

Conselho Consultivo

Adair Nacarato (USF)
Ademir Donizeti Caldeira (UFSC)
Adilson Oliveira do Espírito Santo (UFPA)
Adriana Cesar de Mattos (UNIMEP)
Agostinho Serrano de Andrade (ULBRA)
Alejandro Gonzales-Martin (Université de Montréal – Canada)
Ana Paula Jahn (UNIBAN)
André Luís Mattedi Dias (UEFS)
Antônio Garcia Madrid (UPS-Salamanca – Espanha)
Arno Bayer (ULBRA)
Arthur B. Powell (Rutgers University – EUA)
Carlos Frederico Bernardo Loureiro (UFRJ)
Carlos Rinaldi (UFMT)
Carlos Roberto Vianna (UFPR)
Carmen Teresa Kaiber (ULBRA)
Claudia Lisete Oliveira Groenwald (ULBRA)
Cristina de Castro Frade (UFMG)
Dario Fiorentini (UNICAMP)
Eder Pires de Camargo (UNESP)
Eduardo Mancera Martínez (Universidad Veracruzana – Mexico)
Emerson Rolkouski (UFPR)
Eugenio Carlos Rodriguez (ISPJAE – Cuba)
Fábio Merçon (UERJ)
Fredy Enrique Gonzalez (UPEL – Venezuela)
Gabriele Kaiser (University of Hamburg – Alemanha)
George Gadanidis (UWO - Canadá)
Gerson de Souza Mól (UnB)
Helena Noronha Cury (UNIFRA)
Henrique Manuel Alonso da Costa Guimaraes (UL – Portugal)
Iran Abreu Mendes (UFRN)
James Rogado (UNIMEP)
Janete Bolite Frant (UNIBAN)
Jonei Cerqueira Barbosa (UEFS)
José Cláudio Del Pino (UFRGS)
Juan Diaz Godino (Universidad de Granada – Espanha)
Juliana da Silva (ULBRA)

Jussara de Loiola Araujo (UFMG)
Lourdes de La Rosa Onuchic (UNESP)
Marcelo Almeida Bairral (UFRRJ)
Marcelo de Carvalho Borba (UNESP)
Márcia Maria Fusaro Pinto (UFMG)
Marcus Vinicius Maltempi (UNESP)
Maria Aparecida Viggiani Bicudo (UNESP)
Maria Eloisa Farias (ULBRA)
Maria Luiza Cestari (Agder University – Noruega)
Marlise Geller (ULBRA)
Miriam Godoy Penteadó (UNESP)
Mônica Ester Villarreal (Universidad de Córdoba – Argentina)
Nelio Marco Vincenzo Bizzo (USP)
Nilce Fatima Sheffer (URI)
Norma Suely Gomes Allevato (UNICSUL)
Ole Skovsmose (Aalborg University – Dinamarca)
Patricia Rosana Linardi (ULBRA)
Paul Andrews (University of Cambridge – Inglaterra)
Paulo Romulo de Oliveira Frota (UNESC-SC)
Regina Célia Grando (USF)
Regina Luzia Corio de Buriasco (UEL)
Renato Pires dos Santos (ULBRA)
Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza (Cinvestav – México)
Richard Noss (London University – Inglaterra)
Rosana Giarretta Sguerra Miskulin (UNESP-SP)
Salette Linhares Queiroz (USP)
Salvador Llinares Ciscar (Universidad de Alicante – Espanha)
Sandro Xavier de Campos (UEPG)
Silvia Dias Alcântara Machado (PUCSP)
Sílvia Nogueira Chaves (UFPA)
Siobhan Victoria Healy (UNIBAN)
Sônia Maria Marchiorato Carneiro (UFPR)
Stephen Lerman (London South Bank University – Inglaterra)
Tales Leandro Costa Martins (UNIPAMPA-RS)
Tânia Cristina Baptista Cabral (EBP-SP)
Tânia Maria Mendonça Campos (UNIBAN)
Telma Aparecida de Souza Gracias (UNICAMP)
Terezinha Valim Oliver Gonçalves (UFPA)
Ubiratan D’Ambrosio (USP)
Wagner Rodrigues Valente (UNIBAN)
Wildson Luiz Pereira dos Santos (UnB)

Acta Scientiae, revista semestral da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), tem por objetivo servir como um meio de discussão e de divulgação da produção científica na região de inquérito denominada Ensino de Ciências e Matemática, assim como áreas afins.

Sumário

5 Editorial

Artigos

- 7 A formação dos professores de matemática: problema pedagógico, didático e cultural
The mathematics teachers education: A pedagogic, didactic and cultural problem
Bruno D'Amore, Martha Isabel Fandiño Pinilla
- 39 Respecting mathematical diversity: An ethnomathematical perspective
Respeitando a diversidade matemática: uma perspectiva etnomatemática
Arthur B. Powell
- 53 La investigación en Didáctica de la Matemática y el diseño del currículo: una visión con el uso de la tecnología
A investigação em Didática da Matemática e a concepção de currículo: uma visão com o uso de tecnologia
Eugenio Carlos Rodríguez
- 69 Um contexto de trabalho colaborativo possibilitando a emergência dos processos de argumentação e validação em geometria
A collaborative work context facilitating argumentation and validation processes in geometry
Adair Mendes Nacarato, Regina Célia Grando, Jorge Luís Costa
- 86 Características de um bom aluno de matemática na opinião de professores e estudantes
Characteristics of a good student of mathematics at the opinion of teachers and students
Regina Luzia Corio de Buriasco, Helena Noronha Cury
- 101 A condução de atividades de mecânica para alunos com e sem deficiência visual: dificuldades e viabilidades
Difficulties and viabilities of having a born blind student effectively attend mechanics classes
Eder Pires de Camargo, Roberto Nardi

- 119** O percurso formativo, a atuação e condições de trabalho de professores de ciências de duas regiões brasileiras
Personal academic history and working conditions of science teachers' of two Brazilian regions
Paulo Sérgio Garcia, Vilmar Malacarne, Nelio Bizzo
- 141** Reflexões sobre epistemologia da ciência a partir de uma experiência com a literatura infantil
Reflections about science's epistemology an experience with literature infantile
Anna M. Canavarro Benite, Claudio R. Machado Benite, José Acrísio R. da S. de Morais Júnior
- 160** Multimodos de representações e a aprendizagem significativa sobre aquecimento global: um estudo de caso com um estudante da sétima série
Multi-modal representations for a meaningful learning about global heating: A case study with one seven grade student
Giselle Midori Simizu Salviato, Carlos Eduardo Laburú
- 176** **Normas editoriais**

Editorial

A revista *Acta Scientiae* v.11, n.2, jul./dez. 2009 está concluída, de forma a manter sua periodicidade com nove artigos semestrais, consolidando a qualidade editorial que permanece nos artigos apresentados, os quais estiveram sob avaliação de nosso conselho consultivo. Novamente, apresentamos artigos científicos da área de Ensino de Ciências e Matemática de diferentes pesquisadores nacionais e internacionais.

Iniciamos com a área de Educação Matemática convidando Bruno D'Amore e Martha Isabel Fandiño Pinilla, da Università di Bologna (Itália), a contribuírem com seu trabalho de pesquisa, o qual foi apresentado por meio de um artigo em italiano, encaminhado à tradução por essa comissão editorial e, conseqüentemente, avaliado pelo nosso conselho consultivo. O artigo trata do problema científico que se esconde atrás da atividade de formação dos professores de matemática, o qual possui proporções enormes e envolve não somente aspectos de conhecimento matemático, mas também de pedagogia, didática disciplinar e de competência cultural em geral. Os autores colocam esse problema de forma geral em uma ótica pragmatística e realizam algumas de suas possíveis interpretações.

O segundo artigo é de autoria de Arthur Powell, da Rutgers University, New Jersey (USA), que discute a diversidade matemática sob a perspectiva da etnomatemática. Dessa forma, entre outras coisas, o autor afirma que aceitar e respeitar a diversidade matemática leva-nos a reconsiderar todo o nosso conhecimento do mundo e a reconhecer que existe muito mais sobre o mundo do que nós já sabemos.

Também nessa edição encontramos o artigo de Eugenio Carlos Rodríguez, da Facultad de Ingeniería Industrial e do Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Havana (Cuba), que apresenta diversos critérios sobre os problemas atuais nas investigações em Didática da Matemática e sobre a concepção de currículo de matemática, especificamente em cursos de engenharia. Ele discute, principalmente, as questões da utilização da tecnologia no processo ensino-aprendizagem de matemática, mudança que é introduzida no processo e na necessidade de realizar investigações que produzam diferentes enfoques e procedimentos no ensino de matemática.

Também contamos com o artigo de Adair Mendes Nacarato e Regina Célia Grando, da Universidade São Francisco (USF – Itatiba-SP), e Jorge Luís Costa, da Universidade Federal de Ouro Preto (MG). Os autores analisam os processos de argumentação e validação em geometria a partir de um grupo de trabalho colaborativo constituído por professores acadêmicos e da escola básica, alunos da graduação e pós-graduação. Dessa forma, eles buscam apresentar o quanto o trabalho colaborativo possibilita a circulação, a negociação e a apropriação de significados geométricos e contribui para a produção de saberes docentes.

O quinto artigo é de Regina Luzia Corio de Buriasco, da Universidade Estadual de Londrina (UEL – PR), e de Helena Noronha Cury, do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA – RS). As autoras registram uma investigação realizada com professores e alunos de matemática de todos os níveis de ensino com vistas a caracterizar o bom aluno

de matemática, tendo como fundamentação teórica os estudos sobre concepções e crenças, bem como as classificações das tendências pedagógicas em Educação Matemática. Assim, revelam, de maneira geral, que as características apontadas mostram que é considerado bom aluno de matemática aquele que cumpre normas, não questiona e se esforça nos estudos.

Na sequência, temos os artigos da área de Ensino de Ciências. Apresentado por Éder Pires de Camargo e Roberto Nardi, da Universidade Estadual Paulista (UNESP). O artigo encontra-se inserido dentro de um estudo que busca compreender quais são as principais barreiras e alternativas para a inclusão de alunos com deficiência visual no contexto do ensino de física. Apresenta e discute as dificuldades e viabilidades para a participação efetiva do aluno cego de nascimento em aulas de mecânica. Como conclusão, enfatiza a importância da criação de ambientes comunicacionais adequados, a função inclusiva do elemento interatividade, bem como a necessidade da destituição de ambientes segregativos no interior da sala de aula.

A revista conta também com o artigo de Paulo Sérgio Garcia (USP – SP), Vilmar Malacarne (UNIOESTE – PR) e Nelio Bizzo (USP – SP). Eles discutem o percurso formativo, a atuação e as condições de trabalho de professores de Ciências de duas regiões brasileiras e apresentam como resultado professores com percursos formativos iniciais bem diversificados, geralmente marcados pela precariedade e pela fragmentação da formação, aliado a um quadro de atuação profissional com altas jornadas de atuação. Também há a contribuição de Anna M. Canavarro Benite, Claudio R. Machado Benite, José Acrísio R. da S. de Moraes, Júnior da Universidade Federal de Goiás (GO) que apresentam reflexões sobre a epistemologia da ciência, as quais, segundo os autores, podem ajudar a superar o epistemicídio. Para tanto, eles se utilizam de uma experiência com a literatura infantil. Assim, distinguem ideias, permeadas na visualização das gravuras e na escrita de uma obra literária, que remontam às visões de epistemólogos da ciência sobre a natureza do conhecimento científico.

Finalizando, tem-se o artigo de Giselle Midori Simizu Salviato e Carlos Eduardo Laburú, da Universidade Estadual de Londrina (UEL – PR), que investigam a construção da aprendizagem significativa de um estudante da sétima série do ensino fundamental sobre as tipologias de conteúdos que envolvem o tema aquecimento global, por meio de uma estratégia didática que emprega multimodos de representações.

Com isso, mais uma vez atendendo à região de inquérito em Ensino de Ciências e Matemática, a revista *Acta Scientiae* traz à comunidade científica artigos que abrem um espaço de discussão e que divulgam pesquisas e elaborações teóricas de grande importância. Contamos também com sua colaboração, críticas e sugestões.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Maurício Rosa
Editor da revista *Acta Scientiae*
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Universidade Luterana do Brasil – ULBRA Canoas (RS)

A formação dos professores de matemática: problema pedagógico, didático e cultural

Bruno D'Amore
Martha Isabel Fandiño Pinilla

Tradução: Lucino Strim

RESUMO

O problema científico que se esconde atrás da atividade de formação dos professores de matemática possui proporções enormes que envolvem não somente aspectos de conhecimento matemático, mas também a pedagogia, a didática disciplinar e a competência cultural em geral. Neste artigo, coloca-se o problema geral em uma ótica pragmatística e algumas de suas possíveis interpretações.

Palavras-chave: Formação de Professores de Matemática. Didática da Matemática. Epistemologia e História da Matemática. Avaliação em Matemática. Competências em Matemática.

The mathematics teachers education: A pedagogic, didactic and cultural problem

ABSTRACT

The scientific problem hidden behind the activity of teachers education is really enormous, and it deals both with mathematical knowledge and with pedagogical issues, disciplinary didactics and, more generally, cultural ability. In this paper we put forward the general problem according to a pragmatist viewpoint and we consider some possible generalizations.

Keywords: Mathematics Teachers Education. Didactic of Mathematics. Epistemology and History of Mathematics. Assessment in Mathematics. Competence in Mathematics.

CULTURAS PARA A FORMAÇÃO

A problemática da formação cultural inicial dos professores de matemática tem, ao menos, dois desdobramentos de grande interesse preliminar para quem se dedica à didática da matemática:

Bruno D'Amore é professor do departamento de Matemática da Universidade de Bologna, Itália. Faculdade de Ciência da Formação, Universidade de Bolzano, Itália. Università di Bologna. Via Zamboni, 33 – 40126 Bologna – Partita IVA: 01131710376. E-mail: damore@dm.unibo.it

Martha Isabel Fandiño Pinilla é professora de Didática da Matemática, Universidade de Bologna, Itália. Faculdade de Ciência da Formação, Universidade de Bolzano, Itália, e da Alta Escuela Pedagógica de Locarno, na Suíça. Università di Bologna. Via Zamboni, 33 – 40126 Bologna – Partita IVA: 01131710376. E-mail: damore@dm.unibo.it

Lucino Strim é licenciado em Estudos Sociais e Pedagogia. Professor de Italiano junto à ACIRS. Rua Santa Helena, nº 40, apto. 101 – 92310-110 – Canoas – RS. E-mail: strim@terra.com.br

Acta Scientiae	Canoas	v. 11	n.2	p.7-38	jul./dez. 2009
----------------	--------	-------	-----	--------	----------------

- estabelecer de que cultura *matemática* precisam realmente os professores de matemática;
- estabelecer de que cultura *didática* precisam realmente os professores de matemática.

Esses temas se entrelaçam de maneira complexa com:

- as expectativas da sociedade, em relação a competências matemáticas por parte dos estudantes concluintes de cada curso de estudos (escola primária e escolas secundárias, organizadas de modo bastante diferente nos vários países do mundo);
- as convicções dos professores “a montante”, pelo que diz respeito à matemática, sua didática, sua aprendizagem, suas finalidades, seus usos, suas aplicações.

É muito diferente falar de professores em função ou de professores em formação:

- os primeiros geralmente já elaboraram suas próprias epistemologias, frequentemente baseadas, acima de tudo, na experiência pessoal (BROUSSEAU, 2008a, 2008b);
- os segundos, por falta de uma formação específica cuidadosa, nada mais podem fazer do que criar expectativas e modelos baseados em sua experiência anterior enquanto alunos, tomando como modelos (positiva ou negativamente) seus professores anteriores, conforme afirma o mesmo Felix Klein (LORIA, 1993).

UM QUADRO: REFERENCIAL TEÓRICO

Em relação aos temas mais ou menos explicitamente destacados na seção “**Culturas para a formação**”, há uma ampla bibliografia. Nós nos limitaremos a citar somente os trabalhos que julgamos essenciais para esclarecer nossa perspectiva.

Lembramos os trabalhos de Furinghetti (2001) e de Carrillo e Contreras (1995) sobre as convicções e o de Porlàn et al. (1999) no que diz respeito às expectativas da sociedade. As convicções dos professores determinam profundamente sua ação, às vezes inconscientemente; enquanto as expectativas da sociedade influenciam, mais ou menos abertamente, as convicções.

Sobre as diferentes expectativas dos estudantes e dos professores, a respeito da relação entre a matemática ensinada e aprendida em sala de aula e suas aplicações “externas”, veja-se D’Amore e Fandiño Pinilla (2001); este tipo de problemática estupidamente banalizada e, portanto, ignorada, insere-se muito bem no vasto campo da reflexão *etnomatemática*, à qual ainda faremos referência a seguir (D’AMBROSIO, 2002).

Quanto à complexa problemática da preparação dos professores e à sua relação com vários quadros referenciais teóricos, remetemos para Fandiño Pinilla (2001, 2002)

para um panorama vasto, porém (necessariamente) não exaustivo, estritamente ligado também com as problemáticas do currículo e da avaliação; e para Blanco (1991) por sua especificidade *ante litteram*. Nesses trabalhos, demonstra-se como o tema que estamos aqui tratando seja objeto de estudo no mundo inteiro, assumindo hoje um destaque até mesmo de pesquisa específica por parte dos didatas da matemática, conforme destaca também Portugais (1995). De fato, por ser esta mesma formação entendida do ponto de vista legislativo como um conjunto de ensinamentos, não pode ser pensada como um processo isento dos bem conhecidos “fenômenos didáticos” descritos na “didática fundamental (contrato didático, teoria das situações, teoria dos obstáculos, etc.) (veja-se D’AMORE, 1999b). Nasce disso uma epistemologia complexa que poderia levar a uma real “perda de sentido”. Refletir sobre este ponto é *essencial* para quem atua na formação inicial dos professores de matemática, fato que comporta uma séria preparação em didática da matemática daqueles que se ocupam na formação inicial dos professores de matemática, embora as disciplinas ensinadas possam ser diferentes da específica didática da matemática.

Ainda, o estudo de Houdement e Kunzniak (1996) põe em evidência as estratégias de que se pode/deve lançar mão na formação inicial dos professores de matemática:

- estratégias culturais que têm o objetivo de aumentar os conhecimentos do professor em formação;
- estratégias baseadas no *demonstrar como se faz*, nas quais se convida para observar o que acontece numa aula real, sugerindo a imitação de práticas bem sucedidas ou tidas como tais;
- estratégias baseadas na repetição de modalidades, nas quais o mesmo formador se comporta de acordo com o que entende sugerir ao formando;
- estratégias baseadas na transposição, nas quais se tem uma espécie de reflexão crítica sobre cada comportamento. Essencialmente: destaque para a transposição didática (CHEVALLARD, 1985, como texto histórico inicial; D’AMORE (1999b), para uma apresentação resumida) na ação do formador sobre o formando; a mesma coisa na passagem formativa, na ação do formando como futuro docente em sua futura sala de aula.

Exatamente esta análise sugere que o modelo “tripolar”: aulas, laboratórios, estágio, escolhido em muitos países do mundo, poderia funcionar caso houvesse realmente uma integração entre os três “polos” e em especial uma intensa interação entre os dois “polos” tipicamente praxiológicos.

Nunca se pode perder a oportunidade de destacar o fato de que o professor (em função ou em formação) recorrerá a si mesmo e a suas convicções, sociais, didáticas e filosóficas. Refletindo sobre a apresentação de convicções de caráter epistemológico, Francesco Speranza (1997) havia feito uso, talvez por primeiro, da locução “filosofias implícitas” referindo-se às daqueles professores de matemática que, por nunca terem sido

induzidos a refletir sobre a epistemologia da matemática, apressadamente concluíam que não precisariam dela, ou, ingenuamente, que não a usariam em absoluto.

Transversal a todos os âmbitos precedentes é o estudo de D'Ambrosio (2002) que lança a ideia de etnomatemática como conjunto de instrumentos capazes de interagir com um certo ambiente, com um objetivo determinado, internamente a um grupo ou a uma sociedade; portanto, muitas das problemáticas didáticas se enquadram como caso particular nas da etnomatemática; tal disciplina permite enxergar vários problemas transversalmente, conforme óticas mais amplas.

MATEMÁTICA E DIDÁTICA DA MATEMÁTICA

Considerado isso tudo, cremos que se possa restringir nosso campo de reflexões somente ao primeiro par de problemáticas, voltando a:

1. estabelecer de que tipo de cultura *matemática* realmente precisam os professores de matemática;
2. estabelecer de que tipo de cultura *didática* realmente precisam os professores de matemática;
 - incluindo, pelo menos em uma delas, embora fosse talvez mais produtivo em ambas, a cultura *histórica e epistemológica*, seja em perspectiva matemática, seja em perspectiva didática;
 - e inserindo na segunda a preparação profissional (*o o que fazer em sala de aula*) embora em contexto não teórico, mas praxiológico (na forma de, por exemplo, atividade de laboratório, estágio, reflexões sobre as duas práticas e reflexões sobre as relações entre as duas práticas).

1. Julgamos oportuno, com base na nossa (longa) experiência, eliminar qualquer debate sobre o primeiro ponto, asseverando que um professor de matemática tem extrema necessidade de firme competência matemática e que, portanto, nossa primeira tarefa é a de fornecê-la e exigí-la. Isso não representa, porém, “cultura” obtida por mero acúmulo, e sim por aprofundamento também, e sobretudo, pessoal. Pediríamos, então, ao professor de matemática saber a matemática não somente pelos cursos frequentados e pelos exames superados na Universidade, mas por reflexão pessoal, por reconstrução crítica, por análise. Para um professor, pediríamos não tanto poder dominar amplos campos da matemática ou de ser dono de muitas técnicas refinadas, mas dominar as bases em si, saber e *querer* aprender diariamente a matemática, outra matemática, sempre mais matemática, e sentir-se seguro e forte no seu domínio.

É por este motivo que gostaríamos de incluir na cultura matemática tanto sua história como sua visão epistemológica, não exatamente enquanto ulteriores conhecimentos agregados, mas enquanto ocasiões para refletir, para comparar, para dar-se conta, para analisar.

Cremos que seria conveniente que um professor conhecesse não só a matemática, e

que a conhecesse bem, mas que soubesse organizar o pensamento matemático dos pontos de vista epistemológico e histórico.

Esta posição é extremamente compartilhada, como fica evidente pela literatura internacional, de tal forma que não insistimos mais do que isso, pois nos interessa passar logo ao ponto 2.

Mas teremos que voltar sobre o que foi apenas apontado.

2. Estabelecer de que cultura *didática* precisam os professores de matemática.

Até há pouco tempo, digamos 20 anos, pela ausência de uma disciplina de pesquisa e de ensino superior oficial com a denominação didática da matemática, a necessidade dessa cultura não era percebida. O professor recém-formado (realizada a preparação disciplinar em matemática) precisava tão-somente ter ou adquirir experiência, bom senso, disponibilidade humana, fazer uso de exemplos positivos propostos pela práxis e pela experiência de colegas antigos. Quando muito, em muitos países do mundo (FANDIÑO PANILLA, 2001), mandava-se frequentar, ao professor em formação ou no primeiro ano de função, cursos rapidíssimos de pedagogia, sociologia e/ou psicologia. Geralmente, esta mistura dava resultados negativos, conforme os mesmos professores, e a imputação mais difusa no mundo era relativa à indefinição e ao caráter abstrato das noções aprendidas nesses cursos rapidíssimos.

Agora, porém, a disciplina didática da matemática existe; é possível dispensá-la?

Por se tratar de uma disciplina nova, ainda entre os Colegas (não só universitários) ela é pouco conhecida e é confundida com a pedagogia, com a didática geral, com as ciências da educação, etc.

Tem que se dizer, em poucas palavras, que a didática da matemática, enquanto disciplina de pesquisa, estuda as condições da aprendizagem em situações *reais* de aula, em qualquer nível escolar ou Superior, quando a meta cognitiva em questão é específica da matemática (ARZARELLO; BARTOLINI BUSSI, 1998; D'AMORE, 1999b; ARTIGUE, 2000; SCHOENFELD, 2000).

Aquele *reais* que decidimos colocar em evidência significa que:

- a didática da matemática NÃO é tout court a matemática, embora específica para a matemática;
- a didática da matemática NÃO é a pedagogia, nem a didática geral, nem a psicologia, embora desfrute de alguns resultados concretos e teóricos dessas disciplinas;
- a didática da matemática NÃO é a divulgação da matemática; e essa deletéria confusão é entre as mais difundidas (a respeito dessas distinções veja-se EUGENI, 1999);
- a didática da matemática teoriza sobre fatos reais que caracterizam a ação em sala de aula, dos dois pontos de vista, o ensinar e o aprender; portanto não é

por nada abstrata ou genérica, mas absolutamente concreta e circunstanciada; trata-se portanto de uma ciência empírica;

- a prática em didática da matemática pressupõe em definitivo uma (forte) competência em matemática, exatamente porque quem age deve fazê-lo de forma construtiva, analítica e crítica; isso traz em consequência que o didata da matemática (quem faz pesquisa nessa disciplina) é necessariamente um matemático.

Creemos que se deva chegar, mais cedo ou mais tarde, a poder dar como certo de que os cursos superiores preparem em matemática (fato que é considerado duvidoso por muitos, demasiadamente muitos Colegas docentes); a esta meta, poder-se-ia chegar realizando *verdadeiramente* cursos de licenciatura para futuros professores, cursos de fato específicos; com efeito, não basta a denominação “endereço didático” para garantir a preparação específica necessária (estamos falando somente da preparação específica em matemática). As coisas são análogas em vários países do mundo, enquanto em outros existem cursos de licenciatura *especificamente* pensados para futuros professores de matemática; é possível formar-se, portanto, em “matemática para o ensino” (e depois, geralmente, há cursos de especialização ou mestrado para a didática da matemática). Nesses cursos específicos de licenciatura, normalmente há uma maior preocupação com a preparação em matemática, uma vez que as disciplinas de tipo didática da matemática são colocadas no mestrado. Contudo, parecem mais bem organizados aqueles países nos quais ao menos os primeiros elementos de didática da matemática já são oferecidos ao longo do curso de licenciatura também em confirmação da escolha.

Nós, porém, não queremos aqui entrar em conversas relativas à engenharia da organização dos cursos de formação, assunto sobre o qual nos manifestamos repetidamente nos artigos sob o nosso nome citados em bibliografia. Queremos reforçar os aspectos mais culturais e significativos.

A DIDÁTICA DA MATEMÁTICA

Creemos que, atualmente, uma das tarefas principais da didática da matemática no âmbito que aqui estamos discutindo, seja a de preparar profissionalmente o futuro professor, fornecer-lhe as chaves de leitura para interpretar aquilo que acontece na sala de aula quando os “polos” da tríade “professor–aluno–conhecimento” interagem entre si em formas tão complexas que nenhuma competência puramente matemática (nem, é evidente, puramente pedagógica), e ainda menos a experiência e o bom senso, podem explicar.

Tais chaves de leitura são hoje claríssimas e bem conhecidas por quem se ocupa de didática da matemática, e possuem nomes compartilhados que, no contexto dos estudos específicos, se identificam, só para citar alguns exemplos: com contrato didático, teoria das situações, obstáculos à aprendizagem, imagens e modelos, conceitos figurativos,

engenharia didática, transposição didática (para especificar os mesmos remetemos a D'AMORE, 1999b).

Quem não possui familiaridade com tais termos ou quem crê que se trate de palavras de sentido comum e não específicas, ou quem crê que não precisa fazer o esforço de estudá-las, ou quem crê que “é tudo bobagem” e que “é mais do que suficiente uma sólida preparação matemática”, a nosso ver não pode atribuir-se o direito de se declarar perito de uma disciplina cujo vocabulário é difundido e compartilhado internacionalmente e que já alcançou resultados concretos e tangíveis de grande eficácia. O uso dessas frases banais e ingênuas demonstra tão-somente uma profunda e arrogante incompetência.

Em outras palavras, para a preparação dos futuros docentes não é suficiente predispor cursos pós-licenciatura que possuam a *denominação* “didática da matemática”, e sim cursos cujos *conteúdos* sejam específicos e realmente significativos para a preparação profissional.

Dois aspectos julgamos frequentemente esquecidos, apesar de sua grande importância: a engenharia didática e a observação.

Em Douady (1993) encontramos: “O termo engenharia didática indica um conjunto de seqüências de classe concebidas, organizadas e articuladas. ao longo do tempo, de forma coerente por parte do professor, com a finalidade de realizar um projeto de aprendizagem para uma determinada população de alunos” (veja-se também D'AMORE, 1999b, com ampla bibliografia). Fato que comporta distintas fases metodológicas em engenharia didática (ARTIGUE, 1990): uma análise prévia; uma concepção e análise a priori que coloque em relação as situações didáticas com a mesma engenharia; a experimentação das situações didáticas em sala de aula; a análise a posteriori que inclui obviamente a avaliação. Somente para dar a ideia da complexidade e da profundidade daquilo com o qual nos defrontamos, basta dizer que a simples análise prévia consta de muitos pontos: fixar o objeto de aprendizagem que se torna objeto de engenharia; fazer a análise epistemológica do mesmo a fim de conhecê-lo; fazer a análise das modalidades habituais de ensino daquele objeto, com discussão dos resultados de aprendizagem naquelas modalidades; fazer a análise das ideias dos alunos, as dificuldades e os obstáculos ligados a sua evolução; fazer a análise dos limites e condicionamentos do âmbito no qual vai se realizar de forma concreta a ação didática, fazendo referência à dimensão epistemológica daquele saber, à dimensão cognitiva (típica dos destinatários da ação), à dimensão didática (relativa ao funcionamento do sistema); à determinação dos objetivos da ação.

A engenharia é necessária, porém complexa; ela, ainda, não é absolutamente resultado banal da experiência; enquanto tal, ela deve fazer parte do currículo do futuro professor de “matemática” como ensinamento específico, provavelmente com maior oportunidade, no âmbito que fica entre atividade de laboratório e de estágio, mas com óbvias e explícitas referências à didática da matemática.

Muito ligada à prática da sala de aula, e portanto à engenharia, é a observação da sala de aula. Muitos pretensos didatas subestimam esse aspecto, cuja complexidade, ao contrário, já foi adequadamente evidenciada há décadas por Droz (1980). Observar a

sala de aula e o comportamento dos alunos é considerado essencial, por vários Autores para uma significativa ação didática; portanto se torna fundamental formar os futuros professores nessa prática (DOUADY; ROBERT, 1992). Insiste-se sempre na análise dos protocolos, mas esta atividade faz parte, se integra e precisa da observação em sala de aula [numa de suas classificações, Brun, Conne (1990) misturam e integram as duas ações].

Também esse aspecto, em nossa opinião, deve ser considerado entre as competências que se quer que venham a ser construídas nos futuros docentes: deve, portanto, tornar-se parte explícita das atividades de formação inicial dos professores de matemática; também por isso cremos que a localização mais conveniente seja internamente ao binário laboratório - estágio, com evidentes e fortes ligações com a didática da matemática.

A COMPETÊNCIA EM DIDÁTICA DA MATEMÁTICA MODIFICA A ATITUDE DOS PROFESSORES

Nem todos os resultados da atividade de pesquisa, em qualquer campo, têm direta e concreta repercussão na vida cotidiana: isto às vezes torna distante, para o cidadão comum, a atividade dos pesquisadores.

Por exemplo, no campo da medicina, é oficialmente reconhecido que só uma mínima parte da pesquisa tem repercussões consideráveis concretamente no imediato.

É só pensar, ainda como exemplo, à pilha, hoje tão difundida; Alessandro Volta (1745-1927) concebeu-a entre o ano de 1796 e o 1800, mas somente após 1865 encontrou-se o modo de tornar aplicável, concreta, conveniente na prática cotidiana essa ideia genial.

O mesmo acontece, evidentemente, na pesquisa em didática da matemática. Nela podem ser identificadas três tendências, três veios (GODINO; BATANERO, 1998; BARTOLINI BUSSI, 1994):

- ação prática reflexiva sobre os processos de ensino e aprendizagem da matemática;
- tecnologia didática: o objetivo é pôr em ordem materiais para uma instrução matemática mais eficaz, aproveitando os conhecimentos adquiridos;
- pesquisa científica: seu objetivo é entender o funcionamento do complexo sistêmico: professor - aluno - saber, o “triângulo da didática” (D’AMORE; FANDIÑO PINILLA, 2002).

Trata-se de uma análise de cunho epistemológico a nível global (podendo-se dizer: de ecologia dos saberes institucionais (GODINO, BATANERO, FONT, 2008)). Segundo Godino e Batanero, embora esses três campos se interessem por um mesmo objeto, eles são intrinsecamente distintos:

- no primeiro, parece destacada a problemática “prática”, “cotidiana”, “profissional” do professor diante de alunos aos quais deve fazer aprender alguma coisa de forma eficaz (há quem a chame de *microdidática*, mas não em sentido restritivo);
- no segundo, parece destacar-se o campo de ação de quem elabora currículos e de quem escreve manuais ou materiais didáticos vários;
- no terceiro parece focalizada a atenção de quem elabora teorias didáticas, sobretudo internamente às instituições universitárias, de real pesquisa *para o Saber*.

Seguindo as sugestões de Bartolini Bussi (1994), Godino e Batanero (1998) acabam por concluir que os primeiros dois componentes da educação matemática poderiam “ser entre si ligados como “busca para a ação”, enquanto o terceiro componente é equivalente à “busca pelo conhecimento”.

Na qualidade de pesquisadores, é necessário preliminarmente fazer uma escolha de campo para decidir *para que se faz a pesquisa*; se essa escolha prevê um *retorno* à sala de aula, uma vez obtidos os resultados, fica importante dar-se conta e aceitar que somente uma parte desses resultados da pesquisa *podem* realmente ser transformados em objetos de estudo por parte da engenharia didática ou, pelo menos, ter influência na prática docente.

