
FILOSOFIA DA CIÊNCIA, HISTÓRIA DA CIÊNCIA E PSICANÁLISE: ANALOGIAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS¹

*Alberto Villani*²,

Instituto de Física - USP

*Elisabeth Barolli*³, *Tânia C. B. Cabral*⁴,

Faculdade de Educação - USP

*Maria B. Fagundes*⁵ & *Sergio C. Yamazaki*⁵

Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP

São Paulo - SP

Resumo

São apresentadas várias analogias e metáforas, construídas a partir de resultados alcançados na Filosofia da Ciência, na História da Ciência e na Psicanálise, e utilizadas para interpretar o ensino e a aprendizagem das Ciências. São discutidos o alcance e os limites de tais analogias. Considerações de caráter mais geral sobre a elaboração e o funcionamento das analogias finalizam o trabalho.

I. Introdução

O processo de aprendizagem de uma ciência é tão complexo que o exercício eficiente do ensino só pode ser estruturado de maneira quase artesanal. As pesquisas então têm a tarefa de fornecer subsídios, ainda que parciais, para a compreensão do processo de aprendizagem e sugestões localizadas sobre estratégias de ensino. Em particular, as pesquisas recentes sobre concepções alternativas e mudança

¹ Este trabalho constitui uma reelaboração de um seminário com o mesmo título, proferido por um dos autores em Florianópolis, no Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

² Com auxílio parcial do CNPq.

³ Aluna de doutoramento da Pós Graduação em Educação. Com auxílio parcial da CAPES/PICD.

⁴ Aluna de doutoramento da Pós-Graduação em Educação. Com auxílio da CAPES/DS.

⁵ Alunos de mestrado da Pós-Graduação em Ensino de Ciências (modalidade Física). Com auxílio da CAPES/DS.

conceitual têm procurado encontrar mecanismos gerais e/ou específicos que caracterizem a evolução do conhecimento dos estudantes. A dificuldade da busca tem motivado o alargamento da procura das fontes de inspiração para idéias e procedimentos utilizados nos campos mais diversificados, conseguindo, de fato, encontrar semelhanças e analogias interessantes e sugestões válidas.

A psicologia da aprendizagem tem sido uma das fontes principais nessa busca (por ex., West & Pines, 1985), não somente fornecendo informações relevantes (por ex., Chinn & Brewer, 1993, sobre a reação dos aprendizes frente a anomalias experimentais), mas também criticando os rumos da área (por ex., Pintrich et al., 1994, que evidenciam a ausência do papel da motivação no modelo de mudança conceitual). Outras ciências humanas, também, têm dado suas contribuições, sendo mais freqüentes as da História e da Filosofia da Ciência (Matthews, 1989 e 1994). Alguns pesquisadores, seguindo Bachelard (1980), investigaram o processo de aprendizagem na perspectiva de que se revelem os obstáculos ‘epistemológicos’ (por ex., Cornu, 1983, e Sierpinska, 1985, trabalhando sobre a noção de limite, em matemática) ou adaptaram a idéia de ‘perfil epistemológico’ para redefinir o processo de mudança conceitual (Mortimer, 1995). Outros focalizaram a analogia entre algumas idéias históricas e tendências no raciocínio espontâneo (por ex., Saltiel e Viennot, 1984, sobre a teoria do impetus, ou Piaget & Garcia, 1982, sobre evolução da teoria do movimento). Outros ainda exploraram as analogias e sugestões que o progresso científico oferece para o desenvolvimento da aprendizagem (por ex., Duschl & Gitomer, 1991, sobre a idéia de projeto científico desenvolvido por uma comunidade).

Neste artigo, pretendemos aprofundar o tema da mudança conceitual a partir de analogias referentes a outras áreas do conhecimento, principalmente tentando esclarecer como funciona a exploração de analogias e identificando algumas limitações e condições. Assim, no primeiro item, discutiremos⁶ o alcance das analogias produzidas a partir da *Filosofia da Ciência* (Villani, 1990 e 1992); em seguida, as analogias a partir da *História da Ciência* (Villani & Arruda, 1995) e no terceiro, a partir da *Psicanálise* (Villani & Cabral, 1995). Concluiremos com considerações mais gerais que procuram resgatar os elementos comuns aos trabalhos apresentados e sugerir perspectivas para elaborações futuras.

⁶ Nesta discussão, os trechos que sintetizam os trabalhos apresentados serão escritos utilizando a fonte ‘Souvenir’ em itálico, ao passo que para nossos comentários e observações utilizaremos a fonte ‘Times New Roman’.

II. Filosofia da ciência: os modelos de mudança conceitual

O modelo de mudança conceitual de Posner et al.(1982), que se tornou referência para a área, com o decorrer do tempo foi objeto de muitas críticas, inclusive dos próprios autores (Strike e Posner, 1992; Hewson e Thorley, 1989).

No artigo de 1982, os autores propõem as metáforas do *estudante- cientista* e da *ecologia conceitual*, a partir das sugestões inspiradas pelos trabalhos de Kuhn (1962), Lakatos (1970) e Toulmin (1972). As idéias básicas podem ser assim resumidas:

A) Para que se realize uma mudança conceitual são necessárias quatro condições: Insatisfação com respeito às concepções possuídas, Inteligibilidade, Plausibilidade e Fertilidade em relação às novas concepções.

B) A mudança é controlada pelo conjunto das crenças, valores, exigências e idéias existentes no sujeito, que constituem sua ecologia conceitual e funcionam como um ambiente ecológico no qual prevalece a adaptação.

