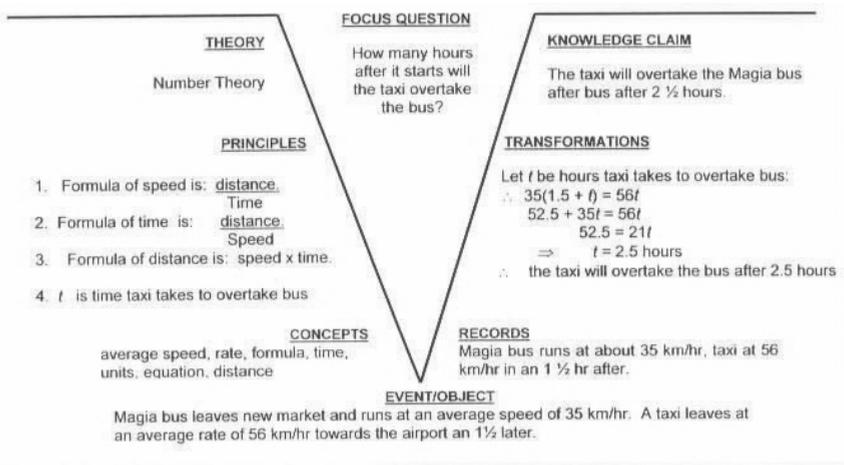


Figure 2. An example of Gowin's Vee drawn by a secondary school student to represent a textbook problem (From Fuata'i, 1998, p. 69). Students were not asked to include philosophy or world view or value claims.

objects, or records of events or objects, leading to concept formation and/or the construction of new propositions. With young children, concept formation is a relatively autonomous event, albeit adults and older children may help to focus the child's attention on key criterial attributes of some regularity and supply language labels for the regularity (the concept label). By age three, children can use language to construct new meanings of regularities observed and to acquire new concepts, even relatively abstract concepts such as hot, slow, and love. Of course, all concepts are an abstraction, a representation of reality in our minds, not the reality itself.

The Construction of Concept/Propositional Frameworks

Concepts are combined to form statements or *propositions*. Knowledge stored in our brain consists of networks of concepts and propositions. The *meaning* of concepts derives from the totality of propositions linked to any given concept, plus emotional connotations associated with these concepts, derivative in part from the experiences and context of learning during which the concepts were acquired. It is this composite source of meanings, constructed idiosyncratically by the learner, that accounts for what some authors call *situated cognition* (Brown, Collins, & Duguid, 1989). However,

these authors fail to emphasize those characteristics inherent to all meaningful learning of which the types they describe are only special cases.

Piaget popularized the clinical interview as a means to probe children's cognitive processes that they use to interpret events. We adapted his approach to serve a significantly different purpose, namely to identify the concept and propositional frameworks that people use to explain events. From these interviews we devised the technique of *concept mapping* to represent the interviewer's knowledge (Novak and Gowin, 1984, Chapter 7; Novak and Musonda, 1991). Figure 3 shows a concept map of my ideas on the nature of concept maps. Figures 4 and 5 show concept maps drawn from interviews with two second grade school students and interviews with the same students 10 years later. Note the great differences in development of their development of understanding of the particulate nature of matter. These students were part of a 12-year longitudinal study of science concept development, further discussed below.

Early concept learning tends to be context imbedded and highly meaningful. By contrast, much school learning involves the rote learning of concept definitions or statements of principles without opportunities to observe the relevant events or objects, and without careful integration of new concept and proposition meanings into their existing knowledge frameworks. This rote, arbitrary acquisition of knowledge is encouraged by

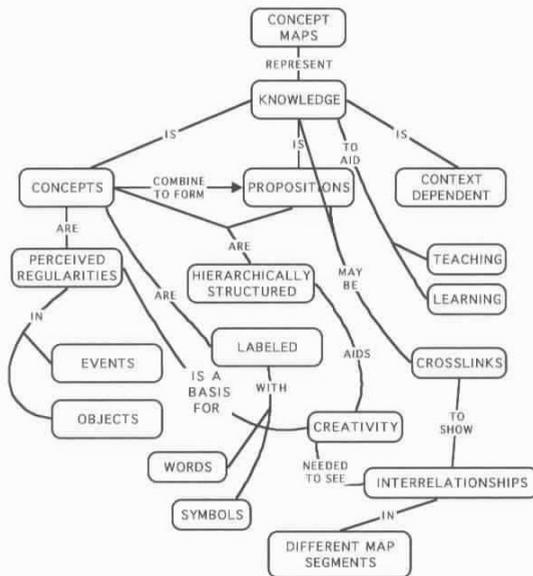


Figure 3. A concept map showing the nature and structure of concept maps.

sics students showed no significant variance due to scores on Raven's Progressive Matrices Test (a measure of innate ability), but highly significant differences (ANOVA $F = 480$) between students doing concept mapping when compared with students doing more traditional problem sets (Bacones and Novak, 1985). After carefully designed and executed eighth grade science lessons on the particulate nature of matter, students evidenced a greater number and variety of misconceptions than scientifically accepted conceptions (Bartow, 1981).

What is clearly evident from the studies cited above and hundreds of other studies such as those reported at our International Seminars on misconceptions (to download proceedings electronically use this address: <http://www.mlrg.org>) is that facilitating student's acquisition of powerful and valid conceptual frameworks is not easy. There are innumerable ways to go wrong and no set of instructional strategies that are foolproof. This, of course, is to be expected because we know that meaning building is an idiosyncratic event, involving not only unique concept and propositional frameworks of the learners, but also varying approaches to learning and varying emotional predispositions. The challenge is how to help teachers, directly or vicariously, help students construct and reconstruct their individual conceptual frameworks and their attitudes toward science and mathematics in ways that will lead to increasing cognitive competence.

There was much discussion at the 1983 International Seminar on the proper label to apply to these cognitive problems researchers have called misconceptions, alternative conceptions, naive notions, pre-scientific notions, etc. Each of these labels has merit, but each also is limited in its description of the origin of the problem, the historical antecedents of the conception and/or the role these conceptions play in the thinking of the individual or the society that holds the belief. I proposed then (Novak, 1983) that we consider an acronym LIPH as a fresh label for these conceptions, representing the idea that problems arise from the Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies possessed by the individual. Now, 17 years later and hundreds of relevant research studies later, I am even more persuaded that the LIPH label is appropriate and powerful. It recognizes that we cannot simply ask learners to expunge a faulty concept meaning they have in their mind and substitute the currently valid label and definition. It recognizes that rote learning is ineffective in reconstructing cognitive frameworks, thus "removing misconceptions" and supplanting them with valid conceptions. It also recognizes that only the learner can choose to learn meaningfully and to consciously and deliberately reconstruct his/her cognitive framework. What is required is often the reconstruction of a

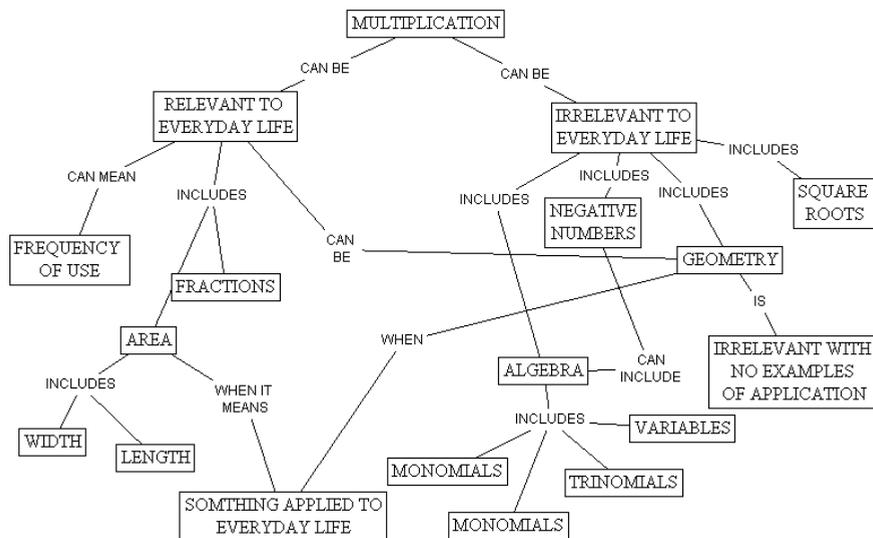


Figure 6. A concept map drawn by a college student showing her conception of multiplication. She does not have an integration of ideas from geometry with multiplication concepts (From Schmittau, 1991).

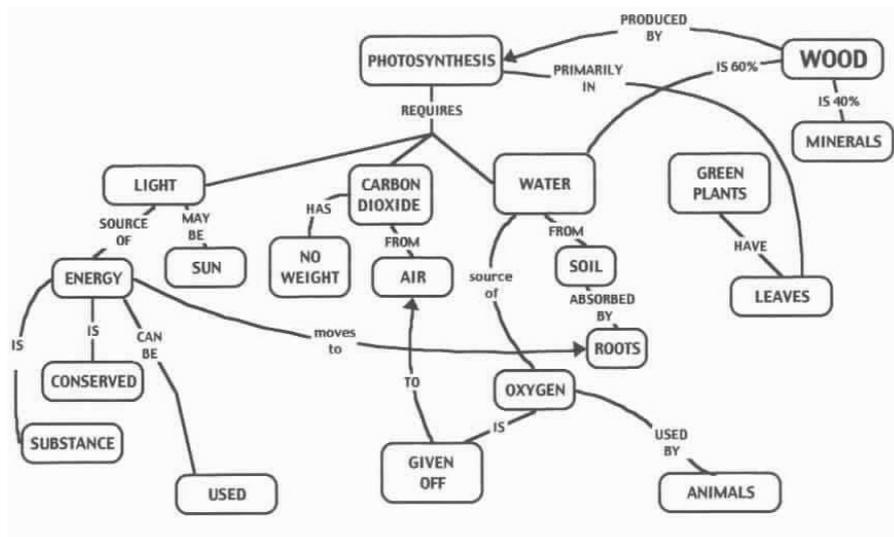


Figure 7. Concept map drawn from an interview with Jon after instruction on photosynthesis in 8th grade science. Note that he still believes most of the weight of wood comes from the soil, not from carbon dioxide which he thinks has no weight.

significant segment of the learner's concept and propositional framework, and we see in some of the above figures that this does not occur easily even with meticulous instructional effort.

There is one advantage to rote learning: because new information is *not* integrated with existing concepts and propositions in the learner's cognitive structure, misconceptions the learner holds do not operate to distort the new learning. Hence the learner can respond to oral or written questions that are "correct", at least for the few days or weeks that information learned by rote is retained in cognitive structure. This can be satisfying to both teachers and students. However, no constructive modification of LIPH's can occur.

Why Meaningful Learning is Essential to Remediate LIPH's

As indicated earlier, the construction of new meanings requires that an individual seeks to integrate new knowledge with existing relevant concepts and propositions in their cognitive structure. Only the learner can *choose* to do this, so one of the obstacles to alterations of misconceptions or LIPH's is that learners who *choose* to learn by rote will not modify their existing knowledge structures regardless of the efforts of the text or instructor. Thus a precondition for remediating a given LIPH is that learners must choose meaningful learning, at least to some degree. There is, of course, a continuum from choosing to learn strictly by rote to that of choosing to seek to varying degrees some integration of new knowledge with existing knowledge. This is shown in Figure 8. Furthermore, high levels of meaningful learning require that the learner already possess a relatively sophisticated relevant knowledge structure, so in most cases, remediation of LIPHs will be an iterative process where the learner gradually builds relevant know structures and refines these over time.

During the course of remediation of LIPHs, four processes may be necessary. *Progressive differentiation* of existing concept and propositional meanings may occur through the process of *subsumption*. In subsumption new exemplars of concepts or proposition are linked with existing concepts and propositions thus refining and elaborating the meaning of these. For example, elaboration of the concept of fish may entail study of additional representatives of this concept, perhaps including some examples of non-fish such as eels. Another process occurs more rarely, where several concepts are recognized as subconcepts of some more inclusive concept or proposition, and this is known as *superordinate* learning. For example, fishes, birds and mammals may be recognized all as types of *vertebrates*

with bony backbones. Superordinate concepts are relatively few in number in any knowledge domain, so most learning is usually subsumptive learning. Superordinate learning normally contributes significantly to development of cognitive structure, and this characterizes the knowledge of experts (Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Pendley, Bretz & Novak, 1994; Novak & Iuli, 1995). Finally, *integrative reconciliation* may be required, or the form of meaningful learning where concepts or propositions in two different knowledge domains are seen as clearly similar and related, or clearly different and unrelated. Following along the lines of the above examples, when whales and sea lions are recognized as similar to and related to other mammals, and different from and not closely related to fishes, a form of integrative reconciliation occurs. Another example that often causes trouble in physics is the confusion of the meaning of *work* in everyday usage with the meaning of *work* in physics. A man holding up a heavy ceiling tile is doing no work in physics, but to the lay person he appears to be working very hard!

Since the meaning for any concept is framed by the set of propositions in which that concept is embedded, and also the stability and affective connotations of that set, the entire relevant cognitive framework for a given concept or proposition must undergo some restructuring. This may require repeated incidents of some or all of the above described forms of meaningful learning. It is no wonder, then, why misconceptions or LIPs are so difficult to remediate with conventional instruction, and why some of these persist for the life of a person.

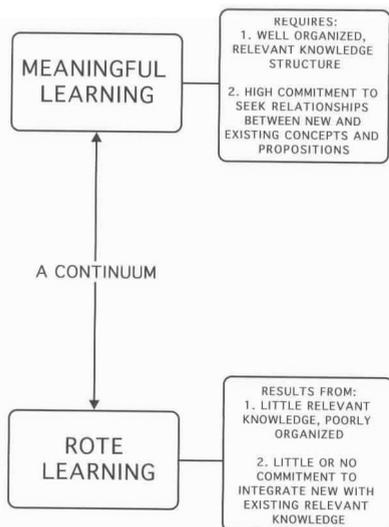


Figure 7. Meaningful learning occurs on a continuum, depending on the quantity and quality of relevant knowledge possessed by the learner and the degree of her/his effort to integrate new knowledge with existing relevant knowledge.

Helping Students to Learn Meaningfully

For almost two decades, we have been developing ways to apply the concept map tool to help teachers help students “learn how to learn”. For 16 years we have also employed the Vee heuristic to help students and teachers understand better how to “unpack” knowledge in documents in biology (Waterman and Rissler, 1986) and mathematics (Fuata’i, 1998), and to construct knowledge (Novak, 1979; Novak and Gowin, 1984). Our research and the research of others have shown that these tools can be effective in facilitation of meaningful learning (Novak, 1990; Novak and Wandersee, 1990; Mintzes, Wandersee, & Novak, 1998; Mintzes, Wandersee, & Novak, 2000). These studies have shown that it is not easy to move science and mathematics instruction from the traditional approaches emphasizing rote memorization to patterns where meaningful learning predominates. The tools are no panacea or “magic bullet”, but they can be effective. Concept maps are now appearing in many science books and Vee diagrams are beginning to appear. Mathematics instruction has moved much more slowly toward the use of learning tools, but they can be effective in this field as well (Fuata’i, 1985; 1998). Figure 9 shows a concept map prepared by a secondary school student in Western Samoa. The real test of the effectiveness of these tools would require school settings where the tools are used in multiple subjects and for a succession of years, but to date I am not aware of schools or colleges where this is being done. Indeed, it is a rare school where the overwhelming and explicit commitment of teachers and administrators is to meaningful learning. Most schools remain a mix of tra-

ditional rote learning activities and various efforts by enlightened teachers to emphasize meaningful learning.

Conceptual Change

The issue of how individuals change their conceptual ideas has been much discussed in the past decade. Posner, Strike, Hewson and Gertzog (1982) proposed a theory of conceptual change that has been widely quoted. Instructional strategies and evaluation studies based on this theory have generally shown mixed success. This has led Strike and Posner (1992) to critique their original theory and to propose revisions. Their theory derives from epistemological foundations, especially the work of Kuhn (1970) and Toulmin (1972), drawing parallels from conceptual (or paradigm) change to changes in an individual's "conceptual ecology". Chi (1994) has developed another model to explain problems in acquisition of valid concepts that emphasizes that a specific class of *constructs*, namely those that are invented by scientists and involve dynamic interactions of several underlying components. She sees "electrical current" and "evolution" as examples of these constructs.

From my perspective, the more fundamental issue is how an individual acquires knowledge and I see the epistemology of knowledge construction more parsimoniously explained by Ausubel's assimilation theory of learning, as described above (Novak, 1993a; 1998). Obviously, all knowledge constructed in a discipline is first constructed in some individual's cognitive

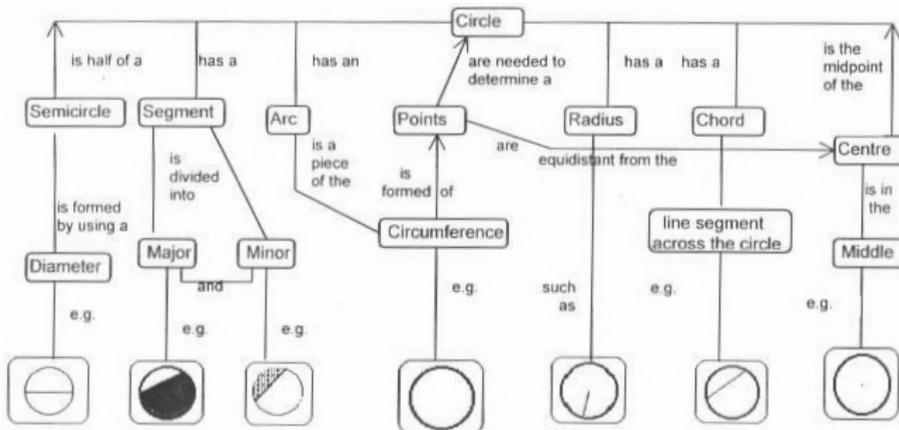


Figure 8. One of the best concept maps prepared by a student from the textbook section dealing with circles (From Fuata'i, 1998, p 68).

structure. To understand how knowledge is constructed in any field, it is therefore essential to understand how human beings construct knowledge. To understand how an individual constructs his or her conceptual frameworks, we need to understand the psychology underlying human meaning making.

What becomes central to “conceptual change” from my perspective is the necessity for *meaningful learning* to occur. This is in principle a simple task, but in practice it may be profoundly difficult. When one is dealing with secondary or tertiary students who have had years of experience with science and mathematics instruction and evaluation that encourages rote memorization of definitions or problem-solving algorithms, it is not easy to get these students to reconsider and revise their learning to meaningful learning strategies. The learning types that must occur were described in the previous sections. In fact, this task is typically so difficult that I believe the research evidence suggests the use of learning tools such as concept maps and Vee diagrams are *essential* to achieve high levels of meaningful learning by a high percentage of students. The fundamental challenge to “conceptual change teaching” is therefore to help learner’s understand how they must choose to modify their concept and propositional hierarchies and to provide instruction that is “conceptually transparent” to the learners (Novak, 1992). Changing their “conceptual ecology” requires that the learner recognize explicit ways where their concept/propositional frameworks are limited, inappropriate or poorly organized into hierarchies. When this is done, a single learning episode, using concept maps prepared by the learner, can result in restructuring of a student’s LIPH and stable alteration of the conceptual framework (Feldsine, 1983). Reconstruction of LIPH’s requires negotiation of meanings between students and teachers. It is a social as well as a personal reconstruction.

In our 12-year longitudinal study of concept development, we observed cases (e.g., Paul in Figure 5) where enormous improvements occurred in the student’s understanding of the particulate nature of matter, and other cases (e.g., Martha in Figure 4) where from grade 2 to grade 12, no improvement was evidenced even though the students took similar numbers of science courses. Based on the nature of Paul’s responses to the interviews, he was obviously committed to meaningful learning in science, whereas Martha was obviously a rote learner, memorizing as best she could and recalling bits and pieces of knowledge, but not forming a well organized conceptual framework. Notice how she added the concept of *dissolve* to her knowledge structure, but it was not properly integrated with other related concepts. She also now thinks that matter is made of something else besi-

des molecules, probably confusing atoms and not integrating this concept with molecules. Furthermore, she thinks molecules expand with heat and become bigger and lighter. Her failure meaningfully to integrate new concepts presented in her science classes with her earlier knowledge has resulted in more misconceptions or LIPH's than she had in grade two, and no greater over-all cognitive complexity.

The long-term impact on learning science when high quality, audio-tutorial, science lessons were provided in only grades one and two was remarkable (Novak and Musonda, 1991). Figure 10 shows the differences in valid and invalid conceptions evidenced in interviews over the span of school years for those students who engaged in the audio-tutorial in grades one and two lessons (experimental, Instructed group) compared with those who had only ordinary school science experiences (the control, Uninstructed group). These kinds of data suggest a very optimistic picture regarding the potential effectiveness of science instruction when deliberate and explicit efforts are made to provide instruction that has clear and explicit linkage between the events students are manipulating and observing and instruction in the conceptual ideas necessary to construct the concept and propositional hierarchies necessary for valid scientific understanding of these events. Schmittau has shown (1994) that similar results can be obtained in mathematics.

In recent years, the Private Universe Project (PUP), based at Harvard University, has prepared a number of video tapes showing how graduates of Harvard, MIT, and other leading institutions have many of the same science misconceptions observed with children. The powerful videotape created earlier PUP, showing that 21 out of 23 Harvard graduates, alumni and faculty could not explain why we have seasons, has already been seen by thousands of teachers and lay persons, illustrating the enormous failure of science instruction, even with Harvard graduates. The new videotapes developed by the PUP will surely contribute to an awareness of the conceptual problems that arise as a result of ineffective science education.

It may be audacious to say this, but I think we know in principle *why* learning in sciences and mathematics is so ineffectual for most students and how to remediate this problem. What we lack is the commitment, resources and the political strategies to change schooling in the direction that requires uncompromising commitment to meaningful learning for all students in all subject matter fields. Perhaps some smaller countries will be the first to mobilize their political and educational resources to effect the changes needed to achieve meaningful learning for all students at all ages.

Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies (LIPs) leading to empowerment of learners

I am impressed, for example, with the leadership in Spain and Thailand to move in this direction.

A Theory of Education

During my graduate studies at Minnesota in the 1950's, I was employed as a teaching and research assistant in the Botany Department but majored in science education. I was captivated by the way theory guided work in sciences—and by the absence of viable theory in education. It seemed to me then that it should be possible to construct theories that could serve to guide education and I began what has been a 40-year effort to do this. It

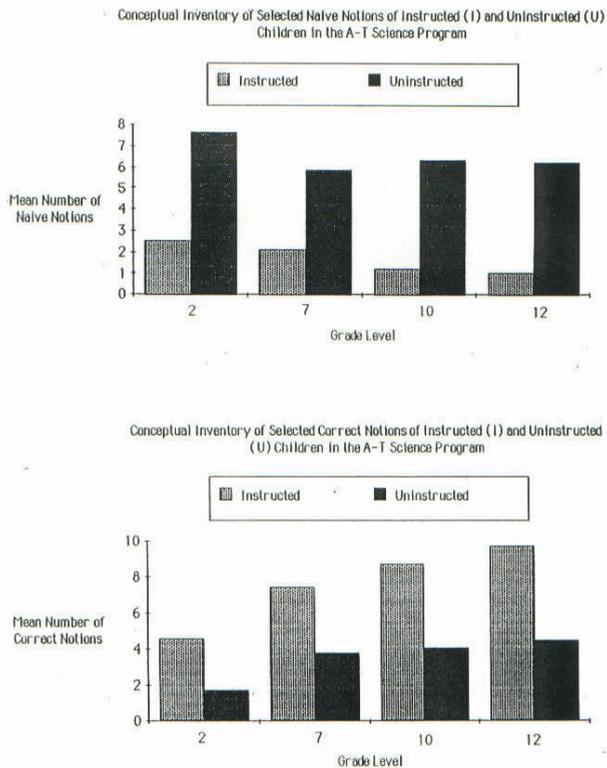


Figure 9. Students receiving audio-tutorial instruction in basic science concepts in grade one and two (ages 6-8), show more valid notions and fewer invalid notions than students who did not receive this instruction throughout their school years, compared with students who did not receive this instruction (See Novak & Musonda, 1991; Novak, 1998, figure 7, 8).

was evident to me that a viable theory of education needed to be based on a theory of human learning, but all that was available in my studies in psychology was behavioral psychology that seemed inappropriate to me. When Ausubel's (1963) work came to my attention in his *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, our research group moved rapidly to apply his assimilation theory to our studies. Assimilation theory became a cornerstone in my efforts to construct a theory of education (Ausubel, Novak and Hanesian, 1978; Novak, 1993b). Searching for a philosophical foundation for education, I was impressed first with Conant's (1947) *On Understanding Science* and subsequently with Kuhn's (1962) *Structure of Scientific Revolutions*. But it was Toulmin's (1972) *Human Understand* book that presented ideas I saw as most congruent with assimilation theory. Building on Ausubel, Toulmin and Schwab's (1973) work, my first effort to put forth *A Theory of Education* was published in 1977.

Now, 23 years later with dozens more M.S. and Ph.D. studies based on my theory and Gowin's (1981) *Educating* completed, the general outlines of the theory put forward in 1977 remain viable and productive. However, I have sought better to integrate affective ideas and social learning ideas into the theory. What is emerging is a theory of education that can be stated as follows:

Meaningful Learning Underlies the Constructive Integration of Thinking, Feeling, and Acting Leading to Human Empowerment for Commitment and Responsibility.

Discussion of this theory is beyond the scope of this paper, but it is available in my recent book, *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative tools in Schools and Corporations* (Novak, 1998).

The Promise of New Technology

When we first began making concept maps in the early 1970's, our only available technology was paper and pens. Though this was at times tedious, it nevertheless allowed us to refine methods for using this tool both in research and in teaching. Later Minnesota Mining and Manufacturing corporation's "Postits" helped in that they allowed us to place concepts and/or linking words on Posits and to move these around relatively easily as maps were structured and refined. We still use Postits in group or individual work when other technology is not available. However, we now have very good computer software to use for map construction and also some beta stage software for sharing maps and propositions in maps. This software was developed at the University of West Florida as can be downloaded free to non-profit use at <http://cmap.coginst.uwf.edu>.

Figure 11 shows a concept map we have done in cooperation with NASA- Ames Research Center. Note that this map contains icons that can be clicked to obtain other resources include sub-concept maps giving greater details, texts, photos, videos, URL's, or any other resources that can be stored or transmitted electronically. Figure 12 shows a sub-concept map for Space Missions, which in turn has icons for other resources. These concept maps will be used as the indexing structure for a new CD-ROM to be released soon by NASA. The CD will also contain software for making concept maps, so this CD may help to show how learning tools can be incorporated instructional materials to facilitate meaningful learning.

The Institute for Human and Machine (IHMC) cognition had previously developed software that allows students to share propositions in their con-

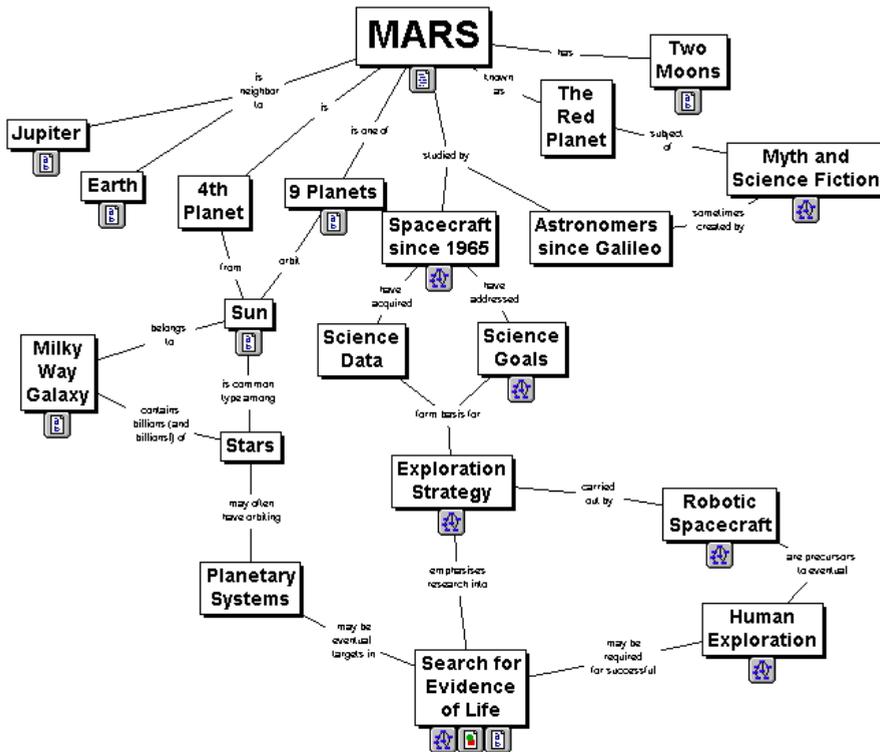


Figure 10. A concept map used to route users through the new CD-ROM on Mars 2000. This is the "home page" that not only shows and overview of the content of the CD but also shows how concepts presented are related. The icons on the bottom of some concepts can be clicked to access other information, including subordinate concept maps, text, photos, videos, and URL's.

cept maps with an electronic “knowledge soup”. Once a student submits one or more propositions to the “soup”, she/he can see all related propositions in the soup and may choose to add some of these to her/his concept maps. The propositions remain anonymous, but they can be challenged by any student, leading to a lively dialog about the validity of a whole family of related propositions on any subject matter. The software was used successfully in seven Latin American countries, and many of the schools in the original project continue to use the software (Canas, Ford, Novak, Hayes, & Reichherzer; in review). New, improved software for concept mapping is now available, and an improved “knowledge soup” software should be available soon from IHMC.