A disciplina didática da matemática já tem pelo menos três decênios de história, muitos pesquisadores ativos no mundo inteiro, uma linguagem amplamente compartilhada, revistas próprias (seja de pesquisa, seja de divulgação dos resultados, seja “mistas”), seminários próprios, congressos, etc.; portanto sua divulgação real é cada vez mais maciça.

O que acontece, do ponto de vista profissional, ao docente que faz pesquisa ou ao docente que, mais simplesmente, passa a conhecer os resultados da pesquisa?

Graças à chamada difusão, a comunidade dos estudiosos de didática da matemática tem afinal a possibilidade de responder à pergunta anterior; aqui faremos isso da maneira menos complicada possível: o docente-pesquisador e o docente, uma vez conhecidos os resultados da pesquisa, *mudam*. Mudam radicalmente sua própria atitude que se torna mais atenta, mais crítica, menos disposta a dar por certo que haja atividades vencedoras somente porque sugeridas por alguém de alto nível acadêmico ou por haver uma prática já tradicional de tais atividades. Por exemplo, veja-se como a assim chamada “teoria dos conjuntos,” colocada em crise por muitos estudos sérios no âmbito da pesquisa em epistemologia da aprendizagem, tenha sido lentamente abandonada na prática didática até por seus mais convictos defensores; no mínimo, foi revista a cega confiança colocada nela nos anos 70 e 80: de disciplina - panaceia onívora, tornou-se linguagem prática a ser usada somente quando convém de verdade (PELLEREY, 1989).

Por exemplo, veja-se como o uso de instrumentos didáticos pré-confeccionados, cuja utilidade didática era incondicionalmente aceita por muitos professores, hoje é menos

acrítico (D'AMORE, 2000a). Por exemplo, veja-se como se modificou a expectativa dos professores do ensino médio no mundo inteiro, após os estudos sobre a aprendizagem das demonstrações; enquanto até alguns decênios atrás era tranquilamente reconhecida a competência linguístico-lógica dos estudantes de 14 anos em tomar posse da ideia de demonstração, pelo menos em geometria, hoje considera-se que tal ideia precisa de uma prática didática explícita (certamente não mais aos 14 anos, mas bem além) (DUVAL, 1991, 1992; HOYLES, 1997).

Mudam, dizíamos, as atitudes: fatalmente, o professor que entra em contato com certos resultados de pesquisa não pode, em seguida, ignorá-los; vê, reconhece no comportamento de seus próprios estudantes em aula e no seu próprio agir profissional, a confirmação daqueles resultados e, por consequência, a mesma interpretação das condutas sofre uma modificação.

Examinaremos em detalhes essas “modificações” de atitude.

Essa modificação diz respeito ao currículo.

O professor torna-se mais atento para a congruidade de suas próprias escolhas didáticas; consciente de que existem, por exemplo, obstáculos ontogenéticos, obstáculos didáticos e obstáculos epistemológicos, ou que existe, por exemplo, o contrato didático; não se contenta mais em aceitar a aparente congruidade, no sentido de consecutividade, dos argumentos, que antes o satisfazia e o tranquilizava, mas começa a colocar-se problemas de análise do currículo em base aos resultados cognitivos de seus estudantes, em base aos resultados de sua própria ação didática, aceitando, portanto, ao mesmo tempo, uma revisão crítica e metodológica (FANDIÑO PINILLA, 2002).

Essa modificação diz respeito à definição dos campos do docente e do aluno.

O professor que entra em contato com os resultados da pesquisa põe em discussão, de maneira eficaz e significativa:

- os próprios deveres, as próprias expectativas;
- os deveres do estudante, suas expectativas, suas imagens da disciplina e de seu ensino.

De qualquer forma, torna-se em geral mais atento àquilo que acontece na frente de ação daquele que poderíamos definir o ator engajado na ação de construir conhecimento, seu próprio aluno (antes muito frequentemente ignorado como ator).

Essa modificação diz respeito às novas exigências que o professor cobre de sua própria preparação profissional.

Temos a prova dos fatos que:

- o professor em função requer da Universidade cada vez menos atividades assim chamadas de atualização, textos, seminários congressos... sobre os conteúdos matemáticos e, ao contrário, dirige-se aos especialistas da didática, consciente

do fato de que quanto mais resultados de pesquisa didática conhecer, maior será primeiramente a capacidade crítica de análise da situação em aula e, em segundo lugar, seu próprio profissionalismo;

- o professor em formação inicial, exatamente por estar nessa formação inicial, não sabe que a escolha vencedora da sociedade contemporânea de todos os países do mundo é centralizar a formação dos docentes de matemática sobre a didática da matemática, evidentemente após uma preliminar e sólida preparação disciplinar que permanece fundamental.

Essa modificação diz respeito às expectativas que a prática docente tem sobre a sociedade e vice-versa.

Parece inútil que a sociedade expresse uma própria expectativa geral em relação à escola, se esta expectativa não for de acordo com os resultados da pesquisa didática. O profissionalismo novo e mais atento do professor informado o leva a redefinir também essa relação e, principalmente, a redesenhar seu papel como executor eficaz dos planos educacionais que a sociedade lhe confiou (BROUSSEAU, 2008a, 2008b).

Essa modificação diz respeito à avaliação (e esse é o ponto sobre o qual queremos aqui refletir mais):

- a avaliação do trabalho realizado pelo estudante: o professor informado dos resultados da pesquisa olha com olhar diferente, mais analítico, crítico, observador, para o trabalho de construção do conhecimento de cada um de seus alunos; até mesmo a avaliação mais banal, entendida como medição de conhecimento, como “nota” a ser dada ao estudante na base de resultado e aplicação, é atingida profundamente;
- a avaliação do próprio trabalho feito em aula: de acordo com os resultados de aprendizagem obtidos pelos próprios alunos, o professor informado dos resultados da pesquisa em didática tem condições de analisar criticamente suas próprias ações dentro da aula, redesenhando suas estratégias metodológicas e suas próprias escolhas;
- a avaliação do currículo: o professor informado da pesquisa em didática tem condições de voltar a rever o desenvolvimento curricular em cada um de seus aspectos, assumindo diretamente a tarefa de uma crítica a esse desenvolvimento e criando condições construtivas oportunas para uma séria e até profunda mudança.

Mas nem todos os professores de matemática estão informados dos resultados da pesquisa em didática da matemática: alguns preferem não ver, não saber, não sentir... Para esse exíguo grupo de profissionais recalcitrantes, a Sociedade toma medidas diferentes:

- passa-se de países que os aceitam sem reservas, por não existirem leis adequadas;
- até países nos quais são previstas suspensões parciais ou definitivas para aqueles professores que não demonstram um profissionalismo adequado à natureza da tarefa.

O que fazer, que decisões tomar? É preciso primeiramente entender bem o problema, ao menos de um ponto de vista social.

O exemplo que surge mais espontâneo é, mais uma vez, o do médico. Hoje em dia se faz uma intervenção para remover uma hérnia do disco na região lombo sacral, através de cirurgia por nada invasiva, com efeitos por nada devastadores, permitindo ao paciente de levantar sobre suas próprias pernas poucas horas após a intervenção e de voltar para casa. Até 20 anos atrás, ou mesmo menos, a intervenção tinha efeitos terríveis, longas hospitalizações, gesso por dezenas de dias com consequentes atividades terapêuticas de reabilitação fisioterápica.

Exemplos análogos podem ser feitos no campo da oftalmologia: é só pensar o que é hoje e o que era 20 anos atrás a remoção da assim chamada catarata.

Ninguém pode proibir a um paciente de se entregar nas mãos de um cirurgião que prefere práticas ultrapassadas e desabitadas, devastadoras, a práticas modernas seguras e não devastadoras. Mas: quem entregaria o próprio filho para quem usa essas técnicas superadas, sabendo o que a cirurgia atual está oferecendo como alternativa?

Por analogia: por que confiar seus próprios filhos (do ponto de vista familiar) ou os futuros cidadãos (do ponto de vista social) a mãos não cultas, mas somente experientes, que certamente não provocarão danos, resolverão afinal o problema, mas de um modo complicado, perigoso e, a esta altura, desumano?

Voltamos, portanto, ao começo: se estes são os efeitos profissionais benéficos de mudança que uma adquirida competência em didática da matemática provoca nos professores de matemática já em função, por que não aproveitar para formar desde o começo os futuros professores? Seria no mínimo ridículo encaminhá-los ao mundo do trabalho, competentes em matemática, na esperança de que, mais cedo ou mais tarde, sejam formados, ou melhor, sejam informados em didática: vale a pena aproveitar a ocasião, a presença de peritos, a circunstância legal, e formá-los de uma vez.

O PROBLEMA DE “CURRÍCULO E AVALIAÇÃO”

Internamente ao curso de didática da matemática ou de laboratório de didática da matemática, devem encontrar espaço temáticas que parecem secundárias e que, ao contrário, constituem a mesma ossatura da competência. Se é verdade, como é verdade, que um professor escolhe ou segue um currículo e que passa a maior parte de seu tempo

a observar a vida de aula para avaliar (FANDIÑO PINILLA, 2002), então ele deve ser colocado em condições de apreciar e conhecer as problemáticas teóricas e as consequências práticas de sua escolha e de sua ação.

Esta reflexão abre uma ferida profunda, típica de nosso país, bem menos dolorosa em outros países que há tempo tomaram providências perante os estragos gerados pela indiferença em relação a esses temas. Dificilmente os matemáticos antes e os especialistas em didática da matemática depois dedicaram tempo ao estudo e à teorização nesse campo; ela foi delegada a estudiosos mais genéricos, quase sempre em âmbito pedagógico antes e de didática geral depois. Portanto, atualmente, as competências nesse campo específico são muito reduzidas. Auspiciamos, assim, no interesse de uma qualidade significativa no âmbito da formação inicial dos professores, que mais de um colega decida de se dedicar a esse gênero de estudos teóricos, pensando naturalmente que o interesse preciso esteja na criação de um curso específico de didática da matemática, como já ocorre em outros países do mundo.

Tanto o estudo do currículo quanto aquele ligado à avaliação bem se prestam para outro exemplo a cargo da ação abstrata e cultural (no curso de didática da matemática) seja da ação concreta e crítica, seja de observação e análise (nos laboratórios e na reflexão sobre a atividade de estágio).

Nesse mesmo parágrafo, já que estamos tratando do currículo, encontra espaço um convite a todos os colegas para que procurem encontrar não tanto uma lista única de conteúdos para os cursos de didática da matemática para os diferentes níveis, mas tal que ao menos sobressaia um único espírito, o mais possível compartilhado.

O PAPEL DA EPISTEMOLOGIA NA FORMAÇÃO DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO

Há duas motivações irrenunciáveis para a necessidade de uma preparação cultural forte em epistemologia da matemática para os futuros docentes de matemática. São eles:

fatores culturais (**a e b**);

fatores didáticos ou profissionais (**c e d**).

a. Fatores culturais

O desenvolvimento de nossa disciplina não é feito somente de progresso técnico e formal; aliás, bem pelo contrário: esses dois são o resultado de uma contínua revisão de sentido e significado que a matemática procura dentro de si mesma. O rigor, por exemplo, que é um dos aspectos que mais atinge o profano ou o estudante, não é um fato intrínseco ou um hábito do professor, e sim necessidade linguística e filosófica (D'AMORE; PLAZZI, 1990), um filtro (às vezes penoso) que o matemático fornece ao próprio instrumento linguístico para evitar equívocos (portanto pluralidade de sentidos)

e para dar uma univocidade de significado na comunicação. É por isso que o rigor não é fato absoluto, mas relativo à época e ao lugar, em constante evolução.

O desenvolvimento da matemática, por outro lado, procede em várias direções, mas é inegável que, em primeira instância e com grande alcance, ele é direcionado para a criação de conceitos¹; ora, não se pode produzir um conceito sem delineá-lo epistemologicamente; portanto, querendo ou não, quem reflete sobre o desenvolvimento da matemática deve necessariamente colocar-se o problema da natureza dos conceitos (aqueles mesmos que, em matemática, frequentemente são denominados *objetos*) (D'AMORE, 2001a, 2001b).

Fica manifesto que, deixando de lado o matemático profissional que poderia até produzir e que às vezes produz teoremas e/ou teorias internamente a um determinado domínio sem dele sair, e estudar seu sentido geral epistemológico, *qualquer outro* que se ocupe de matemática e de seu desenvolvimento *deve* necessariamente colocar-se o problema epistemológico como fato cultural.

O professor de matemática não é criador de teoremas e/ou teorias, mas um profissional, perito em matemática, para o qual a sociedade propõe de fazer com que os jovens cidadãos construam e aprendam a usar competências matemáticas.²

Primeiramente, ele deve conhecer a matemática; apesar de que a este respeito tenham surgido várias tomadas de posição, nós o reafirmamos como irrenunciável ponto de partida (D'AMORE, 1999a).

Mas o professor tem dois deveres principais, que consistem em:

- realizar a *transposição didática*; o professor não pode se limitar banalmente a repetir a matemática aprendida na Universidade (seu lugar de formação cultural, no que diz respeito à matemática); ele *deve* transformar a matemática (o saber matemático elaborado pela academia) em um saber adequado aos alunos entregues aos seus cuidados; isto é, ele deve transformar o Saber em um “saber a ser ensinado” (D'AMORE, 1999b); essa transformação não é um fato banal, aliás, bem ao contrário, é largamente criativa e faz parte, estritamente, do profissionalismo docente, condicionando-o (FANDIÑO PINILLA, 2002).
- *comunicar a matemática*; todos nós sabemos que, numa situação de aula, o caráter mediador do professor é muito forte e que o estudante quase nunca tem acesso direto ao Saber, restringindo seu próprio desempenho à relação pessoal com o professor e à aprendizagem da matemática que o professor escolheu (de forma mais ou menos consciente, mais ou menos vinculada) para ele; portanto, a passagem do docente ao discente da matemática ensinada acontece em situação comunicativa bastante forte, submetida às complexas tramas da pragmática da comunicação humana (WATZLAWICK; BEAVIN; JACKSON, 1976).

¹ Evitamos cuidadosamente dizer *descoberta* e preferimos dizer *criação*; a escolha epistemológica a montante é evidente (D'AMORE, 2003); contudo, a mesma não é mais debatida asperamente como em passado.

² Usamos o termo *competência* em lugar de *conhecimento* não por acaso (D'AMORE et al., 2003).

Em base a esses dois pontos, vê-se claramente como o professor não possa ignorar o *sentido* que tem o desenvolvimento da matemática:

- não poderia de outra forma realizar aquele ato criativo que é a *transposição*; pode fazê-lo se e somente se tem condições de escolher crítica e internamente a um corpus sobre o qual tem alguma legitimidade e capacidade de decisão; se ele julga que a matemática não oferece alternativas epistemológicas, que o corpus dos conhecimentos é o que é, imutável, eterno, indiscutível, aquilo que ele aprendeu (eventualmente antes do parêntese universitário), então não realizará a transposição e portanto falirá como professor;
- não poderia de outra forma *comunicar* a matemática; pode-se comunicar aquilo que é construído internamente, aquilo que faz parte da experiência pessoal, vivida, isto é personalizada; se a matemática é vista como algo de impessoal, de atemporal, uma simples sucessão de resultados interligados, obtidos por seres humanos que, enquanto produzem, somente pensam internamente à teoria na qual criam, então não se fala mais em comunicação mas em repetição de resultados; na pragmática da comunicação humana é implícito o sentido de propriedade crítica, de capacidade e disponibilidade para a escolha pessoal; por outro lado, um dos limites da matemática transmitida na escola, mais vezes denunciada por Brousseau (1986, por exemplo), é exatamente esse seu caráter de impersonalidade e atemporalidade, esse querer esconder a rica história dos esforços e das dificuldades que os seres humanos encontraram em construir a matemática como é hoje; o estudante que vê da matemática somente os resultados finais, puros e cristalinos, limpos de toda fadiga e discussão, ordenados, aparentemente deduzidos de uma axiomática que parece ser baixada do alto, é induzido a crer que a matemática *deva* ser assim por sua natureza; se esse estudante for um futuro professor de matemática, levará consigo, em sua história profissional, essa concepção errada da matemática.

Temos a nossa disposição muitos Autores a serem citados em defesa dessa visão que atribui importância à cultura em epistemologia da matemática por parte de futuros docentes.

Citamos Speranza (1997), que se comprometeu inteiramente para colocar esse ensinamento, de modo oficial e explícito, nos programas da escola de especialização (pós-licenciatura) para o ensino na escola secundária. Naquele mesmo texto, particularmente, Speranza (1997, p. 124-127), nos dá a possibilidade de considerar também Federigo Henriques alinhado nessa ótica com uma multiplicidade de citações que aqui não refiro. Ulterior apoio nos chaga de Giovanni Vailati, por exemplo, quando demonstra o quanto é importante refletir sobre atitudes, até as que se revelaram errôneas no passado, para a construção de conceitos matemáticos, bem como em atividade didáticas (VAILATI, 1896). Da mesma forma, de Gaston Bachelard, que aliás é considerado por muitos o defensor da revisão da forma de conceber o erro nas ciências, como algo de valorizável intrinsecamente

(BACHELARD, 1951), a tal ponto de chegar a condicionar, nesse campo, o pensamento de Brousseau (1983, 1989), o criador da moderna didática da matemática.

b. Consequências diretas dos fatores culturais em campo didático, metadidático e como fatores transversais

As escolhas traçadas na seção “a” possuem consequências diretas no campo didático; examinaremos só alguns exemplos, o primeiro em forma mais aprofundada em **b.1**, enquanto dos outros faremos somente referência em **b.2**. Passaremos em seguida para **b.3** para tratar dos aspectos metadidáticos e em **b.4** para os “transversais”.

b.1 O problema dos “elementos primitivos”

Conforme já examinamos longamente em outra ocasião (D’AMORE, 2000a), no século XVIII difundiu-se a paixão para a pergunta: o que quer dizer “simples a ser entendido”? O “simples” é um fato absoluto ou relativo? O “simples” é tal indiferentemente, tanto para o cientista como para o estudante principiante? Ou há diferenças? Em caso positivo, quais?

Essas perguntas encontram tentativas de respostas até mesmo na *Encyclopédie* de Jean-Baptiste Le Rond d’Alembert [1717-1783] e Denis Diderot [1713-1784], e principalmente nos verbetes *Análise, Síntese, Método, Elementos de Ciências*. [Já se trata, a nosso juízo, de um estudo específico de didática que se distingue dos interesses gerais da pedagogia].

Poderia ser interessante, só para ter uma visão da coisa, verificar como d’Alambert, autor do verbete *Elementos de ciências*, procura extrair ideias didáticas da hipótese cartesiana de síntese, do simples ao complexo, e como, porém, seja obrigado ele mesmo a reconhecer que a coisa vá se complicando imediatamente.

Temos consciência de que estamos exagerando um pouco, mas é como se se começasse a aceitar algo de muito atual, de que há uma profunda diferença entre:

- a disciplina em si pelo que é conhecida e praticada pelos especialistas, pelos cientistas;
- a didática em geral em si, pelo modo como consta de asserções gerais críveis e garantidas por reflexões significativas realizadas por peritos no setor;
- a didática disciplinar em si, que tem parâmetros completamente diferentes, bem como paradigmas e finalidades.

O verdadeiro ponto de discussão é evidenciado quando d’Alambert procura definir o que significa que um conceito *precede* outro: de onde partir, de qual dos dois começar, quais são os *conceitos primitivos*?

Por exemplo, em matemática o cientista costuma começar a partir de ideias como espaço, plano, reta, ponto, número, e algumas “ligações” entre os mesmos; temos realmente certeza de que na didática da matemática isto seja conveniente? Os elementos primitivos do cientista são ou devem ser necessariamente os elementos primitivos do aluno?

Mais do que aceitar os elementos primitivos do cientista, talvez não valeria a pena refazer o caminho da geração das ideias que levaram a escolher aqueles objetos como objetos primitivos?

Não é o caso agora de aprofundar, mas é notável o fato de como exatamente esse debate de cunho didático conduza d’Alambert de uma posição totalmente cartesiana a uma lokiana e em seguida como tente conciliar as duas: as ideias simples podem reduzir-se a duas espécies: uma faz parte das ideias abstratas (...) a segunda espécie de ideias simples é contida nas ideias primitivas que nós adquirimos através de nossas sensações.

Porém: os elementos que os estudantes que se aproximam pela primeira vez ao estudo das ciências têm condições de compreender, são ou não os elementos da ciência? Ou: são pelo menos da mesma natureza?

Ao responder afirmativamente, então o método didático é uma reestruturação, um arranjo, uma apresentação progressiva dos elementos das ciências, do saber dos cientistas (KINTZLER, 1989).

Ao responder negativamente, como se passa das competências infantis, dos elementos cognitivos pertencentes a um estudante principiante, para o saber cientificamente entendido?

Em qualquer caso, que relação há entre os elementos primitivos que podem ser adquiridos pelo estudante e os elementos primitivos das ciências academicamente entendidas (Saber ou *Savoir savant*)??

No nosso parecer, partindo desse debate, começa-se finalmente a esboçar uma tríade de conteúdos:

- os conteúdos da disciplina d , fixados por ela mesma, por sua história;
- os conteúdos da didática daquela disciplina: D_d ; ela tem como objeto de estudo a sistematização (na ótica: ensinamento \rightarrow aprendizagem eficaz) dos elementos da disciplina d , mas os conteúdos específicos de D_d não são mais simplesmente conteúdos da disciplina d , são novos em relação a d ;
- os conteúdos de outra teoria, mais geral, que se poderia identificar naquela que coloca o problema de como realizar a passagem, além do caso específico, dos conteúdos de d para os conteúdos de D_d , não importando qual seja a disciplina d ; poder-se-ia então começar a pensar numa espécie de didática geral, entendida nesse sentido.

É graças a uma relação entre reflexões epistemológicas e didáticas sobre a matemática que se chega ao debate sobre os *elementos primitivos*, para entender como não vai haver coincidência entre elementos primitivos para um estudante principiante e termos primitivos em matemática. Sem essa possibilidade de reflexão crítica, o professor seria levado a pensar que houvesse coincidência.

b.2 As “frações”, os racionais, a passagem para os reais, a densidade, a continuidade

Sem uma firme preparação em epistemologia da matemática, todos os temas citados no título desse parágrafo poderiam ser fonte de equívoco: o professor transmite um saber aos alunos, após uma transposição didática que ele julga adequada. Mas, em caso de insucesso, ao não construir conhecimento (nem, é óbvio, muito menos competência) por parte dos estudantes, não tem outras alternativas a não ser de pensar que os estudantes não sejam idôneos para esse gênero de questões, não estejam à altura. Ou, pior, pensa de não ser ele adequado à profissão docente.

São as competências epistemológicas que revelam, ao contrário, as incríveis armadilhas que se escondem atrás desses temas. Em Fandiño Pinilla (2002), por exemplo, estuda-se exatamente o caso exemplar do debate didático/epistemológico entre “frações” (objeto escolar) e “rationais” (objeto do saber).

As incríveis convicções que até estudantes maduros conservam (final do ensino médio, também após cursos de análise) em relação a continuidade e densidade, propostos em aula como puros objetos matemáticos a serem aprendidos, sem qualquer cuidado epistemológico acautelatório, são colocadas em evidência por inúmeros autores em pesquisas didáticas de campo.

b.3 Fatores “meta”, determinantes para a didática

Além do problema esboçado em **b.1.** sobre o que sejam os termos primitivos, há outro fator que denomino matemáticos; por exemplo: o que são as definições, o que são as demonstrações.

Sobre a interpretação desses dois termos, muito haveria a dizer; sem uma profunda competência epistemológica, corre-se o risco de equivocarse grosseiramente o *sentido* dessas duas componentes fundamentais da matemática. Quantas vezes ouvimos estudantes, até maduros, confundir entre si esses dois termos, confirmando a ausência de *sentido*. Infelizmente, em muitas ocasiões, ouvimos professores corrigindo o enunciado de uma definição, pronunciado por um estudante, com frases do tipo: “Não se diz assim, tens que dizer assim”; e dizer que, exatamente a respeito das definições, ouvimos pela primeira vez Francesco Speranza falar em “liberdade da matemática” (D’AMORE, 1986). E o que dizer das demonstrações declamadas de cor? Quantos entre nós, docentes universitários, ouviram um estudante pronunciar a mortífera frase: “Esta demonstração eu não lembro”?

Isso também é sinal de um equívoco de base sobre o *sentido* da demonstração (e, portanto, mais em geral, da matemática e do conhecimento matemático).

Como se criam essas deletérias convicções junto aos estudantes? Certamente não por geração espontânea: elas são fruto ou de ensinamentos diretos falaciosos ou de interpretações induzidas por comportamentos repetidos ou talvez provocados pelo contrato didático.

Somente uma profunda preparação dos docentes em epistemologia da matemática (e em didática da matemática) pode, por um lado, fortalecer as convicções positivas dos professores sobre esses temas e, por outro, torná-los didaticamente vigilantes.

Tanto nas definições como nas demonstrações, é preciso que haja um amplo “grau de liberdade”, favorecido pelo docente, conquistado pelo estudante; é isso que a epistemologia nos ensina.

b.4 Fatores “transversais”

Entre as numerosas outras conquistas culturais notáveis que são permitidas e favorecidas pela cultura epistemológica, colocaríamos em destaque as três seguintes reflexões:

- como é constituída a linguagem da matemática;
- como se aprende matemática e os profundos vínculos que existem entre semiótica e noética.

Vamos nos limitar a breves considerações.

Há muitos equívocos sobre a linguagem que usamos em matemática; e muitas convicções que geram falsos conceitos. Trabalhamos longamente nesse tema (D’AMORE, 1993, 1996, 2000b; por exemplo). Se a convicção (fraca) do professor é que a linguagem que se usa em matemática seja univocamente e eternamente determinada a priori pela comunidade científica, somente poderá exigir do aluno um uso cego da mesma, sem caminhos pessoais; isso leva frequentemente a uma espécie de tentativa de imitação acrítica por parte do estudante, uma espécie de rascunho da linguagem que se constitui para a turma uma miragem inalcançável; em D’Amore, (1993) chamamos de “matematiquês” esta língua de aula, apresentando várias provas de sua existência e de seus aspectos negativos.

“Como” se aprende a matemática não é somente um problema psicológico, pedagógico ou didático, como ingenuamente poderia parecer; por ser o “como” estritamente ligado ao “o que”, a aprendizagem matemática é também fato concernente à epistemologia; por exemplo, há quem creia que a aprendizagem da nossa disciplina possa reduzir-se a mero cálculo (em vários níveis), como se esse pudesse ser o *sentido* da matemática; tal característica profundamente instrumental intrínseca é muito mais

difundida do que se possa crer: como se pode pensar que um jovem chegue a *construir para si* conhecimentos matemáticos? Numa visão epistemológica *realista*, essa postura poderia até encontrar lugar, uma vez que os conceitos matemáticos são ponto de chegada ideal; enquanto que numa visão *pragmatista* o conceito é aquela construção pessoal progressivamente alcançada (D'AMORE; FANDIÑO PINILLA, 2001; D'AMORE, 2003a), na passagem de uma relação pessoal com o saber, para uma relação institucional, dentro de uma visão antropológica (CHEVALLARD, 1992).

Que a aprendizagem matemática esteja estritamente ligada à noética, entendida como aprendizagem conceitual, não há nenhuma dúvida; está à vista de todos e confirmado por vários Autores (DUVAL, 1993; 1995). Precisamente sob o incentivo de Duval, nos últimos anos dedicamos muitas de nossas energias de pesquisa para esse tema; limitamo-nos a indicar D'Amore (2003a, 2003b). Que a matemática seja obrigada a fazer uso de representações internamente a registros semióticos é também fato já aceito, aliás considerado óbvio, após os estudos pioneirísticos de Duval. Que haja um paradoxo cognitivo no fato de que o estudante tenha que construir conhecimento conceitual através de representações semióticas (o “paradoxo de Duval”) (em suas três características essenciais: representação, transformação de tratamento, transformação de conversão) (DUVAL, 1993, 1995; D'AMORE, 2003a, 2003b) é também ideia amplamente compartilhada, tanto que em D'Amore (2003a) iniciou-se uma operação de costura entre as teorias didáticas de Brousseau e as observações de Duval, demonstrando como elementos de uma sejam explicáveis através daqueles da outra; em especial, foi demonstrado como às vezes não tenha sucesso uma ação a-didática por causa da falência da devolução, exatamente pela incapacidade do estudante de chegar à noética graças à ação da semiótica. Disso tudo se deduz, com a máxima evidência, que um professor não pode fingir de ignorar a questão, confundindo, como frequentemente acontece, noética com semiótica: ele, adulto, culto, perito, *professor*, justamente, crê de estar operando didaticamente sobre os conceitos, enquanto o estudante, jovem, não culto, está operando sobre representações semióticas (no máximo, sobre sistemas de representações semióticas). Ignorar este *fato* comporta um hiato entre as duas ações (a do ensinar e a do aprender) que não pode deixar de produzir falência.

Existem, a nosso ver, muitos outros fatores que são do tipo “transversal” e que têm em comum a necessidade do estudo da epistemologia da matemática; só quisemos aqui apresentar alguns a título de exemplo.

OS FATORES DIDÁTICOS (OU PROFISSIONAIS)

Pomos em evidência a razão pela qual seja necessária a competência em epistemologia da matemática para preparar futuros docentes de matemática, fazendo alusão seja a motivos culturais, seja a motivos didáticos (ou profissionais). Aqui enfrentaremos com mais detalhes exatamente esta última explicação.

Obstáculos epistemológicos

Todos os pesquisadores em didática da matemática conhecem a fundamental “teoria dos obstáculos” de Guy Brousseau (1983, 1986, 1989; veja-se também D’AMORE, 1999a, para uma exposição internamente a uma teoria complexa que envolve toda a didática da matemática). Embora haja a possibilidade de múltiplas distinções, permanece fundamental, para a gestão da vida de aula e para a análise dos erros (com tudo aquilo que envolve no campo da avaliação), a distinção de três tipologias de obstáculos: ontogenéticos, didáticos e epistemológicos (D’AMORE et al., 2008).

Se tomarmos o “triângulo da didática” (CHEVALLARD, 1985) como modelo da situação de aula (sobretudo para evidenciar sua complexidade sistêmica) (D’AMORE; FANDIÑO PINILLA, 2002), então se pode arriscar, como primeira aproximação, que os obstáculos:

- ontogenéticos são registráveis ao vértice “aluno”;
- didáticos são registráveis ao vértice “professor”;
- epistemológicos são registráveis ao vértice “Saber”.

Esse modo de ver as coisas dá homogeneidade à didática como teoria que clarifica vínculos de outra forma equívocos. Em tal caso, porém, fica evidente que este instrumento potencialmente excepcional produz resultados positivos nas mãos do professor se e somente se tem consciência disso (alcançada graças aos estudos de didática); porém no que diz respeito ao terceiro ponto, ele precisa de um conhecimento a mais, o da epistemologia, exatamente, para poder ao menos reconhecer, entre as falências inevitáveis de seus alunos, as que podem ser atribuídas exatamente a obstáculos epistemológicos. Nesse caso, a didática por si não tem sucesso e solicita ajuda às competências epistemológicas.

Mudanças de convicções

Sabemos hoje muito bem que as competências amadurecidas pelos professores de matemática em formação produzem neles mudanças de convicções e até mesmo de concepções³. Por ser vastíssima a bibliografia sobre este tema, remetemos só a D’Amore e Fandiño Pinilla (2004), onde a bibliografia é rigorosamente selecionada. Nesse trabalho, fala-se de uma pesquisa orientada a colocar em evidência exatamente as mudanças de convicções e de concepções sobre matemática, didática da matemática e papel do docente de matemática, por parte de professores de ensino médio em formação inicial, após 4

³ A distinção entre estes dois termos, à primeira vista sinônimos, é hoje bastante compartilhada em ambiente de pesquisa; costuma-se estabelecer uma diferença mais ou menos esclarecedora, como segue (D’AMORE; FANDIÑO PINILLA, 2004): * *convicção* (*belief*) (ou crença): opinião, junto com juízos/expectativas, o que se pensa a respeito de alguma coisa; * o conjunto de convicções de alguém (A) a respeito de algo (T) dá a *concepção* (K) de A em relação a T; se A pertence a um grupo social (S) e compartilha com os outros participantes de S aquele conjunto de convicções relativas a T, então K é a concepção de S relativamente a T. Com frequência, em vez de “concepção de A relativamente a T”, fala-se de “imagem que A tem de T”.

semestres de SSIS em Bolonha. O fato tem interesse particular, aqui, porque, embora haja em Bolonha 2 cursos específicos de epistemologia/história da matemática, os 2 cursos de didática da matemática caracterizam-se pelo intenso conteúdo problemático e epistemológico, seguem a assim chamada “escola francesa” e colocam muitas questões relativas à busca de fundamentos (os cursos contemplam o estudo de variado material, como D’Amore (1999a), que é discutido oralmente em trabalhos de grupo, durante 2 semestres). Remetemos ainda ao texto D’Amore e Fandiño Pinilla (2004) para os detalhes, mas fica interessante aquilo que os mesmos especializando declaram a respeito de suas próprias mudanças notáveis: sempre há uma mistura de motivações didáticas com motivações epistemológicas, sinal de que os estudantes, exatamente porque futuros profissionais da escola, tendem a avaliar as próprias novas competências no seio da ação didática.

Entre as mudanças de convicção que mais deixam admirados os mesmos professores em formação emerge uma diferença entre uma precedente indisponibilidade para um uso impróprio da linguagem matemática e uma nova disponibilidade a ouvir o aluno engajado numa comunicação de assunto matemático. A respeito disso, exercem grande influência as provas de estágio realizadas concretamente nas aulas; os especializando mudam radicalmente de convicção em relação ao *sentido* a ser dado ao conteúdo matemático expresso pelos estudantes em base principalmente a dois fatores que aprenderam a reconhecer nos cursos SSIS:

- embora a comunicação do estudante A para o estudante B seja (do ponto de vista adulto) incorreta, B entende o sentido da mesma;
- frequentemente o uso da linguagem é impróprio (em relação às expectativas adultas), não por lacunas matemáticas, mas por problemas de compreensão a montante.