Em nosso trabalho (Villani, 1990 e 1992), partimos das limitações decorrentes da aplicação das diferentes fontes inspiradoras, pois os vários autores citados sustentam propostas em muitos aspectos incompatíveis. Tentamos explorar a visão de um único autor: Laudan (1977 e 1984). Isso permitiu articular melhor os vários pontos de contato entre progresso científico e aprendizagem de Ciências e avançar no que diz respeito à introdução da motivação no processo de mudança conceitual.

As principais analogias, desenvolvidas a partir da metáfora fundamental *progresso na aprendizagem* equivalente a *progresso científico*, foram as seguintes:

A) - Cientistas tentam alcançar o sucesso profissional resolvendo problemas científicos da forma mais inteligente e econômica possível. Conseqüentemente, todo seu esforço e envolvimento são concentrados no desenvolvimento dessa competência, em função da qual são avaliados.

- Estudantes também tentam, com todo o esforço, resolver seus problemas mais significativos e para isso desenvolvem uma competência quase profissional. Infelizmente para o professor, os objetivos dos alunos de tipo sócio-institucional (passar de ano, obter o diploma, ...) não estão associados aos de tipo científico.

A analogia então é somente parcial: semelhança no envolvimento para a resolução de problemas, mas diferença nos objetivos desejados. Isso permite explorar conseqüências interessantes para o ensino:

- Vai ser tarefa básica do professor, acoplar seu objetivo, de que seus alunos aprendam, com a meta deles de obter sucesso e diploma; somente dessa maneira poderá ser garantido o correspondente envolvimento e esforço na execução das tarefas escolares. O processo de mudança conceitual envolve então a negociação,

entre alunos e professores, das tarefas didáticas e dos tipos de avaliação e a adaptação dos mesmos ao contexto institucional.

B) - O progresso científico é um resultado de longo prazo e alcance (mudança das Tradições de Pesquisa). Não somente teorias e conceitos básicos, mas também elementos básicos, métodos de trabalho, ideais explicativos, questões fundamentais e valores se modificam progressivamente.

- Também a mudança conceitual na aprendizagem envolve conceitos primitivos (como ação, movimento, causa), ideais explicativos (via qualidades intrínsecas), métodos de trabalho (generalizações rápidas e intuitivas), finalidades (soluções locais e práticas) e valores. Por isso o processo de modificar a visão de mundo do estudante será longo e progressivo.

Esta analogia parece completa. A função é esclarecer o significado da mudança conceitual, que ultrapassa o de simples mudança de conceitos e aponta então para a necessidade de monitoramento contínuo do processo e de planejamento de atividades específicas para alcançar a mudança em todos os aspectos.

C) - Anomalia em ciência, para Laudan, não é qualquer discrepância entre teoria e experimentos. É um fracasso de uma teoria não compartilhado por uma outra rival. A anomalia emerge quando, na resolução de um determinado problema científico através da teoria aceita, surge uma dificuldade, conceitual ou empírica, que outra teoria não manifesta. Esta última então, torna-se candidata natural à aceitação da comunidade científica.

- Na aprendizagem, anomalia real que gera insatisfação em relação ao senso comum, se manifesta quando tais concepções não conseguem dar conta do objetivo do estudante, mas as do conhecimento científico conseguem. Em geral, isso acontece quando o sujeito se expõe. Passar de ano não exige mudança de visão, mas elaborar uma tese, ganhar um concurso, realizar um projeto experimental, ministrar um curso exigem uma apropriação mais radical do conteúdo científico.

Esta analogia também parece completa e sua função é esclarecer, novamente, a natureza motivacional da mudança conceitual. O envolvimento do sujeito na aprendizagem tanto mais é garantido, quanto maior for sua responsabilidade sobre a tarefa a ser executada e a possibilidade de ser avaliado pelos outros (colegas, professores, alunos, etc.).

D) - Na ciência existem dois contextos: de “aceitação” e de “exploração”. A aceitação é baseada na crença de que a teoria é a que mais problemas resolve no momento. A exploração é baseada na crença de que uma nova teoria poderá tornar-se, no futuro, a melhor, a partir dos resultados promissores que está conseguindo. Um cientista pode então aceitar uma teoria estabelecida, que resolve um grande número de problemas, e simultaneamente explorar uma nova teoria rival,

que, até o momento, tem conseguido resultados considerados brilhantes, apesar de numericamente menores do que os da teoria aceita.

- Na aprendizagem científica, no início aceita-se o senso comum e explora-se o conhecimento científico (durante o processo de familiarização), conseguindo resultados satisfatórios, mas localizados, do ponto de vista do aluno. Somente após muitos sucessos pode-se cogitar numa tomada de consciência do aluno a respeito do alcance do conhecimento científico e, conseqüentemente, na sua aceitação completa, pelo menos no contexto escolar ou profissional.

Esta analogia também procura clarear a natureza progressiva da mudança conceitual, contrapondo-se às idéias de uma troca rápida e total entre conhecimento científico e senso comum. Permite também explicar por que alunos que pareciam ter aprendido um determinado conceito científico, de repente voltam a usar os conceitos alternativos. Apesar dos dois tipos serem, muitas vezes, excludentes enquanto explicação dos fenômenos, não é contraditório que ambos estejam disponíveis para a utilização do sujeito que aprende.

E) - A mudança a longo prazo, na ciência, se realiza de forma reticulada: seu objeto inicial pode ser tanto a teoria, quanto a metodologia e os valores epistemológicos. Inicialmente, muda um dos aspectos, com base numa negociação a partir dos outros aspectos que permanecem intactos. Em seguida, esses são questionados e se tornam objetos da avaliação crítica com base nos novos aspectos consensuais. Desse modo, realiza-se uma mudança radical, obtida a partir de uma negociação racional.