There is also coming on line now new devices that permit high speed data transfer over conventional phone lines at very low cost. We are currently planning projects that will make the IHMC software available to students and teachers in large geographic areas, crating the possibility for knowledge sharing by students and teachers in and disciplines, both in individual classrooms and over large geographic areas. For example, we hope to make materials available to all students in Hawaii, and the State legislature has already approved 100 million in bonds to buy the hardware and software needed to effect a project similar to that done in Latin Ameri-

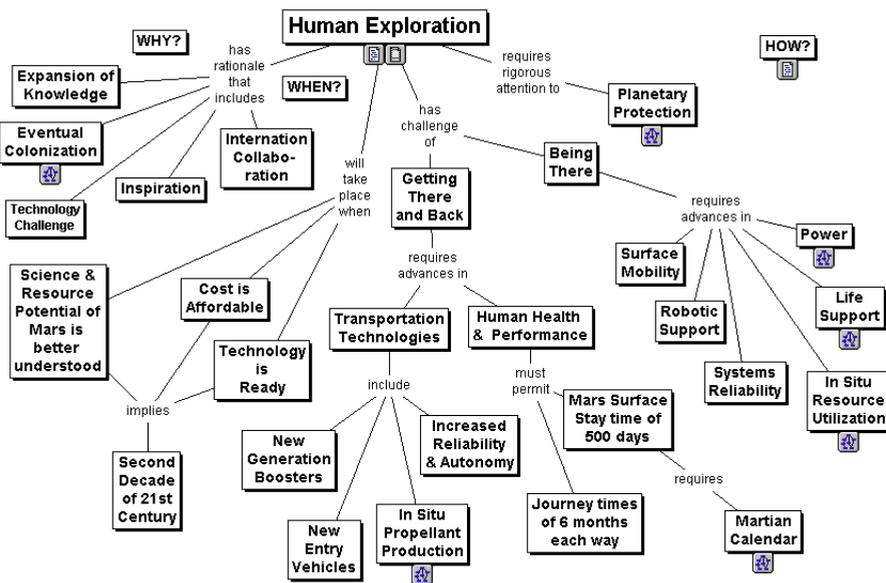


Figure 11. A subordinate map that can be accessed from the map in Figure 11.

can, but with much more powerful tools and teacher training support. There remain a number of political and practical problems that need to be solved to bring the Hawaii project to fruition.

If the Hawaii project can be developed as now projected, it could serve as a model for revolutionizing education. The enormous advantages of using software and access to knowledge at almost no cost to the users can fuel the kind of dramatic educational change that has never been possible before. It could also be feasible for third world countries that could never afford the kind of expensive, but limited effectiveness, educational practices we now see dominant in the developed countries. As we move forward in this Twenty-first Century, we may finally begin to see the promise of technology, so long little more than a dream, slowly but surely becoming a reality.

References

- Ausubel, D. P., 1963, *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. P., 1968, *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P, in press. *The Acquisition and Retention of Knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. and Hanesian, H., 1978, *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston. Reprinted 1986, New York: Werbel & Peck.
- Bartow, Stuart T., 1981, *Misconceptions in Science Concept Learning*. Unpublished MS Thesis, Cornell University, Ithaca, NY.
- Bascones, Jeanette, and Novak, J.D., 1985, Alternative Instructional Systems and the Development of Problem-Solving Skills in Physics. *European Journal of Science education* 7(3):253-261.
- Brown, A., Collins, A., & Duguid, p. 1989. Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Canas, Alberto, Ford, K., Novak, J., Hayes, P., Reichherzer, (in review). *The Science Teacher*.
- Chi, Michelene T.H., 1994, Barriers to Conceptual Change in Learning Science Concepts: A Theoretical Conjecture. *Proceedings of the Fifteenth Annual Cognitive Science Society Conference, Boulder, CO*.

Edmondson, Katherine, 1989, *The Influence of Student's Conceptions of Scientific Knowledge and their Orientations to Learning on their Choices of Learning Strategy in a College Introductory Level Biology Course*. Unpublished Ph.D. Thesis, Cornell University.

Edmondson, Katherine, and Novak, J.D., 1992, *Toward an Authentic of Science in Science Education*. vol.1 (253-263) Kingston, Canada: Queen's U. Faculty of Education & The Mathematics, Science, Technology & Teacher Education Group.

Feldsine, John N., 1983, *Concept Mapping: A Method for Detection of Possible Student Misconceptions*. In Helm, Hugh and Joseph D. Novak, *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, NY, Department of Education, Cornell University.

Fuata'i, Karoline A., 1985, *Use of Vee Maps and Concept Maps in Learning Form Five Mathematics*. Unpublished M.S. Thesis, Cornell University.

Fuata'i, Karoline A. 1998. *Learning to Solve Mathematics Problems Through Concept Mapping and Vee Mapping*. Apia, Samoa: The National University.

Gowin, D. B., 1981, *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Hassard, Jack, 1992, *Minds on Science*. New York: Harper Collins.

Helm, Hugh and Novak, J.D., Eds., 1983, *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Department of education, Cornell University, Ithaca, NY.

Mintzes, J., Wandersee, J and Novak, J.D.(2000). *Assessing Science Understanding*. San Diego, CA: Academic Press

Mintzes, J., Wandersee, J and Novak, J.D.(1998) *Teaching Science for Understanding*. San Diego, CA: Academic Press

Novak, J. D., & Richard I. Iuli. 1995. Meaningful learning as the foundation for constructivist epistemology. In F. Finley, D. Allchin, D. Rhees, & S. Fifi-eld (eds.), *Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference Vol. 2* (pp. 873-896). Minneapolis: U. Of Minnesota.

Kuhn, T. S., 1962, 1970, *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

Novak, J. D., 1977, *A Theory of Education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Novak, J.D., 1979, Applying Psychology and Philosophy to the Improvement of Laboratory Teaching. *The American Biology Teacher* 41(8):466-474.

Novak, J.D., 1983, Overview of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics. In Hugh Helm and Joseph D. Novak

(eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 1-4)

Novak, J.D., 1992, Clarify With Concept Maps. *The Science Teacher*, 58(7): 45-49.

Novak, J.D.,1990, Concept Maps and Vee Diagrams: Two Metacognitive Tools for Science and Mathematics Education. *Instructional Science* 19:29-52.

Novak, J.D.,1993, How do we learn our lesson. *The Science Teacher* 60(3):51-55.

Novak, J. D., 1993a, Human Constructivism: A Unification of Psychological and Epistemological Phenomena in Meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6:167-193.

Novak, J. D., 1994, A View on the Current Status of Ausubel's Assimilation Theory of Learning. *CADMO: Giornale Italiano di Pedagogia, Sperimentale, Didattica, Docimologia, Tecnologia dell'instruzione*,) 2(4):7-23.

Novak, Joseph D. 1998. *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative tools in Schools and Corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum and Associates.

Novak, J. D. and Gowin, D. B., 1984, *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.

Novak, J. D. and Musonda, D., 1991, A Twelve-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *American Educational Research Journal*, 28(1):117-153.

Novak, J.D. and Wandersee, James H. (eds.),1990, Special Issue: Concept Mapping. *Journal of Research in Science Teaching* 27(10):921-1075.

Pendley, Bradford, Richard L. Bretz, & Joseph D. Novak. (1994) Concept maps as a tool to assess instruction in chemistry. *Journal of Chemical Education* 70(1):9-15.

Posner, George J., Kenneth A. Strike, Peter W. Hewson and William A. Gertzog,1982, *Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change Science Education*, 66(2): 211-227.

Schmittau, Jean,1991, A Theory Driven Inquiry into the Conceptual Structure of Multiplication. *Focus on Learning Problems in Mathematics* 13(4):50-64, Fall.

Schmittau, Jean, 1994, Connecting Mathematical Knowledge: A Dialectical Perspective. *Journal of Mathematics Behavior*.

Strike, Kenneth and Posner, George J., 1992, a Revisionist Theory of Conceptual Change. In Richard A. Duschl and Richard J. Hamilton (Eds.), *Philo-*

sophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice. Albany: State University of NY Press, 147-176.

Toulmin, Stephen, 1972, *Human Understanding*, vol. I. Princeton: Princeton University Press.

Schwab, J.,1973, The Practical 3: Translation into Curriculum. *School Review* 81(4):501-522.

Waterman, Margaret A. and Jane F. Rissler,1982, Use of Scientific Research Reports to Develop Higher-Level Cognitive Skills. *Journal of College Science Teaching* pp.336-340.

Aprendizagem significativa crítica (critical meaningful learning)¹

Marco António Moreira

moreira@if.ufrgs.br

Instituto de Física da UFRGS, Brasil

We can, after all, learn only in relation to what we already know. Again, contrary to common misconceptions, this means that, if we don't know very much, our capability for learning is not very great. This idea—virtually by itself—requires a major revision in most of the metaphors that shape schools policies and procedures (Postman and Weingartner, 1969, p. 62).

Abstract

Relying upon ideas developed mainly by Neil Postman and Charles Weingartner (1969) in their book *Teaching as a subversive activity* and also on some thoughts expressed by Postman in his recent books (*Technopoly*, 1993) and *The End of Education* (1996), my argument in this paper is that, in these times of drastic and rapid changes, learning should not only be meaningful but also subversively meaningful. My point is that *subversive meaningful learning* is a necessary strategy for survival in contemporary society. However, the term *critical meaningful learning* might be a more appropriate label for the kind of subversion I am referring to. Of course, I am very much in debt with Weingartner and Postman for relying on their ideas and thoughts, but as they say we are all perceptors. Thus, what is in this paper is my perception of their ideas and thoughts translated into my representation on how meaningful learning could be subversive.

Introdução

No último capítulo de seu livro *Teaching as a subversive activity*, Postman e Weingartner, diziam, em 1969, que embora devesse preparar o aluno

¹. Esta conferência está dedicada a Rita, Maria del Carmen, Rafael, Ester, Marta, Susana, Sonia, Evelyse, Ana, Consuelo, Rodrigo, Luís, Margarida Neves, Maria Jesús, Beatriz, Margarida Graça, Carlos, Silvia, Vicky, Maite, doutorandos do 1.º grupo do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Espanha.

para viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores, tecnologias, a escola ainda se ocupava de ensinar conceitos fora de foco, dos quais os mais óbvios eram (op. cit. p. 217):

1. O conceito de "verdade" absoluta, fixa, imutável, em particular desde uma perspectiva polarizadora do tipo boa ou má.
2. O conceito de certeza. Existe sempre uma e somente uma resposta "certa", e é absolutamente "certa".
3. O conceito de entidade isolada, ou seja, "A" é simplesmente "A", e ponto final, de uma vez por todas.
4. O conceito de estados e "coisas" fixos, com a concepção implícita de que quando se sabe o nome se entende a "coisa".
5. O conceito de causalidade simples, única, mecânica; a idéia de que cada efeito é o resultado de uma só, facilmente identificável, causa.
6. O conceito de que diferenças existem somente em formas paralelas e opostas: bom-ruim, certo-errado, sim-não, curto-comprido, para cima-para baixo, etc.
7. O conceito de que o conhecimento é "transmitido", que emana de uma autoridade superior, e deve ser aceito sem questionamento.

Concluem, então, dizendo que seria difícil imaginar qualquer tipo de educação menos confiável para preparar os alunos para um futuro drasticamente em transformação, do que aquela que promovesse conceitos e atitudes como esses da lista. Dessa educação, resultariam personalidades passivas, aquiescentes, dogmáticas, intolerantes, autoritárias, inflexíveis e conservadoras que resistiriam à mudança para manter intacta a ilusão da certeza (ibid.)

Ao contrário, as estratégias intelectuais de sobrevivência nessa época de energia nuclear e de viagens espaciais dependeriam de conceitos como *relatividade, probabilidade, incerteza, função, causalidade múltipla* (ou não-causalidade), *relações não-simétricas, graus de diferença e incongruência* (ou diferença simultaneamente apropriada). Tais conceitos deveriam ser promovidos por uma educação que objetivasse um novo tipo de pessoa, com personalidade inquisitiva, flexível, criativa, inovadora, tolerante e liberal que pudesse enfrentar a incerteza e a ambigüidade sem se perder, e que construísse novos e viáveis significados para encarar as ameaçadoras mudanças ambientais. Todos esses conceitos constituiriam a dinâmica de um processo de busca, questionamento e construção de significativos que poderia ser chamado de "aprender a aprender" (ibid.)

Isso foi há mais de 30 anos quando a chegada do homem à lua e a chamada era nuclear simbolizavam grandes mudanças. Hoje, tais mudanças parecem até pequenas frente às que nos atropelam diariamente. A educação, no entanto, continua a promover vários dos conceitos que Postman e

Weingartner criticavam e classificavam como fora de foco. Ainda se ensinam “verdades”, respostas “certas”, entidades isoladas, causas simples e identificáveis, estados e “coisas” fixos, diferenças somente dicotômicas. E ainda se “transmite” o conhecimento, desestimulando o questionamento. O discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o “aprender a aprender” que permitirá à pessoa lidar frutiferamente com a mudança, e sobreviver.

Ao invés de ajudar os alunos a construir significados para conceitos como *relatividade, probabilidade, incerteza, sistema, função, assimetria, causalidade múltipla, graus de diferença, representações, modelos*, a educação agregou novos conceitos fora de foco à lista de Postman e Weingartner. Por exemplo:

1. O conceito de informação como algo necessário e bom; quanto mais informação, melhor, estamos em plena era da informação.
2. O conceito de idolatria tecnológica; a tecnologia é boa para o homem e está necessariamente associada ao progresso e à qualidade de vida.
3. O conceito de consumidor cômico de seus direitos; quanto mais consumir melhor, quanto mais objetos desnecessários comprar melhor, mas deve fazer valer seus direitos de consumidor.

A escola, por exemplo, ainda transmite a ilusão da certeza, mas procura atualizar-se tecnologicamente, competir com outros mecanismos de difusão da informação e, talvez não abertamente, ou inadvertidamente, preparar o aluno para a sociedade do consumo. Tudo fora de foco.

Mas qual seria o foco? Qual seria a saída?

Parafraseando Postman e Weingartner, talvez a “*Aprendizagem significativa como atividade subversiva*”. Mas a subversão a qual me refiro é, sobretudo, uma postura crítica, como estratégia de sobrevivência na sociedade contemporânea. Logo, a saída poderia ser a *aprendizagem significativa crítica*.

Aprendizagem significativa crítica

Sabemos que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade (ver, por exemplo, Moreira, 1999, 2000).

Sabemos, também, que o conhecimento prévio é, isoladamente, a variável que mais influencia a aprendizagem. Em última análise, só podemos

aprender a partir daquilo que já conhecemos. Ausubel já nos chamava atenção para isso em 1963. Hoje, todos reconhecemos que nossa mente é conservadora, aprendemos a partir do que já temos em nossa estrutura cognitiva.

Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento.

Além de saber o que é aprendizagem significativa, conhecemos princípios programáticos facilitadores—como a *diferenciação progressiva*, a *reconciliação integradora*, a *organização seqüencial* e a *consolidação* (Ausubel et al. 1978, 1980, 1983)—e algumas estratégias facilitadoras—como os *organizadores prévios*, os *mapas conceituais* e os *diagramas V* (Novak e Gowin, 1984, 1988, 1996; Moreira e Buchweitz, 1993).

Outro aspecto fundamental da aprendizagem significativa, também de nosso conhecimento, é que o aprendiz deve apresentar uma pré-disposição para aprender. Ou seja, para aprender significativamente, o aluno tem que manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não arbitrária e não literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo (Gowin, 1981).

Mas se já sabemos o que é aprendizagem significativa, quais são as condições para que ocorra e como facilitá-la em sala de aula, o que falta a nós professores para que possamos promovê-la como uma atividade crítica?

Na verdade, nos falta muito. A começar pela questão da predisposição para aprender. Como provocá-la? Muito mais do que motivação, o que está em jogo é a relevância do novo conhecimento para o aluno. Como levá-lo a perceber como relevante o conhecimento que queremos que construa?

Talvez devêssemos primeiro questionar nosso conceito de conhecimento. Mas antes é preciso esclarecer o que está sendo entendido aqui como *aprendizagem crítica*: *é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela*. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que

não está mais sendo captada pelo grupo. É esse o significado subversivo para Postman e Weingartner (op. cit. p. 4), mas enquanto eles se ocupam do ensino subversivo, prefiro pensar mais em aprendizagem subversiva e creio que a aprendizagem significativa crítica pode subjazer a esse tipo de subversão. É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a idéia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente.

Creio que somente a aprendizagem significativa crítica pode, subversivamente, subjazer à educação de pessoas com essas características. O ensino subversivo de Postman e Weingartner somente será subversivo se resultar em aprendizagem significativa crítica.

A facilitação da aprendizagem significativa crítica

Analogamente aos princípios programáticos de Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa, serão aqui propostos alguns princípios, idéias ou estratégias facilitadores da aprendizagem significativa crítica, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner, porém de maneira bem menos radical. Tudo que será proposto a seguir me parece viável de ser implementado em sala de aula e, ao mesmo tempo, crítico (subversivo) em relação ao que normalmente nela ocorre.

1. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. A interação social é indispensável para a concretização de um episódio de ensino. Tal episódio ocorre quando professor e aluno compartilham significados em relação aos materiais educativos do currículo (Gowin, 1981). O compartilhar significados resulta da negociação de significados entre aluno e professor. Mas essa negociação deve envolver uma permanente troca de perguntas ao invés de respostas. Como dizem Postman e Weingartner *"o conhecimento não está nos livros à espera de que alguém venha a aprendê-lo; o conhecimento é produzido em resposta a perguntas; todo novo conhecimento resulta de novas perguntas, muitas vezes novas perguntas sobre velhas perguntas"* (op. cit. p. 23).

Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Ao contrário, um ensino centrado na interação entre professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica. Como sugerem os autores em foco: “*Uma vez que se aprende a formular perguntas—relevantes, apropriadas e substantivas—aprende-se a aprender e ninguém mais pode impedir-nos de aprendermos o que quisermos*” (ibid).

O que mais pode um professor fazer por seus alunos do que ensinar-lhes a perguntar, se está aí a fonte do conhecimento humano?

Quando o aluno formula uma pergunta relevante, apropriada e substantiva, ele utiliza seu conhecimento prévio de maneira não-arbitrária e não-literal, e isso é evidência de aprendizagem significativa. Quando aprende a formular esse tipo de questões sistematicamente, a evidência é de aprendizagem significativa crítica. Uma aprendizagem libertadora, crítica, detectora de bobagens, idiotices, enganações, irrelevâncias. Consideremos, por exemplo, a propalada disponibilidade de informações na *Internet*. Ora, na *Internet* qualquer um disponibiliza a informação que bem entender. Para utilizar essa enorme disponibilidade de informação é preciso estar munido daquilo que Postman e Weingartner chamam de *detector de lixo (crap detector)* e que me parece ser uma decorrência imediata da aprendizagem significativa crítica. Esse tipo de aprendizagem também permitirá detectar, por exemplo, as falsas verdades e dicotomias, as causalidades ingênuas. Claro que a aprendizagem significativa crítica não decorre só de aprender a perguntar, pois aí estaríamos caindo exatamente no que criticamos, i.e., na causalidade simples, facilmente identificável. Há outros princípios facilitadores dessa aprendizagem.

2. Princípio da não centralidade do livro de texto. Uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. O livro de texto simboliza aquela autoridade de onde “emana” o conhecimento. Professores e alunos se apóiam em demasia no livro de texto. Parece, como dizem Postman e Weingartner, que o conhecimento está ali à espera de que o aluno venha a aprendê-lo, sem questionamento. Artigos científicos, contos, poesias, crônicas relatos, obras de arte e tantos outros materiais representam muito melhor a produção do conhecimento humano. São maneiras de documentar de maneira compacta o conhecimento produzido. Descompactá-lo para fins instrucionais implica questionamento: Qual é o fenômeno de interesse? Qual é a pergunta básica que se tentou responder? Quais são os conceitos envolvidos? Qual é a metodologia? Qual é o conhecimento

produzido? Qual é o valor desse conhecimento? Estas perguntas foram propostas por Gowin, em 1981 (p. 88). Seu conhecido Vê epistemológico (op. cit; Moreira e Buchweitz, 1993) é uma forma diagramática de responder tais questões. Os mapas conceituais de Novak (1998, 2000; Moreira e Buchweitz, 1993) são também úteis na análise de conhecimentos documentados em materiais instrucionais.

A utilização de materiais diversificados, e cuidadosamente selecionados, ao invés da “centralização” em livros de texto é também um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica. Educação para a diversidade é uma das narrativas defendidas por Neil Postman em seu livro mais recente—*The end of education: Redefining the value of school* (1996)—para dar um fim à educação na escola. Aqui estou defendendo a diversidade de materiais instrucionais em substituição ao livro de texto, tão estimulador da aprendizagem mecânica, tão transmissor de verdades, certezas, entidades isoladas (em capítulos!), tão “seguro” para professores e alunos. Não se trata, propriamente, de banir da escola o livro didático, mas de considerá-lo apenas um dentre vários materiais educativos.

3. Princípio do aprendiz como perceptor/representador. Muitas práticas escolares têm sido criticadas por considerarem os alunos como *receptores* da matéria de ensino. Na teoria da aprendizagem significativa argumenta-se que a aprendizagem receptiva, i.e., aquela em que o novo conhecimento é recebido pelo aprendiz, sem necessidade de descobri-lo, é o mecanismo humano por excelência para assimilar (reconstruir internamente) a informação (Ausubel et al., 1978, 1980, 1983; Ausubel, 2000), porém ela não implica passividade; ao contrário, é um processo dinâmico de interação, diferenciação e integração entre conhecimentos novos e pré-existentes. Mas a questão não é essa, pelo menos no momento atual. A questão é que o aprendiz é um perceptor/representador, i.e., ele percebe o mundo e o representa. Quer dizer, tudo que o aluno recebe ele percebe. Portanto, a discussão sobre a recepção é inócua, o importante é a percepção. E o que se percebe é, em grande parte, função de percepções prévias. Parafraseando Ausubel, poder-se-ia dizer que, se fosse possível isolar um único fator como o que mais influencia a percepção, dir-se-ia que seria a percepção prévia. Em outras palavras, o perceptor decide como representar em sua mente um objeto ou um estado de coisas do mundo e toma essa decisão baseado naquilo que sua experiência passada (i.e., percepções anteriores) sugere que irá “funcionar” para ele.

Uma das suposições básicas da Psicologia Cognitiva é a de que seres humanos não captam o mundo diretamente, eles o *representam* internamente. Johnson-Laird (1983), por exemplo, diz que essas pessoas cons-

tróem *modelos mentais*, i.e., análogos estruturais de estados de coisas do mundo. A fonte primária para a construção de tais modelos é a percepção e seu compromisso essencial é a funcionalidade para o construtor (perceptor). Isso significa que é improvável que mudemos nossos modelos mentais, com os quais representamos o mundo a menos que deixem de ser funcionais para nós. Mas isso é o mesmo que dizer que é improvável que alteremos nossas percepções a menos que frustrem nossas tentativas de fazer algo a partir delas. É também o mesmo que dizer que não modificaremos nossas percepções, independentemente de quantas vezes nos disserem que estamos “errados”, se elas “funcionam” para nós, i.e., se alcançam nossos objetivos representacionais. Por outro lado, isso não significa que necessariamente alteraremos nossos modelos (percepções) se eles não forem funcionais, mas sim que temos disponível a alternativa de mudar nossas percepções. Nesse sentido, a capacidade de aprender poderia ser interpretada como a capacidade de abandonar percepções inadequadas e desenvolver novas e mais funcionais (Postman e Weingartner, 1969, p. 90).

A idéia de percepção/representação nos traz a noção de que o que “vemos” é produto do que acreditamos “estar lá” no mundo. Vemos as coisas não como elas são, mas como nós somos. Sempre que dissermos que uma coisa “é”, ela não é. Em termos de ensino, isso significa que o professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos em um dado momento. Mais ainda, como as percepções dos alunos vêm de suas percepções prévias, as quais são únicas, cada um deles perceberá de maneira única o que lhe for ensinado. Acrescente-se a isso o fato que o professor é também um perceptor e o que ensina é fruto de suas percepções. Quer dizer, a comunicação só será possível na medida em que dois perceptores, professor e aluno no caso, buscarem perceber de maneira semelhante os materiais educativos do currículo. Isso nos corrobora a importância da interação pessoal e do questionamento na facilitação da aprendizagem significativa.

Certamente, a idéia de que a aprendizagem significativa é idiossincrática não é nova, mas considerar o aprendiz como um perceptor/representador ao invés de um receptor é um enfoque atual que vem da Psicologia Cognitiva contemporânea que não é a Psicologia Educacional de Ausubel e que nos explicita, de maneira gritante, a inutilidade de ensinar respostas certas, verdades absolutas, dicotomias, simetrias, localizações exatas, se o que queremos promover é a aprendizagem significativa crítica que pode ser entendida aqui como a capacidade de perceber a relatividade das respostas e das verdades, as diferenças difusas, as probabilidades dos esta-

dos, a complexidade das causas, a informação desnecessária, o consumismo, a tecnologia e a tecnofilia. A aprendizagem significativa crítica implica a percepção crítica e só pode ser facilitada se o aluno for, de fato, tratado como um *perceptor* do mundo e, portanto, do que lhe for ensinado, e a partir daí um *representador* do mundo, e do que lhe ensinamos.

A percepção, no entanto, é em grande parte, muito mais do que se pensava, função das categorias lingüísticas disponíveis ao perceptor (op. cit., p. 91). Isso nos leva a outro princípio, o da linguagem.

4. Princípio do conhecimento como linguagem. *A linguagem está longe de ser neutra no processo de perceber, bem como no processo de avaliar nossas percepções. Estamos acostumados a pensar que a linguagem "expressa" nosso pensamento e que ela "reflete" o que vemos. Contudo, esta crença é ingênua e simplista, a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas nossas tentativas de perceber a realidade (ibid., p. 99).*

Cada linguagem, tanto em termos de seu léxico como de sua estrutura, representa uma maneira singular de perceber a realidade. Praticamente tudo o que chamamos de "conhecimento" é linguagem. Isso significa que a chave da compreensão de um "conhecimento", ou de um "conteúdo" é conhecer sua linguagem. Uma "disciplina" é uma maneira de ver o mundo, um modo de conhecer, e tudo o que é conhecido nessa "disciplina" é inseparável dos símbolos (tipicamente palavras) em que é codificado o conhecimento nela produzido. Ensinar Biologia, Matemática, História, Física, Literatura ou qualquer outra "matéria" é, em última análise, ensinar uma linguagem, um jeito de falar e, conseqüentemente, um modo de ver o mundo (op. cit. p. 102).

Claro está que aprender uma nova linguagem implica novas possibilidades de percepção. A tão propalada ciência é uma extensão, um refinamento, da habilidade humana de perceber o mundo. Aprendê-la implica aprender sua linguagem e, em conseqüência, falar e pensar diferentemente sobre o mundo.

Novamente, entra aqui a idéia de uma aprendizagem significativa crítica. Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, não só palavras—outros signos, instrumentos e procedimentos também—mas principalmente palavras, de maneira substantiva e não-arbitrária. Aprendê-la de maneira crítica é perceber essa nova linguagem como uma nova maneira de perceber o mundo. O ensino deve buscar a facilitação dessa aprendizagem e, aí, entra a cena o *princípio da interação social e*

do questionamento: a aprendizagem da nova linguagem é mediada pelo intercâmbio de significados, pela clarificação de significados, enfim, pela negociação de significados que é feita através da linguagem humana. *Não existe nada entre seres humanos que não seja instigado, negociado, esclarecido, ou mistificado pela linguagem, incluindo nossas tentativas de adquirir conhecimento* (Postman, 1996, p. 123). A linguagem é a mediadora de toda a percepção humana. O que percebemos é inseparável de como falamos sobre o que abstraímos.

5. Princípio da consciência semântica. Este princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica implica várias conscientizações. A primeira delas, e talvez a mais importante de todas, é tomar consciência de que *o significado está nas pessoas, não nas palavras*. Sejam quais forem os significados que tenham as palavras, eles foram atribuídos a elas pelas pessoas. Contudo, as pessoas não podem dar às palavras significados que estejam além de sua experiência. Observa-se aí, outra vez, a importância do conhecimento prévio, i.e., dos significados prévios na aquisição de novos significados. Quando o aprendiz não tem condições, ou não quer, atribuir significados às palavras, a aprendizagem é mecânica, não significativa.

A segunda conscientização necessária, e muito relacionada à primeira, é a de que as palavras não são aquilo ao qual elas ostensivamente se referem. Quer dizer, *a palavra não é coisa* (Postman e Weingartner, 1969, p. 106). Sempre que dissermos que uma coisa é, ela não é. A palavra significa a coisa, representa a coisa.

É preciso, também, ter consciência de que é variável a correspondência entre palavras e referentes verificáveis, ou seja, há níveis de abstração variáveis. Algumas palavras são mais abstratas ou gerais, outras são mais concretas ou específicas. Relacionado com isto está o que se pode chamar de *direção do significado*: com palavras cada vez mais abstratas ou gerais (i.e., cada vez mais distantes de referentes variáveis), a direção do significado é de fora para dentro, i.e., mais intensional (interna), subjetiva, pessoal; com palavras cada vez mais concretas e específicas (i.e., com referentes cada vez mais facilmente verificáveis), a direção do significado vai de dentro para fora, i.e., mais extensional, objetiva, social. Significados intensionais, subjetivos, pessoais, são ditos *conotativos*; significados extensionais, objetivos, sociais são considerados *denotativos* (op. cit, p. 107).

Outro tipo de consciência semântica necessária à aprendizagem significativa é o de que, ao usarmos palavras para nomear as coisas, é preciso

não deixar de perceber que os significados das palavras mudam. O mundo está permanentemente mudando, mas a utilização de nomes para as coisas tende a “fixar” o que é nomeado. Quer dizer, *a linguagem tem um certo efeito fotográfico*. Com as palavras tiramos “fotos” das coisas. Estas “fotos” tendem a dificultar a percepção da mudança. Tendemos a continuar “vendo” a mesma coisa na medida em que damos um nome a ela. Algo similar ocorre quando usamos nomes para classes de coisas: é dificultada a percepção de diferenças individuais entre membros da classe nomeada. Por exemplo, quando usamos o nome “adolescente” para uma determinada classe de indivíduos, tendemos a percebê-los como se fossem todos iguais. O preconceito é uma manifestação comum da falta desse tipo de consciência semântica. A supersimplificação, ou seja, a atribuição de uma única causa a problemas complexos também o é (op. cit., p. 109).