Um exemplo desse segundo ponto é dado pelo comportamento de um estudante que, diante da solicitação de definir o paralelogramo, responde: “o paralelogramo é um quadrilátero com os lados dois a dois”. Tem-se um descolamento total das expectativas: por um lado, o professor percebe a ausência de um adjetivo que “feche” a frase que desse jeito não tem sentido; por outro lado, o estudante julga que o fato de ter dito 12 palavras exatas sobre 13 represente uma boa performance. É verdade que conta muito o contrato didático e a diferente concepção de matemática que os dois atores dessa história têm, mas é também verdade que há expectativas epistemológicas diferente no que diz respeito ao uso da linguagem em matemática. (Sobre os diversos componentes da aprendizagem da matemática e sobretudo dos aspectos comunicativos, veja-se FANDIÑO PINILLA, 2008).

Currículo e centralidade do aluno

As observações anteriores não podem deixar de ter notáveis repercussões sobre o sentido do currículo; de pesado fardo a ser respeitado, o currículo se torna instrumento a ser plasmado e a ser desfrutado na situação real da aula, motivo condutor da história

de classe. De listagem mais ou menos comentada que é baixada em aula e condiciona tudo, o currículo se transforma em arma adequada para que todo estudante seja colocado, também em base a suas capacidades, nas melhores condições para construir competências matemáticas; de um currículo normativo, passa-se realmente a um currículo que reflete pontos de vista epistemológicos (FANDIÑO PINILLA, 2002, p. 36 e assim “o ponto de vista epistemológico na construção do currículo”).

Isto dá centralidade à figura do aluno, em vez da sequência curricular e dos meros conteúdos. E isso significa interpretar ao contrário aquela que em D’Amore (1999b) se chama “epistemologia da aprendizagem da matemática”: o problema real de quem se ocupa de didática da matemática, como pesquisa e como profissão, é de entender os processos de aprendizagem da matemática, não limitando-se a criar ensinamentos ideais.

Influências na avaliação

Particularmente dos últimos parágrafos, emerge aqui uma visão complexa da avaliação como processo e não como fim, portanto como instrumento didático. Em Fandiño Pinilla (2002, p.75) propõe-se uma avaliação com vários objetivos: avaliação do currículo, autoavaliação da eficácia do processo de ensino, avaliação para fornecer informações daquilo que é importante, avaliação para tomar decisões, avaliação para julgar um aluno... Quanto aos objetivos e às técnicas de cada um desses aspectos, a coisa é complicada exatamente porque frequentemente, para se tomar decisões, é preciso fazer anteriormente escolhas de caráter epistemológico (veja-se a evolução histórico-social da ideia de avaliação nos últimos 100 anos, nas p.94-96 do texto citado (FANDIÑO PINILHA, 2002) poucas linhas acima; e a lista das funções e das características da avaliação junto aos vários autores, de acordo com as escolhas epistemológicas, nas p.97-98). Uma inovação na avaliação comporta escolha de critérios e é por isso que se chama “avaliação criterial”. Para frear esses específicos impulsos inovadores (que, em outros países já se tornaram normas de lei na escola), certamente estão as convicções dos professores e muitas de suas concepções sobre escola, sentido da instrução, etc., em geral, e sobre matemática, sentido da aprendizagem matemática, etc., em modo mais específico.

Porém, vimos como as convicções epistemológicas, até quando faltam ou parecem faltar (SPERANZA, 1997, as chama de *implícitas*), influenciam todas as outras, fechando o cerco...

Entre as escolhas, nem sempre implícitas, emergem em certa porcentagem aquelas atitudes que, mais ou menos fielmente, refletem modos de interpretar a matemática e que se relacionam com escolas epistemológicas: formalismo, platonismo, logicismo, empirismo, intuicionismo à Poincaré, intuicionismo como construção de atos do pensamento... E hoje, mais em geral, relacionáveis com dois grandes grupos (SPERANZA, 1997; D’AMORE, 1987): realismo, pragmatismo que os resume (D’AMORE, 2003b).

Mas o uso das convicções amadurecidas com os estudos epistemológicos deve fazer par com a competência firme em didática da matemática, porque somente desse modo

contribui para formar aquela *ferramenta*, aqueles instrumentos práticos e teóricos tão úteis na profissão docente, para entender a evolução das situações da aula. Para isso certamente serve a enorme contribuição de Guy Brousseau que, longe de ser somente pioneirístico e limitado aos primeiros passos da didática da matemática, fornece ainda hoje, no meu modo de ver, material sobre o qual refletir, em constante evolução e aprofundamento. Ideias como o contrato didático, a teoria dos obstáculos, a teoria das situações,... mas também as ferozes análises que levaram ao desaparecimento de anteriores modos de interpretar a didática, todas elas ainda devem ser analisadas e, apesar de tudo isso, permanecem ainda mistérios a serem esclarecidos.

EPISTEMOLOGIA E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA; A HISTÓRIA COMO CHAVE DE ABÓBADA PARA ENTENDER A EPISTEMOLOGIA; USO DA HISTÓRIA NA DIDÁTICA DA MATEMÁTICA

Epistemologia e história da matemática

“A filosofia sem a história é vazia, a história sem a filosofia é cega”, afirmava com razão Kant (por exemplo: SPERANZA, 1997, p.145). Circunstanciava Lakatos: “A filosofia da ciência sem a história é vazia, a história sem a filosofia da ciência é cega” (1971, p.102). Aceita a tomada de posição desses gigantes, qualquer comentário é supérfluo. Se várias vezes dissemos que a epistemologia estuda a evolução dos conceitos, é evidente que não é possível pensar em cindir os estudos da matemática dos de história da matemática.

A história para entender a epistemologia

Assim, parece óbvio pensar na história como a referência paradigmática por excelência para entender a evolução das ideias e as necessidades de adequação do pensamento. Por exemplo, se não se soubesse das origens aristotélicas da geometria euclidiana, nem das geometrias não euclidianas com seu alcance de revolução no conceito de verdade matemática, nem da necessidade de um novo rigor capaz de dar aos termos primitivos e aos axiomas um *sentido* moderno, não se poderia entender a razão pela qual David Hilbert tenha precisado escrever sobre os novos elementos de geometria 22 séculos após os de Euclides. Vejamos, portanto, a história da matemática como a confrontação objetiva para entender a epistemologia.

Uso da história na didática

Embora ambos os pontos precedentes sejam de excepcional relevância, capazes de dar razão para quem impõe cursos de epistemologia aos professores em formação, há um

ponto que emerge com grande vigor nos últimos 30 anos, um ponto ao qual Francesco Speranza e Bruno D'Amore deram forma, curando as edições de 3 livros que colecionam experiências verdadeiras de professores em diferentes níveis de ensino, quando isso não era ainda difundido (D'AMORE; SPERANZA, 1989, 1992, 1995); trata-se do uso da história da matemática como instrumento didático sob várias formas, nos cursos de matemática.

Já que este ponto está estritamente entrelaçado com as questões epistemológicas, parece-nos correto falar dele aqui. Por outro lado, se a intenção é de usar a história da matemática em aula, é preciso conhecer a história da matemática; portanto faz sentido o problema de se colocar também a questão da preparação em história dos docentes em formação.

A história da matemática na formação dos futuros professores de matemática

Segundo Freudenthal, aprender a matemática significa “reinventá-la” (descreve-se um processo denominado “mathematising”) (FREUDENTHAL, 1973); portanto, o papel da componente histórica no ensino merece um aprofundamento específico. O exame de um conceito matemático através de sua evolução histórica requer, porém, a tomada de posições epistemológicas trabalhosas: a mesma seleção dos dados históricos não é neutra (RADFORD, 1997) e ainda problemas notáveis estão ligados a sua interpretação, inevitavelmente conduzida à luz de nossos atuais paradigmas culturais, através dos quais colocam-se em contato culturas “diferentes mas não incomensuráveis” (RADFORD; BOERO; VASCO, 2000, p.165).

Já insistimos muito sobre o fato que o ensino seja influenciado pelas concepções dos docentes a propósito da natureza do conhecimento científico e de sua evolução. Parece, portanto, fundamental que um professor se confronte diretamente com a história da disciplina e que chegue a saber utilizar as referências históricas consciente e coerentemente com suas próprias concepções epistemológicas (THOMPSON, 1992; MORENO; WALDEGG, 1993; SPERANZA; GRUGNETTI, 1996).

Em geral, a história da matemática oferece à didática algumas importantes possibilidades (FURINGHETTI; SOMAGLIA, 1997):

primeiramente uma aproximação anedótica, que, embora às vezes possa ser considerada superficial, pode reforçar de maneira notável a motivação dos discentes (D'AMORE; SPERANZA, 1989, 1992, 1995; RADFORD, 1997; D'AMORE, 1999a);

- a possibilidade de uma reflexão metacognitiva;
- a possibilidade de um conhecimento orgânico de um período histórico e da compreensão das situações culturais que influenciaram o nascimento ou a difusão de uma ideia matemática.

Referindo-nos àquele vértice do triângulo da didática que nomeamos Saber (CHEVALLARD, 1985), chamaremos de “conhecimento institucionalizado” a última versão, do ponto de vista cronológico, do saber em questão, portanto sua mais recente forma aceita pela comunidade científica: disso resulta que a institucionalização à qual nos referimos chega a ser profundamente contextualizada do ponto de vista histórico; e essa contextualização está conectada aos diferentes ambientes socioculturais (BAGNI, 2004). Nesse ponto, porém, entra em jogo a componente histórica: de fato, é raríssimo (ou talvez impossível) que um conhecimento matemático possa nascer de uma ideia absolutamente nova, desprovida de relações com a experiência do passado: de muitas formas um conhecimento incorpora em si mesmo as próprias raízes históricas. Que relação interliga o conhecimento institucionalizado à própria história?

Tal problemática nos impele para uma indagação mais profunda da estrutura histórica de um conhecimento matemático que, como veremos, poderá influir notavelmente na didática. Seguindo D’Amore, (2001a), poderíamos, por exemplo, nos perguntar: o progressivo aumento do saber pode ser comparado a um processo de aproximação (acumulação quantitativa) ou de sobreposição (qualitativa)? Quer dizer: a reorganização de um objeto matemático se põe ao lado das velhas versões, ou as substitui? (D’AMORE, 2001b).

A adoção de modelos de (pura) aproximação ou de (pura) sobreposição traria problemas teóricos: tais modelos sofreriam de uma organização desprovida de contexto. A concepção da evolução do saber K que prevê a aproximação de um conhecimento $K(m+1)$ ao $K(m)$ não leva em consideração que o $K(m)$ possuía sentido no seu contexto original $C(m)$, enquanto $K(m+1)$ sofre influência do novo contexto sociocultural $C(m+1)$ que veio a se formar (BAGNI, 2005) (examina-se, a título de exemplo, o caso dos procedimentos infinitesimais). Por outro lado, a sobreposição de conceitos levaria a uma contínua reedificação ex novo, enquanto a (progressiva) variação do ambiente sociocultural faz pensar a progressivas novas inserções.

Em um momento histórico (por exemplo, no momento atual) e em um contexto sociocultural $C(n)$ determinado, podemos pensar em processos nos quais as versões “históricas” do conhecimento em questão participam do saber em relação aos contextos socioculturais nos quais se desenvolveram; por este motivo, o processo deve ser entendido como uma contínua evolução cronológica, em contínuo devir.

Voltamos agora ao aspecto didático: descrito o saber específico do conhecimento K , é preciso proceder à transposição didática, isto é, transformá-lo em saber ensinado. Já vimos a importância que a epistemologia assume nesta transformação; agora nos perguntamos: que papel se atribui, nesta fase, à história de K ? Em especial, como se diferenciam as modalidades de transposição do conhecimento $K(n)$ (institucionalizado no momento em que se considera o processo de ensino-aprendizagem) daquelas da transposição das referências que constituem a “história de K ”? O ponto crucial é constituído pela transposição da “história de K ” (GADAMER, 1975).

Indicamos duas escolhas possíveis:

- a transposição de $K(1), K(2), \dots, K(n-1)$ com referência ao contexto $C(n)$ (*atualização*);
- a transposição de $K(1), \dots, K(n-1)$ com referência aos respectivos contextos $C(1), C(2), \dots, C(n-1)$ (*contextualização histórica das referências*).

Cada uma das opções baseia-se, evidentemente, em engajamentos epistemológicos sérios e apresenta, do ponto de vista didático, aspectos delicados:

- uma evolução histórica *proposta didaticamente* do único ponto de vista moderno talvez não seria radicalmente inaceitável (enquanto uma interpretação platônica da história em sentido absoluto deixa hoje céticos e perplexos); esse tipo de concepção permite, por exemplo, apresentar aos alunos os principais obstáculos epistemológicos e esclarecer algumas posições históricas cuja fraqueza foi se revelando em seguida (SFARD, 1991);
- mas um encaminhamento que proponha, em sequência ao desenvolvimento cognitivo, um percurso modelado na evolução histórica (PIAGET; GARCIA, 1983) encontraria dificuldades teóricas e algumas dúvidas relativas a fundamentos.

A apresentação de elementos históricos com referência ao próprio contexto sociocultural (RADFORD, 2003) oferece a possibilidade de um aprofundamento orgânico e induz reflexões fundamentais sobre a gênese de um conceito (RADFORS; BOERO; VASCO, 2000). A escolha de uma história “interna”, de um desenvolvimento isolado da matemática, aparece problemática (GRUGNETTI; ROGERS, 2000, p. 40) e dificilmente sustentável do ponto de vista epistemológico.

Isto só para traçar um panorama reduzido da complexidade da história para uso didático; pode-se também tentar uma aproximação anedótica, para motivar, mas não é este o verdadeiro desafio cognitivo vencedor.

Logo que se tenta algo de mais significativo, eis que surgem problemas e desafios de grande interesse que podem e devem ser enfrentados pelo docente de matemática com profunda consciência.

Em qualquer caso, história e epistemologia estão estritamente entrelaçadas entre si e seu sistema está entrelaçado com a didática da matemática. De tal forma que se poderia seguir o caminho aberto por Kant e apoiado por Lakatos, cunhando um novo dizer:

A didática da matemática sem relações com a epistemologia e com a história é como um instrumento ágil e poderoso que ninguém sabe usar por completo; a epistemologia e a história são meios culturais fortes, abstratos e profundos que a didática da matemática torna concretos e úteis para o progresso da humanidade, para a construção de competências, para a consciência do próprio saber.

REFERÊNCIAS

- ARTIGUE, M. Ingégnierie didactique. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*. v.9, n.3, p.281-307,1990.
- ARTIGUE, M. L'insegnamento e l'apprendimento della Matematica a livello universitario. *La matematica nella società e nella cultura. Bollettino dell'U.M.I.* S. VIII, III-A, p.81-103, 2000.
- ARZARELLO, F.; BARTOLINI BUSSI, M. Italian trends in research in Mathematics Education: a national case study in the international perspective. In: KILPATRICK, J.; SIERPINSKA, A. (Ed.). *Education as research domain: a search far identity*. London: Kluwer Ac. Publ. v.2, 1998, p.243-262.
- BACHELARD, G. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. Paris: PUF, 1951.
- BAGNI, G. T. Storia della matematica in classe: scelte epistemologiche e didattiche. *La matematica e la sua didattica*. v.3, p.51-70, 2004.
- BAGNI, G. T. Historical roots of limit notion. Development of its representative registers and cognitive development. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. v.21, n.2, p.124-138, 2005.
- BARTOLINI BUSSI, M. Theoretical and empirical approaches to classroom interation. In: BIEHLER, R. et al. *Didactics of mathematics as a scientific discipline*. Dordrecht, Kluwer, 1994, p.121-132.
- BLANCO, L. Interacciòn didàctica en la enseñanza de las matemáticas con estudiantes de magisterio. *Revista Interuniversitaria de Formaciòn del Profesorado*. p.57-68, 1991.
- BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. v.4, n.2, p.165-198, 1983.
- BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. v.7, n.2, p.33-115, 1986.
- BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. In: BEDNARZ, N., GARNIER, C. (Ed.) *Constructions des savoirs, obstacles et conflits*. Montreal: Agence d'Arc, 1989, p.41-64.
- BROUSSEAU, G. *Ingegneria didattica e epistemologia dell'insegnante*. Bologna: Pitagora, 2008a.
- BROUSSEAU, G. L'epistemologia scolastica spontanea e la cultura dei problemi matematici. *La matematica e la sua didattica*. v.23, n.2, p.165-183, 2008b.
- BRUN, J.; CONNE, F. Analyses didactiques des protocoles d'observation du déroulement de situations. *Education et recherche*. v.3, p.261-285, 1990.
- CARRILLO, J.; CONTRERAS, L. Un modelo de categorias e indicadores para el análisis de las concepciones del profesor sobre la matemática y su enseñanza. *Educación Matemática* v.7, n.3, p.79-92, 1995.
- CHEVALLARD, Y. *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.
- CHEVALLARD, Y. Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche antropologique. *Recherches en didactique des mathématiques*. v.12, n.1, p.73-112, 1992.

- D'AMBROSIO, U. *Etnomatemática*. Bologna: Pitagora, 2002.
- D'AMORE, B. Il ruolo della definizione nella didattica della matematica. *Insegnare*. v.6, p.9-13, 1986.
- D'AMORE, B. Motivações epistemológicas que estão à base das escolhas didáticas realizadas nas atividades educativas em Itália pela escola da infância no biênio superior. II CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS Y DE LA MATEMÁTICA. Valencia, 1987. *Anais...* Valencia, p.323-324, 1987.
- D'AMORE, B. Esporre la matematica appresa: un problema didattico e linguistico. *La matematica e la sua didattica*. v.3, p.289-301, 1993.
- D'AMORE, B. Schülersprache beim Lösen mathematischer Probleme. *Journal für Mathematik Didaktik*. 17, v.2, p.81-97, 1996.
- D'AMORE, B. Venti anni, o poco più, di didattica matematica nella scuola dell'infanzia. Che cosa è cambiato? *Infanzia*. v.1, p.7-11, 1998.
- D'AMORE, B. Il ruolo essenziale ed insostituibile delle didattiche disciplinari nella costruzione della conoscenza nell'educazione. *Pitagora Notizie*. v.4, n.2, 1999a.
- D'AMORE, B. *Elementi di didattica della matematica*. Bologna: Pitagora, 1999b.
- D'AMORE, B. La didáctica de la matemática a la vuelta del milenio: raíces, vínculos e intereses. *Educación Matemática*. México D. F., México. v.12, n.1, p.239-250, 2000a.
- D'AMORE, B. Lingua, Matematica e Didattica. *La matematica e la sua didattica*. v.1, p.28-47, 2000b.
- D'AMORE, B. La complessità dell'educazione e della costruzione dei saperi. *Riforma e didattica*. v.4, p.35-40, 2000c.
- D'AMORE, B. Un contributo al dibattito su concetti e oggetti matematici: la posizione "ingenua" in una teoria "realista" vs il modello "antropologico" in una teoria "pragmatica". *La matematica e la sua didattica*. v.1, p.4-30, 2001a.
- D'AMORE, B. Une contribution au débat sur les concepts et les objets mathématiques. *Scientia Paedagogica Experimentalis*. Gent, Belgio. XXXVIII, v.1, p.17-46, 2001b.
- D'AMORE, B. Basta. *La Vita Scolastica*. v.8, 1° gennaio 2002, p.14-18, 2002a.
- D'AMORE, B. Il problema della formazione degli insegnanti di matematica. In: LUCCHINI, G.; MERCANTI, F.; TALLINI, L. (Ed.) *Per una nuova scuola: programmi, formazione e tecnologie innovative per l'insegnamento della matematica*, 2002b, p.71-76.
- D'AMORE, B. La complexité de la noétique en mathématiques ou les raisons de la dévolution manquée. *For the learning of mathematics*. v.23, n.1, p.47-51, 2003a.
- D'AMORE, B. *Le basi filosofiche, pedagogiche, epistemologiche e concettuali della Didattica della Matematica*. Bologna: Pitagora, 2003b.
- D'AMORE, B. Il ruolo dell'Epistemologia nella formazione degli insegnanti di Matematica nella scuola secondaria. *La matematica e la sua didattica*. v.4, p.4-30, 2004.
- D'AMORE, B. Basi epistemologiche della Didattica della Matematica. In: D'AMORE, B. (editor). *Matematica: l'emergere della didattica nella formazione*. *Rassegna*. XIV, v.29, p.8-14, 2006.
- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I. La "matematica del quotidiano". *La matematica e la sua didattica*. 3, p.256-263, 2001.

- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I. Concepts et objets mathématiques. In: GAGATSIS A. (Ed.) *Learning in Mathematics and Science and Educational Technology*. Nicosia (Cipro): Intercollege Press. p.111-130, 2001.
- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I. Un acercamiento analítico al “triángulo de la didáctica”. *Educación Matemática* (México DF). v.1,n. 4, p.48-62, 2002.
- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I. La formazione iniziale degli insegnanti di matematica in Italia. In: FANDIÑO PINILLA, M. I. (Ed) *Riflessioni sulla formazione iniziale degli insegnanti di matematica: una rassegna internazionale*. Bologna: Pitagora, 2003. p.75-104.
- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I. Cambi di convinzioni in insegnanti di matematica di scuola secondaria superiore in formazione iniziale. *La matematica e la sua didattica*. v.3, p.27-50, 2004.
- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I. *Le didattiche disciplinari*. Trento: Erickson, 2007.
- D'AMORE, B.; FANDIÑO PINILLA, M. I.; MARAZZANI, I.; SBARAGLI, S. *La didattica e le difficoltà in matematica*. Trento: Erickson, 2008.
- D'AMORE, B. et al. *Competenze in matematica*. Bologna: Pitagora, 2003.
- D'AMORE, B.; PLAZZI, P. Intuizione e rigore nella pratica e nei fondamenti della Matematica. *La matematica e la sua didattica*. v.3,p.18-24, 1990.
- D'AMORE, B.; SPERANZA, F. (Ed.). *Lo sviluppo storico della matematica – Spunti didattici*. Volume primo. Roma: A. Armando, 1989.
- D'AMORE, B.; SPERANZA, F. (Ed.). *Lo sviluppo storico della matematica – Spunti didattici*. Volume secondo. Roma: A. Armando, 1992.
- D'AMORE, B.; SPERANZA, F. (Ed.). *La matematica e la sua storia. Alcuni esempi per spunti didattici*. Milano: Angeli, 1995.
- DOUADY, R. *L'ingénierie didactique*. Cahier de DIDIREM, 19. Paris: Université Paris VII, 1993.
- DOUADY, R.; ROBERT, A. Quelques réflexions sur l'observation en classe en formation professionnelle initiale des futures enseignants. In : COPIRELEM. Pau-Nice. *Anais...* Pau-Nice, 1992.
- DROZ, R. *Observations sur l'observation*. Avignon: Groupe Dupont, 1980.
- DUVAL, R. Structure du raisonnement deductif et apprentissage de la demonstration. *Educational studies in mathematics*. n.22, p.233-261, 1991.
- DUVAL, R. Argumenter, démontrer, expliquer: continuité ou rupture cognitive? *Petit x*. n.31, p.37-61, 1992.
- DUVAL, R. Registres de représentations sémiotiques et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*. n.5, p.37-65, 1993.
- DUVAL, R. *Sémiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne: Peter Lang, 1995.
- EUGENI, F. Divulgazione e didattica della Matematica. Texto de uma palestra realizada em 4 de maio de 1999 junto ao Politecnico de Milano, sede de Mantova, no âmbito do Congresso nacional: «*Ricerca, divulgazione e didattica in Matematica*», aos cuidados de F. Mercanti. As Atas, non publicadas, são todavia disponíveis junto à sede do Congresso via e-mail, 1999.
- FANDIÑO PINILLA, M. I. La formazione degli insegnanti di matematica. Algumas

referências a um quadro teórico. *La Matematica e la sua didattica*. n.4, p.352-373, 2001.

FANDIÑO PINILLA, M. I. *Curricolo e valutazione in matematica*. Bologna: Pitagora, 2002.

FANDIÑO PINILLA, M. I. (Ed.). *Riflessioni sulla formazione iniziale degli insegnanti di matematica: una rassegna internazionale*. Bologna: Pitagora, 2003.

FANDIÑO PINILLA, M. I. *Molteplici aspetti dell'apprendimento della matematica*. Trento: Erickson, 2008.

FREUDENTHAL, H. *Mathematics as an educational task*. Dodrecht: Riedel, 1973.

FURINGHETTI, F. Crenze/convinzioni in classe su matematica e dintorni. In: D'AMORE, B. (Ed.). *Didattica della Matematica e rinnovamento curricolare*. Bologna: Pitagora. p.59-70, 2001.

FURINGHETTI, F.; RADFORD, L. Historical conceptual developments and the teaching of mathematics: from philogenesis and ontogenesis theory to classroom practice. In: ENGLISH L. (Ed.) *Handbook of International Research in Mathematics Education*. Hillsdale: Erlbaum. p.631-654, 2002.

FURINGHETTI, F., SOMAGLIA, A. Storia della matematica in classe. *L'educazione matematica*. XVIII, n.2, p.1, 1997.

GADAMER, H. G. *Truth and Method*. New York: Crossroad, 1975.

GODINO, J. D.; BATANERO, C. The dialectic relationships among theory, development and practice in Mathematics Education: a meta analysis of three investigations. In: MALARA N. (Ed.) *Proceedings of Working Group 25 – ICME 8, Sevilla*. Modena: CNR. p.13-22, 1998.

GODINO, J. D.; BATANERO, C.; FONT, V. Um enfoque onto-semiótico do conhecimento e a instrução matemática. *Acta Scientiae*. Revista de Ensino de Ciências e Matemática. v.10, n.2, p.7-37, 2008.

GRUGNETTI, L.; ROGERS, L. Philosophical, multicultural and interdisciplinary issues. In: FAUVEL, J., VAN MAANEN, J. (Ed.). *History in Mathematics Education*. Dodrecht: Kluwer. p.39-62, 2000.

HOUEMENT, C. ; KUZNIAK, A. Autour des strategies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. v.16.n.3, p.23-34, 1996.

HOYLES, C. The curricular shaping of student's approaches to proof. *For the learning of mathematics*. v.17, n.1, p.7-15, 1997

LAKATOS, I. *History of science and its rational reconstructions*. Cambridge: Cambridge U.P, 1971.

LORIA, G. Commission internationale de l'enseignement mathématique. La préparation théorique et pratique des professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire dans les divers pays. I. Rapport général. *L'enseignement mathématique*. XXXII, p.5-20, 1933.

KINTZLER, C. Éléments. In: AA. VV. (Ed.) *Écrits de Condorcet*. Paris, Edilig, 1989.

MORENO, L.; WALDEGG, G. Costructivism and mathematical education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. v.24, n.5, p.653-661, 1993.

PELLERAY, M. *Oltre gli insiemi*. Napoli: Tecnodid, 1989.

PIAGET, J. ; GARCIA, R. *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris: Flammarion, 1983.

PORLÀN, R.; ALTRI, E. Conocimiento profesional deseable y profesores inovadores. *Investigación en la Escuela*. v.29, p.23-37, 1996.

PORTUGAIS, J. *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*. Berne: Peter Lang, 1995.

RADFORD, L. On Psychology, Historical Epistemology and the Teaching of Mathematics: Towards a Socio-Cultural History of Mathematics. *For the Learning of Mathematics*. v.17, n.1, p.26-33, 1997.

RADFORD, L. On Culture and Mind. A post-Vygotskian Semiotic Perspective, with an Example from Greek Mathematical Thought. In: ANDERSON, M. et al. (Ed.). *Educational Perspectives on Mathematics as Semiosis: From Thinking to Interpreting to Knowing*. Ottawa: Legas. p.49-79, 2003.

RADFORD, L.; BOERO, P.; VASCO, C. Epistemological assumptions framing interpretations of students understanding of mathematics. In: FAUVEL, J.; VAN MAANEN, J. (Ed.) *History in Mathematics Education*. Dordrecht: Kluwer. p.162-167, 2000.

SCHOENFELD, H. Obiettivi e metodi di ricerca in Didattica della Matematica. *La matematica nella società e nella cultura. Bollettino dell'U.M.I.* S. VIII, III-A, n.2, p.81-103, 2000.

SFARD, A. On the dual nature of mathematical conceptions: reflections on processes and objects as different sides of the same coins. *Educational Studies in Mathematics*. n.22, p.1-36, 1991.

SPERANZA, F. *Scritti di Epistemologia della Matematica*. Bologna: Pitagora, 1997.

SPERANZA, F.; GRUGNETTI, L. History and epistemology in didactics of mathematics. In: MALARA, N. A.; MENGHINI, M.; REGGIANI, M. (Ed.). *Italian research in mathematics education*, Roma: CNR. p.126-135, 1996.

THOMPSON, A.G. Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. London: D.A.N.Y. McMillan, p.127-208, 1992.

VAILATI, G. Sull'importanza delle ricerche relative alla storia della scienza. In: VAILATI, G. *Scritti*. Firenze – Leipzig: Seeber-Barth, 1896.

WATZLAWICK, W.; BEAVIN, J. H.; JACKSON, D. D. *Pragmatic of the human communication*. New York: W.W. Norton & C., 1967.

Recebido em: jun. 09

Aceito em: set. 09

Respecting mathematical diversity: An ethnomathematical perspective

Arthur B. Powell

ABSTRACT

This paper presents a detailed example from the practice that encourages respect for a diversity of ways of knowing and for a diversity of knowledge. This approach represents an ethnomathematical pedagogy, and develops a theoretical discussion of an ethnomathematical perspective. Then this paper concludes with theoretical return to our original point about respecting mathematical diversity. It happens because not only must teachers respect their own and their students' knowledge, but students often need to learn to respect their own and others mathematical activities and products. There are many different ways, using the mathematical activities of peoples all over the world to enable students to develop this respect. The basic idea behind all of them is that peoples' cultural material context influences their knowledge and activities in the world. In particular, students learn the importance of respecting their own and other peoples' knowledge, and how all of our cultural backgrounds interact with the development of mathematical knowledge. Further, the examples show a variety of forms in which mathematical knowledge can be encoded differently from that in 'academic' textbooks.

Keywords: Mathematics Education. Ethnomathematics. Mathematical Diversity.

Respeitando a diversidade matemática: uma perspectiva etnomatemática

RESUMO

Este artigo apresenta um exemplo detalhado da prática que encoraja o respeito por uma diversidade de formas de conhecimento e de uma diversidade de conhecimentos. Esta abordagem representa uma pedagogia etnomatemática e desenvolve uma discussão teórica em uma perspectiva etnomatemática. Então este trabalho conclui com retorno ao ponto teórico original sobre a diversidade matemática. Isso acontece porque não só os professores devem respeitar o seu próprio conhecimento como o conhecimento de seus alunos. Entretanto, os alunos muitas vezes precisam aprender a respeitar as suas próprias atividades matemáticas e produtos, assim como de outros. Há muitas maneiras diferentes, utilizando as atividades matemáticas de povos de todo o mundo para capacitar os alunos a desenvolver esse respeito. A ideia básica por trás de todas elas é que o contexto material e cultural dos povos influencia o seu conhecimento e suas atividades em todo o mundo. Em particular, os alunos aprendem a importância de respeitar os seus próprios conhecimentos e de outros povos, e como todas as nossas origens culturais interagem com o desenvolvimento do conhecimento matemático. Além disso, os exemplos mostram uma variedade de formas em que o conhecimento matemático pode ser codificado de maneira diferente daquela apresentada em livros didáticos "acadêmicos".

Palavras-chave: Educação matemática. Etnomatemática. Diversidade matemática.

Arthur B. Powell – PhD em Educação Matemática. Professor do Departamento de Educação Urbana. Rutgers University, 110 Warren Street. Newark, New Jersey, USA. E-mail: powellab@andromeda.rutgers.edu

Acta Scientiae	Canoas	v. 11	n.2	p.39-52	jul./dez. 2009
----------------	--------	-------	-----	---------	----------------

INTRODUCTION: TEACHING RESPECT FOR PEOPLE'S MATHEMATICAL ACTIVITY

Stephen I. Brown has contributed much to a humanistic perspective on mathematics education. His concerns for the intellectual and emotional as well as ethical dimensions of the whole person engaged in mathematics intersects with our concerns for respecting the intellectual diversity of mathematical ideas among individuals and social groups and for the need to connect these concerns to social justice. Brown (1997; 1984) poses important questions such as how does mathematical thinking relate to areas of life beyond mathematics and what are the emotional experiences involved in doing mathematics (BROWN, 1997, p.37) as well as what is the purpose of solving particular mathematical problems and how are relationships of mathematics to society and culture illuminated by studying how individuals view historically the phenomenon in question (BROWN, 1984, p.13). Brown makes clear that an interdisciplinary, real-world mathematics curriculum must attend to humanistic as well as scientific problems: "I know of essentially no 'real world' problems that one decides to engage in for which there is not embedded some value implications" (BROWN, 1984, p.13). Moreover, Brown pushes mathematics educators toward a fundamental respect for intellectual diversity by calling attention to the need to engage learners in considering "[...] not merely complementary, but incompatible perspective on a problem or series of problems" (BROWN, 1984, p.11). He ventures further and criticizes mathematics curricula for not enabling students to "[...] appreciate irreconcilable differences rather than to resolve or dissolve them" (BROWN, 1984, p.11).

To realize Brown's educational perspective it is important for mathematics educators to begin by respecting their own mathematical activity and those of their students. An important prerequisite for learning is respect.¹ Not only must teachers respect their own and their students' knowledge, but students often need to learn to respect their own and others mathematical activities and products. There are many different ways, using the mathematical activities of peoples all over the world to enable students to develop this respect. The basic idea behind all of them is that peoples' cultural material context influences their knowledge and activities in the world. In particular, students learn the importance of respecting their own and other peoples' knowledge, and how all of our cultural backgrounds interact with the development of mathematical knowledge. Further, the examples below show a variety of forms in which mathematical knowledge can be encoded differently from that in 'academic' textbooks.