- Também na aprendizagem científica, a mudança pode ser pensada como reticulada e visando respectivamente conceitos, métodos e valores cognitivos. A aceitação, por parte do aprendiz, de que uma determinada conceituação científica é melhor, no contexto acadêmico, do que a correspondente de senso comum, normalmente é alcançada sem necessariamente modificar as metodologias ou os valores explicativos. Somente após muitos sucessos com os novos conceitos, o aluno está em condições de questionar as finalidades ou as exigências de ambos os tipos de conhecimento e operar uma nova modificação.

Esta última analogia pode ser considerada de tipo 'light' por forçar um pouco as relações nela envolvidas ao supor uma racionalidade muito enraizada nos estudantes. Contudo, ela ajuda a esclarecer ainda mais a concepção de mudança conceitual como mudança a longo prazo e chama a atenção para os aspectos mais profundos de uma visão científica e de uma mudança da mesma. Conseqüentemente, alerta para a gradação do processo, prevenindo para que não se exija além do que o estudante pode realizar a cada momento e a seu tempo.

- Como resultado do conjunto de analogias, o ensino pode ser pensado visando sucessivamente dois tipos de mudança conceitual: um primeiro tipo

denominado de mudança conceitual lato sensu (ou fraca) e um segundo tipo denominado stricto sensu (ou forte). O primeiro envolveria somente a mudança de tipo exploração das concepções, sem atingir metodologia e valores epistêmicos e sem envolver o abandono total, no contexto acadêmico ou profissional, do uso das concepções alternativas. Tal modificação poderia ser objetivo real do ensino de segundo grau. A mudança conceitual stricto sensu seria mais completa e abrangente e deveria ser o resultado do ensino de graduação, podendo contar com atividades mais ligadas ao futuro profissional do estudante.

III. História da ciência: obstáculos para a aprendizagem

As analogias desenvolvidas no trabalho sobre a Teoria da Relatividade (Villani & Arruda, 1995; Arruda & Villani, 1995) estão baseadas na metáfora fundamental *comunidade de estudantes* equivalente à *comunidade científica*. Os pontos principais do processo de aceitação da Teoria de Einstein, pela comunidade científica e pela comunidade discente, são:

A) - Antes de aparecer a Teoria da Relatividade Especial (Einstein, 1905), a comunidade científica teve que julgar a plausibilidade das equações de Lorentz (McCormack, 1970). Estas tiveram um crédito inicial devido à sua compatibilidade com os resultados experimentais, realmente surpreendentes. Entretanto, esse crédito era considerado como provisório, pela falta de suporte teórico dessa compatibilidade. A aceitação final, por parte da comunidade científica, somente se deu quando os resultados e as equações foram explicados mediante a teoria do Elétron, de Lorentz (1904) e Poincaré, que mantinha os conceitos tradicionais de éter, espaço e tempo. Essa teoria explicava tanto a contração das distâncias, quanto a dilatação do tempo e a invariância da velocidade da luz, via rearranjo das moléculas do corpo, devido à sua velocidade no éter, e via medidas efetivas com instrumentos deformados. Essa concordância entre resultados, equações, núcleo teórico e heurístico, conferiu plausibilidade à teoria de Lorentz (Zahar, 1972).

- Também os estudantes parecem aceitar, provisoriamente, as transformações de Lorentz frente aos resultados experimentais. Eles não podem contar com uma teoria do éter para dar sustentação estável à relação entre equações matemáticas e experimentos. Entretanto, de fato, os estudantes que conseguem alcançar uma aprendizagem estável das mesmas são aqueles que conseguem dar-lhe algum suporte conceitual (que pode ser derivado da teoria da Relatividade, de partes da mesma ou de interpretações pessoais de tipo alternativo).

Esta primeira analogia, que é parcial, pois não existe um correspondente explícito da função da Teoria do Elétron para os estudantes, chama a atenção para a diferença entre a aceitação parcial de um conjunto de relações matemáticas e a

aceitação total de uma teoria considerada plausível. Esta distinção que será desenvolvida também nos outros pontos, é fundamental para explicar e, eventualmente, remediar o fracasso escolar no alcance de uma aprendizagem estável.

B) - A comunidade científica recebeu, com dificuldades, a teoria de Einstein. Em particular os teóricos do éter consideravam o princípio da Invariância da velocidade da luz não plausível; entretanto, a teoria não foi abandonada por causa do apoio de algumas lideranças científicas (Planck, Minkowski, Langevin, Laub) e por implicar nas mesmas equações matemáticas da Teoria do Elétron.

- Frente ao princípio da Invariância da velocidade da luz, nossos estudantes têm um comportamento semelhante. Não o rejeitam explicitamente por causa do professor e dos livros e também por causa dos resultados experimentais. Entretanto, não o consideram plausível, procurando então explicações ou modelos pessoais (Arruda, 1994).

Esta analogia chama atenção para a superficialidade do processo de avaliação em nossos cursos, pois os professores não conseguem perceber que os estudantes, mesmo os que foram aprovados, construíram concepções bem diferentes das científicas. Além disso, os próprios estudantes não tomaram consciência dessa diferença.

C) - O Princípio da Relatividade era familiar à comunidade científica, que o aceitava na Mecânica Clássica; entretanto, ela também acreditava num referencial absoluto, o éter, no Eletromagnetismo. Essa dualidade era aceita, pois tanto a Mecânica quanto o Eletromagnetismo eram teorias bem estabelecidas e não existiam condições para unificá-las.

- Nossos estudantes acreditam num referencial absoluto, que consideram válido tanto na Mecânica quanto no Eletromagnetismo. Isso é possível por causa da pouca familiaridade com o significado do princípio da Relatividade. Por isso, nem chegam a ter dúvidas a respeito.