O princípio da consciência semântica, embora abstrato, é muito importante para o ensino e aprendizagem. Talvez seja mais fácil falar em significados. Como diz Gowin (1981), um episódio de ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados sobre os materiais educativos do currículo. Para aprender de maneira significativa, o aluno deve relacionar, de maneira não-arbitrária e não-literal, à sua estrutura prévia de significados aqueles que captou dos materiais potencialmente significativos do currículo. Mas nesse processo, professor e aluno devem ter consciência semântica (i.e., o significado está nas pessoas, as palavras significam as coisas em distintos níveis de abstração, o significado tem direção, há significados conotativos e denotativos, os significados mudam). No ensino, o que se busca, ou o que se consegue, é compartilhar significados denotativos a respeito da matéria de ensino, mas a aprendizagem significativa tem como condição a atribuição de significados conotativos, idiossincráticos (é isso que significa incorporação não-literal do novo conhecimento à estrutura cognitiva). Porém, na medida em que o aprendiz desenvolver aquilo que chamamos de consciência semântica, a aprendizagem poderá ser significativa e crítica, pois, por exemplo, não cairá na armadilha da causalidade simples, não acreditará que as respostas tem que ser necessariamente certas ou erradas, ou que as decisões são sempre do tipo sim ou não. Ao contrário, o indivíduo que aprendeu significativamente dessa maneira, pensará em escolhas ao invés de decisões dicotômicas, em complexidade de causas ao invés de supersimplificações, em graus de certeza ao invés de certo ou errado.

6. Princípio da aprendizagem pelo erro. É preciso não confundir aprendizagem pelo erro com o conceito de aprendizagem por ensaio-e-erro, cujo significado é geralmente pejorativo. Na medida em que

o conhecimento prévio é o fator determinante da aprendizagem significativa, ela, automaticamente, deixa de ser o processo errático e ateuórico que caracteriza a aprendizagem por ensaio-e-erro. A idéia aqui é a de que o ser humano erra o tempo todo. É da natureza humana errar. O homem aprende corrigindo seus erros. Não há nada errado em errar. Errado é pensar que a certeza existe, que a verdade é absoluta, que o conhecimento é permanente.

O conhecimento humano é limitado e construído através da superação do erro. O método científico, por exemplo, é a correção sistemática do erro. Basta dar uma olhada na história da ciência. Claro, *sabemos coisas, mas muito do que sabemos está errado, e o que o substituirá poderá também estar errado. Mesmo aquilo que é certo e parece não necessitar correção é limitado em escopo e aplicabilidade* (Postman, 1996, p. 69).

O conhecimento individual é também construído superando erros. Por exemplo, a moderna teoria dos modelos mentais (Johnson-Laird, 1983; Moreira, 1996) supõe que quando compreendemos algo (no sentido de ser capaz de descrever, explicar e fazer previsões) é porque construímos um modelo mental desse algo. Mas a característica fundamental do modelo mental é a recursividade, ou seja, a capacidade de auto-correção decorrente do erro, da não funcionalidade do modelo para seu construtor. Quer dizer, construímos um modelo mental inicial e o corrigimos, recursivamente, até que alcance uma funcionalidade que nos satisfaça.

A escola, no entanto, pune o erro e busca promover a aprendizagem de fatos, leis, conceitos, teorias, como verdades duradouras. (Professores e livros de texto ajudam muito nessa tarefa.) Parece *nonsense*, mas a escola simplesmente ignora o erro como mecanismo humano, por excelência, para construir o conhecimento. Para ela, ocupar-se dos erros daqueles que pensavam ter descoberto fatos importantes e verdades duradouras é perda de tempo. Ao fazer isso, ela dá ao aluno a idéia de que o conhecimento que é correto, ou definitivo, é o conhecimento que temos hoje do mundo real, quando, na verdade, ele é provisório, ou seja, errado.

Nessa escola, os professores são contadores de verdades e os livros estão cheios de verdades. Postman (1996, p. 120), no entanto, sugeriria outra metáfora: professores como *detectores de erros* que tentassem ajudar seus alunos a reduzir erros em seus conhecimentos e habilidades. Quer dizer, tais professores buscariam ajudar seus alunos a serem também detectores de erros. Isso nos remete, outra vez, à idéia de aprendizagem significativa crítica: buscar sistematicamente o erro é pensar criticamente,

é aprender a aprender, é aprender criticamente rejeitando certezas, encarrando o erro como natural e aprendendo através de sua superação.

7. Princípio da desaprendizagem. Este princípio é importante para a aprendizagem significativa por duas razões. A primeira delas tem a ver com a aprendizagem significativa subordinada. Nesse processo, como já foi dito, o novo conhecimento interage com o conhecimento prévio e, de certa forma, ancora-se nele. É através dessa interação que o significado lógico dos materiais educativos se transforma em significado psicológico para o aprendiz. Tal mecanismo, que Ausubel chama de assimilação é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir a vasta quantidade de informações que constitui qualquer corpo de conhecimento. Para aprender de maneira significativa, é fundamental que percebamos a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento. Porém, na medida em que o conhecimento prévio nos impede de captar os significados do novo conhecimento, estamos diante de um caso no qual é necessária uma desaprendizagem. Por exemplo, há muita gente que aprende mapa conceitual como um quadro sinóptico de conceitos ou um organograma de conceitos ou, ainda, um diagrama de fluxo conceitual. O que ocorre aí é uma forte aprendizagem significativa subordinada derivativa, de modo que o mapa conceitual é visto como uma mera corroboração ou exemplificação do conhecimento prévio (quadro sinóptico, organograma ou diagrama de fluxo). Para aprender de maneira significativa o que é um mapa conceitual seria, então, necessário desaprendê-lo como quadro sinóptico, organograma ou diagrama de fluxo. Desaprender está sendo usado aqui com o significado de não usar o subsunçor que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento. Não se trata de “apagar” algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva o que, aliás, é impossível se a aprendizagem foi significativa, mas sim de não usá-lo como subsunçor. Outro exemplo é o da aprendizagem da Mecânica Quântica: muitos alunos parecem não captar os significados de conceitos da Física Quântica por que não conseguem desaprender (i.e., não utilizar como ancoradouro) certos conceitos da Física Clássica (Greca, 2000; Moreira e Greca, 2000).

A segunda razão pela qual é importante aprender a desaprender está relacionada com a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida transformação. Quando o ambiente é estável, ou muda muito lentamente, a sobrevivência depende fundamentalmente da aprendizagem de estratégias e conceitos desenvolvidos no passado. A missão da escola nesse caso é a de transmitir e conservar tais estratégias e conceitos. No entanto, quando o meio está em constante, profunda e rápida transfor-

mação, ocorre o inverso: a sobrevivência depende crucialmente de ser capaz de identificar quais dos velhos conceitos e estratégias são relevantes às novas demandas impostas por novos desafios à sobrevivência e quais não são. Desaprender conceitos e estratégias irrelevantes passa a ser condição prévia para a aprendizagem (Postman e Weingartner, 1969, p. 208). Desaprendizagem tem aqui o sentido de esquecimento seletivo. É preciso esquecer (no sentido de não usar, tal como no caso da aprendizagem significativa subordinada derivativa referida antes) conceitos e estratégias que são irrelevantes para a sobrevivência em um mundo em transformação, não só porque são irrelevantes, mas porque podem se constituir, eles mesmos, em ameaça à sobrevivência. Aprender a desaprender, é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, i.e., desaprendê-lo. Aprendizagem desse tipo é aprendizagem significativa crítica. Sua facilitação deveria ser missão da escola na sociedade tecnológica contemporânea.

8. Princípio da incerteza do conhecimento. Este princípio é, de certa forma, síntese de princípios anteriores, em particular daqueles que têm a ver com a linguagem. *Definições, perguntas e metáforas são três dos mais potentes elementos com os quais a linguagem humana constrói uma visão de mundo* (Postman, 1996, p. 175). A aprendizagem significativa destes três elementos só será da maneira que estou chamando de crítica quando o aprendiz perceber que as definições são invenções, ou criações, humanas, que tudo o que sabemos tem origem em perguntas e que todo nosso conhecimento é metafórico.

Perguntas são instrumentos de percepção. A natureza de uma pergunta (sua forma e suas suposições) determinam a natureza da resposta. *Poder-se-ia dizer que as perguntas constituem o principal instrumento intelectual disponível para os seres humanos* (op. cit. p. 173). Nosso conhecimento é, portanto, incerto pois depende das perguntas que fazemos sobre o mundo. Mais ainda, para responder, muitas vezes observamos o mundo, mas a observação é função do sistema de símbolos disponível ao observador. Quanto mais limitado esse sistema de símbolos (i.e., essa linguagem) menos ele é capaz de “ver” (Postman e Weingartner, 1969, p. 121). (Já no primeiro princípio desta série foi destacada a extrema importância do questionamento crítico para a aprendizagem significativa crítica.)

Definições são instrumentos para pensar e não têm nenhuma autoridade fora do contexto para o qual foram inventadas. No entanto, os alunos não são ensinados de modo a perceber isso. Desde o início da escolarização até a pós-graduação, os alunos, simplesmente, “recebem” definições como se fossem parte do mundo natural, como as nuvens, as árvores e as

estrelas. Aprender alguma definição de maneira significativa crítica não é apenas dar-lhe significado através da interação com algum subsunçor adequado, é também percebê-la como uma definição que foi inventada para alguma finalidade e que talvez definições alternativas também servissem para tal finalidade (Postman, 1996, p. 172). O conhecimento expresso através de definições é, então, incerto. Quer dizer, poderia ser diferente se as definições fossem outras.

As *metáforas* são igualmente instrumentos que usamos para pensar. *Metáfora é muito mais do que uma figura poética. Não só os poetas usam metáforas. Biólogos, físicos, historiadores, lingüistas, enfim, todos que tentam dizer algo sobre o mundo usam metáforas. A metáfora não é um ornamento. É um órgão de percepção. A luz, por exemplo, é onda ou partícula? As moléculas são como bolas de bilhar ou campos de força?* (op. cit., pp. 173-174). A Psicologia Cognitiva contemporânea tem como um de seus pressupostos fundamentais a metáfora do computador, i.e., a mente como um sistema de cômputo. A Física deve ter também algumas metáforas em seus fundamentos; a energia talvez seja a principal delas. Os modelos físicos são metafóricos. Há modelos que supõem que as entidades físicas se comportam como se fossem partículas perfeitamente elásticas ou que tenham partículas de massa nula. Campos elétricos que se comportam como se fossem constituídos por linhas de força imaginárias. Na verdade, todas as áreas de conhecimento têm metáforas em suas bases. Entender um campo de conhecimento implica compreender as metáforas que o fundamentam. Mas novamente aí não se trata apenas de aprender significativamente a metáfora no sentido de ancorá-la em algum subsunçor. Ninguém vai entender Psicologia Cognitiva se não entender a metáfora do computador de maneira crítica, quer dizer, ao mesmo tempo que dá significado à idéia de mente como sistema de cômputo através da metáfora do computador entende que, justamente por se tratar de uma metáfora, a mente não é um computador. Consideremos também o caso da metáfora do sistema planetário usada para o átomo: o átomo é metaforicamente um sistema planetário, mas entender que, justamente por isso, os elétrons não são planetóides e o núcleo não é um pequeno sol é ter consciência que o conhecimento humano é metafórico e, portanto, incerto, depende da metáfora utilizada.

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana.

Conclusão/resumo

O fator isolado mais importante para a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio, a experiência prévia, ou a percepção prévia, e o aprendiz deve manifestar uma predisposição para relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal o novo conhecimento com o conhecimento prévio. Mas isso não basta, pois dessa maneira se pode aprender significativamente coisas fora de foco como foi dito na introdução, mesmo envolvendo as mais modernas tecnologias. Por uma questão de sobrevivência, é preciso mudar o foco da aprendizagem e do ensino que busca facilitá-la. Meu argumento, parafraseando Postman e Weingartner (1969) é que esse foco deveria estar na *aprendizagem significativa subversiva*, ou *crítica* como me parece melhor, aquela que permitirá ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, manejar a informação, criticamente, sem sentir-se impotente frente a ela; usufruir a tecnologia sem idolatrá-la; mudar sem ser dominado pela mudança; conviver com a incerteza, a relatividade, a causalidade múltipla, a construção metafórica do conhecimento, a probabilidade das coisas, a não dicotomização das diferenças, a recursividade das representações mentais; rejeitar as verdades fixas, as certezas, as definições absolutas, as entidades isoladas.

Para isso é preciso:

1. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas (*Princípio da interação social e do questionamento*).
2. Aprender a partir de distintos materiais educativos (*Princípio da não centralidade do livro de texto*).
3. Aprender que somos perceptores e representantes do mundo (*Princípio do aprendiz como perceptor/representador*).
4. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade (*Princípio do conhecimento como linguagem*).
5. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras (*Princípio da consciência semântica*).
6. Aprender que o homem aprende corrigindo seus erros (*Princípio da aprendizagem pelo erro*).
7. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência (*Princípio da desaprendizagem*).
8. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar (*Princípio da incerteza do conhecimento*).

Na Figura 1, a título de síntese diagramática apresenta-se um mapa conceitual para a aprendizagem significativa crítica, isto é, um diagrama conceitual hierárquico envolvendo os principais conceitos desse tema e as principais relações entre esses conceitos. As palavras sobre as linhas pro-

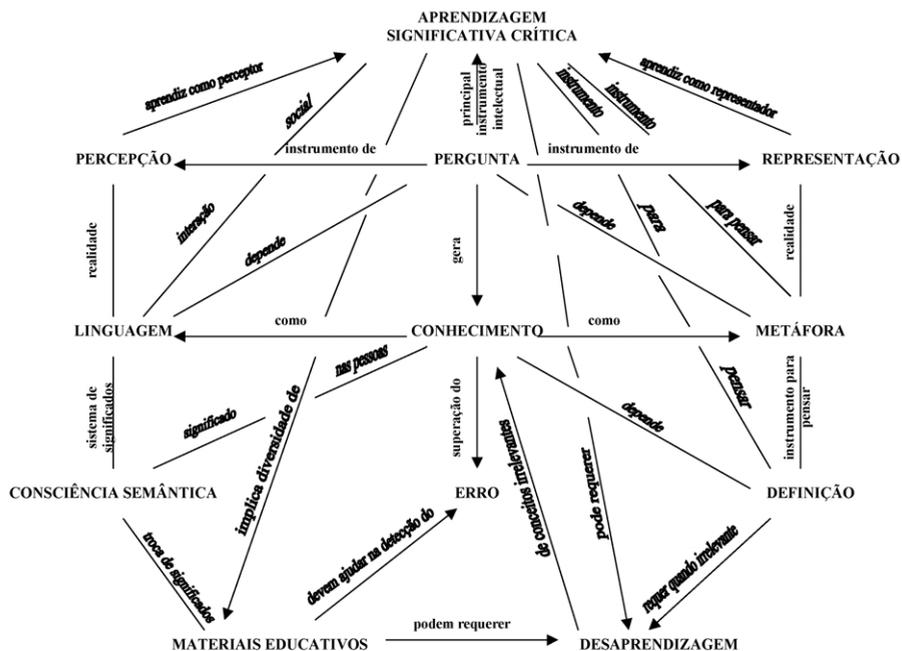


Figure 1. Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa crítica (M.A. Moreira, 2000).

curam dar uma idéia da relação existente entre determinados pares de conceitos. Em alguns casos foram usadas flechas para dar direção à leitura da relação.

Referências

- Ausubel, David P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 212 p.
- Ausubel, David P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton. 685 p.
- Ausubel, David P., Novak, Joseph, D. & Hanesian, Helen (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. 2ª ed. New York: Holt, Rinehart and Winston. 733 p.

Ausubel, David P., Novak, Joseph D. & Hanesian, Helen (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução para o português do original *Educational psychology: A cognitive view*. 625 p.

Ausubel, David P., Novak, Joseph D. & Hanesian, Helen (1983). *Psicologia educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas. Tradução para o espanhol do original *Educational psychology: a cognitive view*. 623 p.

Gowin, D. Bob (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. 210 p.

Greca, Ileana M. (2000). Construindo significados em Mecânica Quântica: Resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de Física Geral. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

Johnson-Laird, Philip N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513 p.

Moreira, Marco A. & Greca, Ileana M. *Introdução à Mecânica Quântica: Seria o caso de evitar a aprendizagem significativa (subordinada)?* Trabalho apresentado no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche, Portugal, 11 a 15 de setembro.

Moreira, Marco A. & Buchweitz, Bernardo (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: Os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 114 p.

Moreira, Marco A. (1996). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, 1(1): 193-232.

Moreira, Marco A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB. 129 p.

Moreira, Marco A. (2000). *Aprendizaje significativo: Teoría y práctica*. Madrid: VISOR. 100 p.

Novak, Joseph D. & Gowin, D. Bob (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

Novak, Joseph D. & Gowin, D. Bob (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca. Tradução para o espanhol do original *Learning how to learn*. 228p.

Novak, Joseph D. & Gowin, D. Bob (1996). *Aprendendo a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português do original *Learning how to learn*. 212 p.

Novak, Joseph D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Editorial. Tradução para o espanhol do original *Learning, creating, and using knowledge. Concept maps as facilitating tools in schools and corporations*. 315 p.

Novak, Joseph D. (2000). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Lisboa: Plátano Universitária. Tradução para o português do original *Learning, creating, and using knowledge. Concept maps as facilitating tools in schools and corporations*. 252 p.

Postman, Neil & Weingartner, Charles (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 219 p.

Postman, Neil (1993). *Technopoly: The surrender of culture to technology*. New York: Vintage Books/Random House. 222 p.

Postman, Neil (1996). *The end of education: Redefining the value of school*. New York: Vintage Books/Random House. 208 p.

Marco António Moreira

A procura da excelência na aprendizagem

António F. Cachapuz
cachapuz@dte.ua.pt
Universidade de Aveiro

“Je préfère l’insomnie à l’anesthésie.
La faculté de douter est très important chez l’homme.
Si nous cessons de douter, nous sommes perdus!”

Antonio Tabucchi, 1999

Das limitações da aprendizagem significativa

Na sua obra “Os sete saberes necessários à educação do futuro”, Edgar Morin (2000) refere que “necessitamos civilizar nossas teorias, ou seja, desenvolver uma nova geração de teorias abertas, racionais, críticas, reflexivas, auto-críticas, aptas a se auto-reformar”. Esse é também o sentido inconformista revelado pelo escritor italiano na citação em epígrafe, metáfora que alimentou o meu próprio desconforto sobre as limitações actuais da teoria da aprendizagem significativa na sua versão tradicional, i.e. Ausebeliana (1968).

Admito aliás que um tal posicionamento não seja igualmente partilhado por outros investigadores presentes. Razão adicional para melhor dar a conhecer o que penso sobre esta problemática. Ao sujeitar a aprendizagem significativa a uma reflexão crítica e construtiva, este estudo tem por finalidade apoiar uma reflexão sobre uma outra visão de aprendizagem educacionalmente mais relevante, em particular, em esclarecer aspectos da epistemologia da aprendizagem que podem interessar à construção epistemológica da educação em ciência.

Não é demais salientar a importância actual de uma reflexão educacional (e não só de índole psicológica) conjunta sobre o tema (ainda por cima no quadro de um simpósio sobre a aprendizagem significativa) já que o aprofundar de bases teóricas sobre a aprendizagem (território sobre que continuamos a saber bem pouco) poderá ajudar a orientar políticas, modelos e práticas de ensino e de formação tendo em vista a excelência da aprendizagem.

A tónica no educacional não é fortuita. Registo aliás, de antemão, que os contextos de reflexão que semeiam o meu discurso são, no essencial, contextos *educacionais*. Na verdade, é no âmbito da educação, em particu-

lar da educação em ciência, que venho desenvolvendo a minha actividade profissional (e não no terreno da psicologia). Mas não só razões de ordem pragmática. Também as há de ordem teórica, nomeadamente o considerar que de algum modo toda a aprendizagem é contextualmente dependente. Dito de outra maneira, o desenvolvimento de leis universais de aprendizagem não faz parte dos meus interesse imediatos (nem convicções). Voltarei a esta questão.

Assim, e num primeiro tempo, gostaria de esclarecer algumas razões que reputo essenciais para melhor compreender as limitações da aprendizagem significativa incluindo suas modalidades mais recentes.

Permito-me sublinhar que está fora de questão a importância histórica do conceito de aprendizagem significativa (Ausubel, 1968), nomeadamente ao deslocar o nosso olhar para o aluno como sujeito de aprendizagem, em particular para os conceitos pré-existentes do aluno como reguladores da sua própria aprendizagem, uma perspectiva claramente em ruptura com concepções behavioristas então prevalecentes. Este porventura o mais importante legado que Ausubel e seus colaboradores nos deixaram, e que já não é pouco. Acresce que os conceitos centrais da teoria da aprendizagem significativa continuaram a alimentar com assinalável pujança nos anos 80 e 90 vários estudos nomeadamente no âmbito do ensino das ciências (ver p.ex., Novak e Gowin, 1984; Novak e Musonda, 1991).

A reflexão crítica sobre o conceito de aprendizagem significativa que aqui entendo trazer diz respeito essencialmente a quatro importantes limitações, que remetem para outros tantos aspectos a ter necessariamente em conta tendo em vista um outro quadro de referências sobre a aprendizagem. A elas me referirei brevemente sendo que a sua ordem de apresentação é aleatória.

A primeira limitação tem a ver com a sobrevalorização dos saberes conceptuais. Ficam por esclarecer aspectos essenciais relativos a outras dimensões da aprendizagem e de que os valores são um exemplo bem actual. Esta visão da aprendizagem significativa, sendo embora compreensível já que surge historicamente como alternativa às perspectivas behavioristas para as quais o pensar faz parte de "caixas pretas", remete no entanto para um quadro epistemológico da disjunção e portanto não sistémico da aprendizagem.

A segunda limitação é que, mesmo no que só aos saberes conceptuais diz respeito, o pressuposto da organização hierárquica dos conceitos na mente do aluno, dos mais inclusivos para os menos inclusivos, é mais do que controverso. Há fundamentadas razões para pensar que não só a orga-

nização psicológica não tem necessariamente que seguir um tal padrão lógico (sobretudo nos alunos mais jovens) mas que tal organização hierárquica é provavelmente mascarada por constrangimentos relativos às próprias instruções dadas aos alunos para a construção dos designados mapas de conceitos bem como pelos exemplos geralmente propostos (domínios altamente estruturados). Tal não significa não reconhecer o interesse didáctico de tais instrumentos, mas tão só alertar para a confusão que frequentemente se estabelece entre o construto e a sua representação acessível.

A terceira limitação diz respeito a não se atribuir um papel relevante para as competências cognitivas e metacognitivas do aluno, ou seja à tomada de consciência pelo aluno dos seus processos de aprendizagem. O que nos remete, em particular, para as problemáticas da metacognição. Para usar uma expressão feliz de White (1988), haveria que completar a primeira parte do conhecido *dictum* Ausubeliano "ascertain what the students already know and teach accordingly" por "ascertain what the students already know *and know about their knowing* and teach accordingly".

A quarta limitação tem a ver com a ausência de problematização entre aprendizagem e desenvolvimento. O conceito de aprendizagem significativa Ausubeliana não envolve a dimensão da construção social do conhecimento, o papel da relação intersubjectiva dos diferentes sujeitos sobre uma situação que lhes diz respeito, valorizando somente a relação solitária sujeito/objecto de estudo. O que nos remete nomeadamente para a função da linguagem na construção do conhecimento e não só para a comunicação. Num plano claramente educacional, fica por valorizar o papel da escolarização de que nos fala Vygotsky (1962, 1978), em particular a noção de zona de desenvolvimento proximal de grande potencial heurístico para os professores. Trata-se de olhar não só para as eventuais dificuldades do aluno mas também (e sobretudo) para as suas potencialidades. É certamente uma visão mais completa e optimista da aprendizagem.

Apesar de tais limitações, o princípio psicopedagógico que sustenta a aprendizagem significativa, isto é, a importância que a nova informação faça sentido para o aluno, permanece actual (independentemente dos juízos de valor sobre alguns dos seus construtos tais como conceitos âncora, organizadores prévios, diferenciação progressiva,...). Só que, sob o ponto de vista educacional, um aluno não é uma ilha e a aprendizagem não se pode esgotar na compreensão dos processos cognitivos de como se pensa. O aluno, quer queira quer não, vive e aprende num sistema socialmente organizado (para já não referir a organização diferencial de tais sistemas), imerso em contextos e culturas que, quer ele queira quer não, medeiam e

condicionam a sua aprendizagem. O facto da caracterização de tais contextos e culturas nos criar dificuldades adicionais não pode servir de razão para os ignorar. O que está pois em jogo é a construção de uma nova epistemologia da aprendizagem que seja marcada por tais novas dimensões, ou seja em que a aprendizagem seja agora entendida (ou, numa formulação menos comprometida, *também* entendida) como um processo social e culturalmente mediado.

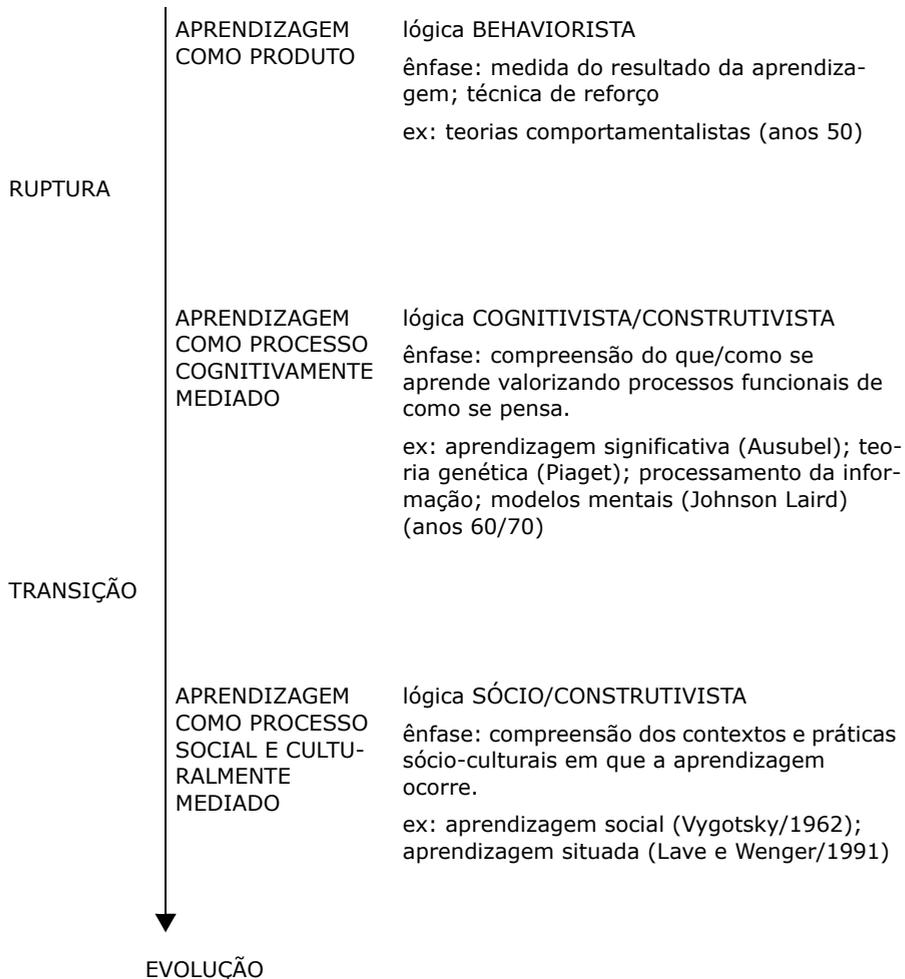
Um olhar sobre a epistemologia da aprendizagem

A Figura 1 descreve sumariamente três perspectivas essenciais sobre a natureza da aprendizagem que considero relevantes para a discussão em curso. Teria sido possível uma outra leitura da evolução da aprendizagem nomeadamente no quadro de perspectivas de ensino das ciências (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000a) ou ainda em termos dos vários *-ismos*. No entanto, a forma de olhar para a aprendizagem aqui escolhida teve em vista não só assegurar uma maior transdisciplinaridade mas sobretudo sinalizar uma evolução na esteira do argumento de Claude Bastien (1992), quando refere que a evolução cognitiva não caminha para o estabelecimento de conhecimentos cada vez mais abstractos, mas, ao contrário, para a sua contextualização. O que equivale a dizer que *já não chega* situar a nossa atenção (ler as questões de investigação) sobre a compreensão do que se passa na mente do aluno quando este se confronta com o objecto de estudo, que processos cognitivos e estruturas conceptuais estão envolvidas ou qual o “formato óptimo” do objecto de estudo, mas sim deslocar o nosso olhar para as relações do aluno com o mundo e o Outro) e de que modo tais relações influenciam a aprendizagem. Não se trata propriamente de elaborar novas ideias mas sim de apropriações educacionais mais recentes, sobretudo no caso de Lave e Wenger (1991) (recorde-se que uma boa parte dos estudos de Vygotsky data do final dos anos 30).

A uma primeira ruptura epistemológica em ruptura com o behaviorismo e valorizando uma abordagem psicológica da aprendizagem (em que por vezes se confunde aprender com pensar) e de sentido marcadamente académico, sucede-se uma transição epistemológica cuja demarcação é claramente de sentido externalista. A existir um conceito que melhor qualifique tal transição seria a entrada em cena do conceito de cultura e, em particular, nas suas dimensões antropológicas, epistémicas e semânticas. Embora o conceito tenha o inconveniente da sua difícil caracterização, cultura é aqui entendida como “o conjunto de saberes, fazeres, regras, normas, proibições, estratégias, crenças, ideias e valores, e mitos, que se transmite de geração em geração, se reproduzem cada indivíduo, controla a existên-

EPISTEMOLOGIA DA APRENDIZAGEM

síntese de perspectivas dominantes



cia da sociedade e mantém a complexidade psicológica e social” (Morin, 2000).