I present a detailed example from my own practice that encourages respect for a diversity of ways of knowing and for a diversity of knowledge. This approach represents an ethnomathematical pedagogy, and in the next section I develop a more theoretical discussion of an ethnomathematical perspective. Then I conclude with a more theoretical return to our original point about respecting mathematical diversity.

¹ Shulman (2003, p.3), a lawyer who focuses on work-related issues, emphasizes the importance of respect in her book, *The Betrayal of Work: How Low-Wage Jobs Fail 30 Million Americans*. She presents a case study illustrating how lack of intellectual respect was the catalyst for a group of African American women, certified nursing assistants in rural Alabama, to organize a union: "none had ever gotten a raise of more than 13 cents. Some who had been there ten years were still making \$6.00 an hour. But it was the lack of respect from their employer that motivated these women. They would tell their supervisors something important about patients but, they said, no one listens".

TEACHING MATHEMATICS WITH RESPECT FOR PEOPLE'S MATHEMATICAL ACTIVITIES

Respecting people's mathematical activities and products influences teaching and learning activities. This means that it is important to consider the politics of knowledge and the interaction of culture in the development of ideas. Questions such as which knowledge and whose knowledge is considered legitimate are an integral part of learning mathematics in the example that I discuss. Furthermore, questions concerning the interactions of culture with the development of mathematical ideas are also integral to the activities. These instructional considerations represent teaching from an ethnomathematical perspective.

The following example gives a much more detailed learning experience which moves from a broad review of various algebraic concepts in Ancient Egyptian culture to an application of those concepts in the contemporary cultural context of a USA algebra classroom. Finally, the curriculum unit returns to an exploration of the specific presentation in a papyrus of the original Ancient Egyptian mathematical idea underlying the teaching module. Students here deepen their understandings of the contemporary academic algebra, as well as develop a respect for the different uses of the concepts in the algebraic studies of the Ancient Egyptians. This outline of a lesson treats the mathematical ideas of another culture with respect, showing the complexities of its knowledge, and deepening learners' own knowledge through an analysis of varying representations and solution methods.

USING EGYPTIAN ALGEBRAIC AND NUMERICAL-PUZZLE IDEAS TO TEACH AND DEEPEN UNDERSTANDING OF EQUATIONS

In this example, I use algebraic and numerical-puzzle ideas from ancient Africa for an algebra course module. It incorporates scholarship based on mathematical insights documented in an ancient Egyptian text. Unfortunately, the importance of Africa's contributions to mathematics and the central role of these contributions to the academic mathematics studied in schools have not received the attention and understanding that befit them.² Important projects to redress this state of affairs have been initiated by some historians (DIOP, 1974; JACKSON, 1970), historians of mathematics (GILLINGS, 1972, 1982; KATZ, 1998) as well as by scholars of ethnomathematics (EGLASH, 1999; GERDES, 1989, 1992, 1999; JOSEPH, 1991; LUMPKIN, 1985, 2002; LUMPKIN; POWELL, 1995; ZASLAVSKY, 1999). Documentary evidence of insightful and critical algebraic ideas developed in ancient Egypt exists, but little of this information is taught to students studying mathematics, at any level.

² Diop (1974, p.xiv) argues a more general point about historiography: "The history of Black Africa will remain suspended in air and cannot be written correctly until African historians dare to connect it with the history of Egypt.... The ancient Egyptians were Negroes. The moral fruit of their civilization is to be counted among the assets of the Black world....that Black world is the very initiator of the 'western' civilization flaunted before our eyes today. Pythagorean mathematics...and modern science are rooted in Egyptian cosmogony and science".

The course module that I have implemented contributes to redressing this lack of scholarship in school algebra courses by incorporating and appreciating mathematical ideas from the *Ahmoose Mathematical Papyrus*³ (DIOP, 1985; JOSEPH, 1991; LUMPKIN, 1985), now housed and displayed in the British Museum (except for a few fragments in the possession of the Brooklyn Museum).⁴ It engages students in reflecting on their daily, informal experiences of performing (doing and undoing) physical and mental operations and relates these operations to algebraic techniques by building on the following three mathematical ideas present in algebraic equations extant in ancient Egypt and suggested in Problems 24 through 34 of the *Ahmoose Mathematical Papyrus*:⁵ (a) the concept of unknown or variable quantities (BOYER; MERZBACH, 1989; GILLINGS, 1972, 1982); (b) undoing or, equivalently, inverse operations (KATZ, 1998); and (c) “think of a number” problems (GILLINGS, 1972, 1982).⁶ In what follows, these ancient algebraic ideas are used to develop a course module, the last part of which returns to analyze specific problems presented in the *Ahmoose Mathematical Papyrus*.

To engage students in developing an awareness⁷ of the role undoing or inverse operations play in solving certain types of equations, one can present a type of “think of a number problem” as appears in Figure 1:

“I’m thinking of a number. I subtract 11 from it, multiply by 3, and add 2. The result is 80. What’s my number?”

FIGURE 1 – A “think of a number” problem.

³ This text, found at Thebes in the ruins of a small building near the Ramesseum, is often referred to as the Rhind Mathematical Papyrus since, in 1858, Alexander Henry Rhind (1833-1863), variously described as a Scottish antiquary and Egyptologist, purchased it in Luxor. (ARNOLD BUFFUM CHACE; MANNING; ARCHIBALD, 1927; ROBINS; SHUTE, 1987) The naming of such text is another example of how cultural imperialism obliterates the authorship of knowledge of the peoples it dominates. In this instance, the text is correctly named the *Ahmoose Mathematical Papyrus* after the Egyptian scribe-scholar who authored it.

⁴ The location of many important ancient African cultural products in Western museums, as well as those of other Third World cultures, evidences the endurance of cultural imperialism.

⁵ In the preface to their book, Chace, Manning, and Archibald (1929) indicate that in the original papyrus the problems are not numbered and credit Eisenlohr with numbering them.

⁶ In the preface to their book, Chace, Manning, and Archibald (1929) indicate that in the original papyrus the problems are not numbered and credit Eisenlohr with numbering them. Space does not allow us to elaborate on where and how each of these ideas represent themselves in the *Ahmoose Mathematical Papyrus*; however, for such details, see Powell and Temple (2004).

⁷ We use the term ‘awareness’ or ‘mathematical awareness’ in the technical sense suggested by Gattegno (1987) and elaborated on by Powell (1993, p.358): “Gattegno makes clear that, for learners, learning or generating knowledge occurs not as a teacher narrates information but rather as learners employ their will to focus their attention to educate their awareness. Learners educate their awareness as they observe what transpires in a situation, as they attend to the content of their experiences. As a learner remains in contact with a transpiring experience, awareness proceeds from “a dialogue of one’s mind with one’s self” about the content of that which one experiences (GATTEGNO, 1987, p.6). One’s will, a part of the active self, commits one to focus one’s attention so that the mind observes the content of one’s experience and, through dialogue with the self, becomes aware of particularities of one’s experience. Specifically, in mathematics, the content of experiences, whether internal or external to the self, *can be feelings, objects, relations among objects, and dynamics linking different relations* [italics added] (GATTEGNO, 1987, p.14).”

This is an example of a “What’s my number?”⁸ problem that is likely to trigger in students an awareness of undoing that includes the ideas of using inverses: multiplicative and additive inverses or inverse operations as well as the reversal of the order of operations. Undoing is a mathematical process related to many aspects of daily life: dressing and undressing, wrapping and unwrapping parcels, or either physically or mentally retracing one’s steps to find a misplaced or lost item, and so forth. In schools and textbooks, this quotidian process is often not related to mathematics but, of course, is fundamental to it. Resurrecting and rediscovering such links between quotidian and formal knowledge schemas is one project of ethnomathematics that involves respect for intellectual activities and connect to Brown’s concern for relating mathematics to aspects of life beyond mathematics.

Students are asked to reflect on their undoing technique so as to specify completely its constituent processes and ideas. After students discuss their ideas, I introduce conventional terminology for labeling processes and ideas.⁹ For the “think of a number” problem in Figure 1, students eventually might describe their process for solving it as follows:

The first operation or action performed on the original number thought of was to “subtract 11.” The second action was to “multiply by 3.” The third and last action was to “add 2,” and the result was “80.” To undo the problem, we need to start at the end. Immediately before the result 80 was obtained, the last action performed was to add 2. To undo *add 2* we can *subtract 2* from 80, which is 78. Now, the action performed before 78 was obtained was to multiply by 3. To undo *multiply by 3* we can *divide by 3*. So, we take 78 and divide it by 3, which gives 26. The action performed before 26 was obtained was to subtract 11. To undo *subtract 11* we can *add 11*. So, the original number thought of was 37.

The above description reveals an awareness that the mathematical ideas of inverse operations as well as reverse order of operations are useful for solving the “think of a number” problem given in Figure 1. This awareness is generalizable, and students use its generalization to handle more complex “think of a number” problems such as the one in Figure 2:

“I’m thinking of a number. I raise it to the third power, add 8, raise it to the one-half power, add 1, and multiply it by 6. My result is 30. What’s my number?”

FIGURE 2 – A “think of a number” problem involving integral and fractional exponents.

⁸ We use interchangeably the phrases “think of a number” and “What’s my number?” problems.

⁹ This pedagogical approach is akin to the “[...] five crucial steps in the Algebra Project curriculum process” (MOSES; COBB, 2001, p.120). In both approaches, one begins with the experiential, mathematical world of learners and assists them to connect their ideas to the symbolic world of formal, academic mathematics.

As the number and the complexity of the operations increase, students tend to develop *ad hoc* notational devices or inscriptions to represent “think of a number” problems. One notational device that I offer is circle equations (HOFFMAN; POWELL, 1988, 1991). The circle equation for the problem in Figure 2 is given in Figure 4.

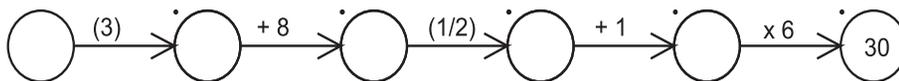


FIGURE 3 – The circle equation of the “think of a number” problem given in Figure 2.

In circle equations there are several conventions. The first circle represents the number referred to by the phrase “I’m thinking of a number.” The expressions above the right-facing arrows correspond to the operators in the “think of a number” problem in the order in which they are mentioned. Finally, numbers placed inside parentheses are considered to be exponents.

Besides being a tool to represent graphically “think of a number” problems, circle equations can also be used, with slight modifications, to depict a process of solving such problems. Explicit in the structure of circle equations, read from left to right, is the order in which operations are performed in “think of a number” problems. Similarly, but reading from right to left, the process of undoing or solving can also be represented with left-facing arrows with inverse operations written below them.

Moreover, in the circle equation, the circle that stands for the phrase, “I’m thinking of number,” can contain a variable, which means that the circle equation can be translated into the standard notation of academic mathematics (see Figure 4).

$$(a) \quad 3(x - 11) + 2 = 80 \qquad (b) \quad 6 \left\{ \left(y^3 + 8 \right)^{\frac{1}{2}} + 1 \right\} = 30$$

FIGURE 4 – The standard notation for the “think of a number” problems given in Figures 2 and 4, respectively, (a) and (b).

These examples suggest that a variety of equations can be dealt with through an adaptation and combination of Ahmose’s mathematical insights. Eventually, students are able to translate among standard and circle equations, and “think of a number” problems.¹⁰

$$- 2 = 1; \qquad 5 \left(\sqrt{\frac{\left(\left(\log_5 y \right) - 1 \right)^7}{32}} \right) = 10$$

FIGURE 5 – Two complex looking equations whose solution can be found using Ahmose’s mathematical insights.

¹⁰ On the same point, Hoffman and Powell (1991) indicate that “with practice, pupils can imagine that a given equation is expressed as a circle equation and solve the equation, as it were, by sight” (p.95). In this sense, then, circle equations assist learners to develop dynamic imagery of equations that allows them to solve equations without pencil and paper.!!!

By working among these representations, students learn that equations such as the ones in Figure 5 simply appear complicated and are conceptually no more difficult to solve than an equation such as $x + \frac{1}{3}x = 10$. The difficulty of the equations in Figure 6 arises from the amount of time required to solve them rather than any intrinsic complexity that they or their solution possess. In short, students learn that equations such as the ones in Figure 6 are, in fact, not difficult but only perhaps laborious. Moreover, once students develop facility solving equations like the ones in Figure 5, they deepen their algebraic understanding even further by, among a number of considerations, analyzing the use of circle equations to solve the following “think of a number puzzle” (Problem 28) from the *Ahmoose Mathematical Papyrus*, as given in Gillings (1982, p.182):

Two thirds is to be added. One-third is to be subtracted.
 There remains 10.
 Make $\overline{10}$ [one-tenth] of this, there becomes 1. The remainder is 9.
 of it namely 6 is to be added. The total is 15.
 of this is 5. Lo! 5 is that which goes out, and the remainder is 10.
 The doing as it occurs!
 Let us state this in modern terms, adding a few clarifying details:
 Think of a number, and add to it its $\overline{3}$. From this sum take away its $\overline{3}$ [one-thirds], and say what your answer is. Suppose the answer were 10. Then take away $\overline{10}$ of this 10, giving 9. Then this was the number first $\overline{\epsilon}$ thought of.
Proof. If the number were 9, its $\overline{3}$ is 6, which added makes 15. Then $\overline{3}$ of 15 is 5, which on subtraction leaves 10. That is how you do it!

FIGURE 6 – Problem 28 of the *Ahmoose Mathematical Papyrus*.

Students successfully handling problems from the *Ahmoose Mathematical Papyrus* such as the one in Figure 6 and complex-looking ones similar to those in Figure 6 increase their mathematical self-confidence. For they are able to solve equations that more advanced mathematics students initially find baffling. Students build and deepen their mathematical understanding and, thereby, own the knowledge they employ. They empower themselves while appreciating historical connections between the *Ahmoose Mathematical Papyrus* and their own intellectual work. For instance, when students solve Problem 28, they encounter certain differences between it and the equations that they had been solving. In a circle equation, the unknown in Problem 28 needs to appear above the arrows and students may find it convenient to combine algebraic expressions to simplify what is contained in each circle. Students realize that at some point they must combine algebraic expression to find the number originally thought of. Also students become aware that they had been simplifying arithmetic expressions at each stage of solving a circle equation. Students then notice that problems such as this one illustrate that a numerical solution can provide a proof for whole class of problems. The *Ahmoose*

Mathematical Papyrus has other kinds of algebraic problems of varying complexity. Studying these problems provides opportunities for students to deepen their understanding by analyzing the complexity of problems and different solution methods, such as false position, Problems 24-27, and division, Problems 31 to 34 (GILLINGS, 1972, 1982). Based on African algebraic techniques, students develop sophisticated mathematical insights and abilities and greater self-confidence as learners of mathematics. Since all students have a common biological heritage in Africa, they gain an increased appreciation and respect for the mathematical accomplishments of their ancestors and for the diverse cultural manifestations of mathematical ideas.

Moreover, students inquire into the politics of social structures that devalue the mathematical contributions of Africans and engage more deeply in academic mathematics. Egyptian algebraic knowledge has been devalued as being only practical and not employing proofs. As Gillings points out, examining the answers to problems they pose (for example, the answer to Problem 31 is $14\frac{28}{97}$) and even how many are posed abstracted from any measure make it clear that the problems were not posed to answer practical questions. Rather, as Gillings observes, “[...] they were meant to illustrate one method for the solution of simple equations of this type, and although they did this, the simplicity of the method has been masked by the complexity of the unit fraction that arise in the process and by the unexpected operations to which the scribe was to forced to resort” (GILLINGS ,1972, p.159).

This relates to the other criticism of ancient Egyptian mathematics, concerning the nature of proof or lack thereof. Gillings (1972) and Joseph (1991) both treat this issue in some detail. Gillings’s observation concerning the rigor of Egyptian proof is worth noting:

Twentieth-century students of the history and philosophy of science, in considering the contributions of the ancient Egyptians, incline to the modern attitude that an argument or logical proof must be *symbolic* if it is to be regarded as rigorous, and that one or two specific examples using selected numbers cannot claim to be scientifically sound. But this is not true! A nonsymbolic argument or proof *can* be quite rigorous when given for a particular value of the variable; the conditions for rigor are that the particular value of the variable should be *typical*, and that further generalization to *any* value should be *immediate*. In any of the topics mentioned in this book where the scribes’ treatment follows such lines, both these requirements are satisfied, so that the arguments adduced by the scribes are already *rigorous*; the concluding proofs are really not necessary, only confirmatory. The rigor is implicit in the method. (GILLINGS 1972, p.233-234)

For our students, some of whom have experienced repeated failure in their trajectory studying mathematics and, in the process, position themselves as well as are positioned as mathematically underprepared, this augmentation in their confidence and self-respect is nontrivial and, in some cases, leads to their willingness to pursue mathematics beyond mere institutional requirements.

WHAT IS AN ETHNOMATHEMATICAL PERSPECTIVE?

Ethnomathematics is a discipline that emerged from a politically engaged multicultural perspective on mathematics and mathematics education. Theorization about ethnomathematics was initiated and elaborated on by, mathematician and educational theorist, Ubiratan D'Ambrosio (1985; 1987; 1988; 1990; 2001, 2008). In Powell and Frankenstein (1997), we review the development of various definitions and associated perspectives on ethnomathematics. For us, ethnomathematics attempts to correct the history of mathematics for African and other formerly colonized peoples disempowered by a varied, a violent, and an avaricious European colonial process and currently threatened and plummeted by a pernicious imperial project euphemistically called globalization, one ancillary tentacle of which is the current misdirected "war against terrorism." In this perspective, they also include concerns about the politics of knowledge and cultural underpinnings and interactions of mathematical ideas. In his book, *Etnomatemática: Elo entre as Tradições e a Modernidade*, D'Ambrosio (2001, p.9) articulates his viewpoint on the political nature of the discipline:

Etnomatemática é a matemática praticada por grupos culturais, tais como comunidades urbanas e rurais, grupos de trabalhadores, classes profissionais, crianças de uma certa faixa etária, sociedades indígenas, e tantos outros grupos que se identificam por objetivos e tradições comuns aos grupos. Além desse caráter antropológico, a etnomatemática tem um indiscutível foco político. A etnomatemática é embebida de ética, focalizada na recuperação da dignidade cultural do ser humano. A dignidade do indivíduo é violentada pela exclusão social, que se dá muitas vezes por não passar pelas barreiras discriminatórias estabelecidas pela sociedade dominante, inclusive e, principalmente, no sistema escolar.

In this viewpoint, a conceptually fruitful consequence of defining ethnomathematics as specific mathematical practices constituted by cultural groups is the scope of such activities. One can theorize that in ethnomathematics, the prefix "ethno" not only refers to a specific ethnic, national, or racial group, gender, or even professional group but also to a cultural group defined by a philosophical and ideological perspective. The social and intellectual relations of individuals to nature or the world and to such mind-dependent, cultural objects as productive forces influence products of the mind that are labeled mathematical ideas. For example, Dirk J. Struik (1997), an eminent mathematician and historian of mathematics, indicates how a particular perspective—dialectical materialism—decisively influenced Marx's theoretical ideas on the foundation of the calculus. The calculus of Marx (1983) represents the ethnomathematical production of a specific cultural group.¹¹

Another important consequence of D'Ambrosio's viewpoint is that by highlighting the culturally damaging consequences of social exclusion, ethnomathematics breaks

¹¹For a popular account of Marx's calculus, see Gerdes (1985, 2008).

with attributes of Enlightenment thinking. It departs from a binary mode of thought and a universal conception of mathematical knowledge that privileges European, male, heterosexual, racist, and capitalistic interests and values. D'Ambrosio (2001, p.42) puts it this way:

A etnomatemática se encaixa nessa reflexão sobre a descolonização e na procura de reais possibilidades de acesso para o subordinado, para o marginalizado e para o excluído. A estratégia mais promissora para a educação, nas sociedades que estão em transição da subordinação para a autonomia, é restaurar a dignidade de seus indivíduos, reconhecendo e respeitando suas raízes. Reconhecer e respeitar as raízes de um indivíduo não significa ignorar e rejeitar as raízes do outro, mas, num processo de síntese, reforçar suas próprias raízes.

As D'Ambrosio (2001) notes, this research program contains other dimensions including conceptual, historical, cognitive, epistemological, and educational. As an ethnomathematics educator, I am not neutral academics, but activist academics, committed to finding ways to contribute to struggles for justice through our educational work. I am not just interested, for example, in the mathematics of Angolan sand drawings, but also in the politics of imperialism and globalization that arrested the development of this cultural tradition, and in the politics of cultural imperialism that discounts the mathematical activity involved in creating Angolan sand drawings. Further, I am alert for ways that this contextualized mathematical knowledge can be used in educational settings to encourage greater justice in society culturally, socially, economically, and politically.

CONCLUSION: RESPECTING MATHEMATICAL DIVERSITY

A cornerstone for a pedagogical approach that advances education for justice in the context of ethnomathematics involves actively respecting mathematical diversity. Accepting and respecting mathematical diversity leads us to reconsider all our knowledge of the world and to recognize that there is much about the world of which we have no knowledge. Pinxten, van Doren, and Harvey (1983, p.174) argue that “[a]s long as science cannot pretend to have valid answers to all basic questions...it is foolish to exterminate all other, so-called primitive, pre-scientific or otherwise foreign approaches to world questions”¹².

In 1982, in a course he gave at Boston College in Massachusetts, USA, Paulo Freire said the following about what counts as knowledge:

¹² An example of a scholar who would be labeled “primitive” or “pre-scientific” is discussed by Brown (1997, p.37): “The life of Ramanujan supports the view that innocence may be an asset in much of mathematical thinking. As a matter of fact, Ramanujan, who had received minimal formal mathematical training, came upon the most remarkable connections, and many of his arguments defied accepted canons of proof. That many of his conclusion were wrong is beside the point, for given his untutored notion of proof and his lack of formal education, it is noteworthy that he was able to come upon so many discoveries and in fact to create so many new fields.”

Our task is not to teach students to think—they can already think, but to exchange our ways of thinking with each other and look together for better ways of approaching the decodification of an object.¹³

This implies a fundamentally different set of assumptions about people, pedagogy, and knowledge-creation. For example, one the one hand, some people in the United States need to learn to speak and write in “standard” American English. However, it does *not* follow that they cannot express in their own language complex analyses of social, political, economic, ethical, and other issues. On the other hand, many people with an excellent grasp of reading, writing, and mathematics need to learn about the world, about philosophy, about psychology, about justice, and about many other areas to deepen their understanding of the world. Marcuse (1964) argues that, for instance, in our society the rational, sophisticated calculations of nuclear kill is truly irrational, obscuring the only rational response to nuclear holocaust—namely, resistance:

[I]n this society, the rational rather than the irrational becomes the most effective mystification.[...] For example, the scientific approach to the vexing problem of mutual annihilation—the mathematics and calculations of kill an over-kill, the measurement of spreading or not-quite-so-spreading fallout...is mystifying to the extent to which it promotes (and even demands) behavior which accepts the insanity. It thus counteracts a truly rational behavior—namely, the refusal to go along, and the effort to do away with the conditions which produce the insanity. (MARCUSE, 1964, p.189- 190)

In a similar vein, D’Ambrosio (1997, p.15-17) argues:

The mission of bringing Western civilization to the planet has been the essence of conquest and of the colonial enterprise. Now we are at a crossroads. The human species and the planet itself are threatened [...]The only possibility for survival depends on a better understanding of the entire set of possible explanations and views of the individual, of society, of nature, of the cosmos. Western mathematics, the most perfect embodiment of Western civilization, cannot be immune from the search for this deeper understanding. We can benefit much from understanding the workings of different systems of knowledge, the same way a stranger can tell us much about ourselves. [...] There is no future in denying some successes in the science and technology developed following the Greek style. We will surely not be able to build faster jets and more powerful missiles using the male and female triangles of the Xingu ethnomathematics. But maybe the male and female triangles could help us *not* build the missiles and the jets carrying the bombs.

¹³ This quote is from course notes taken by Marilyn Frankenstein from 5 to 15 July 1982.

In non-trivial ways, we all can learn a great deal from mathematical diversity. Most of the burning social, political, economic and ethical questions of our time remain unanswered. In the United States, I live in a society of enormous wealth. The country has significant hunger and homelessness; although its scientists have engaged in medical and scientific research for scores of years, the US society is not any closer to changing the prognosis for most cancers. Certainly we all can learn from the perspectives and philosophies of people whose knowledge has developed in a variety of mathematical and experiential conditions. Currently “the intellectual activity of those without power is always labeled non-intellectual” (FREIRE; MACEDO, 1987, p.122). When we see this as a political situation, we can realize that all people have knowledge, all people are continually creating knowledge, doing intellectual work, and all of us have a lot to learn.

Brown’s attention to the emotional aspects of doing mathematics, the connection of mathematics to society and culture, the value implications of real-world problems, and studying incompatible perspectives on problems, all suggest a broader, political concept of humanistic mathematics education that I have developed here and in my other work. Respecting mathematical diversity is politically important precisely since the knowledge of non-Western and indigenous peoples has been violently devalued. In mathematics classrooms, the politics of knowledge needs to be part of the mathematical conversation and in this way we can develop respect for mathematical diversity.

REFERENCES

- BOYER, C. B.; MERZBACH, U. C. *A history of mathematics*. New York: John Wiley & Sons, 1989.
- BROWN, S. I. Thinking like a mathematician: A problematic perspective. *For the Learning of Mathematics*, v.17, n.2, p.36-38, 1997.
- CHACE, A. B.; MANNING, H. P.; ARCHIBALD, R. C. *The Rhind mathematical papyrus British Museum 10057 and 10058* (v. I). Oberlin, Ohio: Mathematical Association of America, 1927.
- CHACE, A. B.; MANNING, H. P.; ARCHIBALD, R. C. *The Rhind mathematical papyrus British Museum 10057 and 10058* (v. II). Oberlin, Ohio: Mathematical Association of America, 1929.
- D’AMBROSIO, U. Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. *For the Learning of Mathematics*, v.5, n.1, p.44-48, 1985.
- D’AMBROSIO, U. Reflections on ethnomathematics. *International Study Group on Ethnomathematics Newsletter*, v.3, n.1, p.3-5, 1987.
- D’AMBROSIO, U. Ethnomathematics: A research program in the history of ideas and in cognition. *International Study Group on Ethnomathematics Newsletter*, v. 4, n.1, p.5-8, 1988.
- D’AMBROSIO, U. *Etnomatemática: arte ou técnica de explicar e conhecer*. Sao Paulo: Editora Atica, 1990.
- D’AMBROSIO, U. Where does ethnomathematics stand nowadays? *For the Learning of Mathematics*, v. 17, n.2, p.13-17, 1997.
- D’AMBROSIO, U. *Etnomatemática: Elo entre as tradições e a modernidade*. Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2001.

- D'AMBROSIO, U. O Programa Etnomatemática: uma síntese. *Acta Scientiae*. Canoas: Universidade Luterana do Brasil, v.10, n.1, 2008.
- DIOP, C. A. *The African origin of civilization: Myth or reality* (M. Cook, Trans.). Chicago: Lawrence Hill, 1974.
- DIOP, C. A. Africa's contribution to world civilization: The exact sciences. In SERTIMA, I. V. (Ed.) *Nile Valley Civilizations* Atlanta, Georgia: Journal of African Civilizations, 1985. p.69-83.
- EGLASH, R. *African fractals: Modern computing and indigenous design*. New Brunswick, NJ: Rutgers University, 1999.
- FREIRE, P.; MACEDO, D. *Literacy: Reading the word and the world*. South Hadley, MA: Bergen and Garvey, 1987.
- GALTON, F. *Memories of my life*. London: Methuen, 1909.
- GATTEGNO, C. *The science of education: Part 1: Theoretical considerations*. New York: Educational Solutions, 1987.
- GERDES, P. Desenhos tradicionais na areia em Angola e seus possíveis usos na aula de matemática. *Boletim de Educação Matemática*. Especial 1, p.51-77, 1989.
- GERDES, P. *Sobre o despertar do pensamento geométrico*. Curitiba: Universidade Federal de Paraná, 1992.
- GERDES, P. *Geometry from Africa: Mathematical and educational explorations*. Washington, DC: The Mathematical Association of America, 1999.
- GERDES, P. *Os manuscritos filosófico-matemáticos de Karl Marx sobre o cálculo diferencial: Uma introdução*. Morrisville, NC: Lulu.com, 2008.
- GILLINGS, R. J. *Mathematics in the time of the pharaohs*. Mineola, New York: Dover, 1972.
- GILLINGS, R. J. *Mathematics in the time of the pharaohs*. Mineola, New York: Dover, 1982.
- HOFFMAN, M. R.; POWELL, A. B. A multivalent tool for computation. *Mathematics in College* (Fall/Winter), p.43-51, 1988.
- HOFFMAN, M. R.; POWELL, A. B. Circle expressions and equations: Multivalent pedagogical tools. In: PIMM, D.; LOVE, E. (Ed.), *Teaching and learning school mathematics*. London: Hadder & Stoughton, 1991. p.91-96.
- JACKSON, J. G. *Introduction to African civilizations*. New York: Citadel, 1970.
- JOSEPH, G. G. *The crest of the peacock: Non-European roots of mathematics*. London: I. B. Tauris, 1991.
- KATZ, V. J. *A history of mathematics: An introduction*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1998.
- LUMPKIN, B. Mathematics and engineering in the Nile Valley. In: SERTIMA, I. V. (Ed.), *Nile Valley Civilizations*. Atlanta, Georgia: Journal of African Civilizations, 1985. p.102-119.
- LUMPKIN, B. Mathematics used in Egyptian construction and bookkeeping. *The Mathematical Intelligencer*, v. 24, n.2, p.20-25, 2002.
- LUMPKIN, B.; POWELL, A. B. *Math: A rich Heritage*. Upper Saddle, NJ: Globe Fearon, 1995.
- MARCUSE, H. *One-dimensional Man: Studies in the ideology of advanced industrial society*. Boston: Beacon, 1964.

MARX, K. *Mathematical manuscripts*. London: New Park, 1983.

MOSES, R. P.; COBB, C. E. *Radical equations: Math literacy and civil rights*. Boston: Beacon, 2001.

PINXTEN, R.; VAN DOREN, I.; HARVEY, F. *The anthropology of space*. Philadelphia: University of Pennsylvania, 1983.

POWELL, A. B. Pedagogy as ideology: Using Gattegno to explore functions with graphing calculator and transactional writing. In: JULIE, C.; ANGELIS, D.; DAVIS, Z. (Ed.), *Proceeding of the second international conference on the political dimensions of mathematics education*. Cape Town: Maskew Miller Longman, 1993. p.356-369.

POWELL, A. B.; FRANKENSTEIN, M. *Ethnomathematics: Challenging eurocentrism in mathematics education*. Albany: State University of New York, 1997.

POWELL, A. B.; TEMPLE, O. L. Construindo pontes entre passado e presente: Etnomatemática, *O Papiro Matemático de Ahmose* e estudantes urbanos. In: RIBEIRO, J. P. M.; DOMITE, M. D. C.; FERREIRA, R. (Ed.), *Etnomatemática: papel, valor e significado*. São Paulo: Zouk, 2004. p.1-33.

ROBINS, G.; SHUTE, C. *The Rhind mathematical papyrus: An ancient Egyptian text*. New York: Dover, 1987.

SHULMAN, B. *The betrayal of work: How low-wage jobs fail 30 million Americans*. New York: The New Press, 2003.

STRUIK, D. J. Marx and mathematics. *Science and Society*, v.12, n.1, p.181-196, 1948.

STRUIK, D. J. Marx and mathematics. In: POWELL, A. B.; FRANKENSTEIN, M. (Ed.), *Ethnomathematics: Challenging eurocentrism in mathematics education*. Albany: State University of New York, 1997. p.1-15.

ZASLAVSKY, C. *Africa counts: Number and patterns in African cultures*. Chicago: Lawrence Hill, 1999.

Recebido em: ago. 09

Aceito em: nov. 09

La investigación en Didáctica de la Matemática y el diseño del currículo: una visión con el uso de la tecnología

Eugenio Carlos Rodríguez

RESUMEN

El presente trabajo expresa diversos criterios sobre los problemas actuales en las investigaciones en Didáctica de la Matemática y en el diseño del currículo de Matemática, específicamente en carreras de ingeniería. Cuando se dice Didáctica de la Matemática se está refiriendo a la Didáctica como la ciencia que estudia como objeto el proceso docente-educativo dirigido a resolver la problemática que se le presenta a la escuela: la preparación del hombre para la vida, pero de un modo eficiente y sistémico, particularmente cuando concreta su campo de acción a una disciplina determinada: la Matemática. No se está haciendo referencia a la práctica social asociada a la Matemática Educativa, conocida en la Europa continental como Didáctica de la Matemática, como mencionan Cantoral y Farfán (2009). Se aborda el tema del uso de las tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta disciplina, los cambios que se introducen en este proceso y la necesidad de realizar investigaciones que produzcan cambios importantes en los enfoques y procedimientos asociados.

Palabras clave: Didáctica de la Matemática. Currículo. Tecnología.

A investigação em Didática da Matemática e a concepção de currículo: uma visão com o uso de tecnologia

RESUMO

O presente trabalho expressa diversos critérios sobre os problemas atuais nas investigações em Didática da Matemática e sobre a concepção de currículo de Matemática, especificamente em carreiras de Engenharia. Quando se diz Didática da Matemática, faz-se uma referência à Didática como a ciência que estuda, como objeto, o processo docente-educador no sentido de resolver a problemática que se apresenta à escola: a preparação do homem para a vida, mas de uma maneira eficiente e sistemática, especialmente quando consolida seu campo de ação em uma determinada disciplina: a Matemática. Não se está fazendo referência à prática social associada à Educação Matemática, conhecida na Europa continental como Didática da Matemática, de acordo com Cantoral e Farfan (2009). Aborda-se a questão da utilização da tecnologia no processo ensino-aprendizagem desta disciplina, as mudanças que são introduzidas no processo e a necessidade de realizar investigações que produzam importantes mudanças nos enfoques e procedimentos adotados.