Essa analogia, que também é parcial, chama a atenção para uma semelhança (referencial absoluto) e para uma diferença (princípio da Relatividade) entre as concepções da comunidade científica e dos estudantes. Conseqüentemente, aponta-se para dois problemas: o de rever o conceito de referencial absoluto e, mais importante ainda, o de discutir e destrinchar o conceito de relatividade. Somente essa discussão, profundamente teórica, poderá gerar as condições básicas para os estudantes entenderem e aceitarem a Teoria da Relatividade.

D) - Quando a teoria da Relatividade foi proposta, ela era plausível somente para Einstein, pois ele conseguia ligar os postulados fundamentais às idéias estatísticas e quânticas, que lhe permitiam uma concepção diferente de radiação luminosa (o fóton). Além disso, ele conseguia re-interpretar o status da Mecânica e do

Eletromagnetismo em nível microscópico, eliminando a dualidade de seus fundamentos ontológicos e metodológicos.

O processo de aceitação da Teoria da Relatividade pela comunidade científica foi mais longo e difícil. Houve a aceitação das informações experimentais, o entusiasmo com a solução dos paradoxos, as dificuldades conceituais com a velocidade da luz invariante e a crença inicial num referencial absoluto. Finalmente, com a queda da Teoria do Elétron e a proposta da Teoria da Relatividade Geral, o processo de aceitação terminou, pois a Relatividade Restrita tornou-se sustentada por outras construções teóricas.

- Nossos estudantes percorrem um caminho, em parte, semelhante: mesma aceitação inicial das informações experimentais, mesmo entusiasmo com a solução dos paradoxos, mesmas dificuldades conceituais com a velocidade da luz invariante e mesma crença inicial num referencial absoluto. Entretanto, não existe semelhança na aceitação final. Para os estudantes o que sobra é que experimentos com resultados inesperados são explicados com instrumentos matemáticos e com princípios esquisitos: um deles é pouco plausível e o outro tem pouco sentido.

A analogia é somente parcial e o elemento mais importante é a diferença entre os processos analisados. Historicamente a aceitação acontece via consistência entre resultados experimentais, equações matemáticas e modelos teóricos. Esta indicação é ignorada ou não é considerada importante em nosso ensino. A falta de preocupação com as dificuldades de articulação dos estudantes parece ser o calcanhar de Aquiles do ensino da Relatividade. Para tornar a teoria de Einstein plausível aos estudantes de graduação, é necessário complementar o processo normalmente utilizado em nossos cursos. Isso significa, não somente privilegiar os aspectos experimentais e matemáticos, mas também implementar uma discussão aprofundada dos próprios princípios e promover um esforço explícito de articulação da Relatividade Restrita com o Eletromagnetismo, Mecânica Quântica e Relatividade Geral.

Para os autores, os resultados alcançados com a análise histórica da gênese e do desenvolvimento da Teoria da Relatividade, sugerem também a extensão desses procedimentos a outros casos de ‘mudança de paradigma’, tentando reconstruir os contextos significativos para o ensino de ciências.

- No contexto da emergência da teoria, poderão ser encontradas informações importantes sobre sua plausibilidade inicial no contexto da aceitação, pela comunidade científica, será relevante identificar as resistências e dificuldades locais e, no contexto do desenvolvimento do programa, as perspectivas mais promissoras poderão fornecer subsídios para a proposta de caminhos cientificamente mais úteis.

IV. Psicanálise: A Didática a partir das falhas

Em ‘Mudança conceitual, Psicanálise e Ensino de Ciências’ (Villani & Cabral, 1995), os autores exploram as metáforas fundamentais, *analizando* é como *estudante* e *analista* é como *professor* e procuram desenvolver um conjunto amplo de analogias entre o processo de análise (segundo a teoria lacaniana na leitura de Nasio, 1989 e 1993) e o de aprendizagem. A metáfora é considerada significativa tanto no caso de pacientes ‘doentes’, quanto no caso de pacientes que procuram entender melhor sua vida emocional. Algumas das analogias mais significativas são:

A) A entrada no processo

- *Às vezes, o processo de análise começa com o sujeito sem esperança de obter proveitos deste e sem motivação para se envolver no mesmo. O caso mais comum de ausência de motivação verifica-se quando o paciente é ‘forçado’, pelos familiares ou parentes, a iniciar a análise. Neste caso, o analista procura surpreender o paciente, chamando atenção para aspectos da vida deste ou da relação a ser estabelecida, para que este se abra a alguma dúvida ou pergunta, antes de começar a análise.*

- *Na aprendizagem, às vezes, os estudantes não têm nenhuma esperança em relação à escola. Nem mesmo esperam dela um diploma com significado de prestígio social. Enfim, eles ‘estão numa outra’. O papel inicial do professor, nestes casos, é de surpreender seus estudantes, fazendo com que eles passem a acreditar que, mesmo na escola, existem coisas imprevisíveis e interessantes. Isso significa atingir o imaginário dos estudantes, introduzindo uma nova expectativa, que deverá ser trabalhada posteriormente.*

A analogia chama a atenção para uma situação cada vez mais preocupante, em qualquer parte do mundo: a ausência total de interesse, de muitos estudantes, pela aprendizagem na escola. As sugestões concretas, oferecidas para modificar esta situação, referem-se a algo que não faz parte da experiência comum dos alunos, como a apresentação e/ou a participação em experimentos e brincadeiras surpreendentes (por ex., Chiaverina & Hicks, 1992, sobre os eventos emocionantes num parque de diversões), tais como jogos com o computador, filmes com fenômenos estranhos. Todas elas adquirem um papel bem preciso: *permitir iniciar um trabalho de aprendizagem.*

Um limite dessa analogia se encontra na situação na qual o estudante quer o diploma da escola, mas gostaria de evitar a passagem pelo processo de escolarização; no caso da análise, não parece existir situação semelhante. A ruptura da analogia chama

a atenção para a ruptura anômala entre a escola como instituição burocrática e a escola como lugar de modificação pessoal e intelectual⁷.