Em termos educativos, esta transição é provavelmente bem mais complexa já que temos de aprender a lidar com saberes distintos (e não só académicos) dizendo agora respeito não só à realidade intra-escolar mas também extra-escolar e que, portanto, vai mais além do tradicional conceito de epistemologia das práticas. Trata-se, porventura, de trabalhar num “período de turbulência” epistemológico de que fala B. Santos (2000), bem mais difícil para os professores porque culturalmente situado, dificuldade que está na origem da falta de compreensão (por vezes estupefacção) perante a nova natureza dos fenómenos e situações com que se defrontam diariamente e para que, o mais das vezes, não tiveram formação. O que agora se configura é uma perspectiva de aprendizagem que adquire seu sentido no quadro de uma pedagogia emancipatória e transformadora e, portanto de sentido marcadamente humanista. No diálogo instrução/educação, esta última é agora claramente o pólo mobilizador. No entender de Maldaner (2000), “é necessário pensar na acção pedagógica que fortaleça a actividade social dos alunos, permitindo que, além da compreensão do meio físico e social, participem na sua transformação”.

Refira-se no entanto que é possível reconhecer hoje em dia a coexistência no tempo, quer na investigação quer no ensino/formação, das três perspectivas paradigmáticas acima referidas. Tenha-se em conta o que se passa frequentemente a nível do ensino superior (primeira perspectiva dominante); ou ainda, estudos recentes explorando aspectos funcionais da teoria piagetiana na fundamentação construtivista de modelos de desenho curricular (ver p. ex. Aguiar Júnior e Saraiva, 1999, no âmbito dos circuitos eléctricos).

Os anos 70 e 80 foram particularmente prolixos no que respeita a estudos sobre os processos cognitivos de aprendizagem (não sendo a intenção deste estudo apresentar um histórico do tema outros nomes relevantes ficaram por referir). Mas é difícil não deixar de ver em praticamente todas essas elaborações teóricas a influência da pedra de toque do construtivismo piagetiano (o papel activo do sujeito na construção do conhecimento e eventual mudança de seus pontos de vista em relação ao objecto do conhecimento). Embora com elaborações diversas (e de que teorias de processamento da informação com a sua analogia do computador são exemplo de fronteira), fica a ideia do construtivismo piagetiano ter “marcado” historicamente a primeira ruptura sobre a aprendizagem como processo cognitivamente mediado. É o como se aprende que se valoriza (sobrevaloriza) no pressuposto de que o *como* se aprende é independente

do *que* se aprende, *onde* se aprende e do *para que* se aprende. Perde-se assim uma boa parte da leitura educacional.

Sob o ponto de vista educacional, o que considero importante realçar no estudo da psicologia, ou melhor, das psicologias (Aprendizagem, Cultural, Desenvolvimento e Psicossociologia) bem como de outras áreas do saber, é nas apropriações educacionais que ajudem a dar sentido, unidade e coerência a princípios, situações e fenómenos relativos à educação em ciência, e em particular à aprendizagem da ciência. Considero aliás que tem havido por parte dos investigadores em educação, em particular dos investigadores em educação em ciência, pouco rigor em esclarecer qual o sentido e a natureza das contribuições da psicologia (e não só) para a sua área de estudo. Este um debate que está por fazer. Não sendo esta a matéria que pretendo aqui desenvolver, limito-me a chamar a atenção para o facto da psicologia ser pródiga naquilo a que Erickson (1985) chamou de "theory driven studies (...) conducted by researchers in a disciplinary field such as psychology or linguistics who find science concepts or the science classroom to be a convenient context contributing to the validity of their work" (p. 16). Tenha-se em conta a vaga de estudos elaborados nos anos 70 segundo esta matriz e de que os estudos sobre os aspectos estruturais da teoria genética de Piaget são um bom exemplo. Não se trata naturalmente de desvalorizar o papel insubstituível dos enquadramentos teóricos que devem guiar a reflexão sobre a aprendizagem. Do que se trata, é do sentido educacional com que são marcadas as transposições desses desenvolvimentos, o que é substancialmente diferente. Há que distinguir claramente entre apropriações psicológicas de teorias de outras áreas disciplinares e apropriações educacionais. Nestas últimas, são os contributos de outras áreas disciplinares que são tentativamente integrados nos desenvolvimentos próprios, desejáveis (à luz das suas finalidades) e possíveis da educação em ciência, e não ao invés. Não creio em teorias salvadoras de importação, por vezes intelectualmente elegantes mas de resultados educacionais duvidosos.

Uma das consequências deste argumento é que entendo não ser possível serem dados passos substanciais para um melhor conhecimento sobre a aprendizagem das ciências sem a participação activa dos investigadores em educação em ciência. São eles que estão em melhores condições de definir em cada momento quais os desenvolvimentos possíveis da sua área de estudo e quais as apropriações educacionais a fazer.

Para ser mais preciso, a minha atenção e interesse recai sobretudo no estudo da natureza e processos de apropriação educacional da psicologia que, em conjunção com apropriações de outras áreas disciplinares conexas

(epistemologia, sociologia, ciências cognitivas, antropologia, ética...), ajudem convivialmente à construção epistemológica da educação em ciência como área científica e nas suas múltiplas vertentes. Essa é, em última instância, a lógica do estudo que agora se desenvolve.

Contributos para o enriquecimento de um quadro teórico sobre a aprendizagem

No estado actual de desenvolvimento do nosso conhecimento sobre a aprendizagem, o processo de apropriações teóricas acima referido tem duas importantes implicações. A primeira tem a ver com os princípios, e considera que nos devemos defender de fundamentalismos epistemológicos; ou seja, tanto quanto possível, salvaguardar o pluralismo teórico de contributos epistemologicamente compatíveis. A segunda implicação diz respeito aos critérios substantivos que devem orientar a procura da coerência nas apropriações referidas e que, portanto, demarcam os limites de possibilidade do pluralismo epistemológico referido.

Refiro três desses critérios orientadores: o primeiro tem a ver com a transferibilidade pedagógica de outros contributos teóricos, em particular a congruência com uma pedagogia de sinal emancipatório e transformador sob o ponto de vista pessoal, e participativo e interventivo sob o ponto de vista social; o segundo critério valoriza o papel da investigação, em particular, o sucesso na resolução de problemas relativos à aprendizagem; o terceiro critério tem a ver com a valorização de uma abordagem da aprendizagem que não é só de conceitos mas também de capacidades, atitudes e valores (condição essencial para a sua excelência).

Com base nesses critérios (e no espaço de que aqui disponho) selecciono quatro contributos pertinentes para a procura da excelência da aprendizagem (envolvendo as duas últimas perspectivas referidas na Figura 1), apresentando um breve comentário sobre o quadro teórico que envolvem bem como exemplos (necessariamente sintéticos).

Das partes para o todo

O primeiro contributo vem de uma linha de pesquisa da neurobiologia sobre a Teoria das Inteligências Múltiplas, TIM (Gardner, 1984), e defendendo o pluralismo da inteligência, entendida "como capacidade de resolver problemas ou de criar produtos que sejam valorizados dentro de um ou mais cenários culturais". Independentemente da TIM manter alguma ambiguidade sobre o construto *inteligência*, importa realçar a ruptura que ela introduz com os defensores de uma definição operacional da inteligência (perspectivas psicométricas em particular no uso do designado coeficiente

de inteligência e naturalmente os principais detractores da TIM). Na verdade, a TIM vai contra o determinismo biológico da inteligência e do seu reduccionismo lógico-matemático, reduccionismo ainda hoje muito difundido (tenha-se em conta o seu uso e abuso na avaliação dos alunos). Bem ao contrário, a TIM defende uma visão multidimensional e plurifacetada desse construto introduzindo um elemento de validação externa (de índole cultural) da inteligência.

Os desenvolvimentos teóricos da TIM são conhecidos pelo que me limitarei aqui a realçar três aspectos que reputo essenciais—ver sobre o assunto o livro de Nogueira (2000) que se recomenda a professores. O primeiro é numa visão pluralista da mente, cada aluno aprender de forma e estilo próprios. A TIM (na sua versão original) refere oito tipos de capacidades: lógico/matemática, linguística, espacial, corporal/cinestésica, musical, interpessoal, intrapessoal e naturalista; em desenvolvimentos posteriores Smole (1996) citado por Nogueira (ibidem), propõe a “inteligência pictórica relacionada com as manifestações da arte, do grafismo, da expressão por via do desenho e da resolução de problemas por este canal de comunicação”. O segundo aspecto que se regista é de que o domínio de uma capacidade pelo aluno não implica necessariamente o domínio de todo o espectro de capacidades. Por exemplo, a capacidade de nos colocarmos no lugar do outro (empatia) que define a capacidade interpessoal, pode não ter nada a ver com a inteligência lógico/matemática (basta estar atento ao que dizem alunos sobre o ensino de reputados cientistas). O terceiro aspecto a assinalar é da possibilidade de interacção entre as diferentes capacidades de tal forma a apoiarem-se mutuamente. É talvez isto mesmo o que leva Meg Stuart, conhecida coreógrafa de ballet contemporâneo, a afirmar: “Quando penso sobre a importância que em mim têm a racionalidade e a emoção chego a uma conclusão: tenho uma mente que dança” (entrevista ao jornal “Público” 21/8/2000).

Sob o ponto de vista educacional, o interesse da TIM é sobretudo a exploração da valorização da diferença. No entender de Gardner, “ todos nós nos caracterizamos por termos diferentes forças e fraquezas em diferentes domínios intelectuais. A maior parte dos esforços desenvolvidos anteriormente negaram essas divergências e valorizaram apenas uma única forma de pensar, baseada na linguagem e na lógica. É exactamente o caso do espírito cartesiano, em França. Inversamente, a minha abordagem põe em relevo os diversos perfis intelectuais(...) Considero que passamos demasiado tempo a avaliar as crianças e pouco tempo a ajudá-las” (1998). A metodologia de trabalho de projecto parece ser a que melhor serve a exploração da TIM. Nogueira (ibidem) sugere vários exemplos de actividades no âmbito do estudo do sistema solar (nível elementar) em que várias

combinações possíveis de capacidades são postas em jogo. Entre nós, o projecto Dianóia (Valente, 1989), reclama a TIM como uma das suas bases teóricas.

Um exemplo mais recente que cabe no âmbito da inteligência pictórica (embora explicitamente não o reconheça como quadro teórico fundador), é o estudo levado a cabo por Amador (1994) sobre a relação das concepções estéticas de alunos (3.º ciclo do ensino básico) suscitadas por imagens científicas e os processos de aprendizagem do conhecimento geológico. Tais imagens diziam respeito a vulcões e estrutura do centro da terra. Um dos interessantes resultados desse trabalho é que a leitura naturalista feita pelos alunos das imagens apresentadas, realçando o seu enquadramento no meio envolvente e sua opacidade. Uma das conclusões de índole educacional que a autora apresenta, é o desajuste entre uma preferência abstraccionista dos manuais escolares (no que respeita a imagens geológicas) e a preferência dos alunos, desajuste que não facilita a sua aprendizagem.

Pensar a emoção

Ainda com origem na neurobiologia, embora num registo diferente da TIM, cabe aqui referir a potencial relevância quer para o ensino quer para a formação de professores (nomeadamente ao nível de estratégias de ensino e de aprendizagem), sobre a estreita relação entre razão e emoção e de que a face mais visível é actualmente o trabalho de Damásio (1995). Como se sabe, o que o autor (que não é um neuropedagogo) defende não é simplesmente o reconhecimento da existência das emoções (e portanto a sua co-existência com os mecanismos da razão), mas sim o papel intrínseco das emoções e da maquinaria biológica que as sustenta nos processos da razão. Não há pois um estádio superior da razão dominante em relação à emoção mas sim um eixo "intelecto-afecto e que a capacidade de emoção é indispensável ao estabelecimento de comportamentos racionais" (Morin, 2000).

Para Damásio não pensamos apenas com o cérebro mas sim com todo o corpo o que vai muito mais além do que linhas de estudo sobre o papel da motivação na aprendizagem. O conceito central de imagem (na teoria de Damásio) tem várias potenciais implicações de índole educacional e, em particular no âmbito da aprendizagem. Entre áreas prospectivas de estudo refiram-se o estudo da criatividade ou dos processos de decisão (emocionalmente mediados através dos designados marcadores somáticos) e ainda estudos sobre o processamento da informação. Assim, no âmbito das Tecnologias de Informação e da Comunicação, Damásio considera que a discrepância entre a unidade de tempo em que as nossas capacidades cognitivas operam e a usada pelos processos emocionais (mais antigos em

termos evolutivos), tende provavelmente a aumentar devido à exposição à televisão e computadores de crianças desde tenra idade. Estas “processam a informação visual de uma forma muito mais rápida que os adultos” (ibidem).

Refira-se entretanto que a existência de um tal eixo intelecto-afecto não é propriamente uma novidade para os educadores (ver p. ex. os estudos de Vincent, 1986), para já não falar da experiência de muitos de nós sobre a tensão emocional quando da prestação de exames ou de concursos públicos, para alguns insuportável. Ou ainda, a dificuldade ou mesmo impossibilidade de controlar o medo (pânico) em situações de catástrofe natural, situações de guerra, etc. Os mais radicais consideram mesmo que “L’émotionnel agit sur l’intellectuel; la réciproque n’est pas vrai” (Racle, 1983). No entanto, o suporte empírico do trabalho do casal Damásio e o prestígio científico de que gozam, são factores de registo e que podem não só ajudar a uma melhor compreensão da problemática da aprendizagem mas também fomentar uma atitude menos redutora sobre o significado de racionalidade científica.

Temperar o cognitivo

O terceiro contributo vem dos ainda mal conhecidos trabalhos de Vygotsky com destaque para o papel mediador da linguagem como instrumento primordial da relação intersubjectiva através da qual assenta a construção do conhecimento. É um contributo particularmente pertinente no âmbito da educação em ciência já que o autor considera que enquanto (na maior parte das vezes) a aprendizagem relativa a situações do dia a dia ocorre espontaneamente, a aprendizagem das ciências necessita um ambiente mais estruturado. Ou seja, “left to their own devices, students will not construct the necessary understanding for themselves” (Hodson and Hodson, 1998). E é através da escola que o aluno pode aprender o que não pode experienciar directamente. A linguagem tem aqui uma função fundamental mas não a que lhe é predominantemente atribuída durante a escolarização, isto é a de mero instrumento de ensino (comunicação). A função da linguagem que importa valorizar, segundo Vygotsky, é a de um instrumento de aprendizagem. O que implica desde logo a valorização da relação intersubjectiva (necessariamente solidária) dos alunos sobre uma dada situação do mundo como ponto de partida para a construção do conhecimento. Não é difícil reconhecer que este argumento vai na esteira do relativismo semântico de Wittgenstein (último) para quem só podemos avaliar da coerência do nosso discurso através de normas reconhecidas intersubjectivamente.

O seguinte extracto de um protocolo referente ao diálogo entre alunos (11.º ano de escolaridade) quando da tentativa de planeamento de uma

experiência capaz de resolver o problema de determinar experimentalmente a energia libertada pela combustão de uma noz (Falcão, 1998), ilustra a carácter dialógico dessa relação e o modo como a linguagem é usada pelos alunos para dar sentido e resolver (tentativamente) uma situação problemática.

Nota: no essencial, o planeamento implicava os alunos serem capazes de conceber e montar adequadamente um dispositivo experimental que permitisse medir o aumento de temperatura de uma certa quantidade de água (pequeno balão/sistema fechado) provocado pela transferência de energia (calor) libertada pela combustão de uma noz (colocada em plano inferior/sistema aberto). A escolha do tema foi culturalmente mediada dado que se tratava de alunos de uma escola de Trás-os-Montes onde a noz adquire uma importância no dia a dia (alimentação) e económica muito particular.

(extracto)

A — Aluno

A1 — ... e agora?

A2 — põe na lata (comentário: o aluno refere-se a colocar o caroço da noz no interior de uma lata colocada por baixo do balão com água)

A1 — ... não sei se segura... sim... no fundo

A2 — acende o lume e deixa...

A3 — chega a lata para cima...

A2 — ... foge tudo... o termómetro não sobe (comentário: a noz em combustão estava demasiado longe do balão; praticamente toda a energia libertada se dissipou para o exterior; a que se transferiu para o balão não foi suficiente para elevar a temperatura da água de modo visível; segue-se nova tentativa)

(...)

A3 - ... se chegar muito o lume fica preto (comentário: a origem da dificuldade foi compreendida mas agora a noz está demasiado perto; a base do balão não estava provavelmente limpa)

A1 — é como o carvão!

A2 — não se vê... parece carvão...

A1 — mas o termómetro sobe!

A3 — ... sim...

Este extracto revela vários aspectos da linguagem usada na sua função de aprendizagem que importa chamar a atenção: o seu carácter tentativo, permeado de hesitações como é natural face a uma situação problemática; a falta de precisão do discurso já que não se trata de apresentar aspectos definitórios mas sim de explorar a relação intersubjectiva para confrontar o seu conhecimento com o dos colegas; a aparente incoerência do discurso, que só é aparente porque o contexto situacional está perfeitamente definido; o uso de terminologia do quotidiano ainda que para tornar inteligível uma situação que não o é de todo, ou seja, estar-se-ia a pensar uma situação científica com conceitos do quotidiano (foge tudo, lume etc...); uso de linguagem metafórica na tentativa de estabelecer umnexo entre o familiar (o carvão) e o desconhecido.

O estudo destes exemplos e a sua cuidada exploração na formação de professores como exemplos da construção social do conhecimento e do papel essencial que a linguagem tem na relação dialógica, deve ser fomentado. No meu entender, o essencial das ideias de Vygotsky está por explorar quer no ensino quer na formação de professores.

Do aluno para a escola e comunidade

O quarto (e último) contributo aqui referido diz respeito à teoria da aprendizagem situada (Lave and Wenger, 1991), de inspiração Vygotskiana, e que, no essencial, considera que a aprendizagem é uma função da actividade, contexto e cultura em que ocorre (por isso mesmo é situada). A aprendizagem é mediada pelas diferenças de perspectiva entre os alunos envolvidos cooperativamente na resolução de uma dada actividade. É a sua prática social e a cultura onde se inserem que passa agora a ser o pólo dinamizador e não o que se passa na mente de cada um (embora num registo diferente de Lave e Wenger, os estudos em curso de Nisbett no âmbito da psicologia cultural são elucidativos sobre o modo diferente de pensar de jovens americanos e japoneses).

O ponto de partida de Lave e Wenger, é de que a aprendizagem situada explora o carácter situado da compreensão e comunicação humana. "It takes as its focus the relationship between learning and the social situations in which it occurs. Rather than defining it as the acquisition of propositional knowledge, Lave e Wenger situate learning in certain forms of social coparticipation". Um tal enfoque tem consequências importantes ao nível das próprias questões de investigação. Assim, "rather than asking what kind of processes and conceptual structures are involved, they ask what kind of social engagements provide the proper context for learning to take place". A tradicional separação entre "conhecer que" e "conhecer como" (conhecimento declarativo e de procedimentos) deixa de ter sentido já que "the individual learner is not gaining a discrete body of abstract knowledge

which (s)he will then transport and reapply in later contexts. Instead, (s)he acquires the skill to perform by actually engaging in the process, under the attenuated conditions of legitimated peripheral participation”, este último um conceito nuclear que denota o modo específico de participação do aluno aprendiz (possível segundo vários níveis) como membro de uma comunidade de prática (que não tem de ser presencial e envolvendo também os professores) de forma a integrar-se e desenvolver a sua identidade como membro dessa comunidade. Tal aprendizagem passa pois por um processo de aculturação em sistemas de valores, práticas, estilos de discurso... próprios de uma dada comunidade (p. ex. dos educadores em ciência). O conceito de comunidade de prática é pois central nesta perspectiva. Sem comunidade de prática a aprendizagem é problemática dado que é esta que lhe confere sentido (uma visão que é próxima da leitura khuniana de comunidade científica).

Sob o ponto de vista educacional, o problema do acesso à comunidade de prática (que é um problema de socialização) emerge então como decisivo para a aprendizagem. A info-exclusão pode ser lida como uma consequência da marginalização em relação a uma dada comunidade de prática.

O conceito de comunidades de prática é também potencialmente importante para uma melhor compreensão do que se passa hoje no âmbito de formas de aprendizagem cooperativa em ambiente virtual, “chats”, etc. Do que se trata é de estabelecer cumplicidades, partilhar informação e visões dos participantes sobre o que estão a fazer e o significado do que fazem para as suas vidas e para as comunidades a que pertencem.

A exploração das ideias de Lave e Wenger é facilitada através de metodologias activas, em particular de trabalho de projecto, já que é aí onde se podem mais facilmente envolver os alunos em contextos ricos em actividades problemáticas (p. ex. não definindo à partida qual é a informação relevante a ter em conta num dado problema); na aprendizagem situada a existência de “extra linguistic supports often dismissed as noise” (ibidem) é importante na interpretação da comunicação. O que contrasta com a maior parte das actividades de aprendizagem propostas aos alunos, frequentemente rotineiras, envolvendo informação descontextualizada e de sentido abstracto. Tais metodologias activas permitem também facilmente valorizar a interacção social e processos de aprendizagem colaborativa que estão na base da construção social do conhecimento, através de actividades de discussão/reflexão em grupos, análise crítica de narrativas, de simulações... Claramente, aprender não se confunde pois com pensar. Aprender envolve aqui outro tipo de transformações a nível individual, transformações que são arrastadas pelos processos de socialização que conduzem o

aluno aprendiz a pertencer agora a uma dada comunidade de prática e pelas novas possibilidades que esta lhe oferece. Pelas mesmas razões, a perspectiva social da aprendizagem (incluindo suas variantes mais orientadas (ver Rogoff, 1990), presta-se muito bem para a formação de professores e também de investigadores.

Este último aspecto foi aliás objecto de um estudo recente (Matos, 1999) no âmbito da educação matemática em Portugal e em que o autor explora as grandes linhas da perspectiva de Lave e Wenger no quadro da formação pós-graduada de professores de matemática. Sob o ponto de vista da investigação, Matos aponta algumas questões que importa aprofundar: uma melhor clarificação do conceito de prática na sua ligação ao conceito de comunidade de prática; uma maior clarificação da relação entre a perspectiva situada da aprendizagem matemática e a natureza da matemática; o acesso à comunidade de prática e o que está implicado na pertença a uma dada comunidade.

Questões em aberto

A reflexão sobre a aprendizagem significativa deu-me a oportunidade de me debruçar sobre a vantagem de temperar o reduccionismo cognitivo com desenvolvimentos segundo orientações socioconstrutivistas de que Vygotsky é arauto. Permitiu-me também abordar a problemática mais geral da articulação entre a epistemologia da aprendizagem e a construção epistemológica da área da educação em ciência. Por isso mesmo, foi a discussão sobre concepções de aprendizagem que aqui se valorizou e não problemáticas que lhe estão a jusante, em particular sobre o processo de ensino/aprendizagem ou sobre a sua avaliação.

Em termos prospectivos, a reflexão que se apresentou deixa várias questões em aberto que seria desejável aprofundar em debate mais específico e organizado, a saber:

a) A primeira questão sobre que importa reflectir tem a ver com a própria filosofia da abordagem apresentada na secção anterior sobre o sentido e natureza dos critérios a estabelecer para as apropriações a fazer de outras áreas do saber tendo em vista a procura de uma coerência no nosso entendimento sobre a aprendizagem, em particular no âmbito da educação em ciência.

Uma das limitações de um tal enfoque, é a falta de segurança que ameaça o investigador ao não trabalhar no quadro de um dado "paradigma". Aqueles que de nós fizeram percursos de formação no âmbito da chamadas "ciências duras" (Física, Química...) conhecem a comodidade intelectual

que é trabalhar no quadro de um dado paradigma já que este define as categorias do que é inteligível e o controle do seu uso. Não se corre pois o risco de “transgressões” teóricas. Ao invés, trabalhar com a diversidade tem o seu preço. No entanto, ao valorizar contributos oriundos de várias áreas do saber é mais fácil reconhecer e, eventualmente, estudar a complexidade dos problemas relativos ao ensino e à formação, que são sempre multidimensionais, multidisciplinares, contextualmente e culturalmente marcados. Naturalmente é sempre possível formatar as próprias questões de investigação de forma a “caber” numa dada teoria. Esse reduccionismo conceptual é típico da abordagem académica, que tem sempre algum sentido para o investigador, mas que nem sempre ganha sentido educacional. E é precisamente aqui onde se inscreve a problemática em aberto da relevância educacional da investigação educacional.

b) A segunda questão sobre que importa aprofundar diz respeito aos enquadramentos teóricos sobre a construção do conhecimento, em particular, sobre o significado actual do construtivismo, designadamente no quadro da educação em ciência, um tema que tem ocupado vários estudos recentes embora nem sempre convergentes (Mattews, 1994; Oliva, 1999; Osborne, 1996; Soloman, 1994; Suchting, 1992, entre outros).

Embora não partilhando de vários dos argumentos avançados por aqueles autores (em particular os dois últimos), refiro três aspectos que considero pertinentes abordar sobre a problemática do construtivismo. (i) Quando hoje se fala em construtivismo não se sabe bem do que se está a falar (Kant, Piaget, Von Glasersfeld, Vygostky...?), como se todas estas versões fossem equivalentes e igualmente relevantes num contexto educativo! Com a banalização do termo (não do conceito) cada vez tenho mais dificuldade em encontrar alguém que não seja construtivista! O primeiro, é a necessidade de uma reflexão crítica sobre a pretensão do construtivismo se constituir em teoria geral enquadrando toda a pesquisa em educação em ciência (e sobre que tenho as maiores reservas). (ii) O segundo, é a clarificação da diferença entre operar no plano pedagógico/metodológico (p.ex. como estratégia construtivista de trabalho) e os planos epistemológico e ontológico (bem mais controversos, sobretudo o último). Em particular, o cuidado a ter com versões radicais do construtivismo (ver teses de Von Glasersfeld) que praticamente induzem à redução da aprendizagem em termos das suas dimensões psicológicas. É um bom exemplo da equação “aprender = pensar” que acima se criticou, e é meio caminho andado para legitimar o relativismo pedagógico com as consequências que se conhecem. (iii) O terceiro, particularmente pertinente para a educação em ciência, tem a ver com questões epistémicas e ontológicas e o risco de ao

se criticar (justificadamente) o realismo ingénuo se promover o individualismo epistémico e versões radicais de relativismo ontológico nos alunos. Há outras alternativas à polarização tradicional com que as categorias de realidade são supostas ser construídas pelos nossos sistemas conceptuais e uma possível alternativa é o bem conhecido posicionamento filosófico de Niels Bohr (sobre argumentos a favor e contra o relativismo epistémico, ontológico, semântico e moral ver Harré e Krausz, 1996).

c) A terceira questão a aprofundar diz respeito a aspectos de índole metodológica com implicações a nível da investigação, do ensino e da formação.

Assim, sob o ponto de vista da investigação, tenha em conta a dificuldade em delinear metodologias de trabalho, incluindo metodologias de avaliação, quando o objecto de estudo se complexifica (p. ex. a dimensão emocional, valores...). A ênfase no conceptual reflecte em parte dificuldades de avaliar com rigor outras dimensões da aprendizagem. Há certamente um vasto trabalho a fazer neste domínio.

Sob o ponto de vista do ensino (das ciências), importa saber o que é que as perspectivas do pós mudança conceptual, designadamente a perspectiva de ensino por pesquisa, já trouxeram de novo e qual a abordagem feita da aprendizagem nesses estudos. Por exemplo, como decidir entre aquilo que deve ser explicitado pelo professor (ou quem toma o seu lugar) aos alunos e o que não deve ser explicitado.

Nota: As minhas críticas às perspectivas de ensino das ciências conhecidas por mudança conceptual são desenvolvidas algures (Cachapuz, Praia e Jorge, 2000b). Relevo aqui somente a que se refere à sua sobrevalorização dos conteúdos conceptuais (na esteira aliás do movimento das concepções alternativas, quanto a mim esgotado como tal). Na verdade, em termos educacionais, a aprendizagem dos conceitos não é um fim (como no caso da instrução) mas sim um meio tendo em vista finalidades educativas envolvendo capacidades (p.ex. compreender a natureza da mudança), atitudes (p. ex. estar à vontade com a incerteza) e valores (p. ex. desenvolver uma ética de responsabilidade e de solidariedade). Estas questões, sem as quais é difícil hoje em dia conceber e desenvolver um projecto educativo, não foram respondidas nos últimos 20 anos pelas diferentes variantes da perspectiva de ensino por mudança conceptual.

Sob o ponto de vista da formação de professores, apesar de avanços substanciais promovidos por alguns construtos, em particular o de "comunidade profissional" e "professor reflexivo", está por delinear uma teoria do desenvolvimento profissional. Simultaneamente, está quase tudo por fazer quanto ao desenho e desenvolvimento de propostas de formação de professores que promovam e apoiem a experimentação de hipóteses curricu-

lares inovadoras, nomeadamente tendo em vista procurar dar respostas satisfatórias (aos alunos) à sua questão recorrente e com previsíveis consequências na sua aprendizagem: “para que é que isto me serve?”.

Termino com uma sugestão: seria desejável conhecer com maior profundidade o que de facto se faz em termos de investigação em educação em ciência em Portugal e, em particular sobre a aprendizagem das ciências, com que tipo de problemas os investigadores se confrontam, formas de melhorar sinergismos entre grupos de investigação e como melhorar a articulação entre a investigação, o ensino e formação. Penso que as questões acima suscitadas são suficientemente pertinentes para serem abordadas num novo simpósio. Acredito aliás que uma tal forma de socializarmos a investigação seria útil a outras áreas do saber e não só à educação em ciência.

Referências

Amador, F. (1994), *La influencia de los juicios esteticos en los procesos de aprendizaje*, tesis doctoral (não publicada), Madrid, Universidade Complutense.

Ausubel, D. (1968), *Educational psychology*, New York, Holt, Rinehart and Winston.

Bastien, C. (1992), *Le décalage entre logique et connaissance*, Paris, *Courrier du CNRS*, Octobre.

Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2000a), Reflexão em torno de perspectivas de ensino das ciências: Contributos para uma nova orientação curricular – Ensino por Pesquisa, *Revista de Educação*, 10 (1), 69-79.

Cachapuz, A., Praia, J. e Jorge, M. (2000b), *Formação de professores Ciências- Perspectivas de Ensino*, Textos de Apoio, n.º1, Porto, CEEC.