Palavras-chave: Didática da Matemática. Currículo. Tecnologia.

Eugenio Carlos Rodríguez es Doctor en Ciencias Técnicas y profesor titular del Departamento de Matemática General de la Facultad de Ingeniería Industrial en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae), Calle 114, nº 11901 entre 119 y 127, Marianao, Ciudad de la Habana, Cuba. E-mail: ecarlos@tesla.cujae.edu.cu

Acta Scientiae	Canoas	v. 11	n.2	p.53-68	jul./dez. 2009
----------------	--------	-------	-----	---------	----------------

LAS INVESTIGACIONES EN DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA

Sin lugar a dudas la Matemática constituyen un obstáculo en el camino de un gran número de estudiantes, en diferentes niveles de enseñanza.

Insalvable para muchos, el obstáculo de la Matemática es la causa del fracaso escolar de una buena parte de los estudiantes que abandonan antes de concluir los estudios.

Cada año se celebran un sin número de Congresos, Simposios, Reuniones, Talleres, Seminarios, etc, relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, en los que participan miles de maestros y profesores de Matemática, así como investigadores en distintas temáticas relacionadas con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática, todos con el propósito de intercambiar experiencias en la solución del problema de cómo enseñar mejor y cómo lograr que se aprendan mejor la Matemática. Con este propósito se preguntan qué contenidos de Matemática se enseñan, cómo se enseñan, de ellos cuales se aprenden, qué elementos intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática y muchas otras cuestiones de interés común.

Todas estas personas investigan en aspectos relacionados con la pedagogía de la Matemática, específicamente relacionados con la Didáctica de la Matemática, como disciplina científica lógicamente estructurada e independiente (BERMÚDEZ, 1994; DEL RÍO, 1992; GODINO, 2001; TORRES, 2000).

Dando respuesta a la pregunta de por qué se investiga en la Didáctica de la Matemática, E.G. Begle y E.G. Gibb (1980) dicen: “hay una necesidad de comprender mejor, cómo, donde y por qué la gente aprende o no aprende Matemáticas”.

En ese mismo artículo estos autores señalan los elementos que interactúan en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática:

1. Los estudiantes: habilidades intelectuales, madurez, estilo de aprendizaje, actitudes, ajustes emocionales y sociales.
2. Los contenidos: alcances, ordenamiento, velocidad esperada para desarrollar y procesar los conocimientos matemáticos y su comprensión.
3. Los maestros: conocimientos matemáticos, características humanas, papel que juegan en las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.
4. Modos de instrucción: métodos de enseñanza, uso de medios, diseño de materiales para el proceso de instrucción.

La investigación en Didáctica de las Matemática cubre desde los fundamentos teóricos del desarrollo cognitivo y las diferencias individuales entre los estudiantes hasta los problemas de toma de decisiones en el aula y la escuela y los programas de formación de maestros y profesores (BEGLE, 1980).

Un análisis a los distintos paradigmas de investigación en Didáctica de la Matemática, así como de sus principales problemas de investigación (GODINO, 2001) nos llevan a una gran variedad de temas, entre ellos (KILPATRICK, 1995):

1. Cambios curriculares: los cambios hacia un mayor interés en las aplicaciones de la Matemática y un mayor uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) conducen a un incremento en las investigaciones en estos cambios del currículo.
2. Práctica docente: incluye el análisis del papel del profesor y del alumno, y la relación entre ellos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. El proceso de aprendizaje: se trata del estudio de los procesos cognitivos generales cuando se estudian la Matemática, los procesos y estrategias utilizadas para buscar respuestas a los problemas planteados por la Matemática.
4. Prácticas de evaluación: estudia los efectos de la evaluación en la práctica docente y en el aprendizaje.
5. Desarrollo profesional: profundiza en los programas de formación de maestros y profesores de Matemáticas: qué deben saber de Matemáticas y cómo combinar estos conocimientos con el conocimiento y la práctica pedagógica.
6. Contexto social: el aprendizaje individual y el aprendizaje en grupos, las influencias sociales en el aprendizaje.
7. El empleo de la tecnología: la atención de los investigadores se ha centrado en el desarrollo de softwares educativos, para alumnos y profesores y su efecto en la aplicación de los mismos en la práctica docente. Las TIC están penetrando, al principio lentamente, hoy a mayor velocidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje y transformando los paradigmas de este proceso.

LOS NUEVOS PARADIGMAS Y LA INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA

El creciente desarrollo de las TIC, contribuye a que en el ámbito educativo se lleven a cabo necesarias transformaciones para adecuarse a una sociedad en estado de cambio permanente, con nuevas necesidades y valores.

En el ámbito educativo y particularmente en las aulas, el impacto que producen las TIC determina los grandes cambios a que está sometida la educación, transformándola no sólo en cuanto a su forma, sino también, y en buena medida, a su contenido.

En especial en la Matemática, la introducción de las tecnologías hace que los conocimientos, habilidades, modos de la actividad mental y actitudes que se desea formar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se desarrollen de forma tal que los alumnos se habitúen a reflexionar, plantear hipótesis y conjeturas, validarlas y valorarlas.

Ante estas transformaciones que tienen lugar en la educación surgen numerosas interrogantes:

- ¿Qué papel le corresponde a la escuela?
- ¿Está la escuela suficientemente preparada para asumir el reto tecnológico en la formación de futuras generaciones?
- ¿Sustituirán las nuevas tecnologías en la enseñanza al maestro o se integrarán al marco del proceso de enseñanza-aprendizaje?

En este proceso de inclusión de las TIC debemos actuar desde posturas bien fundamentadas pedagógicamente. Dado que, como bien se sabe, estas herramientas no fueron creadas con fines pedagógicos, la escuela debe adaptarlas a las exigencias y peculiaridades de los procesos educativos que en su seno se desarrollan desde una perspectiva innovadora (O'FARRILL, 2001).

Hay varias ideas fundamentales sobre el papel de las tecnologías en la educación, algunas de las cuales es necesario destacar (O'FARRILL, 2001):

Aprendizaje a lo largo de toda la vida

En primer lugar, el ritmo de cambio es tan rápido que los sistemas de formación inicial no pueden dar respuesta a todas las necesidades presentes y futuras de la sociedad. Hace años que lo sabemos y que somos conscientes de que la formación debe prolongarse durante toda la vida, que el reciclaje y la formación continuada son elementos clave en una sociedad que cambia tan rápidamente.

Nuevos roles para las instituciones educativas

La deslocalización de la información y la disponibilidad de nuevos canales de comunicación tienen efectos notables en las instituciones educativas tradicionales. El más evidente es la globalización de algunos mercados educativos. Es posible que en breve, muchas instituciones compitan en un renovado mercado de formación a distancia a través de las redes telemáticas. La perspectiva tradicional de la educación a distancia está cambiando a pasos agigantados. Las redes no sólo sirven como vehículo para hacer llegar a los estudiantes materiales para el autoestudio (sustituyendo al cartero), sino para crear un entorno fluido multimedia de comunicación entre profesores y alumnos y, tal vez lo más necesario en la actualidad, entre los propios alumnos. Clases a través de videoconferencias, entorno de trabajo en grupo, distribución por línea de los materiales multimedia, etc. son habituales en la educación a distancia. Aplicaciones de este tipo ya funcionan. Ahora solo es necesario que las infraestructuras de comunicaciones lo permitan de modo generalizado.

Nuevos roles para profesores y estudiantes

Hablar de la transformación del rol del profesorado universitario en la era digital, o de las perspectivas de dicha transformación, nos lleva a considerar temas íntimamente relacionados con la vida universitaria, entre ellos la tradición y/o innovación, o la misma función de la institución universitaria. No podemos ignorar los cambios que se avecinan para la institución universitaria en los próximos años y ambos, rol del profesor y cambios en la institución, están fuertemente relacionados. Si la llegada de las TIC va a afectar a las formas de enseñanza de las universidades, entonces el rol de los profesores se verá afectado.

Nuevos materiales de enseñanza y aprendizaje

La digitalización y los nuevos soportes electrónicos están dando lugar a nuevas formas de almacenar y presentar la información. Los tutoriales multimedia, las bases de datos en línea, las bibliotecas electrónicas, los hipertextos distribuidos, etc., son nuevas maneras de presentar y acceder al conocimiento que superan en determinados contextos las formas tradicionales de la explicación oral, la pizarra, los apuntes y el manual. No es necesario explicar las bondades de las simulaciones de procesos, la representación gráfica, la integración de texto, imagen y sonido o de la navegación hipertextual. En el futuro estos tipos de soportes serán utilizados de forma creciente en todos los niveles educativos. Las herramientas de autor permitirán que los profesores desarrollen sus propias aplicaciones para la enseñanza.

A pesar de los avances de las tecnologías en su relación con la educación sigue existiendo un problema en la utilización de los recursos informáticos en el proceso de enseñanza-aprendizaje: la falta de un enfoque pedagógico que combine adecuadamente las posibilidades que brindan estos recursos con los resultados de una investigación seria de su utilización desde el punto de vista de la Didáctica.

Un primer acercamiento a este enfoque se plantea por la profesora Durán (2001) en su tesis de Maestría, cuyos elementos fundamentales se dan a continuación.

A pesar de que a primera vista, se aprecian como componentes del proceso docente educativo el aprendizaje, la enseñanza y la materia de estudio, el resultado de un análisis más profundo de este proceso permite distinguir como componentes fundamentales del proceso los siguientes: objetivos, contenidos, métodos, formas de enseñanza, medios, evaluación del aprendizaje y proceso de comunicación entre los participantes.

Los medios de enseñanza-aprendizaje

En este análisis es esencial el uso de los medios informáticos, como medios de enseñanza-aprendizaje, considerando como concepto de medios de enseñanza-aprendizaje: “todos los medios materiales necesitados por el maestro o el alumno para una estructuración y conducción efectiva y racional del proceso de educación e instrucción

a todos los niveles, en todas las esferas de nuestro sistema educacional y para todas las asignaturas, para satisfacer las exigencias del plan de enseñanza” y teniendo en cuenta que puestos en manos de los estudiantes se convierten en medios de aprendizaje.

Específicamente consideraremos cómo los medios informáticos influyen sobre las restantes categorías didácticas particularmente algunas herramientas consideradas dentro de las TIC, tales como el Correo Electrónico, los Foros de Discusión “off line”(pizarrón de mensajes) y “on line” (chat), los Hipertextos, los Asistentes Matemáticos, las plataformas virtuales y otras tecnologías específicas.

Por la importancia de los medios de enseñanza-aprendizaje en este proceso, haremos un aparte para referirnos a ellos.

Los objetivos

En tanto, la computadora es un instrumento matemático por excelencia, el trabajo sistemático con ella, y sobre todo a través del uso de distintas tecnologías, permite ahondar en la formación del pensamiento matemático de los estudiantes y en consecuencia, plantearse objetivos de mayor alcance e importancia imposibles en épocas pretéritas.

Los contenidos

Esa influencia de las TIC sobre los objetivos se refleja de forma directa sobre los contenidos, y no solamente sobre los contenidos específicos, por la relación que existe entre ambas categorías. El gran volumen de información científico técnica que a diario se produce y divulga en el mundo y la rapidez con que caduca una parte de ella, hace que la permanencia o inclusión en el currículo de contenidos, sobre todo específicos, sea objeto de discusión por parte de directivos y docentes, pues de lo que se trata es de organizar la asignatura, sin ampliar el tiempo lectivo dedicado a ella y asegurar que se satisfagan las exigencias del modelo del profesional deseado.

El uso de las tecnologías tiene una incidencia directa en el tratamiento de los contenidos específicos pues permite abordar ejercicios de mayor complejidad y que pueden producir un mayor acercamiento a los problemas reales de la ciencia y la técnica y así desplazar el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje hacia la modelación y el discernimiento, en resumen hacia el desarrollo de las habilidades generales matemáticas, dejando los cálculos laboriosos e intrascendentes desde el punto de vista didáctico a la computadora.

Al analizar el uso de las herramientas incluidas en las TIC se observa que estas inciden en primera instancia sobre los contenidos no específicos de enseñanza, especialmente los relacionados con los procedimientos para realizar la actividad de estudio, los que de forma directa se reflejarán en las posibilidades que tendrá el estudiante para la superación autodidacta en su vida como profesional.

Por otra parte las TIC posibilitan la incidencia sobre un tercer tipo de contenidos no específicos: la formación de valores éticos y morales, tales como la honestidad, la honradez, el sentido del trabajo, la responsabilidad y la creatividad.

Los métodos

Otra de las categorías didácticas que reciben la influencia de los medios son los métodos, considerados como una serie de pasos u operaciones estructuradas lógicamente, con las que se ejecutan distintas acciones encaminadas a lograr un objetivo determinado.

En el proceso docente educativo el método es la principal vía que toman el profesor y el estudiante para lograr los objetivos fijados en el plan de enseñanza, para impartir y asimilar el contenido de ese plan. Por tal motivo se puede hablar de métodos de enseñanza y métodos de aprendizaje los cuales mantienen una interrelación dialéctica.

No es lo mismo cuando se está utilizando el método expositivo y se utiliza la computadora para mostrar lo que se explica, que cuando el alumno tiene que imaginar lo que se le quiere explicar. Esto fundamentalmente se destaca cuando se explican determinados procesos dinámicos y son visualizados utilizando la computadora. Ni tampoco es igual cuando de forma independiente tiene que estudiar determinado contenido, y tiene que utilizar sólo los libros de texto, que cuando dispone de algún hipertexto para tal fin, lo que, en dependencia de la cantidad de nodos de información y enlaces de esa herramienta, puede ser tan amplio y potente que utilice recursos multimedia (lo que se considera hipermedia) y hagan posible un trabajo independiente de más calidad.

Las formas de enseñanza

Consideremos como formas organizativas fundamentales del proceso docente educativo la clase, la práctica laboral, el trabajo investigativo de los estudiantes, la autopreparación de los estudiantes y la consulta, y centremos la atención en la clase, la autopreparación y la consulta.

Se considera que las formas de enseñanza varían considerablemente si se utilizan los medios informáticos analizados anteriormente pues la forma de desarrollar las clases adquieren nuevos matices, así como la consulta y la autopreparación del estudiante alcanzan otras dimensiones.

La evaluación

La utilización de la tecnología informática brinda la posibilidad de ampliar la concepción de la evaluación del aprendizaje. La evaluación se modifica sustancialmente al utilizar estas herramientas ya que la posibilidad de cumplimiento de las funciones de la evaluación aumenta, en particular la función educativa, motivadora pues, favorece que el alumno defienda y argumente sus explicaciones contribuyendo a la formación

de convicciones, formación de hábitos de estudio, el desarrollo del sentido de la responsabilidad y la autoevaluación.

Las consideraciones que se acaban de realizar en cuanto a matices y perspectivas didácticas que se producen por la introducción de algunas herramientas de la tecnología informática se reafirman a continuación, dado que ésta ha venido a complementar o sustituir procesos que anteriormente se desarrollaban sin el uso de la tecnología informática. Asimismo, ha venido a introducir innovaciones o transformaciones en el proceso enseñanza-aprendizaje.

La complementación o sustitución de procesos se ponen de manifiesto en:

- Las consultas a los estudiantes, identificadas como una forma de enseñanza, como un espacio previsto por el profesor para que el estudiante acuda a evacuar sus dudas o a proponer sus alternativas de solución a los problemas. Estas herramientas brindan una alternativa más para realizar las consultas e inclusive para algunos estudiantes se puede producir prácticamente una sustitución de la consulta presencial por una consulta mediada por la computadora.
- Las orientaciones para el estudio, para las clases prácticas, seminarios o laboratorios donde en lugar de imprimir una página o folleto a estos fines, aparecen en un sitio Web a modo de sustitución.

El proceso de evaluación del aprendizaje, el cual se complementa y enriquece con el uso de la tecnología informática, fundamentalmente en su función de retroalimentación.

Los elementos de innovación o transformación se identifican en lo siguiente:

- Se induce a los estudiantes a incursionar de manera independiente en partes de la materia objeto de estudio. Con ello se favorece el desarrollo de la autopreparación como forma de enseñanza obligada ante el nuevo valor del conocimiento y la necesidad de formación continua.
- La organización tradicional, por llamarle de alguna manera, va desapareciendo y está siendo reemplazada por una forma de proceder de profesores y estudiantes totalmente nueva. Esta transformación se concreta en un canal de comunicación estudiante/profesor, estudiante/estudiante, con características propias. Como se puede apreciar los estudiantes utilizan la tecnología para colaborar, consultar a otros, solicitar ayuda por correo electrónico, etc.
- El ambiente de aprendizaje se va tornando diferente y la didáctica no se queda al margen de estos cambios.

Desde la perspectiva del profesor la utilización de estas herramientas constituye un gravamen para su trabajo ya que tiene que manejar simultáneamente dos ambientes de enseñanza-aprendizaje. Es necesario destacar que el profesor requiere poseer habilidades elementales en el manejo de estas herramientas de las TIC y buenos conocimientos sobre la herramienta tecnológica específica que se haya decidido utilizar para dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura con creatividad.

Las Nuevas Tecnologías y la educación han avanzado hacia la utilización de las Redes de Comunicación, lo que está teniendo un gran impacto en los procesos de formación y capacitación como Sistemas de Enseñanza no Presencial basados en las plataformas virtuales que soportan dichas redes en diferentes escenarios educativos, ubicados en condiciones tecnológicas, culturales y económicas de gran diversidad.

No obstante, un rápido análisis de la realidad actual nos revela que hay muy pocas experiencias que verdaderamente superen las formas tradicionales de aprendizaje utilizadas en la enseñanza a distancia, y que sólo se ha producido una actualización tecnológica en función del uso de Internet y de algunos desarrollos multimedia.

Así, es poco frecuente encontrar que dichas experiencias comiencen por caracterizar la situación de aprendizaje, el modelo educativo de referencia y el diseño de estrategias para ese entorno.

En la configuración de un escenario, en el que se considere el uso de las tecnologías en la enseñanza no presencial o semipresencial, se deben considerar los siguientes aspectos (SANTÁNGELO, 2000):

Una caracterización de la situación de aprendizaje

La primera aproximación a una situación de aprendizaje nos enfrenta a un conjunto de interrogantes, tales como:

- ¿Explicitaron los docentes las intenciones educativas?
- ¿Reconocieron los conocimientos previos de los estudiantes?
- ¿Se consideró el criterio de significatividad de los aprendizajes?

Una primera aproximación al contenido

La cantidad y calidad de la información y de los conocimientos a suministrar deberán precisarse en virtud del perfil de los estudiantes y del tiempo que se prevé para cada actividad de formación. Es deseable que, además del conjunto de contenidos académicos, también se definan las competencias que se esperan desarrollar junto a las actitudes y valores pertinentes.

Una descripción de la situación

Para la situación de aprendizaje, debemos considerar que los estudiantes deben comprometer una cierta cantidad de tiempo efectivo. A su vez, los docentes necesitarán, mayor tiempo para preparar y administrar el curso.

Es necesario pensar en Modelos Pedagógicos cuando decidimos el uso de Nuevas Tecnologías, especialmente en la Educación a Distancia o más propiamente en la Enseñanza no Presencial, porque muy frecuentemente el impacto y los avances rápidos de las tecnologías de la información y la comunicación hacen que se les considere el factor principal y esto anula o deja de lado los principios básicos del aprendizaje, reduciéndolos a una versión superficial e intuitiva.

Generalmente se observa un desplazamiento excesivo hacia la importancia de los materiales y contenidos, y el uso de algunas herramientas informáticas (e-mail, listas de distribución, páginas web, etc.) por encima de los niveles y procesos de interacción y construcción de significados compartidos entre docentes y estudiantes.

A la hora de diseñar un Modelo de Enseñanza no Presencial, es fundamental que derive y sea coherente con un modelo psicopedagógico, que guíe el enfoque educativo, los programas, las situaciones y actividades y las tareas de formación o capacitación.

LAS TECNOLOGÍAS COMO MEDIOS DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE

En todos los casos anteriores un elemento común se muestra como imprescindible, los medios de enseñanza-aprendizaje.

El concepto de mediación

La palabra mediación significa la acción y el efecto de mediar, que es interceder, interponer, estar en medio de algo. Desde una óptica filosófica expresa la existencia de un objeto o concepto a través de sus relaciones con otros objetos o conceptos. En Psicología es el proceso de ubicación y utilización de un elemento material o una estructura psicológica de carácter simbólico entre el individuo y la realidad sobre la que opera para transformarla o conocerla.

Fue L. S. Vigotsky (1979) quien introdujo en la teoría psicológica el concepto de mediación para designar la función de los instrumentos, tanto materiales como psicológicos, que constituyen herramientas de interposición en las relaciones de las personas con otras personas y con el mundo de los objetos sociales. Este concepto en el proceso educativo adquiere una dimensión especial por su papel en la socialización de la personalidad de una manera sistematizada, por tanto se habla de una mediación pedagógica.

La mediación pedagógica

Su esencia radica en el proceso interactivo del profesor y de los medios de enseñanza-aprendizaje con los alumnos, que es capaz de promover y acompañar el aprendizaje. Presupone una atención y un tratamiento especial a todos los elementos personales y no personales del proceso pedagógico con la intención de viabilizar un proceso educativo participativo, creativo, interactivo y expresivo.

Todos estos elementos se convierten en mediadores de dicho proceso para facilitarlos y elevar su calidad, por tanto, el acto de mediar pedagógicamente es ofrecer recursos para promover un aprendizaje acorde a los tiempos que corren y el profesor tiene obligatoriamente que convertirse en un mediador de excelencia entre los resultados de la Cultura (conocimientos teóricos y práctica profesional) y los alumnos. La mediación pedagógica debe concebirse como un fenómeno integral que afecta a todos los participantes en el proceso educativo, así como a los objetivos, los contenidos, los medios, las formas y la evaluación de la enseñanza.

El conocimiento científico

Uno de los problemas esenciales de la enseñanza de la Matemática consiste en la utilización de métodos y medios de enseñanza-aprendizaje que propicien en los alumnos la formación de un conocimiento científico. Cuando el conocimiento que se quiere formar es científico, tiene que crear una actividad cognoscitiva nueva (Labarrere, 1994), lo que hace que la enseñanza y los medios de enseñanza que utilizemos sean diferentes, particularmente por el lenguaje que tiene la Matemática, que ha de ser el lenguaje científico donde, además del habitual, se da el simbólico.

Las tecnologías (Martín, 2000) constituyen medios importantes y actuales para lograr esto, pues no basta con la enseñanza expositiva para que el estudiante se forme un conocimiento científico de la Matemática, pues, la actitud científica hay que formarla, educarla en los estudiantes.

Hay dos niveles del conocimiento científico de la Matemática, el empírico y el teórico. El nivel empírico da sólo el saber del hecho o los hechos fundamentales que caracterizan un fenómeno. Es un saber principalmente de datos, de hechos y de propiedades. Para este caso las tecnologías son un potente medio, con la visualización, a través de las tecnologías podemos formar el nivel empírico, pues este emplea acciones materiales sobre los objetos, y esto sienta las bases para el nivel teórico que emplea esencialmente la abstracción, sobre la base del saber empírico, y puede así el maestro llevar al alumno a que descubra las propiedades esenciales.

El nivel empírico utiliza un lenguaje descriptivo para obtener saber sobre los hechos, por lo que es común la utilización de los datos, mientras que el nivel teórico emplea un lenguaje simbólico y su sentido son los objetos ideales.

Ambos niveles se distinguen también por los métodos de enseñanza y aprendizaje. El empírico emplea métodos que permiten describir los hechos, y es por eso que para

este nivel resulta útil la utilización de los medios, y el nivel teórico utiliza métodos para distinguir las esencias, por ejemplo el hipotético-deductivo, el lógico histórico, la ascensión de lo abstracto a lo concreto pensado, etc.

Por tanto, consideramos que la metodología de la utilización de los medios, para la formación de un conocimiento científico en la enseñanza de la Matemática, se determina por los principios siguientes (CREA, 2003):

- a) Permitir la objetividad y cognoscibilidad de los fenómenos;
- b) Dar un enfoque multifacético en el estudio de los procesos, fenómenos y hechos, su interacción e interdependencia;
- c) Permitir la consideración de los objetos de investigación en movimiento, cambio y desarrollo;
- d) Posibilitar dar paso del análisis y la explicación del fenómeno al conocimiento de su esencia, la revelación de las leyes, tendencias y regularidades de los fenómenos y hechos estudiados;
- e) Considerar la práctica como fuente y criterio de la veracidad.

El conocimiento científico expresa siempre una aproximación más objetiva al conocimiento verdadero porque su intencionalidad es precisamente esta, por lo que tiene que hacer uso de medios de probada efectividad para desentrañar la esencia de los objetos y fenómenos de la realidad y establecer diferentes instancias de complejidad de este, y las tecnologías constituyen en la actualidad un potente medio con estas características, por lo que desde la primaria hasta el nivel universitario se debe valorar las vías didácticas para su uso efectivo.

Los medios de enseñanza-aprendizaje como mediadores en este proceso

Es casi imposible pensar en la realización de este proceso sin la existencia de los medios de enseñanza-aprendizaje, aun en el caso de una actividad puramente expositiva, en esta, la voz del profesor es el medio esencialmente utilizado para desarrollar el contenido en función del objetivo propuesto.

La tecnología brinda herramientas poderosas para ser utilizadas como medios de enseñanza-aprendizaje, por ejemplo, las computadoras y las calculadoras graficadoras. El uso de la tecnología implica un cambio en los paradigmas, el modelo de enseñanza tradicional tiene que ser transformado simultáneamente con la introducción de las TIC, mediante nuevas concepciones pedagógicas.

Las TIC no sólo son un nuevo medio de enseñanza para seguir haciendo lo que se hacía antes; sino una oportunidad de cambio hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje

que potencie el desarrollo de la personalidad de los educandos, el diálogo y la investigación conjunta de profesor y estudiantes en conjunto, visto el primero sólo como un colaborador más experimentado y facilitador del proceso de aprendizaje de sus alumnos, donde ambos adquieran habilidades para la gestión de la información y el conocimiento en los nuevos entornos de aprendizaje donde antes aprendían a tomar buenas notas de clase, y donde el propósito sea aprender a aprender, aprender a ser y aprender a desaprender, fundamentalmente.

OTRO ENFOQUE DEL PROBLEMA: EL CURRÍCULO DE MATEMÁTICA

Otro enfoque del problema, planteado por Carlos y Ansola (2009) parte de la perspectiva del diseño curricular, particularmente en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Matemática, y más específicamente en las carreras de ingeniería.

Las calculadoras, los softwares conocidos como Asistentes Matemáticos y otras tecnologías, ayudan en la recolección, grabación, organización y análisis de datos. Aumentan además la capacidad de hacer cálculos y ofrecen herramientas convenientes, precisas y dinámicas que dibujan, grafican y calculan. Con estas ayudas, los estudiantes pueden extender el rango y la calidad de sus investigaciones matemáticas y enfrentarse a ideas matemáticas en ambientes más realistas.

Sin embargo, en las carreras de ingeniería, estos resultados no siempre se alcanzan, aún con la introducción del uso de distintas herramientas tecnológicas, entre ellas Asistentes Matemáticos, calculadoras graficadoras, plataformas virtuales y otras.

Entre los obstáculos que impiden el logro de estos propósitos se pueden mencionar los siguientes:

- Los profesores no siempre tienen la preparación adecuada para enfrentar el reto que significa aplicar las tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática.
- Los estudiantes no siempre tienen los conocimientos y habilidades necesarias en el uso de las tecnologías para enfrentar el aprendizaje de la Matemática haciendo uso de ellas.
- El diseño de los currículos de Matemática no poseen la coherencia necesaria para lograr desarrollar habilidades en el uso de las potencialidades que brindan las tecnologías.

Como resultado, el estudiante transita por las asignaturas de Matemática y no logra desarrollar las habilidades necesarias para aprovechar las potencialidades de las tecnologías.

Para lograr lo anterior se hace imprescindible realizar cambios en los currículos, así como en los métodos y estilos de trabajo y en los enfoques de las tareas que se les presentarán a los alumnos.

Un programa de Matemáticas diseñado con el uso explícito de las tecnologías (Rico, 1998), deberá contribuir al desarrollo tanto del alcance del contenido matemático como del rango de situaciones problemáticas o tipos de problemas al que pueden enfrentarse los estudiantes (Guerrero, 2002). El uso de herramientas de cálculo poderosas, así como las construcciones y representaciones visuales ofrecen a los estudiantes acceso a contenidos matemáticos y a contextos que de otro modo serían para ellos muy difíciles de explorar. El uso de herramientas tecnológicas para trabajar en contextos de problemas interesantes puede facilitar el logro de los estudiantes en una variedad de categorías de aprendizaje de orden superior tales como reflexión, razonamiento, planteamiento de problemas, solución de problemas y toma de decisiones.

La falta de coherencia entre el diseño de los currículos de Matemática en las carreras de ingeniería y el uso que se hace de las tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas materias, limita el uso de las potencialidades que brindan las herramientas tecnológicas de que se dispone.

Se requiere entonces una investigación seria que, como resultado, muestre importantes transformaciones en el diseño de los currículos de Matemática en las carreras de ingeniería, en los cuales, la contradicción que requiere ser transformada se manifiesta en:

1. Los sistemas de objetivos y habilidades de los Programas de Disciplinas y asignaturas.
2. Los sistemas de evaluación de las asignaturas y el diseño de las evaluaciones.
3. Los tipos de clases que se utilizan para impartir las asignaturas.
4. El diseño de los ejercicios, problemas y tareas.

Una investigación de este tipo debe dar como resultado un Sistema Didáctico para la Disciplina Matemática para carreras de ingeniería, que contribuya al desarrollo de habilidades en el uso de herramientas tecnológicas específicas para aprovechar las potencialidades de su utilización, a partir de un programa curricular diseñado con el uso explícito de la tecnología.

CONCLUSIONES

Las TIC pueden llegar a transformar la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, pero las computadoras por sí solas no transformarán este proceso.

Los maestros y profesores juegan el papel decisivo en esta transformación, junto a los investigadores están llamados a buscar las vías y métodos para la misma. La clave está en la investigación profunda en estos temas: la Didáctica de la Matemática cuando se utilizan las nuevas tecnologías y el diseño de currículos de Matemática con el uso explícito de las tecnologías.

Se considera que investigaciones de este tipo serán beneficiosas tanto desde el punto de vista de la Didáctica como por el hecho de que como resultado de la misma se obtendrá un currículo de Matemática, diseñado con el uso explícito de herramientas tecnológicas específicas, de manera que, en su tránsito por las asignaturas de Matemática, los estudiantes desarrollen las habilidades necesarias para aprovechar las potencialidades de estas herramientas.

Los resultados de estas investigaciones beneficiarán tanto a estudiantes como a profesores. Los profesores porque, habiendo recibido el entrenamiento necesario, estarán preparados para enfrentar el reto de aplicar las herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática.

Los estudiantes porque, el desarrollo de estas habilidades hará que sus conocimientos y modos de actividad mental se desarrollen de forma tal que se habitúen a reflexionar, plantear hipótesis y conjeturas, validarlas y valorarlas.

Esta investigaciones no solamente tienen su impacto en las transformaciones de las personas y en un proceso social interpersonal de gran repercusión, como es el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que, por tratarse del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática, su impacto se verá reflejado en el desarrollo de egresados con mayores capacidades para enfrentar situaciones nuevas con herramientas tecnológicas, y a mayor plazo, en el desarrollo de la Ciencia y la tecnología.

REFERENCIAS

- BEGLE, E.G.; GIBB, E.G. *Why Do Research*". En *Research in Mathematics Education, Professional Reference Series*. National Council of Teachers of Mathematics, USA, 1980.
- BERMÚDEZ, R. et al. *Diagnóstico sobre formación inicial y permanente del profesorado de Ciencias y Matemáticas (nivel medio) en los países iberoamericanos*. OEI. Madrid, 1994.
- CANTORAL, R.; FARFÁN, R. Matemática Educativa: una visión de su evolución. *Acta Scientiae*. Revista de Ensino de Ciências e Matemática v.11, n.1, p.7-20, 2009.
- CARLOS, E.; ANSOLA, E. El currículo de Matemática con tecnología en carreras de ingeniería. En XXIII REUNIÓN LATINOAMERICANA DE MATEMÁTICA EDUCATIVA (Relme 23), República Dominicana. *Anales...* República Dominicana, 2009.
- CARLOS, E.; ANSOLA, E; PÉREZ, O. L. La utilidad y el carácter instrumental de los conocimientos matemáticos, a través del uso de calculadoras gráficas. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, v. 22., 2009.
- CREA (Centro de Referencia para la Educación Avanzada). *Preparación Pedagógica Integral para profesores universitarios*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela, 2003.
- DEL RÍO, J. et al. *Análisis comparativo del currículo de Matemática (nivel medio) en Iberoamérica*. Madrid: Mare Nostrum Ediciones Didácticas, S.A, 1992.
- DURÁN BENEJAM, M. *La introducción de algunas herramientas de la tecnología*

informática en Álgebra Lineal para Ingeniería Informática: su impacto en la Didáctica. Tesis de Maestría. ISPJAE, La Habana, Cuba, 2001.

GODINO, J. D. *Paradigmas, problemas y metodologías de investigación en Didáctica de la Matemática.* En Teoría y métodos de investigación en Educación Matemática, 2001. Tomado de: <<http://www.ugr.es>>. Asesado en: 10 nov. 2009.