B) O início efetivo

Um início mais favorável se dá quando, ao procurarem a ajuda de um analista, os pacientes esperam que o saber deste lhes revele a natureza profunda de seus problemas, de modo que possam ser resolvidos com o mínimo de esforço e de dor.

A procura de ajuda põe o analista em uma posição de saber, de sujeito do suposto saber, como depositário de um saber sobre o que aflige o paciente. Por isso, este está disposto a investir na análise tanto seu dinheiro quanto seu tempo. Esta disposição será o motor essencial da análise e de seu progresso.

- Também no caso da escola, a situação é mais favorável quando os estudantes consideram o professor como a figura chave que, na forma mais indolor possível, os ajudará a resolver seus problemas de sucesso escolar e reconhecimento institucional.

Os alunos têm um conhecimento implícito chamado conhecimento alternativo. Esse saber, muitas vezes, é desconhecido pelos próprios sujeitos e é inadequado para lidar com os fenômenos naturais, a partir do ponto de vista acadêmico ou tecnológico. Precisa ser complementado pela assimilação de um saber tido como mais geral e mais rigoroso, mas que aparece como estranho ao estudante.

O aluno deposita muita confiança em seu professor, que ele considera um mestre, não somente detentor de um saber específico e institucionalizado, mas também capaz de transmiti-lo. Por isso, está disposto a atender às sugestões do professor. Essa disposição para trabalhar será o motor de todo o processo de mudança do aluno.

Esta analogia chama a atenção sobre a ilusão fundamental que está na base do processo de aprendizagem: o estudante precisa acreditar no professor para poder iniciar um processo que o levará a descobrir que o essencial, para aprender, é acreditar em si mesmo. A ilusão inicial do estudante, de receber o conhecimento, tem como reverso da moeda a ilusão inicial do professor de poder transmitir conhecimentos. Viver com intensidade esta ilusão poderá permitir ao professor perceber que os conhecimentos por ele transmitidos rapidamente desaparecem, para deixar lugar aos conhecimentos construídos pelos próprios estudantes.

⁷ Agradecemos ao prof. M. Pietrocola, por ter nos chamado atenção sobre este aspecto.

C) A transferência

- Inicialmente existe uma forte dependência entre paciente e analista; aquele trabalha, mais para agradar este, do que por convicção. O processo é longo e leva o paciente a perceber suas falhas, a perder seus pontos de apoio e a se reconstruir, até se tornar mais transparente para si mesmo. O analista deve não deixar “parar” o processo e ajudar a vencer as resistências. Para o paciente, o analista está na origem dos seus sintomas, sendo o responsável pelo seu mal-estar. No final, o analista tende a desaparecer, quando o paciente conquistar uma autonomia e elaborar sozinho as respostas às suas demandas.

- Numa relação “transferencial” pedagógica, o aluno inicialmente executa as tarefas escolares, mais por atender ao desejo do professor do que por entender seu valor pedagógico. O processo de mudança conceitual é um longo caminho, no qual o aluno, aos poucos, assume uma maneira de pensar diferente. Caberá ao professor, com suas questões e com seu interesse continuamente renovado, não deixar virar rotina o processo de aprendizagem e auxiliar a superar as resistências. O professor também pode aparecer como a causa do mal-estar do aluno, na medida em que este se sente colocado frente a seus conflitos e lacunas. No final, o professor é destinado a perder o controle do processo, passando ele progressivamente de coordenador para assessor, na medida em que o aluno assuma uma postura suficientemente autônoma.

Esta analogia e a próxima focalizam o papel do professor, ao longo do processo de elaboração do conhecimento pelo aluno. Aqui, chama-se a atenção para um aspecto pouco salientado: a mudança de atitude do professor durante o processo no qual, progressivamente, ele deve favorecer a autonomia do aluno e a ela se adaptar.

D) A contratransferência

- Diferentemente do que foi exposto no item anterior, às vezes, o analista não é suficientemente dono de seu desejo particular, e cai na armadilha de satisfazer as demandas do analisando. Ele cede à tentação narcisista e agradável de se colocar como modelo sadio de comportamento para o paciente, ao invés de levar este último a trabalhar sobre sua estrutura própria. A aparente melhoria dos sintomas do paciente esvanece quando as demandas do inconsciente voltam mais poderosas e mais descontroladas.

- Às vezes o estudante, na tentativa de agradar ao professor, tenta reproduzir o discurso deste, sem ter se apropriado do significado do mesmo. O professor não consegue perceber a situação e cai na tentação narcisista de considerar-se modelo de produção de conhecimento, aceitando que o aluno repita este mesmo modelo. O professor pensa ter executado sua tarefa com sucesso e o aluno vê satisfeito

seu desejo de agradar ao professor e de ser por ele recompensado. Entretanto, nas primeiras situações, um pouco diferentes, o saber espontâneo do estudante volta a surgir, desaparecendo os vestígios de aprendizagem.

Esta analogia focaliza uma dificuldade fundamental do processo de aprendizagem: a tendência do professor em desprezar todas as frases imprecisas de seus estudantes, preferindo sugerir as palavras exatas, colocar as questões pertinentes, indicar as variáveis importantes. O efeito inicial é agradável e, como uma droga, recria ou mantém a ilusão inicial de ganho sem muito esforço; mas passado o efeito, professor e aluno se encontram mais deprimidos do que antes.