Damásio, A. (1995), *O erro de Descartes*, Lisboa, Ed. Europa-América.

Erickson, G. (1985), Theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks, in Philip Nagy (ed.), Ontario, *Representation of cognitive structures*, 13-30.

Falcão, A. (1998), *O trabalho experimental e o ensino da Química na perspectiva de trabalho científico*, tese de mestrado (não publicada), Aveiro, Univ. de Aveiro.

Gardner, H. (1984), *Frames of mind: The theory of multiples intelligences*, New York, Basic Books, Inc. Publishers.

Harré, R. e Krausz, M. (1996), *Varieties of relativism*, Cambridge, Blackwell.

Hodson, D. e Hodson, J. (1998), Science education as enculturation: Some implications for practice, *School Science Review*, 80 (290), 17-24.

Júnior, A. e Saraiva, J. (1999), Modelo de ensino para mudanças cognitivas: Fundamentação e directrizes de pesquisa, *Ensaio*, 1 (1), 47-67.

Lave, J. e Wenger, E. (1991), *Situated learning*, Cambridge, Cambridge Univ. Press.

Maldaner, O. (2000), *A formação inicial e continuada de professores de Química*, Ijuí, Ed. Ijuí.

Matos, F. (1999), Relatório da disciplina Investigação Educacional II, provas de Agregação do Grupo de Educação, Lisboa, Univ. de Lisboa.

Mattews, M. (1994), Vino viejo en botellas nuevas: Un problema com la epistemologia constructivista, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 79-88.

Morin, E. (2000), *Os sete saberes necessários à educação do futuro*, Ed. UNESCO.

Nogueira, N. (2000), *Uma prática para o desenvolvimento das Múltiplas Inteligências*, S. Paulo, Ed. Érica.

Novak, D. e Gowin, D. (1984), *Learning how to learn*, New York, Univ. Cambridge Press.

Novak, J. e Musonda, D. (1991), A twelve year longitudinal study of science concept learning, *American Educational Research Journal*, 28 (1), 117-153.

Oliva, J. (1994), Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93-107.

Osborne, J. (1996), Beyond constructivism, *Science Education*, 80 (1), 53-82.

Racle, G. (1983), *La pédagogie interactive*, Paris, Ed. Retz.

Rogoff, B. (1990), *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*, New York, Oxford Univ. Press.

Santos, B. (2000), *A crítica da razão indolente*, Porto, Ed. Afrontamento.

Soloman, J. (1994), The rise and fall of constructivism, *Studies in Science Education*, 23, 1-19.

Suchting, W. (1992), Constructivism deconstructed, *Science & Education*, 1 (3), 223-254.

Valente, O. (1989), Projecto Dianóia: Uma aposta no sucesso escolar pelo reforço do pensar sobre o pensar, *Revista de Educação*, 3 (1), 41-51.

Vincent, J. (1986), *Biologie des passions*, Paris, Ed. Seuil.

Vygotsky, L. (1962), *Thought and language*, Cambridge, MIT Press.

Vygotsky, L. (1978), *Mind in society*, Cambridge, Harvard Univ. Press.

White, R. (1988), *Learning science*, Oxford, Oxford Blackwell.

A importância epistemológica e educacional do Vê do conhecimento

Jorge Valadares

jvalad@univ-ab.pt

Universidade Aberta, Lisboa

Resumo

Procurar-se-á realçar, de início, a necessidade de reforçar os aspectos teórico-conceituais em educação, investindo em teorias, como a da aprendizagem significativa, que se afigurem susceptíveis de conseguir amplos consensos. Tendo em conta que toda a boa teoria assenta numa axiomática capaz de se impor a quem a conhece bem, realçam-se a seguir alguns princípios que poderão nortear aqueles que dedicam grande parte do seu esforço intelectual à teoria da aprendizagem significativa.

A adopção desses princípios e a análise epistemológica, da história da ciência, de que aqui obviamente apenas poderá ser dada uma pálida imagem, apontam para o grande objectivo desta comunicação: vincar a fundamentação epistemológica do Vê do Conhecimento e, em consequência, a sua grande importância ao serviço da aprendizagem significativa da ciência.

Introdução

É conhecido o facto de o maior filósofo da ciência do século XVIII (e, em boa verdade, um dos maiores de todos os tempos), Immanuel Kant, considerar a química da sua época uma arte sistemática, ou, quando muito, uma teoria experimental, mas não uma «ciência genuína» (Kant, 1990, p. 17), por não assentar em princípios formulados matematicamente, tal como sucedia com a Física.

O matemático e epistemólogo Jean Petitot, numa conferência realizada em Lisboa com a designação significativa «*Em direcção a uma Física das Ciências Humanas*», situou-se numa posição não muito afastada de Kant, ao distinguir na ciência os aspectos empírico-descritivos e teórico-matemáticos (1999, p. 34).

Os primeiros, segundo Petitot, apenas contemplam um conjunto de actividades cognitivas mais ou menos sistematizadas, são “racionalmente descritivos”, e recorrem a métodos formais universais tais como os de aquisição e tratamento de sinal, estatísticas, etc.

Os aspectos teórico-matemáticos, por sua vez, são específicos da conceptualização teórica de um domínio particular de objectos, condição necessária para a modelização conducente à reconstrução dos fenómenos envolvendo esses objectos.

Se a Química de hoje já contém, sem sombra de dúvidas, aspectos teóricos solidamente estabelecidos, que a levaram a adquirir um estatuto idêntico ao da Física, o mesmo não sucede, infelizmente, com as ciências da Educação que se têm cingido a aspectos meramente descritivos, com uma linguagem prolixa e muitas vezes confusa.

Ao contrário dos físicos, dos químicos, dos geólogos, etc., que têm procurado encontrar quadros conceptuais bastante abrangentes e amplamente compartilhados onde conseguem enquadrar muitos dos fenómenos sobre os quais se debruçam, os cientistas da educação têm tido uma enorme dificuldade em constituir referenciais teóricos suficientemente sólidos e universais para depois guiarem por eles de modo seguro as suas investigações. E mais. Têm-se esquecido sistematicamente desse farol que norteou toda a construção das ciências da natureza e que dá pelo nome de princípio da parcimónia ou espada de Occam, facto este muito justamente realçado por Joseph Novak num dos seus recentes livros (Novak, 1998, p. 96)¹.

Se as categorias transcendentais kantianas não são já actualmente aceitáveis, não deixa de ser altamente significativo do ponto de vista da objectividade das ciências físicas (mesmo assim, uma objectividade fraca, como veremos adiante) o facto de o mundo físico revelar as famosas simetrias no que respeita aos fenómenos que nele ocorrem (da translação no espaço, da rotação no espaço, da translação no tempo, etc.).

É a simetria que está na base da existência de princípios essenciais a que obedecem os fenómenos do mundo físico, o que tornou possível modelar esses fenómenos de um modo bastante rigoroso.

Justifica-se, pois, a afirmação de Michio Kaku (cit. de J. Petitot, 1999, p. 40):

Nature demands symmetry.

Symmetry, instead of being a purely aesthetic feature of a particular model, now becomes its most essential feature.

O progresso da ciência no campo da modelação dos fenómenos tem sido tão grande com as facilidades computacionais de que hoje dispomos

¹. Deste livro existe uma tradução portuguesa.

que já foi possível penetrar nos difíceis campos dos sistemas naturais complexos, quer físicos quer biológicos e até mesmo nos campos cognitivos e sociais.

Mas, até se chegar ao ponto de compreender um tão grande número de fenómenos com base num quadro conceptual básico, houve que percorrer um longo caminho de **objectivação**. É este percurso de objectivação que a educação terá de percorrer, sendo certo que os fenómenos educativos não só são altamente complexos pelo número de variáveis que envolvem e pela influência que umas exercem sobre as outras, mas também, tanto quanto sabemos hoje, não obedecem a simetrias ou invariâncias espaço-temporais como os fenómenos físicos. Assim, a diversidade psicossocial é uma característica inerente ao ser humano, sendo cada *aluno* uma individualidade idiossincraticamente autónoma e cada *professor* um indivíduo de características muito variáveis e espírito mais ou menos aberto, até pela criatividade que deve procurar pôr na sua «arte» de ensinar. E um dado *currículo*, por mais que se tente objectivar, é sempre algo de complexo e difícil de definir do mesmo modo por dois educadores que com ele trabalham. Além disso, a *governança*, que no dizer de Gowin (1981, p. 56) é tudo o que controla o acto educativo e que está longe de ser apenas uma influência exterior à escola ou mesmo à sala de aula, actua do modo mais diverso. Finalmente, a *avaliação*, tão importante como os outros «lugares comuns da educação» (Schwab, 1973, Novak, 1984) terá sempre, pela sua natureza, aspectos subjectivos, e, além disso, ainda anda à procura de um novo paradigma, ou, se preferirmos, de amplos consensos sobre a melhor forma de ser conduzida.

Por tudo isto, não admira que a educação seja, e porventura sempre o será, na classificação de Kant e de Jean Petitot, uma «arte sistemática», com tudo o que de bom e de mau tem este facto. Mas isto não significa que abduquemos de procurar cada vez mais a objectivação da educação através do reforço dos aspectos teórico-conceptuais (sem prejuízo dos outros) que conduzirão ao mesmo tempo à sua validação. Creio que essa objectivação e validação passa por investir em teorias educacionais que possam vir a reunir em torno de si o mais amplo consenso possível dos membros da comunidade educativa. Pretendendo-se que a educação científica conduza a uma aprendizagem rica, substantiva, não literal, dos conceitos, leis e teorias científicas, capaz de potenciar os alunos para a resolução dos mais variados problemas científicos, dentro e fora da escola, e capaz mesmo de desenvolver o poder de criar novos conhecimentos científicos, crê-se que uma grande aposta em que vale a pena realmente investir é a **teoria da aprendizagem significativa**.

Alguns princípios fundamentais da teoria da aprendizagem significativa

Com o teorema de Kurt Godel, de 1931, ficámos a saber que em qualquer sistema formal há sempre afirmações não demonstráveis nem refutáveis dentro do próprio sistema. Em consequência, todo o corpo teórico que queiramos construir terá sempre de assentar, como sucede na Física, em princípios cuja validade é aceite à partida sob pena de a teoria perder consistência. Mais à frente teremos oportunidade de nos debruçar um pouco sobre a natureza dos princípios, mas é obviamente fundamental que se tornem plausíveis aos olhos de quem conhece a teoria, para poder disseminar-se a sua aceitação.

O que se pretende realçar a seguir é que a teoria da aprendizagem significativa pode considerar-se assente em princípios que consideramos sólidos e susceptíveis de ampla consensualidade.

O seu princípio fundamental e historicamente o primeiro é o seguinte:

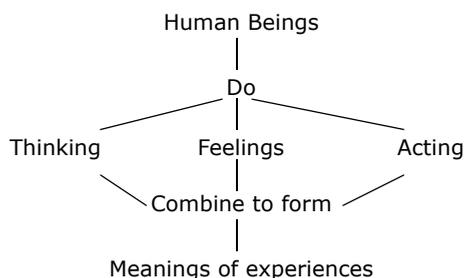
O factor mais importante de que depende a aprendizagem do aluno é a sua estrutura cognitiva em cada momento da aprendizagem. O ensino deve ser encarado em conformidade com essa estrutura.

A exemplo do que sucede nas ciências exactas, em que determinados princípios estão ligados a nomes de cientistas, o que acaba de ser enunciado poderá muito bem ser consagrado com o nome de **princípio de Ausubel**. Os educadores rapidamente aceitarão esta designação se se debruçarem minimamente sobre a obra fundamental deste psicólogo educacional (Ausubel, 1968; Ausubel et al., 1980), a começar logo pelo frontispício.

Um outro princípio em que assenta a teoria da aprendizagem significativa e que tem vindo a ter uma fundamentação cada vez maior nos estudos biológicos e psicológicos da cognição é o seguinte:

No acto de aprender, o aluno intervém de um modo global através da combinação entre pensamento, sentimentos e acção.

Tal como se vê no organizador gráfico seguinte, de Novak, pensamento, sentimentos e acção combinam-se para formar o significado da experiência.



(In Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: concept maps(TM) as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Erlbaum. Há uma tradução portuguesa de 2000).

Tradicionalmente, atribuíam-se os aspectos intelectual, sensitivo e activo a componentes diferentes do ser humano: a intelectualidade, à parte neocortical ou parte nova do cérebro; os sentimentos e paixões a partes mais antigas ou reptilianas do cérebro; e as acções ao corpo, ainda que comandado pelas diferentes zonas do cérebro, em resposta aos estímulos nervosos.

No entanto, jamais foi clara esta separação entre corpo e mente (ou corpo e alma), bem como entre sentimentos e emoções por um lado e decisões racionais por outro.

Assim, por exemplo, o racionalista Descartes, apesar de ter distinguido e privilegiado a mente (como sede do pensamento) em relação ao corpo (sistema onde ocorrem as impressões sensoriais e respostas aos mesmos), já não considerava absolutamente distintas as faculdades sensitiva e racional, considerando-as como aspectos complementares da alma, ao falar nos chamados «espíritos animais».

Por sua vez, Will Durant (s/d, p. 186), ao referir-se ao filósofo judeu Bento de Espinosa (1632-1677)¹, escreveu o seguinte:

“Ele sabia que se a paixão sem razão é cega, a razão sem paixão é morta (...). Em vez de inutilmente opor a razão à paixão, caso em que o elemento de maiores raízes ancestrais sempre vence - Espinosa opõe às paixões desordenadas as paixões coordenadas pela

¹. Era de ascendência portuguesa, pois a sua família eram emigrantes na Holanda provenientes de uma vila do Alentejo: Vidigueira.

razão e perfeitamente reguladas pela perspectiva total da situação. Ao pensamento não deve faltar o calor do desejo, nem ao desejo a luz do pensamento”.

Ao reflectirmos sobre as realizações grandiosas ao longo da História, somos levados a concordar com Hegel, o pai da dialéctica moderna, quando afirma que “nada de grande no Mundo foi realizado sem paixão.” E isto recorda-me um episódio recente e altamente ilustrativo que não resisto a contar aqui:

O ano passado circulou a notícia de uma descoberta muito importante, no *European Southern Observatory*. Entre os astrofísicos que participaram nessa descoberta, era destacado o nome e o papel de um jovem físico português que há uns anos atrás foi meu aluno.

Recordo-me perfeitamente do facto de não ser um dos alunos com maior aproveitamento em Física (nem em Matemática), mas, sem dúvida alguma, era um apaixonado pela Astronomia. Um certo dia, após alguma insistência da sua parte (já que não dispunhamos de um instrumento astronómico capaz e a Astronomia não constava do programa em leccionação), transportámos com alguma dificuldade uma luneta antiga e pesada construída para fins militares que existia no Museu do Pavilhão de Ciências para o telhado deste. Lembro-me, como se fosse hoje, da alegria contagiante com que ele, durante várias horas de uma noite fria, começou a mostrar todos os conhecimentos que já então possuía acerca do céu, perante a admiração de alguns seus colegas voluntários e de mim próprio, bem como do fascínio que ele revelou por esse tema. Esse mesmo fascínio levou-o a seguir e a completar o curso de Física numa Faculdade onde este curso é bastante «duro», e a fazer a sua pós-graduação em Astrofísica que o conduziria à que é considerada uma das importantes descobertas do ano de 1999, no domínio da Astrofísica.

Este caso é coerente com os estudos que levaram o Prof. Daniel Goleman, de Harvard, à introdução do constructo «inteligência emocional», ao verificar que não são necessariamente os alunos de QI mais elevado que vêm a ser os mais bem sucedidos na vida. (Goleman, 1997).

Como já afirmámos, esta suspeita antiga de uma ligação profunda entre os sentimentos, emoções, corpo e cérebro fortaleceu-se com os trabalhos recentes provenientes das ciências da cognição.

Por falta de tempo e espaço, cingir-me-ei a um destes trabalhos e, permitam-me que destaque o que tem sido realizado pelo neurobiólogo português António Damásio, na América. Num livro por ele publicado nesse país e amplamente divulgado em Portugal, *O Erro de Descartes*, relatou diver-

dos estudos efectuados com acidentados do cérebro e escreveu o seguinte (Damásio, 1995, p. 15):

“Os níveis mais baixos do edifício neurológico da razão são os mesmos que regulam o processo das emoções e sentimentos e ainda as funções do corpo necessárias para a sobrevivência do organismo. Por sua vez, estes níveis mais baixos mantêm relações directas e mútuas com praticamente todos os órgãos do corpo, colocando assim o corpo directamente na cadeia de operações que dá origem aos desempenhos do mais alto nível da razão, da tomada de decisões e, por extensão, do comportamento social e da capacidade criadora. Todos estes aspectos, emoção, sentimento e regulação biológica desempenham um papel na razão humana. As ordens de nível inferior do nosso organismo fazem parte do mesmo circuito que assegura o nível superior da razão.”

Julgo que argumentos como estes são suficientes para fundamentar o princípio da influência simultânea de pensamento, sentimentos e acções na construção do conhecimento.

Passemos agora a referir um novo princípio que também gostaríamos de ver associado à teoria da aprendizagem significativa, por razões que posteriormente se entenderão.

Esse princípio poderá enunciar-se do seguinte modo:

Há algum paralelismo entre a evolução das noções no decorrer da história da ciência e o desenvolvimento das ideias em cada indivíduo.

Também por falta de espaço e tempo não poderei aqui defender este princípio tal como o fiz num outro lugar (Valadares, 1995, 1.º volume). Não deixarei, no entanto, de referir que esta ideia de um certo paralelismo entre a psicogénese e a história da ciência foi defendida por dois epistemólogos de mérito reconhecido, Jean Piaget e Rolando Garcia, e é a grande tese da sua obra «Psicogénese e História das Ciências» (Piaget e Garcia, 1987)¹ De facto, como muito bem refere Barbel Inhelder no prefácio desta obra, o seu grande objectivo é

“procurar saber se os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte, no contexto de um sistema de noções, são análogos aos da passagem de um estado genético aos seus sucessores”.

¹. O original da obra ficou completo pouco antes da morte de Jean Piaget (1980).

De facto, Piaget e Garcia acabaram por defender o paralelismo traduzido neste princípio com base na existência de mecanismos comuns. O mais geral destes mecanismos comuns diz respeito à *alternância entre abstracções empíricas e abstracções reflexivas*, a que correspondem, respectivamente, *generalizações extensionais e construtivas*. (op. cit., p. 38). A abstracção empírica, como a própria designação indica, faz-se a partir dos objectos, enquanto que a reflexiva actua a partir de acções e operações do sujeito, ocorrendo uma projecção sobre o nível de representação do produto obtido a nível de acção, acompanhada por uma reconstrução e reorganização do que foi transferido por projecção (op. cit., p. 18). A cada abstracção empírica corresponde uma generalização extensional, com a passagem de alguns a todos, de leis particulares a gerais, sem reorganização das primeiras. Cada abstracção reflexiva, por sua vez, origina uma generalização construtiva, uma nova síntese em que as leis particulares acabam por adquirir novos significados (op. cit., p. 247).

Esta analogia de mecanismos tem como consequência a existência de problemas gerais comuns a todo o desenvolvimento epistemológico, como seja o papel da experiência, a natureza da relação entre sujeito e objectos, os bloqueios conceptuais, etc.

Creio que os mecanismos cognitivos ausubelianos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora interpretam de um modo ainda mais simples e claro os aspectos comuns à construção individual do conhecimento e ao seu desenvolvimento histórico. E é talvez por isso que Joseph Novak, numa comunicação apresentada na *Fourth North American Conference on Personal Construct*, em 1990, defendeu também que

“o processo psicológico pelo qual um indivíduo constrói os seus próprios significados é essencialmente o mesmo que o processo epistemológico através do qual o conhecimento novo é construído pelos profissionais das diversas disciplinas”.

O paralelismo entre a evolução das noções no decorrer da história da ciência e no desenvolvimento das ideias em cada indivíduo revela-se também a nível das concepções, conforme se pode ver no quadro que se segue, em que os nomes referidos na coluna esquerda se referem a alunos

do 8.º ano de escolaridade que aceitaram participar numa pesquisa (Valadares, 1993).

Analogias entre concepções de alunos e concepções históricas

Concepções de alunos	Concepções históricas
Um corpo inanimado só se mantém em movimento se for actuado por forças.	<i>"Com efeito, dizer que estas coisas se movem pela sua própria natureza é impossível, porque isso é próprio dos animais e dos seres animados (Aristóteles, in Física).</i>
<i>"Se a pomos aqui (partida) é preciso que ela tenha um fim para onde vai sempre, ela deve ter o seu lugar natural"</i> (explicação de uma criança de 8:7 para a queda de uma bola, in Piaget e Garcia, 1987, p. 76)	Para os peripatéticos , um corpo pesado cai com uma finalidade, o seu movimento natural ocorre porque o fim do elemento «terra» é ocupar o seu lugar natural por baixo dos restantes «elementos», água, ar e fogo.
O peso de um corpo é uma «propriedade oculta do corpo», é uma espécie de «força interna» que faz com que o corpo caia. O corpo cai pela sua própria natureza, sem que nenhuma força o puxe.	<i>A natureza (de um corpo) é um princípio interno do movimento"</i> (Aristóteles , in <i>Do Céu</i>). Para Aristóteles, o movimento natural tem uma causa intrínseca, um «motor interno».
Um corpo em repouso é forçado a mover-se por acção de uma força e move-se apenas enquanto a força actua.	Para os peripatéticos , os movimentos violentos são originados por uma causa externa – um «motor externo». Se esse «motor» deixar de funcionar, o corpo pára.

Analogias entre concepções de alunos e concepções históricas (Cont.)

Concepções de alunos	Concepções históricas
<p>A investigação psicogenética mostrou que as ideias das crianças acerca dos projecteis se revelam surpreendentemente análogas às de Buridan (Piaget e Garcia, p. 38).</p> <p>As ideias espontâneas dos alunos que a investigação das concepções alternativas tem revelado são as seguintes, de características efectivamente análogas à da teoria do ímpeto:</p> <p>quanto mais rapidamente um corpo se move de encontro a nós «mais força ele trás»:</p> <p><i>quanto maior ou mais forte for um corpo, «mais força ele tem»</i> (o pugilista forte exerce um golpe com «mais força» no débil do que a resposta que sofre dele).</p>	<p>Buridan explicava o movimento de um projectil afirmando que o «motor» que põe o projectil em movimento lhe comunica uma certa «virtus motiva», um certo ímpeto, que actua na própria direcção em que o «motor» coloca o projectil em movimento, «quer seja para cima ou para baixo, quer lateral quer circularmente» (Piaget e Garcia, 1987, p. 59).</p> <p>As características do ímpeto de Buridan são as seguintes:</p> <p><i>quanto maior a velocidade que «o motor» comunica ao corpo, maior o «ímpeto» que o corpo possui;</i></p> <p>quanto maior a quantidade de matéria do corpo, maior o «ímpeto» que ele possui.</p>
<p>Se um corpo se move para cima, há um força dirigida para cima superior à força gravítica dirigida para baixo.</p>	<p>"O corpo move-se para cima desde que a força motriz imprimida seja maior do que o peso resistente. Mas tal força é, como vimos, continuamente enfraquecida; finalmente, ela fica tão diminuída que deixa de ser maior do que o peso do corpo e não o impele para além daquele ponto..." (Galileu, in <i>de Motu</i>).</p>
<p>Uma esfera que é obrigada a rodar num tubo, mantém-se a rodar quando a esfera sai do tubo.</p>	<p>Buridan afirmava que um corpo a rodar tem um ímpeto circular.</p>

Analogias entre concepções de alunos e concepções históricas (Cont.)

Concepções de alunos	Concepções históricas
<p>A energia é a causa do movimento. <i>"Sem energia não havia movimento"</i>(Bruno Henrique). <i>"A electricidade gera energia e a energia gera movimento"</i>(João Filipe)</p>	<p><i>"Os Escolásticos definiam a energia como sinónimo de força (vis) (...) os filósofos medievais chamavam-lhe ímpeto"</i> (V. de Sousa Alves, in Enciclopédia Verbo, volume VII). <i>O ímpeto era uma causa interna de movimento.</i></p>
<p>A investigação psicogenética mostrou que as ideias das crianças acerca dos projecteis se revelam surpreendentemente análogas às de Buridan (Piaget e Garcia, p. 38). As ideias espontâneas dos alunos que a investigação das concepções alternativas tem revelado são as seguintes, de características efectivamente análogas à da teoria do ímpeto: quanto mais rapidamente um corpo se move de encontro a nós «mais força ele trás»: <i>quanto maior ou mais forte for um corpo, «mais força ele tem»</i> (o pugilista forte exerce um golpe com «mais força» no débil do que a resposta que sofre dele na luva de boxe).</p>	<p>Buridan explicava o movimento de um projectil afirmando que o «motor» que põe o projectil em movimento lhe comunica uma certa «virtus motiva», um certo ímpeto, que actua na própria direcção em que o «motor» coloca o projectil em movimento, «quer seja para cima ou para baixo, quer lateral quer circularmente» (Piaget e Garcia, 1987, p. 59). As características do ímpeto de Buridan são as seguintes: <i>quanto maior a velocidade que «o motor» comunica ao corpo, maior o «ímpeto» que o corpo possui;</i> quanto maior a quantidade de matéria do corpo, maior o «ímpeto» que ele possui.</p>
<p>Se um corpo se move para cima, há um força dirigida para cima superior à força gravítica dirigida para baixo.</p>	<p><i>"O corpo move-se para cima desde que a força motriz imprimida seja maior do que o peso resistente. Mas tal força é, como vimos, continuamente enfraquecida; finalmente, ela fica tão diminuída que deixa de ser maior do que o peso do corpo e não o impele para além daquele ponto..."</i> (Galileu, in <i>de Motu</i>).</p>

Analogias entre concepções de alunos e concepções históricas (Cont.)

Concepções de alunos	Concepções históricas
<p>Uma esfera que é obrigada a rodar num tubo, mantém-se a rodar quando a esfera sai do tubo.</p>	<p>Buridan afirmava que um corpo a rodar tem um ímpeto circular.</p>
<p>A energia é a causa do movimento. <i>"Sem energia não havia movimento"</i> (Bruno Henrique). <i>"A electricidade gera energia e a energia gera movimento"</i> (João Filipe)</p>	<p><i>"Os Escolásticos definiam a energia como sinónimo de força (vis) (...) os filósofos medievais chamavam-lhe ímpeto"</i> (V. de Sousa Alves, in Enciclopédia Verbo, volume VII). <i>O ímpeto era uma causa interna de movimento.</i></p>
<p>Há uma indiferenciação persistente entre os conceitos de energia e força. <i>"A energia é uma força que serve para accionar diversos mecanismos "</i> (João Filipe). <i>"A energia" é uma força, um poder, que permite aos seres terem movimento e vida e pode ser transmitida"</i> (David José).</p>	<p>Essa indiferenciação persistente é histórica conforme se vê nos seguintes títulos de obras: <i>«Observações acerca das forças da natureza inanimada» (J. Mayer, 1842).</i> <i>«Sobre a conservação da força» (Helmholtz, 1847).</i> <i>«Sobre a força motriz do calor e as leis que podem deduzir-se do estudo desta questão, aproveitáveis para a teoria do calor» (Clausius, 1850).</i></p>
<p><i>"Energia é uma força natural e é também um facto indispensável à vida"</i> (João Ricardo). <i>"Energia é uma força natural pela qual todos os seres conseguem sobreviver"</i> (Filipe Miguel) <i>Energia é uma força que existe em todos os corpos do universo, que os transforma, que os cria, que os mata. É de origem desconhecida"</i> (Pedro Manuel).</p>	<p>Há um vitalismo histórico a respeito da energia que vem do tempo da «<i>vis viva</i>», associando-se a energia à capacidade activa dos seres vivos e às suas diversas formas de actividade, desde a actividade muscular até à actividade neuropsíquica, falando-se de energia psíquica em vez de capacidade volitiva, intelectual, etc.</p>

Analogias entre concepções de alunos e concepções históricas (Cont.)

Concepções de alunos	Concepções históricas
<p>A energia solar é confundida com calor ou energia térmica a propagar-se. <i>"O Sol fornece energia térmica e energia luminosa"</i> (Vítor Manuel).</p>	<p>A confusão entre luz e calor é histórica. Assim: - Lambert, em 1777, estendeu ao calor as leis de propagação da luz. - Rochon, em 1783, estudou a «difracção do calor». - Seebeck falava em «raios caloríficos». Quem analisar hoje o capítulo XXIX da 51ª edição de Langlebert (1886, pp. 568-579) intitulado «Calor radiante» concluirá que está a estudar Óptica. Jamin, em 1869, falava em calores vermelho, amarelo, etc..</p>
<p><i>O frio é uma espécie de fluido que se propaga dos corpos frios para os quentes: "Fecha a porta para não entrar o frio!"</i></p>	<p>O italiano Della Porta estabeleceu algumas leis acerca da propagação do frio, por exemplo esta: <i>"O frio reflecte-se num espelho como o calor"</i>. (Schurmann, 1946, p. 189).</p>
<p><i>O calor é encarado como algo contido nos corpos e que transita dos corpos quentes para os frios.</i> Esta ideia de quantidade de calor contido transparece em certas frases que os alunos continuam a pronunciar com convicção de rigor, tais como: - "Estou cheio de calor". - "Que calor que está nesta sala!"</p>	<p>O calor foi, durante muitos anos, considerado um fluido imponderável contido nos corpos - o calórico, por Joseph Black e seus seguidores, ou por um movimento interno dos corpos. Francis Bacon, por exemplo, afirmava no século XVI, que o calor é um «movimento de «expansão e ondulação das partículas de um corpo». A confusão entre calor e energia interna persistiu historicamente, associado ao paradigma do éter.</p>

Há actualmente cada vez mais educadores que defendem o recurso à História da Ciência para melhorar o seu ensino. Refiro, a título de um mero exemplo, os que estão ligados ao *International History, Philosophy and Sci-*

ence Teaching Group que tem tido como grande dinamizador Michael Matthews. De acordo com o princípio formulado, isto é uma atitude sensata. O professor estará mais preparado para detectar as mais diversas dificuldades conceptuais dos seus alunos, sobre os seres vivos, a hereditariedade, os materiais, a luz, a visão, a energia, o calor, a natureza corpuscular da matéria, a força, a velocidade, as leis fundamentais do movimento, a corrente eléctrica, etc., e poderá ajudá-lo mais facilmente a ultrapassar tais dificuldades, se tiver um conhecimento prévio do modo como dificuldades idênticas surgiram e foram ultrapassadas ao longo da história da ciência.