GUERRERO, ELOY; LAFFITA, P. O.; CHÁVEZ, A. Transformaciones en el currículo matemático de la enseñanza superior por el uso de las Tecnologías de la información y las Comunicaciones. En: PRIMER CONGRESO VIRTUAL DE APRENDIZAJE CON TECNOLOGÍA, Facultad Agroforestal del Centro Universitario de Guantánamo. Cuba. *Anales...* Cuba, 2002. Tomado de: <<http://www.universia.pr/congreso/75/75.doc>>. Asesado en: 10 nov. 2009.

KILPATRICK, J. *Investigación en educación matemática: su historia y algunos temas de actualidad.* Educación Matemática. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.

LABARRERE, A. *Pensamiento. Análisis y Autorregulación de la actividad cognoscitiva de los alumnos.* Ciudad México. México: Angeles Editores, 1994.

MARTÍN, A. *CÁCULO 2000. Matemática con calculadora gráfica.* División Didáctica Calculadoras Científicas, CASIO, 2000.

O'FARRILL DINZA, Y. *Cambios en el paradigma de la instrucción y la educación con la introducción de las tecnologías informáticas y su repercusión en la sociedad.* Trabajo presentado y publicado para el examen de mínimo para el Doctorado. ISPJAE, La Habana, Cuba, 2001.

RICO, L. Complejidad del currículo de Matemática como herramienta profesional. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa.* v.I, n.1, p.22–39, 1998.

SANTÁNGELO, H. N. Modelos pedagógicos en los sistemas de enseñanza no presencial basados en nuevas tecnologías y redes de comunicación. *Revista Iberoamericana de Educación.* OEI. n.24, 2000.

TORRES FERNÁNDEZ, P. *La enseñanza de la Matemática en Cuba en los umbrales del siglo XXI: logros y retos.* En: ISPEJV, La Habana, Cuba, 2000.

VIGOTSKY, L. S. *El desarrollo de los procesos psíquicos superiores.* Barcelona. España: Edición crítica, 1979.

Um contexto de trabalho colaborativo possibilitando a emergência dos processos de argumentação e validação em geometria

Adair Mendes Nacarato
Regina Célia Grandó
Jorge Luís Costa

RESUMO

O presente texto analisa os processos de argumentação e validação em geometria, mobilizados por um grupo de trabalho colaborativo constituído por professores acadêmicos e da escola básica, alunos da graduação e pós-graduação. Esse grupo, durante quatro anos, dedicou-se a estudos e pesquisas sobre geometria. Sua constituição foi decorrente da constatação de o quanto essa área de conhecimento ainda continua ausente da prática pedagógica e da formação docente. Um dos focos de discussão do grupo, presente neste artigo, refere-se a algumas concepções do que sejam provas na matemática escolar, principalmente com a utilização de ambientes computacionais. Defende-se que, para chegar a uma prova formal, os alunos necessitam vivenciar contextos de aprendizagem marcados por processos de argumentação e validação na escola básica. Essa discussão é complementada com a apresentação de uma experiência do grupo resolvendo um problema sobre sólidos geométricos truncados, decorrente de um ambiente marcado por verdades provisórias. Busca-se evidenciar o quanto o trabalho colaborativo possibilita a circulação, a negociação e a apropriação de significados geométricos e contribui para a produção de saberes docentes.

Palavras-chave: Argumentações e validações em geometria. Provas. Grupo colaborativo.

A collaborative work context facilitating argumentation and validation processes in geometry

ABSTRACT

This text brings an analysis of the argumentation and validation processes in geometry, worked out by a collaborative work group constituted of academic and elementary school teachers, graduation students and post-graduation students who spent four years on studies and research on geometry. The group was formed after verifying how pedagogical practice and teacher education have been lacking geometry knowledge. One of the group's discussion topics, contained in this article, refers to some conceptions of proofs in mathematics at school, especially in computing

Adair Mendes Nacarato é Doutora em Educação (Educação Matemática) e docente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação da Universidade São Francisco-USF. Rua Alexandre Rodrigues Barbosa, 45 – Centro, Itatiba (SP) – CEP 13251-900. E-mail: adamn@terra.com.br

Regina Célia Grandó é Doutora em Educação (Educação Matemática) e docente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação da Universidade São Francisco-USF. Rua Alexandre Rodrigues Barbosa, 45 – Centro, Itatiba/SP – CEP 13251-900. E-mail: regrando@yahoo.com.br

Jorge Luís Costa é Mestre em Educação (Matemática, cultura e práticas pedagógicas) e docente da Universidade Federal de Ouro Preto. Rua Bernardo Guimarães, 1322 – Lourdes – Belo Horizonte/MG – CEP 30140-081. E-mail: jorge@jlcosta.pro.br

environments. It is argued that students need to experiment learning contexts characterized by argumentation and validation processes in elementary school before they come to face a formal proof. The text also presents a problem-solving experience with truncated geometric solids shared by the group, in an environment marked by temporary truth. This is an attempt to clearly show how effective collaborative work can be for circulation, negotiation and assumption of geometric meanings, contributing to the production of teaching knowledge.

Keywords: Argumentation and Validation in Geometry. Proofs. Collaborative Group.

INTRODUÇÃO

Nossa experiência como docentes e formadores em cursos de licenciatura em Matemática e Pedagogia tem revelado que o ensino de geometria no ensino fundamental ainda merece uma atenção maior. Apesar de todo o movimento de reforma curricular da década de 1980 apontar para a necessidade da inserção dessa disciplina na sala de aula, constata-se que, na prática, isso pouco ocorre e, quando acontece, percebe-se uma visão bastante reducionista do que seja a formação do pensamento geométrico.

Quais as causas que têm provocado essa ausência em sala de aula? Por que a resistência por parte de alguns professores em inserir a geometria no currículo, embora esta se faça presente nos livros didáticos?

Discutir essas questões requer pensar no próprio movimento de resgate do ensino da geometria, ocorrido nas duas últimas décadas do século XX e início do século XXI, visto que ela, em decorrência do Movimento da Matemática Moderna nas décadas anteriores, foi relegada a um plano secundário. Requer também pensar em alternativas de formação docente que sejam promissoras, no sentido de preencher as lacunas existentes na formação dos professores que atuam na educação básica ou dos futuros professores – a maioria deles oriunda de uma educação básica marcada pela ausência do ensino de geometria.

Essas reflexões mobilizaram-nos para a constituição de um grupo para estudos e pesquisas nesse campo, voltado à formação docente. Trazemos aqui parte de nossas reflexões e experiências. Assim, desenvolvemos o presente texto em dois momentos: primeiro destacamos algumas perspectivas emergentes para a geometria escolar; em seguida, analisamos uma experiência de formação docente no contexto de um grupo de estudos em geometria. Nosso objetivo é focar a importância de um trabalho compartilhado, para possibilitar ao professor em formação – inicial ou continuada – a vivência de contextos em que os processos de argumentação e validação estejam presentes.

TENDÊNCIAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS EMERGENTES PARA O ENSINO DE GEOMETRIA

No final dos anos de 1970, os pesquisadores em educação matemática começaram a mobilizar-se com vistas a pensar no resgate do ensino da geometria. As reformas curriculares estaduais no Brasil – em especial, a Proposta do Estado de São Paulo –, na década de 1980, explicitaram essas preocupações e buscaram propor situações passíveis

de serem trabalhadas em sala de aula, numa perspectiva bastante construtivista na época. Os PCN, na década de 1990, reforçaram essas preocupações e ampliaram a concepção de formação do pensamento geométrico, propondo o campo “Espaço e Forma”, revelando uma aproximação com aquela defendida por Bishop (1983, apud NACARATO, 2000) de que a geometria é a ciência do espaço.

Paralelamente a esse movimento, aumentou significativamente o número de pesquisas produzidas nessa temática. Andrade (2004), em sua dissertação de mestrado, realizou um estado da arte sobre a produção brasileira em geometria, tomando como objeto de estudo os anais dos Encontros Nacionais de Educação Matemática (Enem), com vistas a identificar as tendências didático-pedagógicas presentes nos trabalhos¹ apresentados. O *corpus*² da pesquisa foi composto por 363 trabalhos, e a análise centrou-se em duas grandes categorias: geometria experimental – entendida como aquela baseada na experiência e na ação humanas – e geometria em ambientes computacionais. Enquanto a primeira concentrou 48% dos trabalhos, a segunda reuniu 23%. É provável que o percentual da segunda categoria tenha se alterado bastante nos últimos anos, em decorrência da expansão das abordagens tecnológicas em educação matemática, principalmente da geometria dinâmica.

Uma constatação do autor diz respeito à abordagem fortemente empírica que marcou os primeiros trabalhos sobre o ensino desse campo de conhecimento. Uma explicação possível para esse fato pode ser a preocupação dos educadores matemáticos em apresentar contextos mais práticos de sala de aula, que pudessem motivar o professor para esse conteúdo. Foram muitos os trabalhos que envolveram o uso de geoplanos, tangram, dobraduras ou outros recursos didáticos.

Numa concepção empirista de geometria:

A experiência é considerada a única fonte legítima do conhecimento e sobre a qual a razão não tem nenhuma prioridade. Segundo essa visão também radical, a consciência tira exclusivamente da experiência os conteúdos para a razão. O ser humano seria, a princípio, uma tábua rasa que deveria ser pouco a pouco preenchida pelas atividades experimentais. Dessa forma, todos os conceitos teriam origem nesse tipo de atividade. (PAIS, 2000, p.10)

Não se trata de questionar a importância dessa concepção e do uso de recursos didáticos para o desenvolvimento do pensamento geométrico; no entanto, como afirma Pais (2000), o problema está no fato de que muitas dessas atividades não transcendem os aspectos puramente empíricos. Nesse sentido, o trabalho de Andrade (2004) corrobora a hipótese de Pais (2000) de que, após o Movimento da Matemática Moderna, a ênfase deslocou-se da geometria racional para a empírica. O grande desafio, segundo Pais, consiste em encontrar um ponto de equilíbrio entre as duas abordagens.

¹ Em todas as modalidades: pôster, comunicação científica, relato de experiência, palestra.

² Anais dos Encontros Nacionais de Educação Matemática (Enem) de 1987 a 2001.

A concepção racionalista tem a geometria euclidiana como melhor exemplo. Segundo Pais (2000, p.9), a

[...] visão racionalista não se fundamenta em nenhum tipo de experiência sensitiva. Seriam conhecimentos evidentes por si mesmo obtidos unicamente pelo esforço da razão. A evidência exigida na compreensão dos axiomas mostra que se trata de conhecimentos necessariamente verdadeiros e universais.

Essa concepção predominou nos currículos escolares até a década de 1960, quando foi, de certa forma, abandonada pelos ideais renovadores e pela pretensão de incluir nos currículos escolares uma abordagem mais atualizada – a geometria das transformações³. No entanto, como se sabe, essa proposta não foi colocada em prática, quer pela sua abstração, quer pela falta de formação dos professores para trabalhá-la. O que se observou nas décadas de 1960 e 1970 foi o total abandono do seu ensino.

O autor ainda identifica o que ele denomina de tendências moderadas – aquelas que oscilam entre o racionalismo e o empirismo. Entendemos que essas tendências moderadas pouca influência exerceram na educação matemática brasileira. As duas concepções antagônicas – racionalista e empirista – foram as que predominaram nas atividades escolares.

Pais (2000) propõe a “busca de um ponto de equilíbrio na construção de um *racionalismo aplicado*”, ou seja, “um racionalismo aberto para receber tanto as influências da razão como da experiência e assim captar todos os sinais indicadores da necessidade de mudança para a construção de um saber escolar mais significativo” (PAIS, 2000, p.14, grifo do autor).

O estudo de Andrade (2004) identificou, principalmente no Enem de 1998 e de 2001, um movimento didático-pedagógico nesse sentido proposto por Pais: não uma geometria escolar racionalista radical, mas uma geometria escolar mais exploratória, buscando aportes socioculturais, contextos de problematização e de produção/negociação de significados. Emergiram também trabalhos que buscavam resgatar os processos de provas e argumentações nesse campo do saber matemático. Evidentemente, trabalhos na perspectiva empirista ainda se faziam presentes.

Mas o que estamos entendendo por uma abordagem sociocultural ou de produção e negociação de significados? Apoiamo-nos em teóricos que discutem os processos de significação. Para Pino (1994, p.6-7), os processos de significação envolvem os modos de

[...] circulação/(re)elaboração/produção de significação, tomado esse termo como um conceito que engloba tanto os significados já instituídos quanto os possíveis sentidos que as coisas (palavras, eventos, ações etc.) podem ter para as pessoas e que emergem nas relações interativas, em particular as discursivas. Os processos de

³ Como propunha o Movimento da Matemática Moderna.

significação concretizam-se na vida quotidiana das pessoas nas diferentes formas de comunicação, uma vez que toda significação é uma produção social.

Outro teórico que discute esses processos é Bruner (1997, p.23), o qual considera que “nosso meio de vida culturalmente adaptado depende da partilha de significados e conceitos. Depende igualmente de modos compartilhados de discursos para negociar diferenças de significado e interpretação”. Para este autor, os significados são elaborados e reelaborados no domínio público: “nós vivemos publicamente através de significados públicos, compartilhados por procedimentos públicos de interpretação e negociação”.

A pesquisa de Andrade (2004) trouxe, ainda, indícios de que uma nova abordagem para o ensino da geometria emergia no início deste século. Vários trabalhos sinalizavam a necessidade de retomar os processos de validação dos procedimentos geométricos, mas numa nova concepção de validação e provas. Destacaram-se nesse movimento os trabalhos do Projeto Fundação, da UFRJ, principalmente aqueles ligados aos processos de provas e argumentações.

Mas qual o sentido de falar em provas na educação básica? Evidentemente, um novo olhar vem sendo lançado para essa questão, e a literatura já indica uma série de pesquisas desenvolvidas nessa perspectiva.

Nasser e Tinoco (2001) apresentam uma boa revisão sobre os tipos de provas em matemática. Segundo elas, após o abandono da Matemática Moderna, com o movimento de retorno às bases da matemática, o que se viu foi o abandono total do raciocínio dedutivo, das argumentações e das demonstrações.

Apesar das mudanças que os livros didáticos vêm sofrendo, aproximando-os das discussões da área de Educação Matemática, a prática de sala de aula ainda está presa à cultura do exercício, com pouco espaço para discussão, trocas e negociações de significados, levantamento de conjecturas e validação destas. No que diz respeito às provas e às argumentações, muitos pesquisadores vêm se debruçando sobre essa temática. Nasser e Tinoco (2001) destacam os trabalhos de Hanna e Jahnke (1996), que analisam pesquisas que discutem as funções da prova, os tipos de provas aceitas por matemáticos e por educadores matemáticos, além de estudos investigando os progressos dos alunos no desenvolvimento do raciocínio dedutivo. Para elas, a prova ou demonstração tem várias funções, mas a mais usada é a de validação de um resultado ou conjectura. No entanto, para a maioria dos alunos da escola básica, a prova não se faz necessária, porque o resultado é óbvio para eles; prendem-se, muitas vezes, às evidências e/ou aos aspectos visuais. Isso constitui, para o professor, o grande desafio, que consiste em ajudar seus alunos a compreender a necessidade de validação de um processo.

Outra função da prova, bastante aplicável à educação básica, é a de explicar ou elucidar, isto é, mostrar por que o resultado é verdadeiro. Talvez essa seja a função mais exequível em termos de ensino fundamental – ajudar o aluno a explicar, de forma plausível, a validade de um procedimento utilizado.

Hanna (1995, apud PIETROPAOLO, 2005, p.80) distingue as funções da prova matemática na prática profissional e na educação matemática. Segundo ela, “enquanto na prática matemática a função da prova é a justificação e a verificação, a sua função principal na educação matemática é seguramente a de explicação”. Nesse aspecto, a autora considera que uma boa prova na matemática escolar é aquela que possibilita a compreensão ao aluno, ou seja, a demonstração realizada deve incentivar a compreensão. Segundo ela, o maior desafio consiste em encontrar meios efetivos de usar a prova como promoção de compreensão. Na concepção de prova como explicação ou clarificação, a autora entende que a clarificação é distinta de uma mera justificação (p.87): “quando os estudantes estão estudando proposições que eles sabem ser verdadeiras, a principal função da prova é, obviamente, aquela da explicação. Para os professores, então, há mais vantagens a serem obtidas por usar provas explicativas.” (HANNA, 2000, p.90).

De Villiers (2001) partilha dessa posição de Hanna, pois também defende a demonstração⁴ como um processo de explicação, até mesmo para os matemáticos:

Assim, na maior parte dos casos em que os resultados em questão são intuitivamente evidentes por si mesmos e/ou são apoiados numa quase-empírica evidência convincente, a função da demonstração para os matemáticos não é a de verificação, mas sim a de explicação. (DE VILLIERS, 2001, p.33)

Nasser e Tinoco (2001) destacam que a prova tem a função de sistematizar o conhecimento, preparando o terreno para o processo dedutivo. Nessa modalidade, os processos de argumentação e comunicação são fundamentais para que o aluno compreenda o que é uma validação e, futuramente, possa fazer suas próprias demonstrações.

De Villiers (2001, p.34) também analisa essa função da demonstração como processo de sistematização:

A demonstração revela as subjacentes relações lógicas entre afirmações de um modo que nenhum número de testes quase-empíricos ou a intuição pura seriam capazes de realizar. A demonstração é assim uma ferramenta indispensável para transformar num sistema dedutivo de axiomas, definições e teoremas, em um conjunto de resultados conhecidos.

É possível, pois, constatarmos a diversidade de concepções e funções que existem para as provas ou demonstrações. Entretanto, há certo consenso entre os pesquisadores de que os alunos necessitam ser preparados para dominar o processo dedutivo, e um dos caminhos apontados para isso é o da argumentação. Uma argumentação satisfatória tem que ser construída gradativamente pelos alunos, o que exige instrução adequada, a ser

⁴ O autor utiliza o termo “demonstração”, e não “prova”.

ministrada pela escola básica. Cabe a esta, portanto, encaminhar os alunos para o domínio do processo dedutivo.

Como contribuir para que o aluno avance nos processos de argumentação? Nasser e Tinoco (2001), por exemplo, defendem que a prova empírica pode ser uma ferramenta importante ao processo.

O aluno mostra uma figura porque o resultado é verdadeiro. [...] Dependendo da faixa etária e do nível de raciocínio dos alunos, o professor deve aceitar, e até mesmo estimular justificativas desses tipos. Haja vista que existem pessoas que são mais visuais, ou seja, tornam os conceitos abstratos e imagens reais ou mentalmente visíveis. (NASSER; TINOCO, 2001, p.4)

No entanto, entendemos que, com o avanço da escolarização, o aluno precisa ser incentivado a apresentar argumentações e validações mais consistentes, aproximando-se, de alguma forma, da prova matemática. Como essas discussões se aplicam à escola básica? Para Garnica (2002), fazem-se necessárias novas compreensões do que seja uma prova. Para ele, “o modo de argumentação por excelência é a prova rigorosa ou demonstração formal, envolta em paradoxos, mas com o objetivo de firmar, definitivamente, a veracidade das afirmações Matemáticas.” (p.97). Portanto, tal prática profissional deve ser relativizada para utilização em sala de aula. Nesse sentido, entendemos que na educação básica não faz sentido falar em demonstração formal, mas, sim, em processos de validação.

Sem dúvida, a discussão é ampla e, como mostra o trabalho de Andrade e Nacarato (2004), vem ganhando cada vez mais espaço, principalmente com o uso de ambientes computacionais, o que, com certeza, exigirá novas discussões sobre os processos de validação e prova em geometria.

A introdução de ambientes computacionais e o uso de *softwares* de geometria dinâmica vêm impondo a necessidade de repensar outros tipos de prova. Hanna (2000), por exemplo, discute o uso de provas de visualização ou visuais e afirma que “representações visuais podem ser usadas, não apenas como evidências de afirmações matemáticas, mas também em suas justificações.” (p.91). Diferentes pesquisadores, além desta autora, estão envolvidos em estudos sobre as potencialidades das representações visuais para as provas matemáticas e defendem que o uso de diagramas ou de outros recursos visuais pode facilitar a compreensão de uma proposição. No entanto, uma das controvérsias que essa discussão tem gerado diz respeito ao fato de que essas representações visuais não podem substituir a prova. A autora aponta trabalhos que vêm propondo o uso de provas com raciocínios visuais e sentenciais, com a crença de que a prova vai além da estrutura sintática das sentenças. Assim, informação visual e informação sentencial não são exclusivas no desenvolvimento de uma prova.

Outra perspectiva bastante interessante tem sido apontada por De Villiers (1997, p.23 apud PIETROPAOLO, 2005, p.89), a qual defende que o uso de atividades de investigação pode contribuir para a compreensão da necessidade de uma prova.

Essas atividades, além de favorecerem o convencimento do aluno de determinados resultados, poderão servir de alavanca para diversas indagações, tais como a do “por que” das coisas funcionarem de uma determinada maneira e não de outra. Segundo esse pesquisador, os alunos rapidamente admitem que a verificação indutiva/experimental pode confirmar um resultado já conhecido, mas não esclarece nem contribui para uma compreensão satisfatória: “eles parecem achar necessário então procurar mais por argumentos dedutivos como uma tentativa de explicação, mais do que uma verificação.

Nessa perspectiva, Costa (2008) teve como um dos objetivos de sua pesquisa analisar os processos de provas e validações em atividades de natureza investigativa, em diferentes mídias, mais especificamente, na utilização de *softwares* de geometria dinâmica. Para tanto, buscou tecer uma relação entre a Matemática Profissional e a Matemática Escolar, com vistas a significar um trabalho com provas e validações no ambiente escolar e/ou na formação docente. Nesse sentido, o autor aponta que:

Em determinado momento nos aproximamos do matemático, buscando trazer o seu “fazer matemático” para nossa sala de aula enquanto flexibilizamos a concepção de prova e nos afastamos da forma específica do seu trabalho com ela. Nosso interesse é tentar entender como trazer a prova para o contexto escolar, seja diretamente relacionado ao aluno ou relacionado à formação do professor, aproveitando o que a matemática tem de mais atraente: sua capacidade criativa. (COSTA, 2008, p.45)

A análise realizada na pesquisa de Costa (2008, p.147) indica a potencialidade das atividades investigativas para colocar o aprendiz (aluno) em movimento de pensamento matemático, em que ele “poderá confrontar-se com tarefas que o envolvam, estimulando-o a explorar, experimentar, fazer conjecturas e testá-las, estruturar seu raciocínio de forma lógica e comunicá-lo a seus pares”. Nesse sentido, o autor conclui:

Ao serem feitas [as atividades] em grupos e/ou subgrupos, aquele que participa reconhece nos integrantes do grupo, os pares a quem deve convencer de seu ponto de vista, por meio de uma argumentação estruturada e lógica, e também se coloca na outra condição quando ouve e analisa as argumentações dos outros membros. Dessa forma, a Matemática Escolar aproxima-se da Matemática Profissional quebrando a sensação de que os conteúdos apresentados na Matemática Escolar foram concebidos de forma “milagrosa” por mentes privilegiadas e não por trabalho exaustivo e sistemático. (COSTA, 2008, p.148)

Todos esses estudos e pesquisas relacionados aos processos de argumentações e provas evidenciam o quanto o campo da pesquisa vem avançando nos últimos anos. No entanto, a geometria escolar continua muito distante de todas essas discussões.

Para que o professor possa contribuir para os avanços do aluno nos processos de argumentação, validação e provas em geometria, ele precisa, mais do que tudo, ter o domínio conceitual e epistemológico sobre ela. Mas como garantir tais avanços com as lacunas que o professor traz em sua formação geométrica? Como proceder, se o próprio professor não acredita na necessidade de colocar o aluno em situações que requerem argumentações mais apuradas? Nossa experiência tem evidenciado que os alunos chegam aos cursos de licenciatura em Matemática sem nunca terem desenvolvido provas matemáticas de qualquer natureza; que a tentativa de trabalhar em uma prática diferenciada, como as atividades investigativas na disciplina de geometria euclidiana, exige muitos esforços do docente, uma vez que este necessita romper com uma cultura de aula de matemática, principalmente no Ensino Superior, vinculada à aula expositiva e à resolução de exercícios de fixação (GRANDO, 2009).

Cientes das lacunas existentes na formação geométrica dos professores, constituímos, na Universidade São Francisco, um grupo de estudos e pesquisas sobre o ensino de geometria. A seguir, apresentamos o grupo e alguns pressupostos que têm norteado o trabalho.

O TRABALHO COMPARTILHADO COMO FACILITADOR DE ARGUMENTAÇÕES E APROPRIAÇÕES CONCEITUAIS EM GEOMETRIA

O grupo existe desde 2003 e é formado por professores, graduandos, pós-graduandos e professoras formadoras que estudam e pesquisam sobre o ensino de geometria⁵. Em decorrência da dimensão colaborativa que existe no grupo, este passou a denominar-se Grucogeo⁶ e, no período de julho de 2005 a julho de 2007, contou com apoio financeiro do CNPq⁷ para o desenvolvimento de uma pesquisa sobre o ensino de geometria em diferentes mídias. As reuniões do grupo ocorrem semanalmente, às segundas-feiras, das 17 às 19 horas, no espaço da universidade.

O grupo é “aberto”, possibilitando a entrada e a saída de seus participantes – aproximadamente 15 em cada semestre letivo –, e tem participação voluntária. Tais características possibilitam que não haja compromissos formais com o cumprimento de um programa, por exemplo, e que cada temática possa ser discutida com profundidade.

Há uma dinâmica de trabalho no grupo, desde o seu início, que consiste na elaboração coletiva, na aplicação, na avaliação e na análise de atividades de geometria para a sala de aula na educação básica. Para a elaboração das atividades, são constituídos subgrupos nos quais pelo menos um participante precisa ser professor da escola básica, para que este possa desenvolver a atividade na sua sala de aula. Na fase de desenvolvimento, esse professor é acompanhado pelos graduandos, que o auxiliam também com os registros do

⁵ A partir de 2009, o grupo mudou a temática de estudo para Estocástica.

⁶ Grucogeo é a sigla para Grupo Colaborativo em Geometria.

⁷ Processo MCT/CNPq nº 473697/04-1.

desenvolvimento da atividade, do envolvimento dos alunos, das dúvidas e dos conflitos surgidos na aula. Todo esse material é apresentado ao grupo para análise e discussão, com sistematizações posteriores.

Nesse sentido, entendemos que o Grucogeo tem favorecido tanto a produção de saberes em geometria para, na e da sala de aula, como também tem possibilitado às professoras formadoras a compreensão e a ampliação de pesquisas relativas aos processos formativos docentes.

O fato de o grupo contar com professores e futuros professores dá a ele uma dimensão colaborativa muito interessante, na qual cada um contribui com o que pode: os professores escolares apresentam suas experiências profissionais e suas dúvidas quanto ao ensino de geometria; os licenciandos, embora sem a experiência docente, possuem um conhecimento acadêmico de produção do conhecimento matemático, além de poderem contribuir com as questões relacionadas à tecnologia. Tal dimensão possibilita a produção de saberes *da e sobre a* docência, decorrente das atividades desenvolvidas a partir de várias temáticas.

Dentre as atividades que o grupo desenvolve, prevalecem as de natureza investigativa em diferentes mídias. Para ilustrar essa dinâmica interativa do Grucogeo, faremos um recorte de um dos movimentos ocorridos no grupo, que envolveu uma tarefa com sólidos truncados, realizada durante o primeiro semestre de 2007.

UMA EXPERIÊNCIA... UM AMBIENTE DE VERDADES PROVISÓRIAS

A tarefa aqui relatada e desenvolvida no Grucogeo foi adaptada do Projeto Matemática para todos, da Associação de Professores de Matemática⁸ de Portugal (APM, 1998, p.103). A partir dos sólidos platônicos, devem-se fazer cortes nos seus vértices “de modo que as faces obtidas sejam polígonos regulares”.

Inicialmente, a tarefa foi executada em dois subgrupos, em que os professores e os graduandos tentaram produzir imagens mentais para a resolução dos sólidos truncados e anotaram suas conclusões.

O primeiro subgrupo levantou algumas hipóteses que foram se modificando aos poucos, por meio de discussões entre seus participantes: inicialmente afirmou-se que um dos cortes deveria ser em um ponto que representasse menos da metade da aresta do cubo. Esta hipótese assumiu posteriormente outra redação, que afirmava que deveria haver dois cortes, dividindo a aresta em três partes; com isso, conseguir-se-iam, nas secções, triângulos equiláteros e, na face cortada, um octógono. Porém, um dos graduandos desse subgrupo percebeu que dessa forma não se teria, na face, um polígono regular (octógono), conforme o solicitado pela tarefa. Para isso, o corte deveria ser feito de forma que o octógono tivesse, como medida dos lados, valores múltiplos de $\sqrt{2}$ (Figura 1).

⁸ <http://www.apm.pt>.

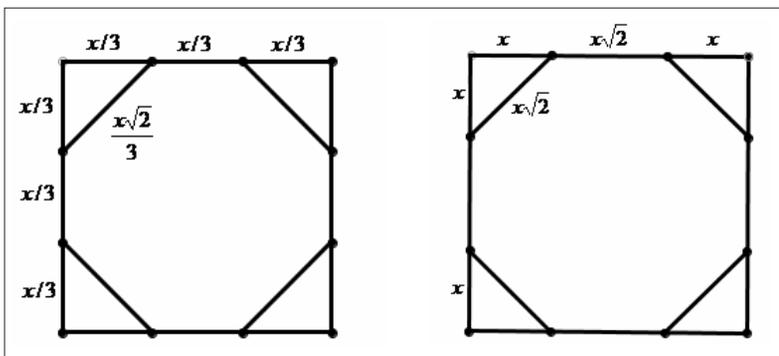


FIGURA 1 – Ilustração dos cortes da face do cubo.

A partir deste ponto, o interesse do subgrupo voltou-se para a definição de valores para efetuar o corte, ou seja: como construir um octógono a partir de um quadrado?

O segundo subgrupo, partindo também do cubo, levantou duas hipóteses: (1) assim como o subgrupo anterior, achou que se conseguiria um octaedro, fazendo-se os cortes em um terço da aresta; e (2) julgou que, se o corte fosse feito no ponto médio da aresta, obter-se-ia um outro cubo.

Quando o primeiro subgrupo socializou suas observações quanto ao octaedro, o segundo subgrupo percebeu que sua hipótese estava errada. A dúvida sobre como obter o corte com medida múltipla de $\sqrt{2}$ não foi resolvida. Isso tudo mostra o movimento do grupo, em que as hipóteses vão emergindo, a partir das tentativas de resolução do problema, e o processo compartilhado de resolução e socialização possibilita aos participantes “derrubar”, confirmar suas hipóteses ou mesmo fornecer argumentos para elas.

Após uma primeira rodada de conjecturas e validações, usando principalmente desenhos e superfícies poliédricas construídas em papel, houve a socialização das produções dos diferentes grupos e produziu-se uma síntese organizada numa tabela (Tabela 1).

TABELA 1 – Polígonos obtidos nas faces após os cortes em poliedros platônicos.

Sólido platônico	Corte ao meio da aresta	Corte em 1/3 da aresta
Cubo	Obtivemos outro cubo	Não era possível, pois a face restante não seria um polígono regular
Tetraedro	Obtivemos um novo tetraedro	Obtivemos um poliedro com 4 faces hexagonais e 4 faces triangulares
Octaedro	Obtivemos um cubo	Sem solução
Dodecaedro	Obtivemos um poliedro com faces triangulares e pentagonais	Sem solução
Icosaedro	Obtivemos um poliedro com faces pentagonais e triangulares	Obtivemos um poliedro com faces pentagonais e hexagonais

Entretanto, a professora Olga – participante do grupo – saiu desse encontro incomodada com os resultados e decidiu moldar os sólidos em massa de modelar. No encontro seguinte, ela refutou a nossa conclusão de que a secção de um cubo seria outro cubo, mostrando o octaedro que se obtinha. Luana, pós-graduanda participante do grupo, que produziu o registro do encontro desse dia, escreveu:

Ela [a professora Olga] falou que havia pensado neste problema a semana toda e que insatisfeita com nossa conclusão ela fez os poliedros com massa de modelar para poder cortar. Ela percebeu que estávamos equivocados, pois estávamos imaginando que quando cortasse ao meio não teríamos sobra no meio do poliedro anterior. Ela percebeu que qualquer corte no tetraedro daria um octaedro. Não acreditamos, num primeiro momento, no que a professora Olga estava falando. Fiquei me indagando e comecei a confeccionar o sólido (sic) em superfície de papel para poder cortar e ver. Cortamos e vimos que estávamos esquecendo a parte triangular que sobrava. Todas as nossas conclusões tinham ido por água abaixo (Registro produzido por Luana).

Esse ambiente de “verdades provisórias” permitiu-nos criar conjecturas sem nos envergonhar, como escreve a professora Terezinha, outra participante:

É muito interessante perceber que a expressão “está errado” nunca é pronunciada dentro do grupo; não é porque fazemos tudo corretamente, mas, sim, porque nos utilizamos das perguntas feitas para corrigirmos nossos erros; sendo assim, conseguimos “enxergar” o que erramos e reconstruímos em cima do próprio erro.

Esses desencontros e essas reflexões sobre as tais “verdades provisórias” fizeram-nos buscar dois caminhos na tentativa de validação: (1) provar quantas faces tem cada um dos sólidos platônicos truncados e (2) identificar quais as condições para que esses sólidos fossem também constituídos por faces regulares.

A cada reunião, uma nova mídia era utilizada. Por exemplo, para validar a afirmação de Olga foi usada “massa de modelar”. Outra mídia experimentada foi o isopor. Com essa mudança, a tarefa ganhou um novo desafio, visto a dificuldade de construção de um tetraedro a partir de um bloco de isopor na forma de um paralelepípedo. Dessa forma, surgiram análises e questionamentos sobre: instrumentos de medidas de ângulos poliédricos, conceito de tetraedro regular, conceito de pirâmide, dentre outros.