E) A “Interpretação”

- A análise estimula a ocorrência de eventos nos quais a fala derrapa, a linguagem se equivoca, e um saber (inconsciente) é posto em ato. A “interpretação”, por parte do analista ou do próprio analisando, completa este tipo de evento e constitui uma revelação surpreendente sobre o desejo e as falhas do paciente. As várias interpretações, articuladas com o auxílio do analista, conduzem ao desmoronamento progressivo da imagem de si, elaborada pelo paciente e na qual ele se apoiava. Lentamente uma identidade é construída a partir do reconhecimento do inconsciente.

- O trabalho de organização das concepções do aprendiz passa pela revelação, para o sujeito que aprende, do seu conhecimento implícito e do novo saber. O estudante, expressando através da fala as justificativas ou as dificuldades encontradas, opera a desconstrução e reconstrução de seu saber. Em muitos casos, esses eventos são acompanhados por um tropeço da fala ou um abaixamento da tonalidade da voz, sinal da instalação de um conflito interior. A fonte das escolhas ou das afirmações do estudante é revelada, para si mesmo e para o professor, e este, simultaneamente, com suas questões apropriadas, cria condições para o próprio sujeito desmontar seu conhecimento implícito.

Esta analogia se refere fundamentalmente a um evento importantíssimo, que marca o processo de aprendizagem, também caracterizado pela surpresa: o ‘insight’ do aprendiz, que se sente deslocado pela interpretação e se percebe como limitado. A analogia traz como novidade, a associação desse evento com a fala incompleta do sujeito. O processo de deslocamento se dá pelo contraste: a fala limitada sugere uma observação mais ampla, que marca emocionalmente e, portanto, vivencialmente o processo. Para exemplificar a analogia, os autores citam o caso de duas monitoras que se surpreendem ao confrontar suas falas com a observação da coordenadora, percebendo e reconhecendo, claramente, o quanto os pressupostos estavam divergindo.

F) Os significantes e o traço unário

- Na teoria lacaniana o *significante* é uma entidade teórica que: *REMETE* a um evento no qual a fala derrapa e algo escapa à explicação; *REPRESENTA* um elo de uma cadeia “virtual” infinita, composta de muitos outros significantes; *CONTÉM* informações básicas sobre um “traço Unário”, que se refere ao desejo e à “fantasia” fundamental do sujeito. Conseqüentemente, o levantamento, a interpretação e a articulação dos eventos que conduzem aos significantes, representam os pilares do trabalho de análise e conduzem à revelação do mais íntimo do paciente.

- No processo de resolução de um problema, pode acontecer, para o estudante, um evento surpreendente (como uma sugestão confusa, uma palavra que escapa). No esforço de relacionar suas idéias, inclusive as implícitas, produziu-se algo que ultrapassa o sentido do próprio evento. Isso remete ao mecanismo de produção de conhecimento e a seus condicionantes, que são desconhecidos pelo próprio sujeito. O conjunto dos atos surpreendentes do sujeito, interpretados e articulados oportunamente, poderá fornecer informações sobre este mecanismo. Mediante essas informações, poderá ser reconstruído um traço marcante e profundo do aprendiz quanto à aprendizagem específica em questão. Como exemplo, os gestos, os silêncios e as respostas de uma estudante de Cálculo, durante uma entrevista no quadro negro (como aparecem no trabalho de Baldino, 1995), são interpretados como indícios de um traço unitário da mesma. Seu esquecimento das definições ou de parte delas, suas respostas sem explicações, sua referência quase contínua a imagens mentais e seu uso abundante de desenhos, sugerem que o mecanismo fundamental de produção de conhecimento, durante a entrevista citada, era o confronto de imagens, evitando a exploração (lógica) das definições.

Esta analogia, apesar de ser menos evidente do que as anteriores, é extremamente sugestiva quanto ao processo de aprendizagem, por focalizar um aspecto novo e mais amplo. Novas informações tornam-se importantes, ultrapassam o plano estritamente cognitivo e estendem-se para o plano emocional e afetivo (Pintrich et al., 1994). As conclusões não são tiradas somente a partir da interpretação do *conteúdo* das falas dos estudantes, mas englobam principalmente os *atos* de falar ou de silenciar, que, em princípio, contêm informações mais amplas e profundas sobre os sujeitos.

Uma característica importante da analogia entre análise e aprendizagem consiste na possibilidade de estendê-la com proveito à *formação do professor*. Como o paciente, que quer se tornar analista, deve necessariamente passar por um profundo processo de análise, usando-o como referência para compreender seus futuros analisandos, também o estudante, que quer se tornar professor, deve passar por um profundo processo de mudança conceitual, usando-o como referência para compreender

seus futuros alunos. O reforço da importância da metacognição (Gunstone, 1992) parece a sugestão principal desta analogia.

V. Conclusões Provisórias

O processo de produção de analogias, que está na base dos trabalhos analisados, parece obedecer a um esquema comum: olhar para alguma ciência humana (filosofia, história e psicanálise), perceber semelhanças com situações de aprendizagem de ciências, construir uma metáfora fundamental e procurar transferir as conseqüências dessa metáfora para o ensino, prestando atenção à plausibilidade da transferência e tentando focalizar as novidades introduzidas. De fato as analogias não constituem um resultado final, isto é, não têm um fim em si mesmas. Elas são interessantes somente se são frutíferas, ou seja, se apontam para novidades em relação ao processo de aprendizagem. Tais novidades são múltiplas. Podem referir-se ao *conteúdo científico* (como no caso das dificuldades com os princípios da teoria da Relatividade), à *estabilidade* da aprendizagem (como no caso da relação entre a teoria da Relatividade e as teorias quânticas e electromagnéticas), às *metas* dos agentes (como no caso da entrada no processo de aprendizagem), ao *desenvolvimento* do processo (como no caso da coexistência de concepções alternativas e científicas), às *táticas* para o envolvimento dos estudantes (como no caso dos estudantes com ‘anorexia cognitiva’), às *estratégias* para a condução do ensino (como no caso da interpretação que desloca os estudantes), às *metodologias* de ensino (como no caso da exploração sistemática das falhas dos estudantes), à *relação institucional* entre os mesmos (como no caso da passagem da dependência à autonomia) ou até à *relação afetiva* entre professor e estudantes (como no caso da contra-transferência).