Gostaria de encerrar esta secção dedicada a princípios fundamentais subjacentes à teoria da aprendizagem significativa, enunciando o seguinte princípio construtivista:

O conhecimento científico, qualquer que ele seja, é uma construção humana resultante de interacções complexas envolvendo sujeitos e objectos em que nem uns nem outros têm a hegemonia.

Tal como procurei mostrar em trabalhos anteriores (Valadares, 1995 e 1999), o **construtivismo** é um paradigma que poderá, quando encarado de uma forma adequada às características do conhecimento científico, ultrapassar dialecticamente as grandes antíteses filosóficas que surgiram a respeito dos grandes problemas acerca desse conhecimento: dogmatismo-cepticismo; racionalismo- empirismo; realismo-idealismo.

Ainda que os problemas do conhecimento não sejam absolutamente independentes, por razões metodológicas eles são apresentados em separado no quadro da página seguinte, na linha do que fez o filósofo alemão Johannes Hessen, professor da universidade de Colónia, no seu livro *Erkenntnistheorie*, publicado em 1926, e traduzido para Portugal em 1987.

Para não sobrecarregar o quadro, referem-se apenas as filosofias mais importantes para as ciências e alguns dos primitivos defensores das mesmas.

Filosofias mais importantes para as ciências

PROBLEMAS	ANTÍTESES HISTÓRICAS	SUPERAÇÕES
Problema da Possibilidade do conhecimento	<p>(i) Dogmatismo Dogmatismo ingénuo (présocráticos) Dogmatismo teórico (diversos pensadores)</p> <p>(ii) Cepticismo Ceptic. Radical ou absoluto (Pirón de Elis) Ceptic. Intermédio (Arcesilao e Carneades) Positivismo (Augusto Comte) Neopositivismo Subjectivismo (sofistas) Relativismo (Oswaldo Spengler) Pragmatismo (William James, Schiller)</p>	<p>Criticismo (cujo fundador foi Kant)</p> <p>Construtivismo</p>
Problema da Origem do conhecimento	<p>(i) Racionalismo Racionalismo transcendente (Platão) Racion. Teológico (Sto Agost. e Malebranche) Racionalismo Imanente (Descartes, Leibnitz) Racionalismo lógico (séculos XIX e XX)</p> <p>(ii) Empirismo Empirismo inglês do século XVIII (Locke) Sensualismo (Condillac) Empiriocriticismo (Avenarius, Mach, etc.) Empirismo lógico</p>	<p>Intelectualismo (cujo fundador foi Aristóteles)</p> <p>Apriorismo (cujo fundador foi Kant)</p> <p>Construtivismo</p>

Filosofias mais importantes para as ciências (Cont.)

PROBLEMAS	ANTÍTESES HISTÓRICAS	SUPERAÇÕES
Problema da Essência do conhecimento	<p>(i) Realismo Realismo ingénuo (présocráticos) Realismo natural (Aristóteles) Realismo crítico (Demócrito, Galileu, etc.) Realismo volitivo (Maine de Birau, Guilherme Dilthey, Max Scheler)</p> <p>(ii) Idealismo Idealismo subjectivo ou psicológico (Berkeley) Empiriocriticismo (Avenarius, Mach) Idealismo objectivo ou lógico (neokantismo da Escola de Marburgo)</p>	<p>Fenomenalismo (fundado por Kant)</p> <p>Construtivismo</p>

Ser filosoficamente construtivista é, pois, não ser dogmático nem céptico, não ser empirista nem racionalista, não ser nem realista nem idealista, mas aceitar e superar argumentos de todas estas filosofias.

Tal como afirma o filósofo actual Kuno Lorenz (1999, p. 148),

“toda a disputa moderna, que, no princípio, se desenrolou entre o racionalismo clássico e o empirismo – incluindo os seus cognatos analíticos no século XX, o racionalismo lógico e o empirismo lógico, e, presentemente, o mentalismo e o behaviourismo, ou as recentes fusões de estruturalismo e funcionalismo “de cima para baixo” ou “de baixo para cima”, no que diz respeito à fundação do conhecimento científico – toda essa moderna disputa pode basicamente ser compreendida como uma disputa sobre o que é que vem primeiro, a forma ou a matéria, os poderes da mente ou os poderes da natureza, disputa essa na qual as duas partes se encontram, em regra, completamente cónscias do facto que a mente pertence à natureza e que falar da natureza é uma particular realização da mente.”

Sem o recurso ao conteúdo da mente seria impossível interrogar a natureza e sem os dados fornecidos pela natureza não haveria mais conhecimento científico na mais rica das mentes.

É, pois, descabido defender-se um método, seja ele empírico-indutivista ou racionalista, conforme se mostra através das respectivas simulações que se seguem:

Simulando um *modelo de método científico empirista...*

1.º - *Observação*: aplicar atentamente os sentidos, fazer as medições com todo o cuidado para recolher dados científicos o mais exactamente possível.

2.º - *Hipótese*: fazer uma suposição acerca da lei que explica o fenómeno.

3.º - *Experimentação*: recriar o fenómeno no laboratório, usando os aparelhos experimentais e as regras de Francis Bacon, preenchendo uma «tábua de presenças», outra «de ausências» e «outra de graus» ou, querendo ser mais actual, a metodologia de Stuart Mill, um refinamento da de Bacon ou, querendo ser ainda mais moderno, recorrendo às actuais tabelas de dupla ou tripla entrada, estatísticas, etc.

4.º - *Indução*: generalizar as regularidades encontradas com as transformações dos dados obtidos experimentalmente para todos os fenómenos análogos ao fenómeno em causa.

5.º - Etc., etc.

Crítica

No ponto 1 há que aplicar atentamente os sentidos. Para observar o quê? Ao acaso? Estamos à espera que a natureza se encarregue de nos dar de bandeja os dados de que nós necessitamos? Falta uma reflexão profunda para sabermos o que vamos observar e como vamos observar. Falta um passo 0 chamado reflexão (uso da mente).

Passemos ao ponto três. Como usar os aparelhos sem ter por trás um conhecimento teórico acerca do seu funcionamento, da teoria dos erros cometidos, etc.?

Simulação de um *modelo de método científico racionalista...*

1.º- *Axiomas*: formulam-se um, dois ou três princípios com carácter axiomático, o mínimo necessário para se construir a teoria do fenómeno.

2.º- *Dedução*: por meio do raciocínio hipotético-dedutivo, com todo o rigor lógico proporcionado pela Matemática, desenvolvemos uma teoria baseada nos axiomas.

3.º- *Leis secundárias*: com base na teoria deduzimos racionalmente leis válidas para o fenómeno.

4.º - Etc., etc.

Crítica

No ponto um são formulados princípios básicos. Mas porquê esses e não outros? Com princípios diferentes, podemos chegar a conclusões semelhantes acerca dos mesmos fenómenos. Veja-se os princípios da física newtoniana, diferentes dos da física einsteiniana e chegando a previsões semelhantes para os fenómenos de movimento a baixas velocidades.

O que nos garante que esses princípios são os correctos e não outros? Não temos qualquer garantia absoluta. O indício de quais são os correctos é fornecido pela experiência. Portanto, está escondido um ponto 0, que é: experiências vividas que indiciam os princípios adoptados.

O conhecimento de como a ciência se constrói conduz-nos ao construtivismo, mas não ao construtivismo radical, que consideramos demasiado subjectivo e céptico, dando-nos uma imagem distorcida da história e dos sucessos da ciência, tal como muito bem mostra Robert Nola (1998, p. 54) ao colocar 8 objecções a esse construtivismo. Na impossibilidade de nos debruçarmos aqui sobre essas e outras objecções ao construtivismo radical, remetemos o leitor interessado para este artigo de Nola.

Admitimos, com base na história da ciência e na análise sociológica das práticas quotidianas nas ciências (etnometodologia), como fizeram M. Lynch e R. Mc. Nally (1999, p. 159 a 186), que toda a ciência válida tem vindo a percorrer um processo de **objectivação**. Este conduziu àquilo que poderemos chamar uma *objectividade fraca*, significando um caminho em direcção ao conhecimento de objectos simultaneamente dados e adquiridos. De facto, a investigação científica incide sobre os fenómenos e não os númenos, no sentido kantiano, sendo o produto de relações entre os sistemas conceptuais dos investigadores e o mundo a que pertencem. Assim sendo, a aproximação a esses fenómenos faz-se, não pela positiva, isto é, com o conhecimento do que são exactamente «em si», mas pela negativa, isto é, daquilo que eles não podem ser face às restrições teóricas impostas pelas leis científicas (pense-se, por exemplo, nas restrições impostas pelas leis termodinâmicas) e face aos limites das incertezas sempre associadas às medições experimentais.

O Vê do conhecimento e a parada de Vês

Ao examinarmos criticamente a história da ciência que notamos de sistemático?

Notamos, certamente, uma interacção permanente a ocorrer entre duas grandes componentes do conhecimento: uma teórico-conceptual e outra prático-metodológico-experimental. Quando, num estudo qualquer do motor de um automóvel, por exemplo, são consideradas as paredes do motor, não se pode desgarrar a condição de pedaço de matéria obtida da natureza do processo construído que conduziu ao motor, bem como de múltiplas ideias construídas tais como rigidez, densidade, resiliência, etc. Esta interacção entre pensamento e acção ressalta bem das seguintes definições que alguém deu e que reconstituo:

- cientista teórico é aquele que analisa teoricamente e prevê resultados obtidos pela experiência.
- cientista experimental é aquele que verifica, aplica e propicia experimentalmente ideias construídas pela teoria.

A análise crítica da história da ciência também realça a importância decisiva que sempre desempenharam os grandes **problemas** a investigar, os quais determinaram a escolha dos **objectos/acontecimentos** em estudo, simultaneamente dados e construídos, como dissemos.

A mesma análise mostra, ainda, como as grandes **crenças acerca do mundo, as filosofias** e as **teorias** foram decisivas no processo de investigação. Os exemplos conhecidos do pitagorismo de Kepler, do «positivismo» de Ptolomeu e de todos os que sempre procuraram «salvar as aparências», da heliolatria de Copérnico, do platonismo de Galileu, do empiriocriticismo de Mach, do realismo de Einstein, Schrodinger e de Broglie, do idealismo dos cientistas da Escola de Copenhaga, para não citar outros, são altamente sugestivos de como o pensamento de quem constrói ciência está «contaminado» para o melhor e para o pior, que não há ciência liberta de convicções prévias.

Associadas às mais diversas teorias estiveram sempre afirmações aceites por períodos mais ou menos longos ou curtos: os **princípios**. Os grandes princípios da Ciência eram para Kant afirmações *sintéticas* (os atributos do complemento não estão incluídos no sujeito) e *a priori* (não resultantes, portanto, da experiência). Outros filósofos, particularmente os empiristas, consideravam-nos como um produto fundamentalmente alicerçado na experiência. Uma das grandes figuras científicas do «virar da página» da história do século XIX para o século XX, Henri Poincaré, consi-

derava os princípios científicos como afirmações convencionais que se impõem pelo facto de com elas ser mais fácil compreender os fenómenos do que com outras. Einstein considerava-os como simples criações livres do espírito humano, ao contrário de outros pensadores que viram neles uma obra divina. Já vimos que, actualmente, consideram-se os grandes princípios de conservação como o resultado de simetrias profundas em que a natureza é pródiga. Houve princípios históricos, como, por exemplo, o de Fitzgerald- Lorentz da contracção real ou efectiva dos objectos na direcção do seu movimento, que se revelaram autênticas hipóteses *ad-hoc* e acabaram por não se impor.

Veremos, ao referir-nos à parada de Vês, que, à luz do construtivismo que lhe está subjacente, os princípios inerentes a uma teoria utilizada numa investigação são o produto de juízos cognitivos e de valor de outras investigações que a antecederam.

Quem analisar em profundidade a construção histórica da ciência verá que foi com os «olhos da mente» ou, mais explicitamente, com os sentidos «contaminados» por uma mente cheia de **conceitos**, enredados de um modo tão complexo quanto idiossincrático, que cada investigador sempre «viu» os fenómenos e os objectos para deles extrair **registos** e destes **factos**. Enquanto que para Galileu, cuja mente estava ainda «contaminada» por ideias platónico-pitagóricas, o movimento dos planetas era naturalmente circular por ser a circunferência a curva perfeita por natureza, para Descartes e Newton, já libertos dessas «amarras» conceptuais (que não de outras!), tal trajectória não podia ser natural e exigiria a actuação de forças, porque o único movimento na ausência de forças seria o movimento rectilíneo com rapidez constante.

As teorias são adoptadas, por um lado, pelo veredicto da experiência, mas também são influenciadas pelas **visões do mundo** e pelas **convicções filosóficas** de cada um, e isto mesmo nas ciências ditas exactas. Veja-se, a título de exemplo, as teorias de Maxwell e Weber que previam os mesmos factos experimentais, mas enquanto Maxwell admitia a existência de um referencial absoluto ou referencial do éter, Weber admitia, na linha de Mach, apenas referenciais relativos, por isso as expressões que atingiu eram todas de grandezas relativas.

A história da ciência mostra, igualmente, como os **registos** convertidos mentalmente em **factos** foram sempre **transformados** de modo a formular **juízos cognitivos** em resposta aos problemas em estudo, mas deixando sempre a porta aberta para novos problemas e novas investigações.

E é também certo que na ciência sempre se formularam **juízos de valor** (de modo mais ou menos implícito ou explícito e algumas vezes de modo polémico a até mesmo acalorado...) acerca dos trabalhos de investigação e ideias a eles inerentes.

A história da ciência é rica em exemplos que mostram **como os juízos cognitivos e de valor de umas investigações foram fundamentais para o modo como ocorreram outras investigações** que a elas se seguiram na mesma linha de pensamento.

É importante dizer-se, a terminar esta análise de índole histórica, que a subjectividade do conhecimento individual acaba por dar lugar ao já referido processo de **objectivação** à medida que progride a construção do conhecimento de uma dada área científica. As interpretações que revelam amplos consensos entre membros de uma comunidade científica, fruto da «negociação» de ideias entre eles, não são de modo algum construções arbitrárias. São, como afirma Jean Ladrière (1999, p. 105) “o caminho para verdades mais profundas”.

Quem analisar, por exemplo, o percurso histórico que conduziu à teoria da relatividade restrita, não deixará de encontrar fundamentação para estas ideias. Na impossibilidade, por motivo de espaço e tempo, de desenvolver em pormenor esse percurso histórico, resumimo-lo no quadro seguinte:

Teoria da relatividade

Data/ Época	Contributo para a teoria da relatividade	Natureza predominante
...
1725	Estudo da aberração da luz das estrelas por Bradley . Baseia-se na teoria corpuscular da luz e na existência do éter não arrastado pela Terra e na do espaço e tempo absolutos.	Experimental
1800 e 1807	Estudo de Young para tentar interpretar as observações de Bradley . Difere deste ao adoptar a teoria ondulatória e conclui pelo não arrastamento do éter pelos astros.	Teórica

Teoria da relatividade (Cont.)

1808 / 9	Estudo de Arago da aberração da luz das estrelas através de um prisma. Baseia-se na teoria corpuscular e infirma a previsão de que a aberração deveria depender do sentido da Terra no espaço. A Terra não arrasta o éter.	Experimental
1821	Estudo de Fresnel para interpretar o resultado negativo da experiência de Arago . Baseia-se na teoria ondulatória e conclui que os corpos deverão arrastar parcialmente o éter de acordo com um coeficiente cuja expressão estabelece.	Teórica
1851	Trabalho de Fizeau com luz na água em movimento que confirma o arrastamento parcial do éter e o coeficiente de arrastamento de Fresnel.	Experimental
A partir de 1845	Diversas electrodinâmicas (de Fraz Neumann, de Wilhelm Weber, de Bernhard Riemann, de Hermann von Helmholtz, de James Clerk Maxwell, etc.). Prevalece a ideia de um referencial absoluto , o do éter em repouso, e surge a possibilidade de mostrar o movimento absoluto no éter. Cria-se um conflito com a teoria de Fresnel confirmada por Fizeau .	Teórica
A partir de 1800	Diversos trabalhos de interferometria luminosa (de Michelson- Morley com luz terrestre, de Miller com luz solar, de Tomaschek com luz das estrelas, etc.) para detectar o movimento absoluto da Terra no éter. Nenhuma detectou o movimento absoluto no éter.	Experimental
Finais do século XIX e princípios do séc. XX	Diversas teorias tentando modificar a teoria de Maxwell (confirmada por Hertz!) que ficaram conhecidas por teorias da emissão , por admitirem que a velocidade da luz era constante, não em relação ao éter em repouso, mas em relação à fonte emissora.	Teórica

Teoria da relatividade (Cont.)

Finais do século XIX.	Observações das estrelas duplas (Sitter, etc) que mostram que as teorias da emissão não têm fundamento.	Experimental
A partir de 1892	Surgimento e aperfeiçoamento da teoria electrodinâmica de Lorentz , com a hipótese <i>ad hoc</i> de que os corpos sofrem uma contracção efectiva, por interacção com o éter , na direcção em que se movem, e em que estabelece as expressões das massas longitudinal e transversal de um electrão em função da velocidade. Surge também a teoria de Abraham .	Teórica
1902 e 1903	Medições feitas por Kaufmann dos desvios sofridos pelos «raios do rádio» em campos eléctricos e magnéticos que não infirmam as fórmulas de Lorentz , como também não infirmam as da teoria de Abraham (diferentes).	Experimental
1905	Estabelecimento da teoria da relatividade restrita por Einstein . Adopta as fórmulas de transformação de Lorentz , mas sem privilegiar o referencial do éter e sem qualquer interacção física com este , deduz novas fórmulas da massa transversal e longitudinal , (<i>misconception!</i>), a fórmula relativista da composição das velocidades (coerente com o coeficiente de arrastamento de Fresnel) e a relação massa-energia.	Teórica

Quem «pegar no fio à meada» na altura (1905) em que Einstein estabelece a teoria da relatividade, ficará com uma visão tão racionalista quanto deturpada da construção desta teoria, assim como quem iniciar a «história» (como muitas vezes se vê fazer) pela experiência de Michelson-Morley, ficará com uma visão empirista, igualmente deturpada, da construção da mesma teoria.

O melhor instrumento que conheço para se adaptar o mais fielmente possível às características inerentes ao trabalho de pesquisa científica é o **Vê do conhecimento, Vê epistemológico, Vê heurístico** ou **Vê de Gowin**. A figura da página seguinte mostra o Vê do conhecimento.

Os elementos que compõem o Vê, **questões-foco** e **objectos /acontecimentos, visões do mundo e filosofias, teorias e princípios, conceitos e registos, transformações** de registos e **juízos de conhecimento e de valor** intercedem de modo a estruturar todo o conhecimento, tal como a análise histórica da ciência nos mostra. Assim:

- Os juízos de valor interferem nas visões do mundo e filosofias e estas, por sua vez, são relevantes não só nos conceitos, princípios e teorias como na formulação de novos juízos cognitivos e de valor.

- As teorias, princípios e conceitos de que o investigador dispõe interferem no modo como conceptualmente e metodologicamente ele aborda os objectos / acontecimentos, atribui significado aos registos e transforma estes de modo a formular juízos cognitivos e de valor, e estes, por sua vez, vão contribuir para o refinamento dessas teorias, princípios e conceitos.

- As teorias são o produto de investigações teórico-experimentais anteriores, mas são também influenciadas por visões do mundo e por convicções filosóficas.

- Etc., etc.

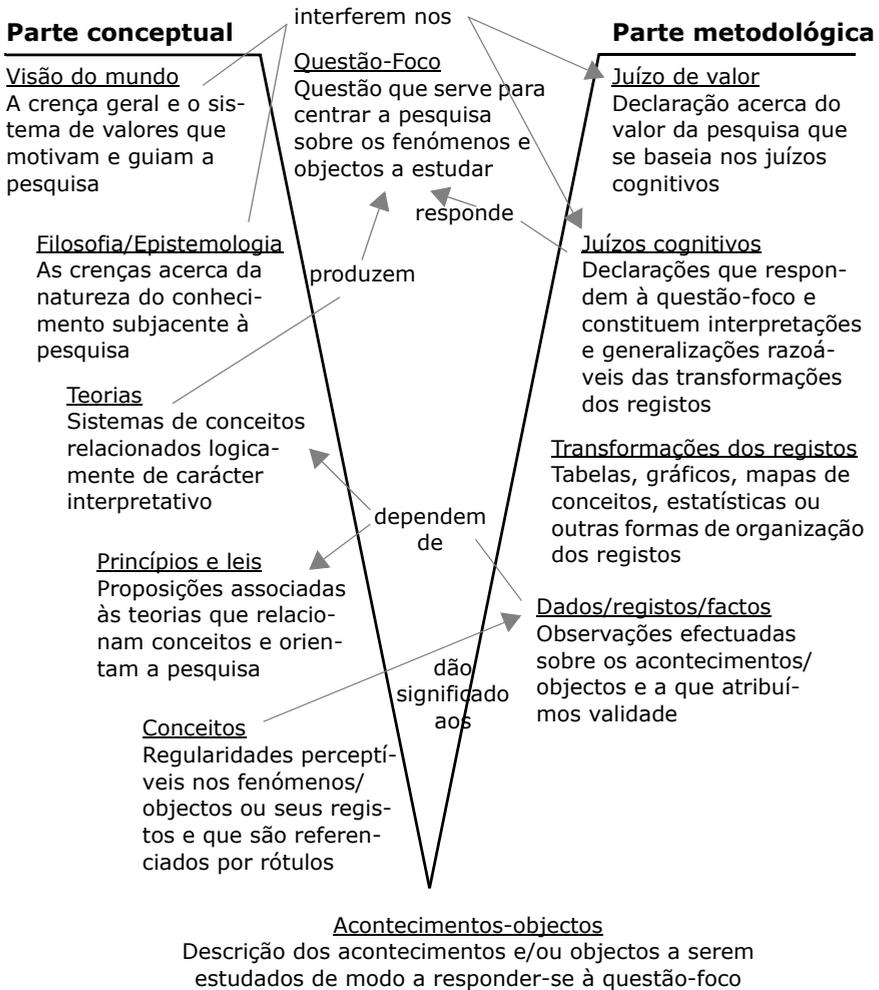
O Vê do Conhecimento, tal como se apresenta na página seguinte, suporta, em nossa opinião, todas as ideias atrás expostas acerca da construção do conhecimento científico, particularmente os princípios enunciados.

A ciência é um processo, um devir, em que o novo conhecimento se vai construindo sobre conhecimento anterior. Este processo de construção poderá ser traduzido por uma sequência de Vês de Conhecimento – *parada de Vês* (Novak, 1998, p. 95). Numa parada de Vês, os elementos da parte metodológico-experimental de um Vê acabam por estar na origem da parte teórico-conceptual de outro Vê.

A análise histórica da construção da teoria da relatividade restrita com especial incidência nos trabalhos originais de H Lorentz e A. Einstein¹ conduziu-me à construção dos quadros que se seguem. Estes procuram mostrar os componentes de dois Vês de Conhecimento que correspondem a essas duas investigações históricas sequenciais acerca dos fenómenos electromagnéticos em corpos móveis. O primeiro centra-se nos trabalhos de Lorentz dos finais do século XIX e inícios do século XX, até 1904, e antecede o trabalho de Einstein. O segundo centra-se no contributo de Einstein de 1905.

¹. Traduzidos directamente do original alemão para português (1972).

O Vê do Conhecimento



(Construído com base no Vê de J. D. Novak, in Mintzes, Wandersee & Novak, 2000, p. 35, e no Vê de Moreira e Buchweitz, 1993, p. 61.)

Investigação de Lorentz que precedeu a de Einstein

PROBLEMA / QUESTÃO-FOCO	Como se explicam os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos referenciais em movimento absoluto?
OBJETOS/FENÓMENOS EM ESTUDO	Sistemas que se movem em relação ao espaço absoluto (interferómetro de Michelson, condensador carregado de Trouton e Noble, etc.).
VISÃO DO MUNDO	Há um éter universal onde é possível definirem-se referenciais em repouso absoluto.
FILOSOFIA	Mais positivista que realista. Fortemente influenciada pelo mecanicismo.
TEORIAS	Teoria electromagnética de Maxwell. Teoria dos electrões de Lorentz.
PRINCÍPIOS	Os princípios formulados anteriormente por Maxwell e Lorentz e traduzidos nas equações que estabeleceram. A velocidade da luz é um limite superior das velocidades dos corpos (surge como uma restrição <i>ad hoc</i> imposta pelo desenvolvimento teórico e não como um postulado de suporte experimental). Os electrões comportam-se como esferas de raio R nos sistemas em que estão em repouso, mas deformam-se nos sistemas em que se movem por forças de interacção com o éter. Quando um electrão está em repouso, a sua carga distribui-se uniformemente pela superfície. As forças entre partículas neutras bem como as forças entre partículas neutras e electrões comportam-se do mesmo modo que as forças entre electrões. Um sistema que se move é deformado dinamicamente. As massas de todas as partículas são influenciadas por uma translação no mesmo grau que o são as massas electromagnéticas do electrão (Lorentz, 1972, p. 38).
CONCEITOS	Éter, referencial absoluto, deslocamento eléctrico, força magnética, densidade volumétrica de carga do electrão, força ponderomotriz, sistema electrostático, translação quase-estacionária, tempo local, massas electromagnéticas transversal e longitudinal, etc.

Investigação de Lorentz que precedeu a de Einstein (Cont.)

REGISTOS/DADOS/ FACTOS	Registos interferométricos de Michelson-Morley e outros. Observações de refractometria de Rayleigh e Brace. Observações recolhidas por Trouton e Noble com um condensador carregado. Dados obtidos por Kaufmann sobre os desvios sofridos pelas «raios do rádio» em campos eléctricos e magnéticos.
TRANSFORMAÇÕES	Transformações dos dados inerentes às experiências anteriores (incluindo as tabelas de Kaufmann). Transformações das equações de Maxwell-Lorentz do referencial absoluto (do éter) para referenciais móveis. Introdução de um sistema e restrições <i>ad hoc</i> , etc.
CONCLUSÕES	Equações de transformação das forças, dos momentos eléctricos, do deslocamento eléctrico e da força magnética do referencial em repouso absoluto para os referenciais móveis. O electrão comporta-se como se tivesse duas massas: uma quando intervém uma aceleração na direcção do movimento (massa longitudinal) e outra quando a aceleração é perpendicular ao movimento (massa transversal) (Idem, p. 30). Expressões das massas transversal e longitudinal. A influência de uma translação sobre o tamanho e forma de um corpo fica limitado às dimensões paralelas ao movimento que se reduzem de acordo com a contracção de Lorentz (Idem, pp. 17 e 34). Alguma coincidência entre as tabelas de valores previstos pela teoria de Lorentz e os valores obtidos experimentalmente por Kaufmann (concordância não superior à que ocorre com a teoria anterior de Abraham). Acordo da teoria de Lorentz com os resultados negativos das experiências de Rayleigh e Brace, Trouton e Noble, e Michelson-Morley.

Investigação de Lorentz que precedeu a de Einstein (Cont.)

JUÍZOS DE CONHECIMENTO	Os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos sistemas móveis são explicáveis com base na teoria de Lorentz que parte da hipótese de que os electrões são contraídos na direcção do movimento.
JUÍZOS DE VALOR	A teoria de Lorentz, apresentada com "todas as reservas" (Lorentz, 1972, p. 37), assenta em demasiadas hipóteses e artificios e faz poucas previsões. Explica alguns factos experimentais, mas o seu acordo com as experiências de Kaufmann não se revela superior ao da teoria rival e anterior de Abraham, em que os electrões são considerados esferas indeformáveis.

A electrodinâmica dos corpos em movimento com o contributo de Einstein (1905)

PROBLEMA / QUESTÃO-FOCO	Como se explicam os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos referenciais em movimento relativo? Em particular: como se explica o facto de a teoria electromagnética de Maxwell, ao ser aplicada a fenómenos em movimento, conduzir a assimetrias que parecem não ser inerentes aos fenómenos? (Einstein, 1972, p. 47).
OBJECTOS/FENÓMENOS EM ESTUDO	Sistemas que se movem uns em relação aos outros (interferómetro de Michelson, condensador carregado de Trouton e Noble, etc.).
VISÃO DO MUNDO	Não há um espaço absoluto. Todo o movimento no universo é um movimento relativo (diz respeito a um referencial e só a ele).
FILOSOFIA	Eminentemente realista e operacionalista. Bastante liberta do mecanicismo e outros preconceitos. Influenciada pela filosofia de Mach.
TEORIAS	Teoria electromagnética de Maxwell-Hertz.

A electrodinâmica dos corpos em movimento com o contributo de Einstein (1905) (Cont.)

PRINCÍPIOS	<p><i>Princípio da relatividade</i> – As leis da Física, quer sejam mecânicas ou electromagnéticas, são válidas em todos os referenciais de inércia (móveis com velocidade constante uns em relação aos outros).</p> <p><i>Princípio da velocidade da luz</i> – a velocidade da luz no vácuo é um limite superior das velocidades dos corpos e não depende dos movimentos do emissor e do detector (surge como um postulado da teoria).</p>
CONCEITOS	Referencial relativo, sincronismo de relógios, simultaneidade relativa, covariância das leis físicas, força eléctrica, força magnética, massas electromagnéticas transversal e longitudinal, etc.
REGISTOS/DADOS/ FACTOS	Alguns dos dados de que Lorentz dispôs (ver tabela anterior), pois outros Einstein nem sequer conhecia.
TRANSFORMAÇÕES	Transformações conducentes às fórmulas de transformação das coordenadas espaciais e do tempo na passagem de um referencial em repouso relativo para outro em movimento em relação ao primeiro.

A electrodinâmica dos corpos em movimento com o contributo de Einstein (1905) (Cont.)