As tentativas de prova levaram-nos a formular tabelas, buscando a verificação do teorema de Eüler (n° de vértices + n° de faces = n° de arestas + 2) também para os sólidos truncados. Foram inúmeras as relações obtidas, até a sistematização no grupo através da seguinte tabela:

TABELA 2 – “Descobertas” produzidas coletivamente quanto aos sólidos truncados.

Sólido	Face	Aresta	Vértice
Sólido	F	A	V
Sólido truncado (aresta dividida ao meio)	$(F + V)$	$(3 \times V)$	$(3 \times V / 2)$
Sólido truncado (aresta dividida em três partes)	$(F + V)$	$(3 \times V) + A$	(3×8)

Os alunos da graduação sentiram-se bastante empolgados com a observação de regularidades a partir das tabelas e essas conclusões deram ao grupo uma satisfação muito grande em ter conseguido produzir algo em geometria espacial, além da simples nomeação de sólidos. Conforme escreve a professora Joyce: “*A exaltação de meus colegas foi contagiante, afinal foram vários encontros, várias hipóteses que caíram por terra até se chegar a essas relações descritas na tabela*” (registro escrito do encontro, produzido por Joyce).

Para Olga, a experimentação de construção dos sólidos truncados com outras mídias, mesmo chegando a várias regularidades, era o mais importante. Assim, passamos a modelar sólidos truncados, seccionar blocos de isopor, recortar modelos de papel, analisar possíveis cortes em sólidos de acrílico, etc.

Entretanto, em todas essas mídias a imperfeição da secção ainda deixava dúvidas. Surgiu, então, no grupo a ideia de buscar *softwares* de construção dos objetos tridimensionais com a possibilidade de realizar as secções por planos. O pós-graduando Jorge⁹, ao pesquisar *softwares* dessa natureza, disponibilizou para o grupo o Cabri 3D¹⁰; a possibilidade de construção desses objetos e de verificação pelas secções, de certa forma, trouxe tranquilidade ao grupo. O *software* ajudou, e muito, no processo de visualização, principalmente porque possibilita o movimento dos objetos na tela, o que propiciou a geração de novas conjecturas.

Diante das limitações apresentadas pelas outras mídias, acreditamos que este programa se destacou como um recurso didático interessante, pois permitiu uma construção mais precisa e uma manipulação mais fácil dos objetos tridimensionais. Acreditamos que a parte mais complexa tenha ficado por conta da construção geométrica. Podemos citar como exemplo os cortes feitos no cubo, mantendo a face como um octógono regular. Conforme registramos anteriormente, um dos subgrupos chegou à conclusão de que o corte deveria manter, na face do cubo, um segmento de comprimento múltiplo de $\sqrt{2}$. O problema a ser resolvido era: como construir esse segmento sobre a face do cubo, por meio de cortes, transformando essa face quadrada em um octógono regular? Partindo do estudo do octógono regular, pudemos concluir que a circunferência nele inscrita tangencia seus lados, definindo, com seu raio, a apótema desse polígono, conforme ilustrado na Figura 2.

⁹ Jorge Luís Costa, coautor deste artigo e pós-graduando. Na época, era participante e pesquisador no grupo.

¹⁰ O programa Cabri 3D é um *software* comercial de Geometria Dinâmica para a Geometria Espacial. Foi produzido pela Université Joseph Fourier – UJF – França. Disponível em: <<http://www.cabri.com/>>.

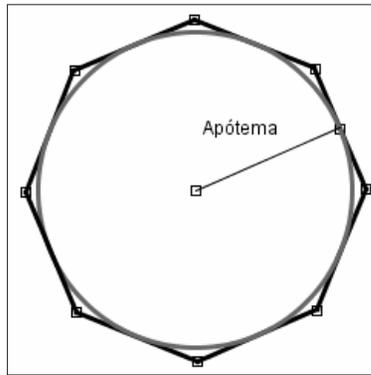


FIGURA 2 – Apótema do octógono.

Com base nessa construção foi possível criar os cortes necessários no cubo, conforme ilustrado nas Figuras 3 e 4:

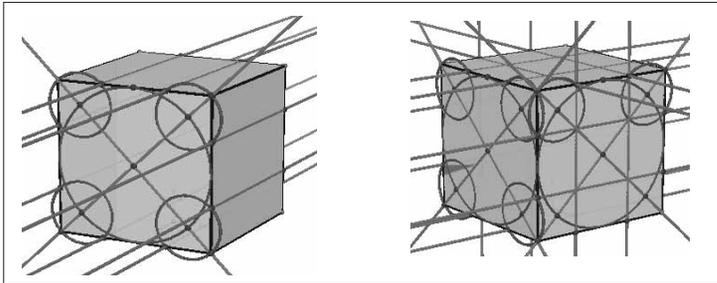


FIGURA 3 – Cubo com as construções auxiliares para definição dos pontos de corte.

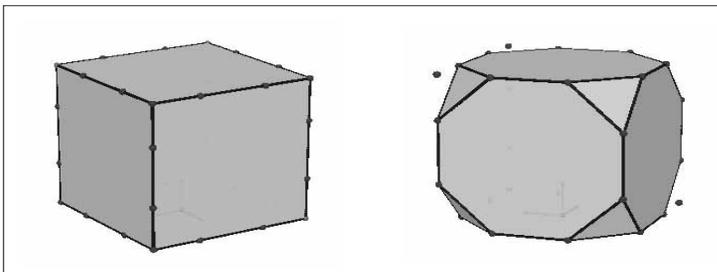


FIGURA 4 – Cubo com os pontos de corte definidos e os cortes efetivados

Com a inserção gradativa de novas mídias – do papel e do lápis, até o programa Cabri 3D –, ousamos afirmar que houve uma mudança significativa na percepção dos participantes do Grucogeo sobre os objetos tridimensionais e suas propriedades. Entendemos que a integração dos experimentos pela manipulação das mídias, das observações, das análises e das sínteses possibilitou essa mudança e tornou-se fundamental

no desenvolvimento desta atividade. Cada mídia apresentava uma nova dificuldade de representação, o que dependia do domínio sobre ela e, ao mesmo tempo, oferecia limites de precisão, principalmente, e possibilidades de uma melhor visualização. Nesse sentido, podemos afirmar que as mídias se complementaram, a fim de dar suporte para as argumentações e as provas da atividade.

A escolha de cada mídia tem a ver, muitas vezes, com o conhecimento que se tem sobre ela. Dessa forma, entendemos que, se para alguns participantes a mídia computacional possibilitou um instrumento de “convencimento”, para outros, a massa de modelar, ou mesmo o modelo em acrílico, assumiu esse papel.

Além disso, notamos que, à medida que avançávamos nas análises, aumentavam as dificuldades. O que ficou muito marcado foi a dificuldade com a geometria espacial, além do envolvimento dos membros do grupo com a tarefa. As argumentações nesse campo da matemática, ou mesmo as tentativas de provas algébricas foram cada vez mais descartadas, pela dificuldade em lidar com os objetos geométricos tridimensionais. Assim, mesmo com todo esse movimento, o processo de demonstração (ou prova formal) de nossas hipóteses não pôde ser realizado, por alguns fatores que foram determinantes: as provas formais em geometria espacial apresentam-se muito mais complexas que as de geometria plana, envolvendo, muitas vezes, conceitos de matemática superior (Topologia, por exemplo); a pouca familiaridade com a experimentação de objetos tridimensionais dificulta a produção de imagens mentais; o pouco domínio das propriedades geométricas espaciais, até mesmo pelos professores e formadores, torna a tarefa mais difícil.

Essa tarefa – para ser realizada com alunos do Ensino Médio e até mesmo Superior – não foi pensada para a sala de aula, tendo ficado restrita ao Grucogeo, visto que os docentes participantes do grupo atuam apenas no Ensino Fundamental.

O GRUPO DE TRABALHO COMO ESPAÇO PARA DESENVOLVER PROCESSOS DE VALIDAÇÃO

A situação descrita e relatada neste texto permite-nos compreender a dinâmica e o envolvimento coletivo dos participantes do Grucogeo em direção a uma aprendizagem compartilhada. Entendemos que há no grupo uma dimensão colaborativa, uma vez que, a cada momento, um participante diferente assumiu a liderança nas discussões: ora os graduandos, com hipóteses formuladas a partir da matemática formal; ora os professores escolares, como Olga, que apresentou um modelo experimental e desconstruiu validações produzidas anteriormente; ora as formadoras, com a variação das mídias como instrumento de reflexão, etc.

Dessa forma, podemos dizer que o trabalho desenvolvido no Grucogeo proporcionou aos seus participantes a produção de diferentes saberes. A narrativa da professora Olga, ao final do trabalho, revela que, estando no grupo durante quatro anos, apropriou-se de um fazer pedagógico aliado à própria mudança de concepção sobre geometria e seu ensino.

Desde o início, achei interessante porque trazia maneiras diferentes de tratar certos assuntos. Apesar do incômodo da mudança que eu sentia, me mantive no grupo. Mais tarde percebi que nós poderíamos trabalhar em parceria pela bagagem teórica que elas [as formadoras] possuem e poderiam nos proporcionar lendo textos, novas perspectivas de abordagem à geometria, e nós, professores da rede, com a experiência e realidade da sala de aula com os alunos do ensino fundamental. No primeiro momento, achei que estávamos revendo alguns conceitos, porém no decorrer do encontro, percebi que comecei a investigar certos conceitos matemáticos bem mais amplos, saindo do conformismo, comodismo e pesquisar as conjecturas surgidas e discutidas no grupo. [...] Na minha pequena e sutil reflexão da prática de sala de aula, observei que mudei em relação aos alunos, ouvindo-os. Verifiquei que os alunos foram sujeitos das ações, o pensar e as falas valorizaram o desenvolvimento das atividades. Como professora, refleti, replanejei e retomei a mesma atividade, mas com enfoque diferente, para que os objetivos previstos fossem alcançados por todos os alunos. Da minha experiência, percebi a mudança na postura didática como professora na condução das aulas e na vida particular a postura investigativa trouxe também decisões mais sensatas e objetivas. (Registro de avaliação produzido por Olga)

Para os graduandos – muitos deles ingressantes na universidade sem experiência com a geometria –, o espaço do Grucogeo trouxe contribuições tanto para o saber em geometria quanto para o saber pedagógico nessa área de conhecimento – saberes sobre a docência, como destacado por Kelly, Carina e Henrique:

É muito interessante quando cada grupo coloca as suas conclusões e aí é observado como existem diferentes maneiras de desenvolver e provar uma única tarefa. A sofisticação de uma construção vai depender do material que se tem disponível naquele momento e de como lidar com ele e do conhecimento geométrico de cada um, que tem a ver com a prática pedagógica de cada um [referindo-se aos professores e pós-graduandos do grupo]. O conceito geométrico usado vai depender da imagem mental que cada um consegue formar, da representação e das propriedades que garantem a sua existência. (Registro de avaliação produzido por Kelly)

Portanto, pudemos constatar a importância do movimento constante, no grupo, de negociações em busca de processos de validação, provas e refutações para as várias hipóteses que eram construídas, possibilitando uma aprendizagem geométrica que articula experimentação, argumentação, validação e provas. Defendemos que, se o professor, em sua formação, vivenciar experiências nas quais esses processos estejam em circulação, ele sentirá segurança para proporcionar a seus alunos da escola básica experiências significativas em geometria.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, José Antonio Araújo. *O ensino de Geometria: uma análise das atuais tendências*, tomando como referência as publicações nos Anais dos ENEM's. 2004. 249p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade São Francisco, Itatiba, SP.
- ANDRADE, José Antonio A.; NACARATO, Adair M. Tendências didático-pedagógicas no ensino de Geometria: um olhar sobre os trabalhos apresentados nos ENEMs. *Educação Matemática em Revista* – Revista da Sociedade Brasileira de Educação Matemática, ano 11, n.17, p.61-70, dez. 2004.
- ASSOCIAÇÃO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA (APM). *Projeto Matemática para todos*, 1998. Disponível em <<http://www.apm.pt>>. Acesso em: jul. 2007.
- BRUNER, Jerome. *Atos de significação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- COSTA, Jorge L. *Provas e validações em geometria em um grupo de dimensão colaborativa*. 2008. 166p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade São Francisco, Itatiba/SP.
- DE VILLIERS, Michael D. Papel e funções da demonstração no trabalho com o Sketchpad. *Educação e Matemática* – APM, Portugal, n.62, mar./abr. 2001.
- GARNICA, Antônio V. M. As demonstrações em educação matemática: um ensaio. *BOLEMA* – Unesp, Rio Claro, ano 15, n.18, p.91-99, 2002.
- GRANDO, Regina C. Investigações geométricas na formação de professores que ensinam matemática. In: LOPES, Celi E.; NACARATO, Adair M. *Educação Matemática, leitura e escrita: armadilhas, utopias e realidades*. Campinas-SP: Mercado de Letras, 2009. p.201-217.
- HANNA, Gila. Proof and its classroom role: a survey. In: SARAIVA, Manuel J.; COELHO, M. Isabel; MATOS, José Manuel. *Ensino e aprendizagem da Geometria*. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação. Secção de Educação Matemática, 2000. p.75-104.
- NACARATO, Adair M. *Educação continuada sob a perspectiva da pesquisa-ação: currículo em ação de um grupo de professoras ao aprender ensinando Geometria*. 2000. 323p. Tese (Doutorado em Educação: Educação Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- NASSER, Lílian; TINOCO, Lucia. *Argumentações e provas no ensino de matemática*. Rio de Janeiro: Projeto Fundação, IM-UFRJ, 2001.
- PAIS, Luiz Carlos. Uma análise do significado da utilização de recursos didáticos no ensino da Geometria. In: REUNIÃO DA ANPED, 23., 2000. Disponível em: <www.anped.org.br>. Acesso em: jul. 2007.
- PIETROPAOLO, Ruy C. *(Re)significar a demonstração nos currículos da educação básica e da formação de professores de Matemática*. 2005. 249p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- PINO, Angel. A questão da significação: perspectiva histórico-cultural. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEUROPSICOLOGIA, 2., outubro de 1994, Campinas. *Conferência*. p.1-12. (Mimeo).

Recebido em: ago. 09

Aceito em: out. 09

Características de um bom aluno de matemática na opinião de professores e estudantes

Regina Luzia Corio de Buriasco
Helena Noronha Cury

RESUMO

Neste artigo, é apresentada uma investigação realizada com professores e alunos de matemática de todos os níveis de ensino, por meio de entrevistas aplicadas por alunos de um curso de matemática, com vistas a caracterizar o bom aluno de matemática, tendo como fundamentação teórica os estudos sobre concepções e crenças, bem como as classificações das tendências pedagógicas em Educação Matemática. As respostas dos entrevistados foram gravadas e posteriormente transcritas, e as características apontadas foram agrupadas em duas categorias: pessoais e relacionadas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes de sala de aula. Os dados foram organizados em quadros e discutidos à luz da fundamentação teórica. De maneira geral, as características apontadas mostram que é considerado bom aluno de matemática aquele que cumpre normas, não questiona e se esforça nos estudos.

Palavras-chave: Bom aluno de matemática. Concepções e crenças. tendências pedagógicas. Educação Matemática.

Characteristics of a good student of mathematics at the opinion of teachers and students

ABSTRACT

In this paper we present a research conducted with teachers and students of mathematics at all levels of education through interviews applied by students of a graduate mathematics course, in order to characterize the good student of mathematics, having as rationale the studies on conceptions and beliefs, as well as the classification of educational trends in mathematics education. The respondents' answers were recorded and transcribed and the characteristics were grouped into two categories: personal and related to teaching and learning of mathematics or the attitudes of the classroom. The data were organized in tables and discussed in the light of the theories studied. In general, the characteristics pointed out show that is considered a good student of mathematics the one who follows rules, does not produce controversies and does his best in school.

Keywords: Good student of mathematics. Conceptions and beliefs. Pedagogical trends. Mathematics Education.

Regina Luzia Corio de Buriasco é Doutora em Educação, docente do Depto. de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Rod. Celso Garcia Cid s/n, Campus Universitário CEP 86051-990, Londrina, PR. E-mail: reginaburiasco@hasner.com.br
Helena Noronha Cury é Doutora em Educação, docente do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Rua dos Andradas, 1614, CEP 97010-032, Santa Maria, RS. E-mail: curyh@via-rs.net

INTRODUÇÃO

Nas décadas de 80 e 90 do século XX, foram muito difundidas as pesquisas sobre concepções e crenças de professores e alunos. Os trabalhos de Ernest (1991), Thompson (1992), Ponte (1992), Carrillo e Contreras (1995), no exterior, e de Carvalho (1989) e Cury (1994), no Brasil, entre outros, abordaram ideias que norteiam o trabalho dos professores e suas relações com os alunos no processo de ensino e aprendizagem de matemática.

Também foram estudadas as características das tendências pedagógicas, na Educação e na Educação Matemática, salientando-se, no Brasil, os trabalhos de Saviani (1985), Libâneo (1985), Miguel (1993) e Fiorentini (1995).

Nos anos 2000, alguns pesquisadores brasileiros da área da Educação Matemática ainda se fundamentaram nos trabalhos já citados, aceitando, de maneira geral, as classificações para as filosofias da Educação Matemática, apontadas por Ernest (1991), as concepções indicadas por Thompson (1992) ou as tendências pedagógicas categorizadas por Fiorentini (1995). Entre esses autores, podemos citar Fernandes e Garnica (2002), Ferreira (2002), Santos (2002), Melo (2006), Mandarino (2006), Manrique e André (2009).

Pelas ideias apontadas por Fiorentini (1995), esperava-se que, no Brasil, as tendências socioetnoculturais fossem substituindo as tendências tradicionais e que encontrássemos, nos alunos, características, pessoais ou relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem, mais condizentes com os pressupostos teóricos que embasam abordagens tais como a resolução de problemas, a modelagem, o uso de novas tecnologias e o ensino a distância.

Dessa forma, procuramos fazer um levantamento sobre a concepção de “bom aluno de matemática”, entre professores e alunos de todos os níveis de ensino, para verificar se, efetivamente, houve mudança nas características discentes desejadas nos períodos em que foi preponderante a pedagogia tradicional e nos anos atuais, em que supostamente há prevalência de ideias transformadoras na sociedade e no ensino.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Entre autores que trabalham com Educação, há várias tentativas de fazer “sínteses” das tendências e correntes do pensamento pedagógico. Com base nas classificações de Saviani (1985) e Libâneo (1985), bem como no trabalho de Fiorentini (1995) sobre as tendências em Educação Matemática, vamos indicar, neste artigo, alguns pontos em comum com os dados apresentados pelos entrevistados de nossa pesquisa.

Saviani (1985, p.19) considera “tendências” da educação brasileira “determinadas orientações gerais à luz das quais e no seio das quais se desenvolvem determinadas orientações específicas, subsumidas pelo termo ‘correntes’” e diz ainda inclinar-se pela identificação das tendências com as concepções de Filosofia da Educação. Posto isso, o autor agrupa as correntes em quatro concepções: humanista tradicional, humanista moderna, analítica e dialética.

A partir dessa classificação, Saviani (1985) periodiza as tendências educacionais brasileiras: a) até 1930, predominância da tendência humanista tradicional; b) de 1930 a 1945, equilíbrio entre as tendências humanistas, tradicional e moderna; c) de 1945 a 1960, predomínio da tendência humanista moderna; d) de 1960 a 1968, declínio da tendência humanista moderna e crescimento da tendência tecnicista; e) de 1968 em diante, predomínio da tendência tecnicista e surgimento das tendências críticas.

Libâneo (1985, p.21) classifica as tendências pedagógicas em liberais e progressistas: “A pedagogia liberal sustenta a ideia de que a escola tem por função preparar os indivíduos para o desempenho de papéis sociais, de acordo com as aptidões individuais”. Entre as tendências liberais, o autor apresenta a pedagogia tradicional, a pedagogia renovada progressivista, a pedagogia renovada não-diretiva e a pedagogia tecnicista. As três primeiras corresponderiam, de certa forma, às tendências humanistas, tradicional e moderna, de Saviani, e a tecnicista é comum às duas classificações.

As tendências progressistas “partindo de uma análise crítica das realidades sociais, sustentam implicitamente as finalidades sociopolíticas da educação [...] sendo um instrumento de luta dos professores” (LIBÂNEO, 1985, p.32). Entre as progressistas, Libâneo (1985) aponta a pedagogia libertadora, a pedagogia libertária e a pedagogia crítico-social dos conteúdos. Na categorização de Saviani (1985), corresponderiam às tendências críticas.

Fiorentini (1995), com base nas classificações das tendências pedagógicas, apresenta sua conceituação, distinguindo as tendências: formalista clássica (que corresponderia, de certa forma, à pedagogia tradicional), empírico-ativista, formalista moderna (essas últimas englobariam elementos das pedagogias renovadas), tecnicista e socioetnoconstrutivista, sendo esta correspondente, de certa forma, às tendências pedagógicas críticas. Em cada uma delas, o autor indica características especiais da Educação Matemática.

Sintetizamos os elementos apontados por Saviani e Libâneo, privilegiando aspectos relacionados às características dos alunos e indicando elementos apontados por Fiorentini (1995):

- *pedagogia tradicional*: nessa tendência, predomina a autoridade do professor, que não pode ser questionada; o mestre espera um aluno receptivo, atento, disciplinado e quieto. Para Fiorentini (1995, p.7), o papel do aluno, na tendência formalista clássica, é “o de ‘copiar’, ‘repetir’, ‘reter’ e ‘devolver’ nas provas do mesmo modo que ‘recebeu’”.
- *pedagogia renovada progressivista*: nessa tendência, já que o papel do professor é de auxiliar o desenvolvimento espontâneo da criança, espera-se que o aluno seja solidário, participante, respeitador das regras. O aluno aprende aquilo que descobre por si e a avaliação é fluida, reconhecendo esforços e êxitos. Quanto ao ensino de matemática, Fiorentini (1995) comenta que, para as tendências ativas, a finalidade desse ensino é de natureza formativa, ou seja, o importante é “aprender a aprender”.

- *pedagogia renovada não-diretiva*: nessa tendência, os estudantes buscam por si mesmos os conhecimentos que lhes interessam, o professor é o facilitador da aprendizagem e se “ausenta” em sala, pois a pedagogia é centrada no aluno. Em termos de ensino de matemática, Fiorentini (1995, p.12) comenta a existência de professores que tendem a uma prática mais espontaneísta, não diretiva, procurando “respeitar o ritmo e a vontade da criança”.
- *pedagogia tecnicista*: nessa tendência, em que a escola tem o papel de produzir indivíduos competentes para o trabalho, o professor atua como elo de ligação entre o conteúdo e o aluno e espera-se que este seja responsável. O ensino de matemática na era tecnicista preocupa-se exageradamente com o rigor, o simbolismo, as definições. A matemática é neutra, que não dá espaço a discussões nem críticas, acostumando os alunos a aceitar o que é apresentado pelo livro ou pelo professor, sem questionar.
- *pedagogias libertadoras*: em todas as pedagogias desse tipo, o objetivo da escola é transformar a sociedade, o trabalho em grupo é enfatizado e parte-se da prática dos estudantes, confrontando-a com a teoria, para chegar ao conteúdo proposto. Essa categoria aproxima-se do que Fiorentini (1995) chamou de “[...] tendência socioetnocultural”, em que a finalidade do ensino de matemática é de desmistificar a realidade, buscando compreendê-la para transformá-la. Assim, os métodos de ensino preferenciais são a problematização e a modelagem matemática, esperando-se que os alunos aprendam a partir do seu cotidiano e de sua cultura.

Acreditamos que professores e alunos ainda convivem com todas essas tendências, tendo recebido influências das várias correntes e formado suas próprias concepções sobre ensino e aprendizagem a partir delas; assim, as características dos alunos não seguem um determinado padrão, mas variam conforme as concepções dos seus professores, familiares e contexto social.

A conceituação de “bom aluno de matemática” também tem como pano de fundo as concepções sobre a matemática, seu ensino e aprendizagem. Ernest (1991) faz uma divisão das concepções filosóficas da matemática, apontando as correntes absolutistas, que consideram ser a matemática o domínio do conhecimento incontestável, e as falibilistas, que aceitam ser essa ciência tão falível quanto outras, sujeita a críticas e correções feitas pela comunidade matemática. Lerman (2008, p.19-20 – tradução nossa) considera que a dicotomia entre as visões absolutista e falibilista “[...] tem sido usada como um pressuposto para o ensino por meio da resolução de problemas e como um desafio à pedagogia tradicional da matemática, de transmissão de fatos”.

Associadas a essas concepções, Ernest (1989) indica as relações entre concepções absolutistas e ensino da matemática como produto e entre concepções falibilistas e ensino como processo. Portanto, as tendências pedagógicas tradicionais ou tecnicistas pretendem apresentar o produto pronto, elaborado por gerações de cientistas, enquanto que as

pedagogias que propõem mudanças, tais como as ativas ou as socioetnoculturais, preferem que o aluno construa seu conhecimento, sendo analisado o processo de aprender.

Thompson (1997) apresenta um estudo de caso com três professoras que lecionavam na série correspondente a 8º do Ensino Fundamental, no sistema brasileiro de ensino. As entrevistas e observações do trabalho das mestras evidenciaram concepções distintas em relação à matemática e seu ensino. Duas delas, Jeanne e Lynn, mostraram aceitar a matemática como um corpo estático de conhecimento e apresentavam o conteúdo como um produto acabado. Para Jeanne, a função dos alunos é assimilar o conteúdo, mas eles deveriam, também, buscar a lógica por trás dos procedimentos. Para Lynn, “a principal meta do ensino de matemática é produzir estudantes que possam resolver as tarefas [...] usando procedimentos ou métodos padrões.” (THOMPSON, 1997, p.29). Portanto, essas duas professoras mostram acreditar em um modelo tradicional de ensino, concebendo a matemática como um corpo estático de conhecimentos a serem transmitidos aos alunos.

Já a terceira professora, Kay, assume uma visão pedagógica ativa, pois considera que a matemática deve proporcionar oportunidade de trabalho mental de alto nível e que os alunos devem ser encorajados a fazer suposições e conjeturas, em um ambiente de sala de aula aberto a novas experiências.

Santos (2002) apresenta também uma divisão entre concepções da matemática, esclarecendo que está se referindo a situações de aprendizagem: a concepção “*baldista*”, que supõe ser a cabeça do aluno um balde vazio, que vai ser enchido com conhecimento; a concepção da *escadinha*, que acredita ser possível modificar o comportamento do aluno, indo de um estado de conhecimento inicial a um estado de conhecimento final, por meio de etapas – ou degraus – intermediários; e a concepção *socioconstrutivista*, que “coloca o aluno na situação de alguém que precisa resolver um certo problema mas que não possui a ferramenta necessária [...] para fazê-lo” (SANTOS, 2002, p.14), precisando, então, construí-la.

Partindo de outros referenciais teóricos, Rangel (1996) discute a imagem real e ideal do “bom aluno” (em qualquer disciplina), visando investigar em que medida, na percepção dos próprios sujeitos que expressam essa representação, a imagem de “bom aluno” corresponde ao aluno real, presente em nossas escolas. Nos resultados obtidos, a autora encontra expressões que também localizamos nas falas de nossos entrevistados. Por exemplo, para os participantes de sua pesquisa, o bom aluno é aquele esforçado, alcançando sucesso na escola e no trabalho; sua conduta envolve empenho, bom comportamento, disciplina, dedicação e obtenção das melhores notas.

Com esse panorama geral, apresentamos, a seguir, a metodologia de nosso estudo e os seus resultados.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta investigação é de caráter qualitativo, na modalidade de pesquisa naturalista ou de campo, pois os dados foram coletados por meio do contato direto com professores e alunos de todos os níveis de ensino (FIORENTINI; LORENZATO, 2006). Teve como

objetivo analisar as características que identificam um bom aluno de matemática, na visão de professores e alunos.

Durante o primeiro semestre letivo de 2009, em uma disciplina lecionada no 2º. ano de um curso de licenciatura em matemática, foi solicitado aos estudantes¹ que entrevistassem professores e alunos de Ensino Fundamental (E.F.), Médio (E.M.) e Superior (E.S.), perguntando: “O que é um bom aluno de matemática para você?” As respostas foram gravadas ou registradas pelos estudantes para posterior transcrição. A tabela a seguir mostra o número de pessoas entrevistadas em cada categoria.

TABELA 1 – Distribuição dos entrevistados segundo as categorias.

Categorias dos entrevistados	N
Professores do E. F., séries iniciais	34
Alunos das 3ª. e 4ª. séries do E. F.	30
Professores de matemática do E. F – 5ª. a 8ª. Séries	43
Alunos de 5ª. a 8ª. séries do E. F.	45
Professores de matemática do E. M.	36
Alunos do E. M.	38
Professores de matemática do E.S.	41
Alunos do E. S. – graduação em matemática	34
Alunos do E. S. que não cursam matemática	38
Profissionais com curso superior não-docentes	49
Total	388

Para a análise dos dados, apoiamos-nos em Bardin (1979), que indica três etapas para a análise de conteúdo: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Na pré-análise, cada aluno digitou as respostas obtidas em uma planilha com dois quadros e, posteriormente, todos os dados foram repassados para fichas, de acordo com o nível de ensino correspondente. Assim, o *corpus* da pesquisa compõe-se dos registros dessas respostas distribuídas em fichas.

Para explorar o material, fizemos uma leitura cuidadosa das respostas, sublinhando as palavras que indicavam alguma característica de um bom aluno. Levamos em conta as semelhanças encontradas nos significados das palavras sublinhadas, a partir de consulta a um dicionário (HOUAISS, 2001). Em seguida, agrupamos as características em duas categorias, determinadas, portanto, *a posteriori*: características pessoais e características relacionadas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes de sala de aula. Na fase de tratamento do material, organizamos novas planilhas, uma para cada nível e classe de respondente, com indicação do número de ocorrências de cada característica apontada.

A partir dessas planilhas, os dados foram interpretados, com indicação das características mais citadas em cada nível e da comparação entre elas, cotejando com a fundamentação teórica apontada.

¹ Agradecemos aos alunos do 2º. ano da Licenciatura em Matemática da UEL que, em 2009, participaram da coleta de dados utilizada para este trabalho.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente, comparamos as informações dadas pelos professores e alunos subdividindo-as segundo os níveis de ensino e apresentamos as características mais citadas, em ordem decrescente. De maneira geral, escolhemos as cinco mais citadas, desde que indicadas por mais de um participante, indicando um número maior quando a quinta característica teve mesma frequência que outras posteriores, sendo estas também citadas.

a) Professores de séries iniciais do E.F. e alunos de 3ª e 4ª séries do E.F.

As características pessoais mais citadas pelos professores de séries iniciais do Ensino Fundamental e pelos alunos de 3º e 4º anos desse nível estão indicadas no Quadro 1. Em todos os quadros aqui apresentados, as porcentagens são calculadas sobre o total de professores ou de alunos, conforme dados da Tabela 1. Por esse motivo, as porcentagens não totalizam 100%, pois os valores restantes representam outras características pouco citadas e, conseqüentemente, não indicadas.

Características pessoais	Citações de professores		Citações de alunos	
	N	%	N	%
Aplicado/Dedicado/Atento/Concentrado/Focado/Esforado/Responsável/Estudioso	18	53	12	40
Atencioso/Educado/Bem-comportado/Respeitoso/Caprichoso	5	15	5	17
Interessado/Comprometido/Curioso	4	12	0	0
Disciplinado/Regular/Organizado/Obediente/Quieto	3	9	7	23
Colaborador/Participativo/Prestativo	2	6	0	0
Inteligente/Capaz/Esperto/Rápido	0	0	3	10

QUADRO 1 – Características pessoais mais citadas por professores e alunos de séries iniciais do E.F.

Pelo Quadro 1, é possível notar as características pessoais comuns, citadas por esses professores e alunos.

Notamos que professores e alunos ainda valorizam aspectos pessoais que caracterizam o estudante típico da tendência pedagógica tradicional (LIBÂNEO, 1985; FIORENTINI, 1995); parece que os alunos introjetam as “cobranças” de seus mestres em relação a bom comportamento, estudo e disciplina.

Em seguida, apresentamos as características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula. As mais citadas pelos professores e alunos estão indicadas no Quadro 2:

Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula	Citações de professores		Citações de alunos	
	N	%	N	%
Gosta de aprender	7	21	0	0
Raciocínio lógico/rápido	5	15	1	3
Realiza tarefas	5	15	7	23
Sabe fazer contas	4	12	13	43
Tira boas notas	2	6	5	17
Pede auxílio	2	6	0	0
Sabe resolver exercícios/problemas	1	3	5	17
Sabe a tabuada	0	0	4	13

QUADRO 2 – Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, mais citadas por professores e alunos de séries iniciais do E.F.

Nesses aspectos, parece haver mais concordância em relação a algumas das características indicadas; por serem alunos de séries iniciais, é compreensível a importância dada ao “saber fazer contas”, mas nota-se que os professores valorizam mais o gosto pela matemática e o raciocínio lógico, enquanto os estudantes estão mais preocupados em fazer contas, realizar tarefas e tirar boas notas.

No entanto, apesar de que a resolução de problemas é apontada como ponto de partida para o ensino de matemática, nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (BRASIL, 1998), somente um dos professores valorizou o saber resolver problemas como característica do bom aluno de matemática.

b) Professores das séries finais do E.F. e alunos de 5ª a 8ª séries do E.F.

As características pessoais mais citadas pelos professores de séries finais do Ensino Fundamental e pelos alunos de 5º a 8º séries desse nível estão indicadas no Quadro 3.

Características pessoais	Citações de professores		Citações de alunos	
	N	%	N	%
Aplicado/Dedicado/Atento/Concentrado/Focado/Esforado/Responsável/Estudioso	22	51	27	60
Interessado/Comprometido/Curioso	6	14	3	7
Colaborador/Participativo/Prestativo	6	14	0	0
Atencioso/Educado/Bem-comportado/Respeitoso/Caprichoso	2	5	2	4
Perseverante/Persistente/Determinado/Força de vontade	2	5	0	0
Disciplinado/Regular/Organizado/Obediente/Quieto	2	5	6	13
Inteligente/Capaz/Esperto/Rápido	0	0	4	9

QUADRO 3 – Características pessoais mais citadas por professores e alunos de séries finais do E.F.