A multiplicidade das analogias torna-se ainda mais frutífera quando utilizada de forma articulada. Em nosso caso, as analogias apontaram para a necessidade de cuidar, com muito mais atenção, do processo de início da aprendizagem, seja para as situações nas quais o estudante está desmotivado, em relação à escola, seja para as situações nas quais sua motivação difere da do professor e não visa especificamente à aprendizagem. Para ambos os tipos de situações, as analogias foram capazes de sugerir possíveis estratégias didáticas. De vários pontos de vista, focalizamos o processo de mudança conceitual como longo, complexo e cheio de idas e vindas, de sucessos e fracassos, salientando então a necessidade de uma avaliação mais contínua e de uma atenção redobrada do professor para explorar os momentos mágicos, nos quais a interpretação promove um deslocamento e, portanto, um salto de qualidade, na compreensão do aprendiz. A novidade mais significativa veio da percepção de que, durante o processo, as atitudes de estudantes e professores frente ao conhecimento mudam, ou pelo menos, deveriam mudar e a ilusão de aprender sem esforço é paga com

a desilusão de não ter aprendido. As dificuldades históricas da comunidade científica durante o processo de mudança conseguiram chamar a atenção sobre a natureza e as dificuldades, não desprezíveis e profundas dos estudantes, ao aprender uma nova teoria. Notamos também que o aprender é gradual, compatível com a presença simultânea de saber antigo e saber novo, e que a estabilização desse último passa por uma articulação conceitual ampla, que deve ser explicitamente promovida pelo ensino. Finalmente, foram apontadas como *informações novas* as provenientes dos atos dos estudantes, principalmente os marcados por alguns tropeços, sendo que, a partir destes atos, parece ser possível reconstruir, pelo menos em parte, os mecanismos de produção de seu conhecimento. Isso leva naturalmente a privilegiar, como estratégia de ensino, a valorização da fala do estudante e a exploração sistemática de suas falhas, principalmente as associadas a alguma reação emotiva.

Em conclusão, as analogias levantadas nos trabalhos analisados fornecem-nos indicações mais gerais sobre as *possíveis novidades* para promover um melhor entendimento e realização do ensino de ciências: focalizar informações negligenciadas ou esquecidas, confirmar a generalidade de processos levantados, interpretar conclusões já anteriormente produzidas ou vislumbradas, salientando a amplitude ou o alcance das mesmas, privilegiar estratégias entre as utilizadas comumente e sugerir caminhos diferentes. A diversidade dos efeitos, que podem ser alcançados mediante a exploração de uma ou mais analogias, sugere também que o processo de produção não é automático e que ele deve ser conduzido de maneira artesanal, controlando a qualidade de cada peça. De fato, vimos que algumas analogias são significativas porque são estreitas e completas, confirmando a solidez das ligações ou dos efeitos considerados. Entretanto, outras analogias são frutíferas exatamente porque são fracas e parciais, apontando para falhas ou desvios no processo de ensino ou aprendizagem. Em outras situações, as analogias são evidentes somente até um certo ponto, deixando uma interrogação sobre o resto; a novidade é exatamente a possibilidade de explorar este resto, como sugestão de interpretação ou de atuação estratégica. Enfim, o uso das analogias parece obedecer a uma atitude de ‘vale tudo’, sugerida por Feyerabend (1970)⁸ para transformar a Ciência “*de amante severa e exigente em atraente e condescendente cortês*” (pag. 283). Se podemos ter dúvidas quanto à eficiência do conselho em relação ao progresso das ‘ciências duras’, estamos plenamente convencidos de sua utilidade no caso do ensino de Ciências.

O uso da História e Filosofia da Ciência como fonte de analogias, como já salientamos no início deste trabalho, vem de longa data, entretanto o da Psicanálise é

⁸ Agradecemos ao prof. C.E. Laburu, por ter sugerido essa referência tão significativa em relação à tese de nosso trabalho.

bem recente, pelo menos em nosso país (Lajonquière, 1993; Carrera et al, 1994; Araújo, 1993; Baldino, 1995; Baldino & Cabral, 1994). As perspectivas parecem bem promissoras: apontam, de um lado, para uma utilização mais direta do instrumental analítico para a interpretação dos fenômenos de sala de aula (veja, por ex., Baldino & Cabral, 1994, sobre a utilização de esquemas mágicos por uma estudante de graduação), e, de outro lado, para uma exploração mais detalhada das próprias analogias. Podemos pensar nas terapias psicanalíticas de grupo, que parecem sugerir mais diretamente indicações para o trabalho de sala de aula, e até no tratamento dos fenômenos psiquiátricos (Pichon-Rivière, 1988) a partir da teoria dos grupos operativos (veja, por ex., Cabral, 1992 – o relato e a análise da tentativa de transposição para a sala de aula). Entretanto, perspectivas não são resultados, portanto:

“Se son rose, fioriranno” !