CONCLUSÕES	<p>Equações de transformação das coordenadas espaciais e do tempo na passagem de um referencial em repouso relativo para outro em movimento em relação ao primeiro.</p> <p>Equação da contracção cinemática do comprimento longitudinal.</p> <p>Equação da dilatação cinemática do tempo.</p> <p>Paradoxo dos relógios (ou dos gémeos).</p> <p>Lei da adição das velocidades.</p> <p>Prova de que as equações de transformação de coordenadas constituem um grupo (o que não sucedia com as de Lorentz).</p> <p>Equações de transformação da força eléctrica e da força magnética.</p> <p>Expressões do efeito Doppler (relativista) e da aberração. Para um observador que se aproximasse de uma fonte de luz com a velocidade da luz, a intensidade desta seria infinita (Einstein, 1972, p. 75).</p> <p>Leis de transformação da energia e da frequência de um pacote de luz de um referencial fixo para um móvel (são da mesma forma, o que está de acordo com a relação $E = hf$, sem que esta relação tenha sido usada no estabelecimento dessas leis).</p> <p>Processo de reduzir os problemas de óptica dos corpos em movimento a uma série de problemas de óptica em repouso (Einstein, 1972, pp. 75 a 79).</p> <p>Expressões das massas transversal e longitudinal das partículas (uma <i>misconception!</i>).</p> <p>Expressão da energia cinética relativista.</p> <p>Expressão do raio de curvatura da trajectória de uma partícula carregada quando sujeita a uma força magnética perpendicular à sua velocidade.</p> <p>Estabelecimento da relação entre massa e energia.</p> <p>Esclarecimento das assimetrias que parecem não ser inerentes aos fenómenos quando a teoria electromagnética de Maxwell é aplicada a fenómenos em movimento (Einstein, 1972, p.72).</p>
------------	---

A electrodinâmica dos corpos em movimento com o contributo de Einstein (1905) (Cont.)

JUÍZOS DE CONHECIMENTO	Os fenómenos electromagnéticos que ocorrem nos corpos móveis são explicáveis com base na teoria da relatividade restrita de Einstein de 1905.
JUÍZOS DE VALOR	A teoria de Einstein de 1905 assenta em dois princípios apenas e faz inúmeras previsões. Mostra-se de acordo com todos os factos experimentais conhecidos até ao seu tempo (e tem-se revelado de acordo com todos os factos experimentais entretanto descobertos que cabem dentro do seu âmbito).

Conclusões

Consciente da dificuldade em sintetizar em meia dúzia de linhas todas as conclusões que gostaria que fossem extraídas das ideias subjacentes a esta comunicação, permito-me destacar as três seguintes:

1ª - Os recentes «*science studies*», levados a cabo por diversos pensadores de diferentes áreas¹, mostram como a objectividade da ciência vingou, não uma objectividade forte, substancialista, assente no clássico realismo hoje inaceitável, mas uma **objectividade fraca** assente numa intersubjectividade dos membros da mesma comunidade científica (F. Gil, 1999, p. 25, J. Ladrière, 1999, p. 132, M. Lynch e R. Mc. Nally, 1999, p. 166).

2ª - O Vê do Conhecimento afigura-se, de facto, um instrumento construtivista adequado às características gerais da produção do conhecimento científico tal como a história deste nos revela.

3ª - Ao admitirmos o princípio segundo o qual há um certo paralelismo entre a produção do conhecimento por cada indivíduo, através da sua aprendizagem, e a produção histórica da ciência, teremos de concluir que o Vê do conhecimento é um instrumento poderoso que deveremos colocar definitivamente ao serviço da aprendizagem dos alunos de ciências.

1. Destes pensadores, 22 passaram recentemente por Portugal num ciclo de conferências intitulado «*A ciência tal qual se faz*», da responsabilidade do Ministro da Ciência português, e de que resultou um livro referido na Bibliografia e com o mesmo nome.

A terminar esta análise, permito-me acrescentar a experiência pessoal de utilização do Vê de Conhecimento. Ele serviu de base à minha tese de doutoramento e senti vincadamente quanto importante foi para a organização do trabalho que produzi. Por outro lado, todos os meus estudantes de graduação e de pós-graduação, que acederam a meu pedido a trabalhar com o Vê do Conhecimento, sempre teceram considerações francamente abonatórias do seu valor (Valadares, 1999).

Bibliografia

Anderson, O. (1992). Some Interrelationships between Constructivist Models of Learning and Current Neurobiological Theory, with Implications for Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, pp. 1037-1058.

Ausubel, D.(1968). *Educational psychology: a cognitive view*. (1ª ed.) Nova York: Holt, Rinehart and Winston

Ausubel, D., Novak, J. e Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro. Ed. Interamericana.

Damásio, A. (1995). *O Erro de Descartes, Emoção, razão e cérebro humano*. Lisboa: Publicações Europa América.

Durant, W. (s/d). *História da Filosofia*. Lisboa: Edições Livros do Brasil.

Einstein, A. (1972). Sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento – A inércia de um corpo será dependente do seu conteúdo energético? In *Textos fundamentais da Física Moderna, I volume, O Princípio da Relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Galsersfeld, E. Von (1978). Radical constructivism and Piaget's concept of knowledge. MURRAY, F.B. (Ed) *The Impact of Piagetian Theory*. Baltimore: University Park Press.

Galsersfeld, E. Von (1996). *Construtivismo Radical - uma forma de conhecer e aprender*. Colecção Epigénese e desenvolvimento. Lisboa: Instituto Piaget.

Galsersfeld, E. Von (1998). Construtivismo Reconstructed: A reply to Schuting, in *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*. Ed. Michael Matthews, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Gil, F. (1999). *A ciência tal qual se faz* (Prefácio). Lisboa: Edições João Sá da Costa.

Goleman, D. (1997). *Inteligência Emocional*. Lisboa: Temas e Debates.

Gowin D. B. (1990). *Educating*. Ithaca: Cornell University Press.

Hessen, J. (1987). *Teoria do Conhecimento*. Coimbra: Arménio Amado Editora.

Kant, I. (1990). *Crítica da razão Pura*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Ladrière, J. (1999). A interpretação na ciência, in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.

Lorentz, H. (1972). Fenómenos Electromagnéticos num sistema que se move com qualquer velocidade inferior à da luz, in *Textos fundamentais da Física Moderna, I volume, O Princípio da Relatividade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Lorenz K. (1999). Intuição e Formalismo, in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.

Lynch, M. e Mc Nally, R. (1999). Aprisionando um monstro: a produção de representações num campo impuro, in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.

Matthews M. (1998). *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Mintzes, J. e Wandersee, J. (1998). Reform and Innovation in Science Teaching: A Human Constructivist View. MINTZES, WANDERSEE E NOVAK (Ed) *Teaching Science for Understanding*. San Diego, London. Boston: Academic Press

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (Eds.). (2000). *Assessing science for understanding: A human constructivist view*. NY: Academic Press

Moreira, M. e Buchweitz, B. (1993). *Novas Estratégias de ensino e aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas , Coleção Aula Prática.

Nola, R. (1998). Constructivism in Science and Science Education; A Philosophical Critique. In *Constructivism in Science Education – a Philosophical Examination*, Edit. Michael Matthews. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

Novak, J. (1993). Human Constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6, 167-193

Novak, J. D. e Gowin D. B. (1984). *Learning how to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press.

Novak, J. D. e Gowin D. B. (1996). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Plátano Universitária.

Novak, J. (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Petitot, J. (1999). Em direcção a uma física das ciências humanas, in *A ciência tal qual se faz*, coordenação e apresentação de Fernando Gil. Lisboa: Edições João Sá da Costa.

Piaget, J. e Garcia, R. (1987). *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Schwab, J. (1964). Problems, Topics and Issues. In S. Elam, *Education and the Structure of Knowledge*. Chicago, IL: Rand McNally.

Schwab, J. (1973). The Practical 3: Translation into Curriculum. *School Review*, 81 (4): 501-22

Schurmann, P. (1946). *História de la Física*, 1.º e 2.º volumes. Buenos Aires: editorial Nova.

Silva, J. e Machado, A. (s/d) *Lições Elementares de Física Experimental*, II vol. Braga: Livraria Cruz.

Trowbridge, J. e Wandersee, J. (1998). Theory-Driven Organizers. In Mintzes, J. et al., *Teaching Science for Understanding – a Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press.

Valadares, J. (1995). *Concepções Alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência*, Vol.s 1 e 2. Tese de Doutoramento. Lisboa: Universidade Aberta.

Valadares, J. (1999). *O Vê de Gowin: um instrumento poderoso de construção conceptual*. Comunicação ao VII Encontro Nacional - Educação em Ciências que decorreu na Universiade do Algarve (em publicação).

Aprendizagem significativa em D. Ausubel: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino

João Félix Praia

jfptraia@fc.up.pt

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Introdução

David Ausubel: antes de mais importa referir que se trata de um psicólogo contemporâneo. De certo, deve ter sido influenciado pela teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget. Para o desenvolvimento do seu modelo de aprendizagem e na construção das suas ideias baseou-se na corrente cognitivista e construtivista da aprendizagem. Ausubel apresentou a sua Teoria da Aprendizagem Significativa Verbal Receptiva, em 1963, no seu livro *The Psychology of Meaning Verbal Learning* e posteriormente desenvolveu as suas ideias no livro *Educational Psychology: A Cognitive View*, publicado em 1968.

A teoria de Ausubel tem o seu enfoque, principalmente, na aprendizagem cognitiva, segundo a qual as informações são armazenadas de um modo organizado, na mente do indivíduo que aprende, sendo esse complexo organizado—a estrutura cognitiva. A base da sua teoria é que a aprendizagem deve ser significativa, isto é, o sujeito aprende e está aberto a aprender quando integra a nova informação nos conhecimentos previamente adquiridos.

A teoria de Ausubel é também denominada de verbal, uma vez que, considera a linguagem uma componente promotora da aprendizagem significativa, sendo o meio mais eficiente de ensinar e de levar a um conhecimento mais seguro e menos trivial. A manipulação de conceitos e proposições é aumentada através dos propriedades de representação das palavras, pelos signos linguísticos (Ausubel et al., 1980; Moreira & Masini, 1982). A realidade é filtrada por uma estrutura conceptual que permite a nossa comunicação aos e com os outros. Comunicação, que é realizada, pela emergência do significado, através de uma relação entre a entidade e o signo verbal que a representa. Portanto, a linguagem não desempenha apenas um papel comunicativo, mas ainda, um papel integral e também operacional.

Relativamente à componente receptiva, da teoria ausubeliana, serve-lhe de argumento o facto do processo ensino-aprendizagem ser programado, maioritariamente, em termos receptivos, o que não implica, obrigatoriamente, passividade na aprendizagem, já que a aprendizagem significativa é um processo dinâmico. Na receptividade apenas está implícito que o aluno não tem que, por ele próprio, de descobrir a matéria da aprendizagem, com a finalidade de aprendê-la e usá-la significativamente. Ausubel, também, argumenta que a aprendizagem significativa é um mecanismo humano por excelência para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações de qualquer campo de conhecimento (Ausubel, 1978; Moreira & Masini, 1982). Ficou célebre a sua frase: "O mais importante factor isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo".

Pretende-se com a presente intervenção focalizar as ideias essenciais da teoria da aprendizagem de Ausubel que, por questão de parcimónia, apenas se usará o termo aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa de David Ausubel

A distinção, realizada por Ausubel, entre os **processos** pelos quais se adquirem as classes de aprendizagem do ponto de vista escolar (Aprendizagem por Repetição/Aprendizagem Significativa—ambas relacionadas com a formação de conceitos; e Aprendizagem Verbal/aprendizagem Não-Verbal—relacionadas com a resolução de problemas) foi crucial para o desenvolvimento da sua teoria.

Entretanto, fixemo-nos nos **processos de aprendizagem**:

- Aprendizagem por recepção—Tipo de aprendizagem através do qual o conteúdo a ser aprendido é apresentado de uma forma mais ou menos final. Trata-se de um processo automático mas que também deve revestir-se de carácter significativo.
- Aprendizagem por descoberta—A característica essencial é que o conteúdo principal do que vai ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto pelo aluno antes que possa ser incorporado, significativamente, à sua estrutura cognitiva. É o tipo de aprendizagem própria das fases iniciais do desenvolvimento cognitivo e dos problemas do quotidiano.
- Aprendizagem mecânica, ou repetitiva—"Aquisição de informações com pouca ou nenhuma intersecção com conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva" (Moreira & Masini, 1982). Deste modo, o conhecimento é armazenado de forma arbitrária, não estabe-

lecendo ligações com conceitos prévios. Este tipo de aprendizagem ocorre quando o indivíduo memoriza a informação para um determinado propósito, que posteriormente é frequentemente perdida logo que esse propósito tenha sido cumprido.

- Aprendizagem significativa—"Aquisição de novos significados; pressupõe a existência de conceitos e preposições relevantes na estrutura cognitiva, uma predisposição para aprender e uma tarefa de aprendizagem potencialmente significativo" (Moreira & Masini, 1982).

Atendendo às definições de aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, pode-se ficar com a ideia que são dois tipos de aprendizagem oposta, ou seja, que ou ocorre uma ou a outra. No entanto, Ausubel não as considera como sendo uma dicotomia, vê-as antes como sendo dois extremos de um *continuum*.

Segundo Ausubel, quer a aprendizagem por recepção quer a aprendizagem por descoberta, podem ser significativas, desde que a nova informação se incorpore de um modo não arbitrário e literal às estruturas cognitivas. Para Ausubel, aprendizagem significativa "é um processo pelo qual a nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo" (Moreira & Masini, 1982). Ausubel refere que a aprendizagem significativa é um mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento (Moreira, 1997).

A teoria da aprendizagem de Ausubel baseia-se no pressuposto de que existe uma estrutura na qual se processa a organização e a integração da informação a aprender. Trata-se da estrutura cognitiva entendida, aqui, como o "conteúdo total organizado das ideias de um indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de uma matéria de ensino, o conteúdo e organização das ideias numa área particular de conhecimentos" (Moreira & Masini, 1982).

Na aprendizagem significativa as novas ideias e informações interagem com um conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do indivíduo, definido por Ausubel como sendo ideias-âncora (*subsumers*). Trata-se de uma "ideia (conceito ou proposição) mais ampla, que funciona como subordinador de outros conceitos na estrutura cognitiva e como "âncoradouro" no processo de assimilação. Como resultado dessa interação (âncoragem), a própria ideia-âncora é modificada e diferenciada" (Moreira & Masini, 1982).

Portanto, para Ausubel, a variável crucial para a aprendizagem significativa é a estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, os seus conhecimentos prévios, que deverão funcionar como ideias-âncora à assimilação de novos conhecimentos. A assimilação ocorre quando um novo significado **a**, adquirido em ligação com ideias-âncora **A** com as quais está relacionado, é retido e ocorre uma modificação decorrente da intersecção de ambos, A'a'. A' e a' permanecem relacionados como co-participantes de uma nova entidade A'a', a ideia-âncora modificada.

Pode acontecer, quando um indivíduo entra em contacto com uma nova informação, que não existam conhecimentos prévios que funcionem como ideias-âncora. Perante esta situação, a aprendizagem dessa nova informação vai ser mecânica, pelo menos até que, na estrutura cognitiva do indivíduo, se desenvolvam ideias, progressivamente mais elaboradas (o que implica que a aprendizagem se torne, também, progressivamente significativa), capazes de funcionar como ideias-âncora.

A essência do processo de aprendizagem significativa, ausubeliano, reside no facto de uma tarefa de aprendizagem (uma nova informação, um novo conhecimento) se relacionar de modo não arbitrário e substantivo (não literal, não verbal) com a estrutura de conhecimento do indivíduo (por exemplo, uma imagem, um símbolo significativo, um contexto, uma proposição).

A não-arbitrariedade, uma das características básicas do processo de aprendizagem significativa, implica que o material potencialmente significativo se relacione de modo não-arbitrário (não aleatório), com os conhecimentos, especificamente relevantes, já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Os conhecimentos, que o indivíduo adquiriu ao longo da sua existência, funcionam como um conjunto ordenado e organizado de ideias para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos, o que pressupõe que esses conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva sejam adequados e relevantes. O novo material vai interagir com as ideias-âncora, que servem como um ponto de ancoragem. Como refere Moreira (1997) "novas ideias, conceitos, proposições, podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito e funcionem como pontos de *ancoragem* aos primeiros".

A substantividade, outra característica básica do processo de ensino-aprendizagem refere que o que é incorporado na estrutura cognitiva é o significado propriamente dito da nova informação e não as palavras

exactas usadas para expressá-las. Assim, a aprendizagem significativa, não está condicionada ao uso exclusivo de determinados signos ou grupos de signos particulares, ou outras representações particulares. O que implica que o mesmo conceito, ou a mesma proposição, pode ser expresso através de uma linguagem diferente, sinónima, sem reverter o seu significado. Deste modo, para que aprendizagem seja significativa, o material a aprender deve ser potencialmente significativo e, por isso, deve obedecer aos critérios referidos. Por outras palavras, deve ser passível de se relacionar de modo substantivo com as ideias correspondentemente relevantes que existem na estrutura cognitiva do aprendiz.

Ausubel descreve **três tipos de aprendizagem significativa**: (1) representacional, (2) de conceitos e (3) proposicional.

1. O tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os outros dois tipos dependem, é a **aprendizagem representacional**. É a aprendizagem dos símbolos individuais (geralmente palavras) ou do que eles representam. Ocorre quando se estabelece uma equivalência entre os símbolos arbitrários e os seus referentes correspondentes (objectos, exemplos, conceitos), passando a remeter o indivíduo ao mesmo significado. Trata-se de um tipo de aprendizagem significativa, na medida em que as proposições de equivalência proposicional podem ser relacionadas, enquanto exemplos, a generalizações que aparecem, nos primeiros anos de vida, na estrutura cognitiva do indivíduo—tudo tem um nome e o nome significa aquilo que o seu referente significa para uma determinada pessoa.

2. A **aprendizagem de conceitos** é, de certa forma, um caso especial da aprendizagem representacional. Tal facto resulta de os conceitos, as ideias genéricas ou as categorias serem também representados por símbolos individuais e arbitrários. Representam abstrações dos atributos criteriais dos referentes ou regularidades em eventos ou objectos. É a aprendizagem do que significam os conceitos, objectos e acontecimentos que, por sua vez, se representam por nomes ou palavras. Do que se trata é de aprender que o conceito está representado por uma palavra específica, ou aprender que existe uma equivalência entre a palavra que representa o conceito e o próprio conceito. É importante referir que os conceitos são um aspecto fundamental da teoria de Ausubel.

3. A essência da **aprendizagem proposicional** não é aprender significativamente o que representam as palavras isoladas ou combinadas. A tarefa, deste tipo de aprendizagem significativa, consiste em aprender os significados das ideias expressas por grupos de palavras (geralmente representando conceitos) combinadas em proposições ou sentenças. Ou

seja, a tarefa é aprender o significado que está para além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõe a proposição (Moreira & Masini, 1982).

Portanto, comparando estes três tipos de aprendizagem significativa constata-se, tal como Ausubel refere, que quer a aprendizagem de proposições quer a de conceitos têm a mesma base e são dependentes da aprendizagem representacional.

A aprendizagem proposicional pode ser ou subordinada ou, ainda superordenada ou combinatória. A aprendizagem significativa subordinada é o tipo mais comum e ocorre quando novos conceitos ou proposições potencialmente significativas se relacionam ou interagem com uma ideia particular relevante, mais abstracta, geral e mais inclusiva as ideias-âncora (existentes na estrutura cognitiva do indivíduo). Quando o novo material é entendido como um exemplo específico de conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva ou, se simplesmente, é corroborante e ilustrativo de algum conceito ou proposição preexistentes, com estabilidade e inclusividade, na estrutura cognitiva, a aprendizagem subordinada é designada **derivativa**. Se o material a ser aprendido é uma extensão, elaboração, modificação, ou qualificação de conceitos ou proposições previamente adquiridos significativamente, a aprendizagem subordinada é **correlativa**.

À medida que ocorre aprendizagem significativa, além da elaboração de ideias-âncora, é possível a ocorrência de intersecções entre esses conceitos. Quando conceitos ou proposições potencialmente significativos, mais abrangentes (mais gerais e inclusivos) são relacionados, passando a subordinar proposições ou conceitos já estabelecidos na estrutura de conhecimento, diz-se que ocorreu uma aprendizagem superordenada. Trata-se de um tipo de aprendizagem pouco frequente, mas muito importante na formação de conceitos e na unificação e reconciliação integradora de proposições aparentemente não relacionadas ou conflituosas (Moreira, 1997). Um exemplo de Novak adoptado por Moreira & Masini (1982) é bastante elucidativo: "à medida que uma criança desenvolve os conceitos de cão, gato, leão etc., ela pode, mais tarde, aprender que todos esses são subordinados ao de mamífero. À medida que o conceito de mamífero é desenvolvido, os previamente aprendidos assumem a condição de subordinados e o de mamífero representa uma aprendizagem superordenada".

Um outro caso de aprendizagem de conceitos ou proposições citado por Ausubel é a aprendizagem significativa combinatória. Refere-se à aprendizagem do significado de um novo conceito ou proposição que não são subordinados, nem superordenados, em relação a proposições ou conceitos

específicos, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo que, segundo Ausubel, podem relacionar-se com antecedentes amplos de um conteúdo genericamente relevante na estrutura cognitiva. Por exemplo, generalizações inclusivas e amplas tais como as relações entre massa e energia, calor e volume, estrutura genética e variabilidade, oferta e procura, requerem este tipo de aprendizagem.

Crítérios de competência para a ocorrência da aprendizagem significativa

Segundo o modelo ausubeliano, para que de facto ocorra aprendizagem significativa é necessário que:

i) o indivíduo manifeste uma disposição para a aprendizagem, ou seja, uma disposição para relacionar de forma não-arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva. Se o indivíduo tenciona simplesmente memorizar o material (mesmo que potencialmente significativo) de modo arbitrário e literal, o processo de aprendizagem, assim como o seu produto, serão meramente mecânicos.

ii) o material a aprender seja potencialmente significativo, relacionável com a sua estrutura cognitiva de modo intencional e não-arbitrário. Por sua vez, a potencialidade de um material depende, principalmente:

- da natureza do material a aprender—este deve ser logicamente significativo,, isto é suficientemente não-arbitrário e não-aleatório, de modo a poder relacionar-se de forma não-arbitrária e substantiva, a ideias correspondentemente relevantes, e deverá, também, ser passível de compreensão humana.
- da estrutura cognitiva específica de cada indivíduo—esta deve apresentar ideias- âncora específicas com as quais o novo material é relacionável.

Como nos diz Ausubel (1976) citado por Gutierrez (1987): “Para que ocorra realmente aprendizagem significativa não é suficiente que o novo material seja intencional e que se relacione substancialmente com as ideias correspondentes abstractamente (...). É também necessário que esse conteúdo idealmente pertinente exista na estrutura cognitiva do aluno em particular”.

Facilidade na aprendizagem significativa

A facilidade de uma aprendizagem significativa em sala de aula, isto é, a manipulação deliberada dos atributos cognitivos para fins pedagógicos, é realizada de duas maneiras (Ausubel, 1968; Moreira e Masini, 1982):

1. Substantivamente, com propósitos organizacionais e integrativos, usando os conceitos e proposições unificadores do conteúdo da matéria de ensino que têm maior poder explicativo, inclusividade, generalidade e relacionabilidade do conteúdo da matéria da disciplina em questão. Ou seja, é importante seleccionar os conteúdos básicos, bem como coordená-los e integrá-los em diferentes níveis, para proporcionar ao aluno a aquisição de uma estrutura cognitiva adequada.

2. Programaticamente, empregando princípios programáticos para ordenar com sequência a matéria de estudo, tendo em conta a sua organização e lógica internas e planeando a realização de actividades práticas. Como diz Ausubel (1976) citado por Gutierrez (1987): "É típico (...) que os detalhes de uma determinada disciplina se aprendam tão rapidamente como podem ser encarados dentro de um marco de referência contextual, que consistirá num corpo conveniente e estável de conceitos e princípios gerais". Ou seja, o que Ausubel nos quer dizer é que, é imprescindível o estabelecimento de uma relação adequada entre o conteúdo básico a ensinar e a estrutura cognitiva especificamente relevante de quem está a aprender. Por este facto, aquando do planeamento da matéria a ensinar, essa análise prévia deve ser consciente, visto que nem tudo o que está nos programas curriculares é importante. Além disso, a ordem pela qual os principais conceitos e ideias da matéria de ensino aparecem nos materiais educativos e nos programas muitas vezes não é a mais adequada para facilitar a interacção com o conhecimento prévio do aluno (Moreira, 1997).

Ausubel defende que a aprendizagem significativa se desenvolve dedutivamente dos conceitos mais gerais para os conceitos mais específicos. Refere que se deve ter em conta que existem conceitos relevantes, gerais, com elevado grau de inclusividade e outros menos gerais que lhe estão subordinados. Nas aprendizagens deve-se, então, começar por compreender os conceitos mais abrangentes, uma vez que serão a base para a "ancoragem" de outros conceitos mais concretos, que depois são progressivamente diferenciados, em termos de detalhe e especificidade. Assim sendo, as estruturas cognitivas, ao incorporarem novos conteúdos, evoluem.

Uma outra condição fundamental para a ocorrência de uma aprendizagem verdadeiramente significativa é a existência de ideias-âncora (concei-

tos ou proposições claras, estáveis, diferenciados, especificamente relevantes) (Moreira, 1997), na estrutura cognitiva do aluno, com as quais os novos conceitos vão interagir, ocorrendo a sua assimilação. Ausubel refere que a aquisição de conceitos, por meio de uma aprendizagem receptiva significativa, é um processo activo em que ocorre a intersecção dos novos conceitos com os conceitos já adquiridos. Não se trata, pois, de uma simples formação de conceitos, nem de um processo passivo de abstracção, de aquisição espontânea ou empírico-concreto de ideias genéricas.

Por outro lado, uma estratégia proposta por Ausubel para facilitar a aprendizagem é o recurso a organizadores prévios, quando não existirem ideias-âncora apropriadas ou no caso de estarem obliteradas (ideias não reprodutíveis como entidades individuais, por se tornarem, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis com as ideias-âncora correspondentes). Os organizadores prévios vão servir de âncora a novas aprendizagens, proporcionando o desenvolvimento de ideias-âncora, que facilitem a aprendizagem subsequente. Portanto, vão deliberadamente manipular a estrutura cognitiva com a finalidade de proporcionar uma aprendizagem significativa (Moreira & Masini, 1982).

Este conceito ausubeliano surgiu em 1960 e foi apresentado com possibilidade de aplicação escolar. A nível da sala de aula, frequentemente, as matérias são expostas sem serem relacionadas e articuladas com os saberes já adquiridos pelos alunos; deste modo, estes não os integram significativamente nas suas estruturas cognitivas. O uso de um organizador prévio pode favorecer este processo de ensino-aprendizagem.

Os organizadores prévios, quer sejam orais ou escritos, são introduções que pretendem favorecer a fixação das novas informações nos conhecimentos existentes. São materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, estando revestidos de uma maior generalidade, abstracção e inclusividade, relacionando-se quer às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva, quer à tarefa de aprendizagem propriamente dita. Muitas vezes, mesmo tendo as ideias-âncora apropriadas o educando não chega a compreender a sua relação com as novas informações.

Ausubel definiu a principal função dos organizadores prévios como "pontes cognitivas" entre o que o educando já sabe e o que tem que saber. Seriam uma espécie de "ancoradouro provisório" (Moreira, 1997) que facilitariam a aprendizagem. Permitem a formação de um conjunto ordenado de ideias para a incorporação e retenção de material mais detalhado e diferenciado, aumentam a discriminabilidade entre estes e outras ideias similares já existentes na estrutura cognitiva e evidenciam ideias

ostensivamente conflituosas. Podem, também, ser usados para “reavivar” significados que já existem na estrutura cognitiva do aluno que, não sendo usados à algum tempo, não são reproduzíveis como entidades individuais - trata-se de uma tendência reducionista da organização cognitiva (retém mais facilmente as ideias mais gerais e estáveis do que as novas ideias assimiladas).

Ausubel propôs quatro princípios programáticos dos conteúdos curriculares para proporcionar uma maior facilidade da aprendizagem significativa. Trata-se da diferenciação progressiva, da reconciliação integrativa, da organização sequencial e da consolidação.

A) Ausubel enuncia o **princípio da diferenciação progressiva** baseado em duas suposições (Ausubel, 1976, Gutierrez, 1987): i) “para os seres humanos é mais fácil aprender aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir das suas componentes diferenciadas previamente aprendidas” ; e ii) “a organização de um conteúdo em particular, na mente de um indivíduo, consiste numa estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas ocupam o ápice e incluem as proposições, conceitos e factos, progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados”.

A diferenciação progressiva é então parte do processo da aprendizagem significativa resultante da elaboração hierárquica de proposições e conceitos na estrutura de conhecimento do aluno. É o princípio que consiste em programar o material de aprendizagem de modo a que as ideias e conceitos mais gerais e inclusivos sejam apresentados no início do processo ensino-aprendizagem e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhe e especificidade.

O fundamento deste princípio tem subjacente enunciados que são como que a resposta à natureza das coisas. Isto porque, quando um ser humano é confrontado com uma área de conhecimento completamente nova, essa ordem hierárquica de apresentação corresponde à sequência natural da consciência. Daí que, nada mais natural do que, deliberadamente, programar a apresentação dos conteúdos curriculares utilizando organizadores hierárquicos em ordem decrescente de inclusividade, de modo a facilitar a ocorrência de uma aprendizagem significativa. No entanto, a programação do conteúdo deve, para além de proporcionar a diferenciação progressiva, também explorar, explicitamente, as relações entre as proposições e conceitos, destacar as diferenças e as similaridades relevantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Isto para se atingir o que Ausubel designa de **reconciliação integrativa**, princípio que passamos a expor.

B) A **reconciliação integrativa** é o princípio de programação do material de aprendizagem segundo o qual o processo ensino-aprendizagem deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças relevantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. Ou seja, a reconciliação integrativa dos conceitos ocorre quando os conceitos parecem relacionáveis de um determinado modo, possibilitando a discrição de uma nova realidade perceptível.