VI. Referências Bibliográficas

- ARÁUJO, A.T. S. (1993); Psicanálise e Ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 10 (3): 243-246.
- ARRUDA, S. M. (1994) Mudança Conceitual na Teoria da Relatividade Especial. **Dissertação de Mestrado**, Instituto de Física, USP.
- ARRUDA, S. M. & VILLANI, A. (1995); Conceptual Change in Special Relativity Theory: Contributions of The History of Science. In **Proceedings. III International History, Philosophy, and Science Teaching Conference**, 53-61. Minneapolis, Minnesota.
- BACHELARD, G. (1980); **La formation de l'esprit scientifique**. Paris, P.U.F.
- BALDINO, R.R. (1995); Ensino Remedial em Recuperação Paralela. **Zetetiké**, 3(3): 73-95.
- BALDINO, R. R. & CABRAL, T. C. B. (1994); A Pulsão em um Caso de Dificuldade Especial em Cálculo. **Educação e Sociedade**, 49: 485-499.
- CABRAL, T. C. B. (1993); **Vicissitudes da Aprendizagem em um Curso de Cálculo**. Dissertação de Mestrado, IGCE, UNESP, Rio Claro (SP).
- CARREIRA, A. C.; TEIXEIRA, M.V.; BALDINO, R. R. & CABRAL, T. C. B. (1994); Novas Diretrizes para a Licenciatura em Matemática. **Temas & Debates**, 7: 41-65.
- CHINN, A. C. & BREWER, W. F. (1993); The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. **Review of Educational Research**, 63(1): 1-49.

- CORNU, B. (1983); *Aprentissage de la Notion de Limite. Conceptions et Obstacles. Thesis de Doctorat de Troisième Cicle.* Université de Grenoble.
- DUSCHL, R.A. & GITOMER, D.H. (1991); Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. **Journal of Research in Science Teaching**, 28(9): 839-858.
- EINSTEIN, A. (1905); On the Electrodynamics of Moving Bodies. From **Annalen der Physik**, 17: 891.
- FEYERABEND, P. (1970); Consolando o Especialista. In Lakatos & Musgraves (Eds.): **A Crítica do Desenvolvimento do Conhecimento**, 244-284. Cultrix/EDUSP, São Paulo.
- GUNSTONE, R.F. (1992); Constructivism and Metacognition: Theoretical Issue and Classroom Studies. In Duit, R.; Goldberg, F.; Niedderer, H. (Eds.): **Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies**, 129-140. IPN. Kiel (D).
- HEWSON, P.W. & THORLEY, N.R. (1989); The Conditions of Conceptual Change in the Classroom. **International Journal of Science Education**, 11(5): 541-553.
- KUHN, T. (1962); **The Structure of Scientific Revolutions.** University of Chicago Press, Chicago.
- LAJONQUIÈRE, L. de (1993) **De Piaget a Freud: A (Psico)Pedagogia entre o Conhecimento e o Saber.** Petrópolis: Vozes.
- LAKATOS, I. (1970); O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In Lakatos & Musgraves (Eds.): **A Crítica do Desenvolvimento do Conhecimento**, 109-243. Cultrix/EDUSP, São Paulo.
- LAUDAN, L. (1977); **Progress and Its Problems.** Berkeley: University of California Press.
- LAUDAN, L. (1984); **Science and Values.** Berkeley: University of California Press.
- LORENTZ, H.A. (1904); Electromagnetic Phenomena in a Sistem Moving with any Velocity Smaller than that of Light. **Proceedings Academy of Science Amsterdam**, 6: 809-815.
- MATTHEWS, M.R. (1989); History, Philosophy and Science Teaching: A Brief Review. **Synthese**, 80(1): 1-7.

- MATTHEWS, M.R. (1994); **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**, New York: Routledge.
- MCCORMMACK, R. (1970); Einstein, Lorentz and the Electron Theory. **Historical Studies in Physical Science**, 2: 41-87.
- MORTIMER, E. (1995); Conceptual Change or Conceptual Profile Change. **Science & Education**, 4(3): 267-285.
- NASIO, J.D. (1989); **Lições sobre os 7 conceitos cruciais da Psicanálise**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- NASIO, J.D. (1993); **Cinco Lições sobre a Teoria de Jacques Lacan**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- PIAGET, J & GARCIA, R. (1982); **Psicogênese e Historia de la Ciencia**. México: Siglo XXI.
- PICHON-RIVIÈRE, E. (1988); **O processo Grupal**. São Paulo: Martins Fontes.
- PINTRICH, P.R.; MARX, R.W. & BOYLE, R.A. (1994) Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. **Review of Educational Research**, 63(2): 167-199.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. (1982); Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, 66(2): 211-227.
- SALTIEL, E. & VIENNOT, L. (1984); What do We Learn from Similarities Between Historical Ideas and the Spontaneous Reasoning of Students?. In Lijnse, P. (Ed.): **The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics**, 189-214. G.I.R.E.P. Conference on Physics Education, Utrecht.
- SIEPINSKA, A. (1985); Obstacles Epistemologiques Relatif a la Notion de Limite. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, 6(1):
- STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. (1992); A Revisionistic Theory of Conceptual Change. In Duschl & Hamilton (Eds.): **Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice**, 147-176. Albany, NY, SUNY Press.
- TOULMIN, S. (1972); **Human Understanding**, Princeton: Princeton University Press.
- VILLANI, A. (1990); Mudança Conceitual no Ensino de Física: Objetivo ou Utopia?. **Atas do III Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**, 20-37.

- VILLANI, A. (1992); Conceptual Change in Science and Science Education. **Science Education**, 76(2): 223-237.
- VILLANI, A & ARRUDA, S.M. (1995); Special Theory of Relativity, Conceptual Change and History of Science, a ser publicado em **Science & Education**.
- VILLANI, A. & CABRAL, T.C.B. (1995); Mudança Conceitual, Psicanálise e Ensino de Ciências. Versão provisória, IFUSP.
- WEST, L. & PINES, A. (Eds.) (1985); **Cognitive Structure and Conceptual Change**, Academic Press.
- ZAHAR, E. (1973); Why did Einstein's Programme Supersede Lorentz's. **British Journal of Philosophy of Science**, 24(1): 95-123.