C) Relativamente ao princípio de **organização sequencial** dos conteúdos programáticos, consiste em sequenciar os tópicos, ou unidades de estudo, de maneira tão coerente quanto possível (atendendo aos princípios do diferenciação progressiva e do reconciliação integrativa) com as relações de dependência naturalmente existentes na matéria de ensino (Moreira, 1997).

D) O princípio do **consolidação** é coerente com a afirmação de Ausubel segundo a qual o factor isolado mais importante e determinante da aprendizagem é o que a educando já sabe. Este princípio tem subjacente que a matéria de ensino deve ser contínua e assegurar uma alta probabilidade de êxito na aprendizagem sequencialmente organizada, insistindo-se no domínio do que está a ser estudado.

Analisando estes quatro princípios pode-se constatar que o desenvolvimento cognitivo é um processo dinâmico no qual os novos conhecimentos estão em constante interacção com os já existentes. Assim, a estrutura cognitiva resulta progressivamente mais diferenciada e tende a organizar hierarquicamente os conceitos e proposições, partindo dos mais gerais para os menos inclusivos, que se assimilam aos primeiros.

Aplicação da teoria de Ausubel na sala de aula

É, principalmente, da ideia das hierarquias de conceitos, subjacente ao princípio da diferenciação progressiva, e do princípio de reconciliação integrativa que surge uma tentativa de utilização da teoria de Ausubel para o desenvolvimento de materiais que facilitem a aprendizagem significativa, no sala de aula. Surge, então um instrumento didáctico—os mapas de conceitos—desenvolvido por Novak e seus colaboradores a partir do ano de 1972 e decorrente directamente da teoria original de Ausubel.

Trata-se de um recurso que enfatiza os conceitos, a estrutura hierárquica dos conceitos e as relações entre conceitos (implícito nas linhas de ligação). Apresentam, ainda, o significado implícito das linhas de ligação dos mapas através das “palavras de enlace”. Em síntese, na construção de um mapa de conceitos e em primeiro lugar, é necessário identificar os con-

ceitos-chave subordinados e os superordenados relativos a uma dada matéria; em segundo lugar, procede-se à hierarquização dos conceitos, numa estrutura bidimensional, tendo em conta que os conceitos mais específicos e menos gerais devem ser integrados sob conceitos mais gerais e menos inclusivos; posteriormente, identificam-se as possíveis relações entre os conceitos, esclarecendo-se o significado das linhas, através das referidas “palavras de enlace”.

O mapa de conceitos é um instrumento didáctico, idiossincrático, útil a vários propósitos e que promove a aprendizagem significativa. Pode ser usado, nomeadamente, para avaliação, para análise de currículo e pode **(hoje)** ser um instrumento de metacognição—uma vez que, ao promover a reflexão sobre o próprio pensamento é um modo de aprender a pensar e de aprender a aprender). A elaboração de mapas de conceitos pelos alunos permite identificar se o aluno possui concepções alternativas e, portanto, determinar se a aprendizagem foi, ou não, significativa. É, portanto, decorrente da teoria de Ausubel que surge, pela primeira vez, pensamos, a ideia de concepções alternativas.

Apesar de não ter uma relação directa com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, torna-se relevante fazer referência a um instrumento heurístico, o Vê de Gowin ou Vê epistemológico. Trata-se de um instrumento de metaconhecimento, que é hoje considerado uma ferramenta didáctica promotora da aprendizagem significativa, na sala de aula, principalmente utilizada no aperfeiçoamento do ensino laboratorial.

Tal como refere Moreira (1997) “a teoria de Ausubel oferece directrizes, princípios e uma estratégia que ele crê serem promotoras da aprendizagem significativa”.

A terminar

Para David Ausubel, no processo de ensino importa que a aprendizagem seja significativa, isto é, que o material a ser aprendido faça “sentido” para o aluno. Por outras palavras, a nova informação interage e é assimilada nos conceitos relevantes—“ideias-âncora”—previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Na medida em que pressupõe a existência de ideias-âncora, é uma teoria mais facilmente aplicada a situações de aprendizagem de alunos de níveis etários mais elevados e não tanto a crianças que ainda não têm estruturas suficientemente elaboradas e estáveis para “ancorar” novos conhecimentos de um modo significativo.

Quando o material a ser aprendido não consegue ligar-se a algo já conhecido, ocorre o que Ausubel chamou de aprendizagem mecânica.

Neste processo, as novas informações são aprendidas sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Assim, o aluno decora fórmulas, leis, etc., para utilizar em situações de avaliação ficando, *à priori*, impossibilitado de utilizar esses conhecimentos em futuras novas situações. Em síntese:

Ausubel refere que dois dos principais princípios facilitadores da aprendizagem são a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Assim a aplicação da sua teoria de aprendizagem na sala de aula assenta em dois princípios:

i) As ideias mais gerais devem ser apresentadas em primeiro lugar sendo posteriormente e progressivamente diferenciadas em termos de maior detalhe e especificidade;

ii) As unidades programáticas devem proceder à integração dos novos materiais com uma prévia informação introdutória, através de comparações e referências cruzadas entre as ideias novas e as já existentes.

Para ocorrer uma aprendizagem significativa são necessárias duas condições:

i) O aluno precisa de ter uma disposição para aprender (pois se o indivíduo tiver a intenção de memorizar o material arbitrariamente e literalmente, então não ocorrerá aprendizagem significativa);

ii) O material a ser aprendido tem que ser potencialmente e psicologicamente significativo (o que diz respeito, respectivamente, à natureza do material e à experiência de cada indivíduo) dado que cada aluno faz a filtragem dos materiais detendo o que tem ou não tem significado.

Decorrente da teoria de Ausubel, surgem algumas ilações que podem ajudar os professores a promover a aprendizagem significativa:

- Os materiais introdutórios são importantes;
- Os materiais de aprendizagem devem estar bem organizados;
- As novas ideias e conceitos devem ser potencialmente significativos para o aluno;
- A "ancoragem" dos novos conceitos a estruturas cognitivas previamente existentes, nos alunos, tornará os novos conceitos recordáveis e, consequentemente, passíveis de serem utilizados em futuras aprendizagens.

Bibliografia

AUSUBEL, D. 1968. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J., HANESIAN, H.; 1980. *Psicologia Educacional*. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interamericana.

GUTIERREZ, R.; 1987. Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Ausubel. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2): 118-128.

MOREIRA, M.; 1997. *Aprendizagem significativa: um conceito subjacente*. *Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativa*. Actas, pp.17-44. Universidade de Burgos.

MOREIRA M. & MASINI, E.; 1982. *Aprendizagem Significativa. A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes LTDA.

Endereços electrónicos consultados

<http://web.csuchico.edu/~h24/ausubel.html>

<http://www.utv.br/edu660/resteoausubel.html>

<http://lwww.seas.gwu.edu/~sbraxton/ISD/ausubel.html>

Aprendizaje significativo, contexto y mediación simbólica

Rubén Darío Martínez, Yolanda Haydeé Montero, María Eugenia Pedrosa
Universidad Nacional de Mar del Plata-Argentina
rdmarti@mdp.edu.ar

Introducción

En el campo de la investigación sobre los probables aportes de las computadoras a la educación escolar se han ido debilitando líneas de pensamiento centradas en la interacción entre el individuo aislado y la computadora y, en su lugar, crecen en importancia aquellas que fundamentan la necesidad de incorporar explícitamente el contexto material, social y cultural como variables de estudio. En esta corriente se inscriben un amplio espectro de alternativas, las cuales se construyen bajo las tradiciones de investigación de aquellas disciplinas dedicadas al estudio del lenguaje, la cultura y otros aspectos del ambiente social: contextos, interacciones y actividades (Koschmann, 1996). Es interesante observar que en este campo del conocimiento y la práctica confluyen intereses intelectuales de orígenes diversos y, por ello, no es infrecuente que antropólogos, psicólogos, educadores, científicos de la computación, lingüistas, etc., aparezcan comprometidos en el tema. En este amplio espectro, es interesante observar cómo, partiendo de distintos marcos teóricos y perspectivas, diferentes teorías hacen sus aportes proporcionando, cada una de ellas, herramientas de análisis que permiten abordar la realidad desde diversos ángulos, con mayor o menor grado de amplitud y profundidad. La comparación de diferentes teorías puede hacer que ellas resulten contradictorias, o bien que compartan algunos principios y que, por eso mismo, tengan ciertas posibilidades de integración o complementariedad. Estas últimas alternativas son sumamente interesantes, por cuanto permiten ensanchar las bases teóricas y/o avanzar en profundidad, mediante la incorporación a una teoría de herramientas de la otra, o bien, a través de la amalgama integradora de principios similares en ambas.

En este artículo nos interesa explorar brevemente algunas vinculaciones entre la conocida teoría del aprendizaje significativo, desarrollada por Ausubel, Novak y sus seguidores (Ausubel et al., 1983; Novak, 1982), y la corriente sociocultural, originada en los trabajos de Vygotsky (Vygotsky, 1995, 1996), y continuada y extendida por sus adherentes contemporáneos. Las posibles vinculaciones entre ambas teorías ya han sido señaladas por otros autores, mencionando algunos de los principios que comparten

(Pozo, 1989). En virtud de ello, entendemos que existe un terreno propicio para la reflexión, el debate y el intercambio de ideas que, eventualmente, podrían conducir a una mayor riqueza conceptual y/o a la integración de ciertos marcos teóricos. Dada la extensión que podría llegar a tener esta temática, nos limitaremos a analizar, como tema principal, algunas de las vinculaciones referidas a los principios centrales del aprendizaje significativo con el concepto de zona de desarrollo próximo, el contexto de aprendizaje, y a elementos de la mediación simbólica que se dan dentro del mismo.

La significatividad del aprendizaje

El concepto de aprendizaje significativo ha sido objeto de un uso indiscriminado, y muchas veces acrítico, desde enfoques y planteamientos relativamente dispares; por lo tanto, es pertinente dejar en claro que en este artículo, al hablar de aprendizaje significativo, nos estamos refiriendo al concepto que deviene de la teoría construida por Ausubel y sus colaboradores (Ausubel et al, 1983; Novak, 1982). El aprendizaje significativo ubica a la construcción de significados por parte del alumno como un elemento clave del proceso de aprendizaje; el alumno aprende significativamente cuando puede establecer relaciones sustantivas y no arbitrarias entre lo que ya conoce y lo que debe aprender; esto es: cuando puede atribuirle significados al nuevo material. La relevancia de la significación construida dependerá de la calidad y de la cantidad de relaciones que el alumno pueda establecer. De lo expuesto se sigue que el aprendizaje significativo no es algo binario, que sólo admite los valores de ausente o presente, sino, más bien, que el mismo discurre sobre un continuo y que, por ello, es pertinente hablar de grado de significatividad del aprendizaje.

Como es sabido el aprendizaje significativo depende de tres factores condicionantes fundamentales, ellos son:

- la significatividad lógica del material,
- la significatividad psicológica para el alumno y
- la actitud favorable de este último para aprender significativamente (Ausubel et al., 1983).

Hagamos una breve referencia a cada uno de ellos. La significatividad lógica tiene que ver con la relacionabilidad intencionada y sustancial del material de aprendizaje desde un punto de vista genérico, de acuerdo al estado del arte del tema en estudio. Al hablar de significatividad psicológica ya nos ubicamos en el mundo de un alumno hipotético; para que este alumno pueda construir significados es necesario que pueda vincular el

material a aprender con su propia estructura cognitiva, producto de sus aprendizajes significativos previos. Por último, al tratar la actitud del alumno nos estamos refiriendo a la intencionalidad para establecer relaciones sustantivas entre el material a aprender y su propio conocimiento, al esfuerzo por integrar en extensión y profundidad lo nuevo con lo conocido. Estos conceptos son de importancia fundamental, por cuanto establecen un equilibrio entre las responsabilidades del docente y el papel que se le asigna al protagonismo del alumno como constructor de sus propios saberes.

Algunas conexiones entre las teorías

Aprendizaje significativo y zona de desarrollo próximo

El breve desarrollo del apartado anterior nos ubica en un punto de situación en el cual tenemos: por una parte, mirando hacia atrás, al alumno con sus conocimientos previos y los materiales lógicamente significativos preparados por el docente y, por la otra, mirando hacia adelante, una actitud potencial del alumno, difícil de conocer a priori, y una significatividad psicológica cuyo grado dependerá de cada alumno en particular. Estos dos últimos factores, a su vez, estarán interligados a la forma en la cual se presenten los materiales y al mayor o menor grado de motivación que promueva el contexto. En síntesis, se produce una situación dinámica con un conjunto de factores que interactúan como una totalidad.

La reflexión previa nos permite introducir la noción de 'zona de desarrollo próximo' (zdp) en forma natural, por cuanto la misma interpreta el punto de partida, los conocimientos previos del alumno y la significatividad lógica del material, y los articula con una dinámica compleja de desarrollo potencial. En efecto, una de las razones por las cuales Vygotsky incorpora ese constructo es su preocupación por atender los problemas de las prácticas de instrucción. Recordemos que Vygotsky define la zdp como 'la distancia entre el nivel de desarrollo real del niño tal y como puede ser determinado a partir de la resolución independiente de problemas, y el nivel más elevado de desarrollo potencial tal y como es determinado por la resolución de problemas bajo la guía de un adulto o en colaboración con sus iguales más capacitados' (Vygotsky, 1995, 1996). De esto se deduce que la zdp es un atributo del alumno con relación a un ambiente de aprendizaje concreto y en un momento determinado, una cualidad dinámica que se crea en la interacción entre el educando y el ambiente de aprendizaje. Por lo tanto, las características e historia personal del alumno, los materiales preparados por el docente, junto con el conjunto de factores que intervienen en la dinámica que se produce en la zdp, son los elementos

fundamentales de la mayor o menor significatividad del aprendizaje que aquel podrá alcanzar.

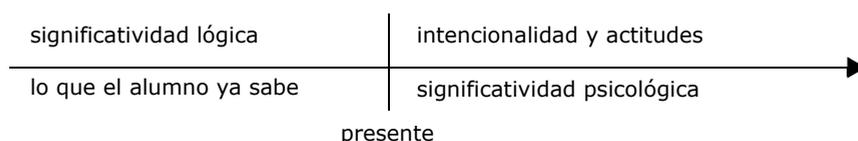
Uno de los reconocimientos que se le acreditan al concepto de zdp es su utilidad como constructo de valor heurístico para los procesos de enseñanza y aprendizaje, a la vez que encierra un valor potencial como instrumento de análisis, de reflexión y de intervención pedagógica. Sin embargo, hay quienes sostienen que las aportaciones de Vygotsky referidas a la instrucción son más metateóricas que teóricas ya que, si bien Vygotsky sostiene que los conceptos científicos sólo pueden adquirirse por instrucción, no aclara mucho acerca de las técnicas que deben ser aplicadas (Pozo, 1989). A la luz de estas debilidades, se puede apreciar mejor de qué manera la teoría de aprendizaje de Ausubel viene a superar esas lagunas. En efecto, dicha teoría está centrada en el aprendizaje producido en un contexto educativo, en situaciones de interiorización o asimilación a través de la instrucción y atendiendo a los procesos de enseñanza y aprendizaje de los conceptos científicos a partir de los conceptos previamente formados por el niño en su vida cotidiana.

Al referirse al poder acumulativo del aprendizaje significativo, Novak afirma que se puede verificar que la cantidad y calidad de conocimiento relevante que posee cada alumno varía de tema en tema. Por otra parte, cada sujeto es portador de una secuencia única de experiencias de aprendizaje y, en consecuencia, de construcción de significados personales (Novak, 1998). Si esto es así, entonces no hay dos estructuras cognitivas iguales y, por lo tanto, la significatividad psicológica de determinado material es diferente para cada individuo, lo cual implica una dificultad no menor para la planificación de la intervención docente, fundamentalmente cuando en el aula está presente una alta heterogeneidad.

Al referirse a conceptos y mapas conceptuales, Novak sostiene que si un sujeto pudiera trazar todos los mapas conceptuales posibles en los cuales un concepto dado estuviera relacionado con otros conceptos, en todos los contextos posibles, tendríamos una buena aproximación del significado que ese concepto tiene para ese sujeto. Esto nos da una idea de la magnitud y del grado de complejidad que puede llegar a tener la estructura cognitiva de un individuo sobre una temática dada (Novak, 1998). De esto se desprende que resulta imposible determinar en forma completa, cualquiera sea la batería de pruebas, el conocimiento con el cual arriba un alumno al aprendizaje de determinado tema (aunque esto no quiere decir que no puedan obtenerse aproximaciones aceptables).

Por lo tanto, el docente puede asegurar, con relativa seguridad, la significatividad lógica del material a presentar. Pero ese predictor central que es 'lo que el alumno ya sabe', sólo lo puede conocer en forma aproximada y, por lo tanto, esto implica que tiene que tomar decisiones didácticas en condiciones de incertidumbre (o con información incompleta). Si a esta situación de análisis le agregamos la estructura afectiva del alumno y la dinámica propia del contexto, ello nos lleva a tomar mayor conciencia del grado de complejidad que está presente en las situaciones de enseñanza y aprendizaje escolar.

Si ubicamos nuestras afirmaciones anteriores en un hipotético eje del tiempo, tendremos el siguiente gráfico:



Los conceptos desarrollados previamente nos indican, en líneas generales, en qué terreno se desarrolla la intervención del docente; terreno donde debe actuar con un conocimiento incompleto sobre las competencias del alumno y, en forma tentativa, sobre las formas de incrementar la significatividad psicológica de los materiales que debe presentar al estudiante, como así también para acrecentar su interés y motivación. En consonancia con estas ideas, aparece la importancia que se le concede, tanto en la teoría de aprendizaje significativo como en la corriente sociocultural, a los mecanismos de evaluación de procesos y resultados y que se ve reflejada en la literatura pertinente (Ausubel et al., 1983; Lidz, C.S., 1987; Novak & Gowin, 1988; Novak, 1998).

A modo de síntesis, una breve reflexión nos lleva a la convicción de que el grado de significatividad del aprendizaje de determinado tema, por parte de un alumno, se inscribe dentro de una potencialidad, entendida como un rango de posibilidades cuyo alcance dependerá de la dinámica de las interacciones entre el maestro, el alumno, sus compañeros y el contexto. Como corolario de ello, cobran especial significación las afirmaciones de Ausubel sobre las características que debe reunir el profesor referidas a:

- conocimiento de su materia,
- competencia para organizar y presentar el material de estudio, como así también para manejar diferentes variables que influyen en el aprendizaje, y

- capacidad para establecer una comunicación fluida con sus alumnos (Ausubel et al., 1983).

Descubrimiento o recepción

Tanto en la visión de Vygotsky como en la de Ausubel y colaboradores, se rescata el papel del docente como agente fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje, estableciendo un equilibrio entre las responsabilidades del maestro y el papel que se le asigna al protagonismo del alumno como constructor de sus propios saberes. Esto no es ocioso, pues durante bastante tiempo la exagerada consideración del método de enseñanza basado en el descubrimiento relegó al docente a un papel secundario. En ese orden, aún hoy en día no es infrecuente leer o escuchar acerca de la disyuntiva entre aprendizaje por recepción o aprendizaje por descubrimiento, cuando en realidad el eje fundamental es distinguir entre aprendizaje significativo o aprendizaje por repetición.

Tanto en la visión sociocultural de la actuación del docente, como en la que deriva de los precisos conceptos de la teoría de la asimilación, el aprendizaje por descubrimiento y el aprendizaje por recepción, aunque son dos procesos diferentes, pueden combinarse apropiadamente. Ausubel indica con claridad las diferencias que separan a esos procesos, las complejidades psicológicas de cada uno de ellos y las diferentes etapas de la ontogénesis en las cuales cada uno de ellos tiene mayor incidencia. Así, se señala que los conceptos adquiridos por los niños en edad temprana suelen ser consecuencia de experiencias empíricas y concretas, mientras que, una vez alcanzado cierto nivel de maduración, es posible la asimilación de conceptos a través del aprendizaje por recepción significativa, sin necesidad de la experiencia empírica concreta (Ausubel et al., 1983). A partir del análisis de los fundamentos teóricos de esos autores, se deduce que la mayor parte de los conceptos y proposiciones que aprendemos en nuestras vidas es por medio de procesos de recepción significativa; algo que es fácilmente corroborable en forma personal a partir de una breve introspección. Novak, comentando los fracasos escolares de las estrategias de enseñanza centradas en el aprendizaje por descubrimiento, señala, con lucidez, que eso era bastante obvio, pues los estudiantes no podrían descubrir en sus actividades escolares los conceptos de diferentes ramas del conocimiento que llevaron siglos de desarrollo científico e intelectual (Novak, 1998).

El contexto

En un apartado anterior vinculamos principios centrales del aprendizaje significativo con el concepto de zona de desarrollo próximo, terreno donde se vinculan las interacciones de maestros y alumnos para avanzar en los procesos de enseñanza y aprendizaje. El planteo de algunos interrogantes,

como ser: ¿dónde se dan esas interacciones?, ¿cómo ocurren?, ¿qué condicionantes existen?, nos lleva en forma natural a detenernos un momento en el análisis del contexto. Cada espacio es portador de diferentes significaciones y de un conjunto de reglas, explícitas o implícitas, que actúan como condiciones previas que impregnan el desarrollo de determinada actividad. Reglas que impone el maestro, reglas existentes en la escuela, papel asignado a la escuela y al aula por alumnos y docentes, roles asignados a cada uno, todo esto está presente en el contexto y actúa como una fuente de condicionamiento para las actividades que se desarrollan en el mismo.

Desde una perspectiva sociocultural, el contexto implica una serie de suposiciones sobre los papeles, objetivos y medios adecuados utilizados por los participantes de dicho contexto, el cual, de alguna manera, guía la selección de acciones y la composición operacional de esas acciones, como así también determina el significado funcional de las mismas (Wertsch, 1988).

Al incorporar el contexto en el análisis explícito, cobran especial importancia la comunicación y la cooperación que se producen en el proceso de aprendizaje; a su vez, estas interacciones pueden tener un fuerte rol inhibitorio o motivador de la actividad del alumno. En efecto, la motivación tiene un carácter cambiante, que no está predeterminada exclusivamente por los conocimientos y habilidades de los alumnos y maestros, sino que depende en gran medida de la dinámica comunicativa que se establece en el ámbito de la actividad (Coll, 1988).

Por su parte, Novak señala, explícitamente, que la educación es un acontecimiento que ocurre siempre dentro de un contexto específico, diferenciando el contexto emocional, el contexto físico, el contexto cultural y el contexto organizativo. Agregando, además, que una de las razones por las cuales la educación es, muchas veces, ineficaz, o aún destructiva, es consecuencia de un contexto limitativo (Novak, 1998).

La mediación simbólica

En un contexto de educación formal se desarrollan acciones compartidas, mediante las cuales alumnos y maestros intentan intercambiar significados. Novak afirma que desde el nacimiento, todo ser humano crea sus propios significados. En efecto, cada uno de nosotros tuvo una secuencia única de experiencias y, por eso, cada uno construyó sus propios significados personales. Las mismas palabras pueden tener significaciones muy diferentes, dependiendo de las experiencias de cada uno y, en consecuencia, cuanto más dispares fueron las secuencias de las esas experiencias individuales, más difícil será compartir significados. Otra fuente que afecta la

significación es el contexto, destacándose nuevamente la importancia de la interacción entre el educando y el contexto de aprendizaje. Pese a ello, los significados individuales suelen tener una base común, lo cual constituye una suerte de 'punto de intersección' que permite utilizar los 'rótulos del lenguaje' como medio comunicativo para compartir, comparar y modificar los significados (Novak, 1998).

En la descripción precedente están implícitas dos funciones que puede cumplir un 'rotulo de lenguaje', pensado como símbolo de un concepto. Por una parte cumple una función simbólica, abstracta y descontextualizada, propia del desarrollo conceptual y el razonamiento científico; por otra parte, es un medio funcional para una multitud de situaciones interactivas y donde su significación depende del contexto en el cual aparece. Estas funciones Vygotsky las denominaba función simbólica y función indicativa, respectivamente, y el desarrollo e interligazón entre ambas formas funcionales son de indudable interés para una interpretación del desarrollo del intelecto (Wertsch, 1988, Lee, 1985).

En otro orden de cosas, las diferentes significaciones individuales comentadas en el primer párrafo de este apartado, iluminan algunas de las razones por las cuales aparecen conflictos de ideas y conceptos en las interacciones que tienen lugar en los ambientes de aprendizaje. En efecto, al analizar el funcionamiento de un grupo, podemos observar que los interlocutores pueden diferir y cambiar sus representaciones sobre el mismo conjunto de objetos y eventos. Esta situación es muy interesante pues, por una parte, están en la misma situación, porque todos acceden perceptiblemente a los mismos objetos concretos y a los mismos sucesos. Por otra parte, no están en la misma situación, porque no todos definen a esos objetos y eventos del mismo modo. Para comprender este aparente dilema es necesario recurrir a la noción de intersubjetividad, la cual se da cuando los interlocutores comparten algún aspecto de sus definiciones de situación. Cuando existe ese núcleo (aún mínimo) de significaciones compartidas, es posible iniciar un proceso dialógico y de negociación de significados en la búsqueda de coincidencias. Las coincidencias pueden producirse a varios niveles y de ahí que existan varios niveles de intersubjetividad (Wertsch, 1988). Estas nociones nos llevan a considerar la importancia que tiene la intervención del docente para sostener los estados de intersubjetividad con sus alumnos y en lograr ensanchar la base de coincidencias sobre el tema en estudio.

Detengámonos un momento en el último punto del párrafo previo, analizando la interacción entre el maestro y el alumno. Al comienzo de este apartado señalábamos que, en un contexto de educación formal, se desar-

rollan acciones compartidas mediante las cuales alumnos y maestros intentan intercambiar significados. Novak sostiene que en cualquier ámbito educativo el mundo del alumno y el mundo del maestro nunca es el mismo y, por lo tanto, debe reconocerse que la acción recíproca entre alumno y docente involucra dos conjuntos diferentes de elementos de interacción (Novak, 1998). Sin embargo, al tomar como punto de partida lo que el alumno ya conoce, queda establecido ese punto de intersección o núcleo de significaciones compartidas, a partir del cual es posible iniciar un proceso comunicativo. En ese proceso tanto el alumno como el maestro modifican sus perspectivas en forma iterativa; el maestro intentando apropiarse de las significaciones del alumno y el alumno buscando significar los aportes de su maestro. A medida que avanza una negociación de significados exitosa se van produciendo diferentes niveles de intersubjetividad en los cuales el docente va interpretando mejor las significaciones del alumno y el alumno va perfeccionando los significados conceptuales de su estructura cognitiva.

Como caso particular de representación simbólica es interesante mencionar el mapa conceptual, por ser plenamente consistente con la teoría de aprendizaje significativo y como ejemplo de la forma en la cual la creatividad humana va acrecentando su bagaje cultural representativo con el objeto de facilitar la mediación simbólica. Si bien el elemento mediador principal en las actividades áulicas es el lenguaje, otro tipo de representaciones simbólicas suelen ser más apropiadas para determinadas instancias, tanto para la mediación social como para la reflexión interior. Cada modalidad de representación simboliza determinados aspectos de su referente, destacando algunos y ocultando otros; cada tipo de simbolización presenta fortalezas y debilidades. Novak y Gowin distinguen entre mapas conceptuales, adjudicados al conocimiento experto, y mapas cognitivos, adjudicados al conocimiento personal de un individuo en un momento determinado (Novak y Gowin, 1988). En virtud de ello, sería más apropiado hablar de mapas cognitivos como medio de representación para la negociación de significados en el ambiente escolar. Los mapeos cognitivos tienen la virtud de externalizar conceptos y relaciones, creando conjuntos conceptuales vinculados. Precisamente, una de las virtudes de esas herramientas es hacer que el alumno deba tratar explícita y conscientemente con sus propias ideas, actividades que normalmente se realizan en forma implícita. Esto puede hacer que aparezcan ideas en conflicto, disonancias entre lo que el alumno piensa que sabe y lo que puede representar explícitamente; situaciones que llevan a tomar conciencia de los saberes personales y a controlar los propios procesos cognitivos, lo cual tiene una importancia central en el proceso educativo (Bruner, 1986).

Comentarios finales

Uno de los principales motivos que nos llevó a redactar este breve artículo es nuestra preocupación por el grado de fragmentación que observamos en nuestro campo de investigación (las computadoras en la educación), donde se produce una situación paradójica. Por una parte, es un campo interesantísimo porque en él confluyen investigadores de las más variadas tradiciones académicas; y, por la otra, observamos una incomunicación llamativa, aún entre adherentes a líneas de pensamiento cercanas de una misma disciplina. Sin embargo, y como reacción interesante, encontramos que desde diferentes campos de las ciencias sociales se percibe un interés creciente en interpretar la naturaleza humana desde perspectivas holísticas e integradas. Estas notas no tienen más pretensiones que las de ser un minúsculo disparador para la reflexión y el intercambio de ideas.

Referencias

Ausubel, D.P., Novak, J.D. & Hanesian, H. (1983) *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (2ª ed.). México: Trillás.

Bruner, J.S. (1986) *Actual minds, possible worlds*. Harvard University Press.

Coll, C. (1988) Significado y sentido en el aprendizaje escolar, *Infancia y Aprendizaje*, 41, pp.131-142.

Koschmann, T. (1996) *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*. Mahwah, N.J.: L.Erlbaum Ass.

Lee, B. (1985) Intellectual origins of Vygotsky's semiotic analysis, en Wertsch, J. V. (Ed.) *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*. N.Y.: Cambridge University Press.

Lidz, C.S. (1987) *Dynamic assessment: An interactional approach to evaluating learning potential*. NY: The Guilford Press.

Novak, J.D. (1982) *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza.

Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1988) *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

Novak, J.D. (1998) *Learning, creating and using knowledge*. Mahwah, NJ: L. Erlbaum

Pozo, J.I. (1989) *Teorías cognitivas del Aprendizaje*. Madrid: Morata.

Vygotsky, L.S. (1995) *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.

Vygotsky, L.S. (1996) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.

Wertsch, J.V. (1988) *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.

Rubén Darío Martínez, Yolanda Haydeé Montero, María Eugenia Pedrosa