Novamente, parece-nos que, tanto para professores quanto para alunos, há ênfase nas características do aluno “ideal”, aquele que não perturba a classe, não questiona,

se esforça, se dedica aos estudos, colabora, ou seja, o estudante que assume os papéis esperados pelas pedagogias tradicional e tecnicista.

Quanto às características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, as mais citadas pelos professores e alunos estão indicadas no Quadro 4:

Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula	Citações de professores		Citações de alunos	
	N	%	N	%
Tira boas notas	6	14	10	22
Tem raciocínio lógico/rápido	6	14	6	13
Tem facilidade com cálculos/sabe as quatro operações	5	12	5	11
Gosta de matemática	4	9	1	2
Sabe resolver exercícios/ problemas	3	7	5	11
Realiza as tarefas	1	2	4	9
É capaz de pensar, raciocinar e depois aplicar	1	2	1	2
Não decora	1	2	1	2
É capaz de absorver e transmitir o conhecimento	1	2	1	2
Tem vontade de aprender	1	2	1	2

QUADRO 4 – Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, mais citadas por professores e alunos de séries finais do E.F.

Nesse caso, parece haver uma concordância bastante grande em relação a algumas características citadas. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental (BRASIL, 1998), os alunos da 5ª à 8ª séries devem ser capazes de “questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica [...]” (p.7). No entanto, a preocupação maior, demonstrada pelos entrevistados, é com as “boas notas”. Ainda é mencionada a capacidade de fazer cálculos, mas a resolução de problemas já se apresenta com um número maior de citações.

c) Professores e alunos do E.M.

As características pessoais mais citadas pelos professores e alunos do Ensino Médio estão indicadas no Quadro 5:

Características pessoais	Citações de professores		Citações de alunos	
	N	%	N	%
Aplicado/Dedicado/Atento/Concentrado/Focado/ Esforçado/Responsável/Estudioso	19	53	27	71
Interessado/Comprometido/Curioso	5	14	0	0
Colaborador/Participativo/Prestativo	5	14	3	8
Disciplinado/Regular/Organizado/Obediente/Quieto	2	6	2	5
Perseverante/Persistente/Determinado/Força de vontade	0	0	4	11

QUADRO 5 – Características pessoais mais citadas por professores e alunos do E.M.

É interessante notar que o ser esforçado, ser dedicado e ser estudioso continuam sendo, para professores e alunos, características importantes para um bom aluno de matemática. Mas poderíamos questionar se são suficientes para formar um cidadão que tenha condições de compreender e transformar a sociedade em que vive, como seria esperado nas tendências socioetnoculturais, e que, conforme as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p.70):

[...] valorize o raciocínio matemático – nos aspectos de formular questões, perguntar-se sobre a existência de solução, estabelecer hipóteses e tirar conclusões, apresentar exemplos e contra-exemplos, generalizar situações, abstrair regularidades, criar modelos, argumentar com fundamentação lógico-dedutiva.

Acreditamos que a valorização do raciocínio matemático, a capacidade de questionar e argumentar, são, efetivamente, características que deveriam ser enfatizadas nas matrizes curriculares, em qualquer nível de ensino. Além disso, também consideramos que a compreensão do mundo em que se vive, a capacidade de modelar os problemas do cotidiano e resolvê-los, enfatizadas nas tendências socioetnoculturais, são elementos-chave para que um aluno consiga transformar a sua realidade.

Em seguida, no Quadro 6, apresentamos as características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, mais citadas pelos professores e alunos do E.M.:

Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula	Citações de professores		Citações de alunos	
	N	%	N	%
Tem raciocínio lógico/rápido	13	36	5	13
Gosta de matemática	5	14	6	16
Resolve problemas de várias maneiras/facilmente	3	8	5	13
Tem vontade de aprender	3	8	0	0
Tem capacidade de observar/pensar/analisar/comparar/interpretar/justificar/argumentar/contextualizar	2	6	0	0
Tem "dom" natural para a matemática	2	6	0	0
Exercita sempre	2	6	1	3
Realiza as tarefas	2	6	1	3
Tem facilidade para cálculos/para matemática	2	6	3	8
Entende as explicações facilmente	1	3	3	8
Memoriza fórmulas facilmente	1	3	1	3
Tira boas notas	1	3	6	16

QUADRO 6 – Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, mais citadas por professores e alunos do E.M.

Parece que, nesse nível de ensino, talvez pela proximidade do exame vestibular, professores e alunos se deem conta de que é necessário pensar logicamente e resolver problemas. No entanto, nenhum dos entrevistados lembrou-se de comentar a capacidade de

trabalhar com tecnologias, tais como calculadoras e computadores, o que é recomendado pelas Orientações Curriculares (BRASIL, 2006) para esse nível de ensino e que permitiria, também, avaliar os resultados do processo de aprendizagem e não somente seu produto final.

d) Professores e alunos de E.S.

As características pessoais mais citadas pelos professores do Ensino Superior, alunos de graduação em matemática e alunos de outros cursos superiores estão indicadas no Quadro 7:

Características pessoais	Citações de professores		Citações de alunos de graduação em matemática		Citações de outros alunos de cursos superiores	
	N	%	N	%	N	%
Aplicado/Dedicado/Atento/Concentrado/Focado/Esforado/Responsável/Estudioso	18	44	18	53	21	55
Disciplinado/Regular/Organizado/Obediente/Quieto	6	15	4	12	6	16
Interessado/Comprometido/Curioso	6	15	5	15	0	0
Perseverante/Persistente/Determinado/Força de vontade	4	10	4	12	2	5
Inteligente/Capaz/Esperto/Rápido	0	0	0	0	3	8
Crítico/Questionador/Exigente	0	0	0	0	3	8
Atencioso/Educado/Bem-comportado/Respeitoso/Educa-do/Caprichoso	2	5	0	0	0	0
Colaborador/Participativo/Prestativo	2	5	0	0	0	0

QUADRO 7 – Características pessoais mais citadas por professores e alunos de E.S.

Nesse nível, chama atenção a alta percentagem da primeira categoria, mostrando que professores e alunos do Ensino Superior estão convencidos de que, para ser um bom aluno de matemática, é necessário dedicar-se, esforçar-se, estudar muito. Mesmo no nível superior, ainda persistem as características que, no imaginário da sociedade, fazem do bom aluno de matemática uma pessoa que segue estritamente regras e normas, para alcançar sucesso nos estudos e na vida acadêmica.

Em termos de características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, as mais citadas pelos professores e alunos de Ensino Superior estão indicadas no Quadro 8:

Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula	Citações de professores		Citações de alunos de graduação em matemática		Citações de outros alunos de cursos superiores	
	N	%	N	%	N	%
Tem raciocínio lógico/argumentativo	10	24	8	24	10	26
É capaz de visualizar/abstrair/intuir/perceber	5	12	2	6	0	0
Gosta de matemática	3	7	1	3	6	16
Conhece a teoria e as técnicas e aplica na prática/no cotidiano	3	7	4	12	3	8
É capaz de ler/interpretar/relacionar	2	5	3	9	3	8
Tem facilidade com a matemática/com os cálculos	2	5	2	6	7	18
Tira boas notas	2	5	1	3	5	13
Pratica sempre	2	5	0	0	0	0
É capaz de resolver problemas	1	2	1	3	3	8
Pesquisa outros temas além de matemática	1	2	1	3	1	3
Tem disponibilidade para aprender	1	2	1	3	3	8

QUADRO 8 – Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula, mais citadas por professores e alunos de E.S.

Parece que o gostar de matemática, valorizado por alunos de outros cursos, não é uma das características principais para os estudantes de matemática. Por outro lado, saber fazer cálculos e tirar boas notas são características esperadas de um bom aluno de matemática, na visão daqueles que não são do curso de matemática, mas não são apontadas com relevo pelos professores e alunos desse curso, talvez porque, realisticamente, saibam que nem sempre fazer contas é sinônimo de saber resolver questões matemáticas e que boas notas nem sempre indicam os melhores alunos. A característica de ter raciocínio lógico ou rápido tem a maior percentagem de indicações, em todas as três categorias.

Entre as competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos de Matemática, conforme as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Bacharelado e Licenciatura (BRASIL, 2001, p.3-4), são mencionadas: “capacidade de compreender, criticar e utilizar novas ideias e tecnologias para a resolução de problemas; [...] estabelecer relações entre a matemática e outras áreas do conhecimento; [...] trabalhar na interface da matemática com outros campos de saber”. Assim, se as tendências socioetnoculturais tivessem, efetivamente, sido predominantes no ensino de matemática na Educação Básica, como era esperado a partir das décadas finais do século XX, teríamos professores e alunos de matemática que valorizariam características relacionadas com resolução de problemas, com uso da matemática no cotidiano ou com uso de novas tecnologias. No entanto, pelos dados coletados com nossos entrevistados, não são essas as características prevalentes, o que nos leva a supor que ainda não foi assumida, pela sociedade, a ideia de que o ensino pode transformá-la, na medida em que os alunos apliquem os conteúdos estudados no seu cotidiano.

Além desses professores e alunos, ainda foram entrevistados profissionais com curso superior que não são docentes. As principais características de um bom aluno de matemática, citadas por eles, estão indicadas no Quadro 9.

Características pessoais	Citações		Características relativas ao ensino e aprendizagem de matemática ou a atitudes em sala de aula	Citações	
	N	%		N	%
Dedicado/Esforado/Concentrado	16	33	Tem raciocínio lógico/rápido	8	16
Interessado/Curioso/Questionador	8	16	Tem facilidade com cálculos	6	12
Atencioso/Respeitoso/Educado	5	10	Gosta de aprender/ buscar novos conhecimentos	6	12
Disciplinado	4	8	É capaz de interpretar	3	6
Perseverante/Determinado	4	8	Gosta de matemática	2	4
Participativo	2	4	Não se importa de errar	2	4
			Tem bons professores	2	4
			Tira boas notas	2	4

QUADRO 9 – Distribuição das características segundo profissionais não-docentes.

Pode-se entender as opiniões desses profissionais como sendo parte do que a sociedade espera de um bom aluno de matemática. A importância dada às características como dedicação, esforço, interesse e disciplina, em todos os níveis de ensino, entre professores, alunos e entre esses outros profissionais entrevistados, mostra que o aluno de matemática deve se destacar como o cidadão “modelo”, aquele que respeita as normas, que cumpre metas, que não questiona o *status quo*. Também se espera dele um raciocínio lógico e rápido, uma facilidade com cálculos e uma busca constante de novos conhecimentos, o que, de certa forma, são características típicas de um cientista.

Não vemos, de maneira geral, características que indiquem uma sensibilidade para com os problemas da realidade, que permita o engajamento na transformação da sociedade, conforme preconizam as tendências socioetnoculturais.

CONCLUSÕES

Mesmo conscientes de que nossa amostra, não aleatória e restrita a uma determinada comunidade, não permite a generalização dos resultados obtidos, consideramos que, para esses entrevistados, seria necessário retomar a classificação das tendências pedagógicas em Educação Matemática, para analisar quais características dos alunos efetivamente se destacam nas salas de aula dessa comunidade. Sugerimos assim, como conclusão de nosso estudo, que as tendências pedagógicas – apontadas em investigações sobre o ensino e a aprendizagem de matemática em nosso país – sejam re-estudadas com vista a uma nova classificação, que proponha novas formas de desenvolver o processo de ensino e aprendizagem de matemática.

Também as concepções sobre a matemática, seu ensino e sua aprendizagem merecem novos estudos, haja vista a excessiva ênfase no que foi considerado como produto da aprendizagem – as boas notas, a reprodução dos conteúdos memorizados – ao invés da priorização do processo de aprender matemática, que envolve, entre outras características, o saber interpretar, observar, comparar, justificar, argumentar, aspectos apontados por poucos de nossos entrevistados.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1979.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática*. Brasília, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Matemática, Bacharelado e Licenciatura*. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES13022.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília, 2006.
- CARRILLO, J.; CONTRERAS, L. C. Un modelo de categorías e indicadores para el análisis de las concepciones del profesor sobre la matemática y su enseñanza. *Educación Matemática*, v.7, p.79-92, 1995.
- CARVALHO, D. L. de. *A concepção de matemática do professor também se transforma*. 1989. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- CURY, H. N. *As concepções de matemática dos professores e suas formas de considerar os erros dos alunos*. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
- ERNEST, P. The impact of beliefs on the teaching of mathematics. In: ERNEST, Paul. (Ed.). *Mathematics teaching: the state of the art*. London: The Falmer Press, 1989. p.249-254.
- _____. *The philosophy of mathematics and mathematics education*. London: The Falmer Press, 1991.
- FERNANDES, D. N.; GARNICA, A. V. M. Concepções do professor de matemática: contribuições para um referencial teórico. *Boletim GEPEM*, n. 40, p.11-36, ago. 2002.
- FERREIRA, A. C. O que pensam os estudantes sobre a matemática: uma revisão das principais pesquisas sobre crenças em relação à matemática, seu ensino e aprendizagem. *Boletim GEPEM*, n.40, p.69-90, ago. 2002.
- FIORENTINI, D. Alguns modos de ver e conceber o ensino da matemática no Brasil. *Zetetiké*, v.3, n.4, p.1-37, nov. 1995.
- FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Campinas: Autores Associados, 2006.
- HOUAISS, A. *Dicionário Eletrônico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. CD-ROM.
- LERMAN, S. Theories as intellectual resources in mathematics education researches. *Acta Scientiae*. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v.10, n.1, p.17-26, 2008.
- LIBÂNEO, J. C. *Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos*. São Paulo: Loyola, 1985.
- MANDARINO, M. C. F. *Concepções de ensino da Matemática elementar que emergem da prática docente*. 2006. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

MANRIQUE, A. L.; ANDRÉ, M. E. D. A. Concepções, sentimentos e emoções de professores participantes de um processo de formação continuada em geometria. *Educação Matemática Pesquisa*, v.11, n.1, p.165-185, 2009.

MELO, M. V. *Três décadas de pesquisa em Educação Matemática na UNICAMP: um estudo histórico a partir de teses e dissertações*. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MIGUEL, A. *Três Estudos sobre História e Educação Matemática*. 1993. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

PONTE, J. P. Concepções dos professores de matemática e processos de formação. In: PONTE, J.P. et al. *Educação matemática*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1992. p.187-239.

RANGEL, M. A imagem real e a imagem ideal do “bom aluno”. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v.77, n.186, p.282-303, 1996.

SANTOS, M. C. dos. Algumas concepções sobre o ensino-aprendizagem de matemática. *Educação Matemática em Revista*, v.9, n.12, p.11-15, jun. 2002.

SAVIANI, D. Tendências e correntes da educação brasileira. In: SAVIANI, D. et al. *Filosofia da educação brasileira*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1985. p.19-47.

THOMPSON, A. G. Teachers’ beliefs and conceptions: a synthesis of the research. In: GROUWS, D.A. (Ed.). *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan, 1992. p.127-146.

_____. A relação entre concepções de matemática e de ensino de matemática de professores na prática pedagógica. *Zetetiké*, v.5, n.8, p.11-44, jul./dez. 1997.

Recebido em: set. 09 **Aceito em:** out. 09

A condução de atividades de mecânica para alunos com e sem deficiência visual: dificuldades e viabilidades

Eder Pires de Camargo
Roberto Nardi

RESUMO

O presente texto encontra-se inserido dentro de um estudo que busca compreender quais são as principais barreiras e alternativas para a inclusão de alunos com deficiência visual no contexto do ensino de física. Apresenta e discute as dificuldades e viabilidades para a participação efetiva do aluno cego de nascimento em aulas de mecânica. Por meio de análise de conteúdo, identifica quatro classes funcionais implicadoras de dificuldades e cinco de viabilidades. Algumas classes estiveram presentes entre as dificuldades e viabilidades e outras não. Dessa forma, o que categorizou uma classe como dificuldade e/ou viabilidade foram suas características intrínsecas (linguagem e contexto). Como conclusão, enfatiza a importância da criação de ambientes comunicacionais adequados, a função inclusiva do elemento interatividade, bem como a necessidade da destituição de ambientes segregativos no interior da sala de aula.

Palavras-chave: Ensino de física, inclusão. Deficiência visual. Mecânica. Participação efetiva.

Difficulties and viabilities of having a born blind student effectively attend mechanics classes

ABSTRACT

This article is aimed at understanding which the most important difficulties and alternatives to include students with visual impairments in physics classes are. It presents and discusses the difficulties and viabilities of having a born blind student effectively attend Mechanics classes. Using content analysis, this experiment identifies four functional classes which might correspond to difficulties and five which refer to the viabilities. Some of the classes were among the difficulties and viabilities and others were not. For this reason, the class intrinsic features (language and context) have characterized them as difficulty and/or viability. Therefore, the importance of appropriate communicative environments, the including role of the interactivity element, as well as the need for destitution of segregation environments inside classroom, are emphasized.

Keywords: Physics teaching. Inclusion. Visual impairment. Mechanics. Effective participation.

Eder Pires de Camargo é professor Dr. do Departamento de Física e Química da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Avenida Brasil, 56, CEP: 15385000, Ilha Solteira/SP, e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências) da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Bauru, SP. E-mail: camargoep@dfq.feis.unesp.br

Roberto Nardi é professor Dr. do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências) da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, s/n, Campus Universitário – Vargem Limpa – caixa postal 473, CEP 17033-360- Bauru/SP. E-mail: nardi@fc.unesp.br

INTRODUÇÃO

A inclusão norteia-se por valores éticos como: a aceitação das diferenças individuais, a valorização de cada pessoa, a convivência dentro da diversidade humana, a aprendizagem através da cooperação (SASSAKI, 1999). Efetiva-se por meio de três princípios gerais, a presença do aluno com deficiência na escola regular, a adequação da mencionada escola às necessidades de todos os seus participantes, e a adequação, mediante o fornecimento de condições, do aluno com deficiência ao contexto da sala de aula (SASSAKI, 1999). Implica numa relação bilateral de adequação entre ambiente educacional e aluno com deficiência, em que o primeiro gera, mobiliza e direciona as condições para a participação efetiva do segundo (MITTLER, 2003). Tal participação é entendida em razão da constituição de uma dada atividade escolar que dá ao aluno com deficiência, plenas condições de atuação. A participação efetiva pode, portanto, servir como parâmetro sobre a ocorrência ou não de inclusão, além de explicitar as reais necessidades educacionais do aluno com deficiência.

A compreensão de inclusão como participação efetiva torna-a objetiva, evidencia as reais dificuldades e viabilidades encontradas por professores e alunos, e explicita variáveis específicas ligadas ao fenômeno educacional e às características da deficiência. Em outras palavras, a ideia de participação efetiva enfatiza as relações: tipo de deficiência/inclusão, características do conteúdo ensinado/inclusão, a utilização de recursos instrucionais/inclusão, tipo de interação docente-discentes/inclusão, perfil comunicativo em sala de aula/inclusão, etc. Nesse contexto, a implantação de ambientes inclusivos deixa de ser abstrata e subjetiva, já que, coloca em discussões variáveis específicas tornadas genéricas do ponto de vista teórico (MANTOAN, 2003). De fato, a inclusão escolar deve orientar-se por princípios gerais como os apontados por Sasaki (1999), e por saberes específicos atrelados ao tipo de deficiência e conteúdo ensinado. A busca por uma didática inclusiva não é simples, deve respeitar e superar os modelos pedagógicos gerais destacando o impacto das variáveis específicas na implantação de uma educação para todos. Concluir que incluir alunos com deficiências em aulas de física (CAMARGO; NARDI, 2008), química, biologia, matemática, história, língua portuguesa, etc, deve ir além dos princípios gerais, é reconhecer a necessidade do investimento em pesquisas que revelem propriedades ativas das variáveis específicas.

A partir do exposto, o presente texto identifica, classifica e analisa algumas das dificuldades e viabilidades para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física. Para tanto, tomou-se como parâmetro a participação efetiva desse discente em atividades de mecânica. A participação efetiva é avaliada em função da relação: discente com deficiência visual/ conteúdos conceituais e procedimentais de mecânica (ZABALA, 1998). Segundo esse autor, os conteúdos de ensino são compreendidos em termos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Como explica Zabala (1998.), os conteúdos conceituais estão relacionados ao conhecimento de fatos, conceitos e princípios, os procedimentais ligados às regras, técnicas, habilidades, e os atitudinais a valores, atitudes, princípios éticos. Dito de outro modo, conteúdos conceituais relacionam-se ao saber, os procedimentais ao saber fazer, e os atitudinais ao ser (ZABALA, 1998.).

Em relação aos conteúdos atitudinais, várias pesquisas indicam que a presença do aluno com deficiência em uma classe regular contribui positivamente ao desenvolvimento de valores de caráter colaborativo, de respeito às diferenças, ligados à construção de uma sociedade menos excludente e para a identificação de uma natureza humana heterogenia (CARVALHO; MONTE, 1995). Esse é o motivo pelo qual, as atenções sobre o processo de inclusão estão voltadas à participação efetiva do aluno com deficiência visual naquelas atividades próprias ao ensino de conteúdos conceituais e procedimentais de mecânica. Em outras palavras, serão discutidos os problemas reais oriundos da relação docente/discente com deficiência visual, discentes com e sem deficiência visual, discente com deficiência visual/conhecimento de mecânica, discente com deficiência visual/ atividades experimentais, discente com deficiência visual/operações matemáticas, etc.

O CONTEXTO DAS ATIVIDADES

Sob a coordenação de um grupo de licenciandos (grupo de mecânica), foram aplicadas quatro atividades de ensino em ambiente educacional que contou com a presença de alunos com e sem deficiência visual. As atividades ocorreram no Colégio Técnico Industrial Prof. Isaac Portal Roldán (Bauru, Estado de São Paulo). Essas atividades faziam parte de um curso de extensão denominado “O Outro Lado da Física” oferecido pelo curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual Paulista (campus de Bauru) durante o segundo semestre de 2005. Além de mecânica, esse curso também contemplou aulas de óptica, eletromagnetismo, termologia e física moderna. A organização para a aplicação dos módulos de ensino ocorreu em duas etapas, momento preparatório e momento de definição do ambiente educacional.

O momento preparatório caracterizou-se por duas atividades básicas realizadas no primeiro semestre de 2005: planejamento de módulos e materiais de ensino e discussão reflexiva de temas inerentes ao ensino de física e à deficiência visual.

No início do primeiro semestre (na disciplina: prática de ensino de física) foi solicitado aos licenciandos que se dividissem aleatoriamente em cinco grupos de acordo com os temas físicos anteriormente mencionados (planejamento de módulos e materiais de ensino). Assim que os grupos ficaram definidos, foi apresentado a eles o seguinte problema educacional:

“Vocês devem elaborar um mini-curso de 16h sobre o tema físico que seu grupo escolheu, sendo que as atividades de ensino de física constituintes do mini-curso devem ser adequadas às especificidades educacionais de alunos com e sem deficiência visual”.

Nos encontros seguintes (discussão reflexiva) foram abordados temas inerentes ao ensino de física e à deficiência visual (CAMARGO, 2000, 2005). Dois foram os coordenadores dessas discussões: (a) docente responsável pela disciplina “Prática de Ensino de Física” (segundo autor desse trabalho) e (b) pesquisador de pós-doutorado (primeiro autor desse trabalho).

Os licenciandos definiram que as atividades constituiriam um curso de extensão a ser oferecido pela UNESP para uma determinada escola da rede regular de ensino de Bauru.

A escolha do CTI deu-se por quatro fatores: (a) o CTI é um colégio vinculado à UNESP; (b) existência de boas relações entre a mencionada instituição e a UNESP de Bauru; (c) cursos semelhantes já haviam sido aplicados com sucesso no CTI; (d) proximidade entre o CTI e a UNESP. Isto facilitou o deslocamento dos licenciandos.

No início do segundo semestre de 2005, os licenciandos iniciaram um período de divulgação junto aos alunos da mencionada instituição. O CTI oferece cursos técnicos de mecânica, eletrônica e processamento de dados, bem como, o ensino médio propedêutico. Estudam no CTI alunos da cidade e da região de Bauru com idade média de 15 anos. O número de vagas para a participação dos alunos do CTI no curso foi de trinta e cinco, sendo que o número de inscritos foi de aproximadamente setenta. A escolha dos trinta e cinco participantes do CTI deu-se por sorteio.

Paralelamente ao processo de divulgação descrito, entrou-se em contato com a Escola Estadual Mercedes P. Bueno, localizada na cidade de Bauru – SP, a fim de convidar alunos com deficiência visual para participarem do curso. Esta escola foi procurada, pois, no CTI, não havia alunos com deficiência visual matriculados. A Escola Estadual Mercedes P. Bueno possui uma sala de recursos pedagógicos que procura atender às necessidades educacionais de alunos com deficiência visual (ex. ensino do Braille, transcrição de textos ou provas em Braille). Dois alunos com deficiência visual se interessaram em participar do curso. Esses alunos na ocasião possuíam as seguintes características: ambos eram cegos; um possuía 15 anos de idade e cursava a 8ª série do ensino fundamental (atual nona série), e o outro possuía 34 anos e cursava a oitava série do ensino de jovens e adultos. O aluno de 15 anos de idade era cego de nascimento e o de 34 perdera a visão aos vinte e quatro anos.

Destaca-se que os resultados apresentados enfatizam as dificuldades/viabilidades do aluno que nasceu cego. O motivo é o seguinte: a quantidade de dificuldades/viabilidades do aluno cego de nascimento é distinta da quantidade do aluno que perdeu a visão ao longo da vida. Este fato exige análises particularizadas dos contextos onde ocorreram as dificuldades/viabilidades dos alunos com deficiência visual, o que inviabilizaria a apresentação do presente texto.

ANÁLISE DOS DADOS

O registro audiovisual e a posterior transcrição na íntegra das atividades constituíram o *corpus* de análise. Adotando os procedimentos: exploração do material; tratamento dos resultados e interpretação, para a realização de uma análise temática – técnica de análise de conteúdo – (BARDIN, 1977) foram identificadas dificuldades e viabilidades para a participação efetiva do aluno cego nas atividades de mecânica.

No processo de exploração do material, realizou-se a fragmentação do *corpus* de análise (BARDIN, 1977). Para a fragmentação, foram selecionados trechos que continham a mesma viabilidade ou dificuldade. Após a fragmentação, as dificuldades e viabilidades foram agrupadas de acordo com a classe que as caracterizam. Em outras palavras, o

agrupamento foi orientado pela identificação do perfil das dificuldades e viabilidades para a inclusão do aluno com deficiência visual. Essas dificuldades e viabilidades serão enfocadas na sequência.

Como decorrência dos processos de fragmentação e agrupamento, foi identificada quatro classes de dificuldades de inclusão e cinco de viabilidades. Essas classes são as seguintes: (a) dificuldades: comunicação, operação matemática, segregativa e operação de software; (b) viabilidades: comunicação, operação matemática, apresentação de modelos, apresentação de hipóteses e experimento.

As dificuldades e viabilidades explicitadas representam classes funcionais ou componentes ativos das atividades que expressam, respectivamente, barreiras ou alternativas à participação efetiva do aluno cego nas aulas de mecânica. O Quadro 1 apresenta as classes de dificuldade e viabilidade e suas quantidades.

Classe/dificuldade/inclusão	Quantidade	Classe/viabilidade/inclusão	Quantidade
Comunicação	102	Comunicação	122
Operação matemática	14	Operação matemática	4
Segregativa	5	Segregativa	0
Operação de software	1	Operação de software	0
Apresentação de modelos	0	Apresentação de modelos	2
Experimento	0	Experimento	2
Apresentação de hipótese	0	Apresentação de hipótese	1
Total vertical	122	Total vertical	131

QUADRO 1 – Panorama de dificuldades e viabilidades de inclusão para o aluno cego de nascimento.

Observa-se no Quadro 1 que as classes comunicação e operação matemática foram comuns às dificuldades e viabilidades. Por outro lado, verificaram-se classes que representaram dificuldade ou viabilidade. As classes segregativa e operação de software representaram somente dificuldades à participação efetiva do discente, enquanto que as classes apresentação de modelos, apresentação de hipóteses e experimento representaram apenas viabilidade a tal participação. Isto se deveu ao fato de que essas classes possuem características intrínsecas que as tornaram fator de barreiras e/ou alternativas à participação efetiva do aluno com deficiência visual.

As características intrínsecas serão definidas a partir de duas categorias, ou seja, linguagem e contexto. Em outras palavras, o entendimento dos fatores determinantes para a condição de dificuldade e/ou viabilidade de uma determinada classe funcional, será feito em razão da explicitação do perfil linguístico utilizado pelos licenciandos no processo de veiculação de significados de mecânica, bem como do contexto em que a veiculação de significados ocorreu. Na sequência, as categorias mencionadas são apresentadas.

Categoria 1: linguagem

Objetiva compreender se as informações veiculadas pelos licenciandos foram acessíveis ao aluno com deficiência visual. A acessibilidade será avaliada em razão das estruturas empírica e semântico-sensorial das linguagens utilizadas para a veiculação de informações.

1.1 Estrutura empírica da linguagem: refere-se ao suporte material da linguagem (MARTINO, 2005), isto é, à forma por meio da qual uma determinada informação é materializada, armazenada, veiculada e percebida. Pode se organizar em termos fundamentais e mistos. As estruturas fundamentais são constituídas pelos códigos visual, auditivo e tátil articulados de forma autônoma e/ou independente uns dos outros. As estruturas mistas surgem quando os códigos fundamentais se combinam de forma interdependente, ou seja, estruturas audiovisual, tátil-visual, tátil-auditiva e tátil-visual-auditiva. Os sentidos de natureza olfativa e gustativa não serão, para efeitos de análise desta categoria, considerados como códigos sensoriais utilizados para a veiculação de informações. Embora a existência de tais códigos seja possível, entende-se, por hipótese, que para contextos de sala de aula de mecânica ela seja desprezível.

1.2 Estrutura semântico-sensorial da linguagem: refere-se aos efeitos produzidos pelas percepções sensoriais no significado de fenômenos, conceitos, objetos, situações e contextos (DIMBLERY, R.; BURTON, G. 1990). Esses efeitos são entendidos por meio de quatro referenciais associativos entre significado e percepção sensorial, a indissociabilidade, a vinculação, a não relacionabilidade e a relacionabilidade secundária.

Significados indissociáveis são aqueles cuja representação mental é dependente de determinada percepção sensorial. Esses significados nunca poderão ser representados internamente por meio de percepções sensoriais distintas da que os constituem.

Significados vinculados são aqueles cuja representação mental não é exclusivamente dependente da percepção sensorial utilizada para seu registro ou esquematização. Sempre poderão ser representados por meio de percepções sensoriais distintas da inicial.

Significados sensorialmente não relacionáveis (ou sem relação sensorial) não possuem vínculo ou associação com qualquer percepção sensorial. Embora o aprendiz possa construir representações mentais sensoriais acerca de ideias com a presente característica, as mesmas nunca corresponderão de fato aos fenômenos/conceitos que se visam comunicar. As representações mentais com a característica semântico-sensorial aqui discutida encontrar-se-ão sempre no nível analógico, metafórico e artificial.

Significados de relacionabilidade sensorial secundária (ou de relação sensorial secundária) são aqueles cuja compreensão estabelece com o elemento sensorial uma relação não prioritária. Embora ocorram construções de representações mentais sensoriais por parte do aprendiz, as mesmas não são pré-requisito à compreensão do fenômeno/conceito abordado.

A ideia de representação utilizada nesta categoria de análise é aquela contida em Eisenck e Keane (1991). Segundo os autores (EISENCK, M.; KEANE, M, 1991, p.202) representação é “qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos capaz de representar, mesmo na ausência do representado, algum aspecto do mundo externo ou de nossa imaginação”. De forma mais específica, a presente categoria fundamenta-se no conceito de “representações internas” ou “representações mentais”, que ocorrem no nível subjetivo da cognição, do pensamento. Em outras palavras, tais representações referem-se “às formas em que codificamos características, propriedades, imagens, sensações, etc, de um objeto percebido ou imaginado, bem como, de um conceito abstrato” (EISENCK, M.; KEANE, M, 1991, p.202).

Dessa forma, a caracterização das linguagens obedeceu à relação: linguagem = (estrutura empírica) + (estrutura semântico-sensorial). A avaliação de uma viabilidade ou dificuldade comunicacional levou em conta o fato de uma dada linguagem ter ou não tornado acessível ao aluno cego os significados por ela veiculados. Assim, a acessibilidade foi avaliada em razão da potencialidade comunicativa das estruturas empírica e semântico-sensorial da linguagem em comparação com a característica visual do aluno (cego de nascimento).

Categoria 2: contexto

Refere-se a duas características da presença do aluno com deficiência visual nas atividades: (a) espaço instrucional; e (b) nível de interatividade desse espaço.

Espaço instrucional: episódio e episódio particular

2.1 Episódios: referem-se a espaços instrucionais comuns aos alunos com e sem deficiência visual, isto é, momentos em que todos os discentes envolveram-se nas mesmas tarefas coordenadas pelos licenciandos. Uma característica fundamental dos episódios é a não diferenciação de conteúdos, estratégia metodológica e recurso instrucional para aluno com e sem deficiência visual.

2.2 Episódios particulares: São os espaços instrucionais que contaram apenas com a participação do aluno cego, ou seja, ocorreram de forma separada e simultânea à aula dos alunos videntes. Uma característica central desses episódios é a diferenciação, em comparação à participação dos alunos videntes, dos recursos instrucionais utilizados, das estratégias metodológicas empregadas e do conteúdo ou de sua abordagem.

Nível de interatividade: discursos interativo e não-interativo

Segundo Mortimer e Scott (2002) a diferenciação entre os discursos interativo e não-interativo dá-se pela identificação do número de “vozes” que participam de uma

determinada relação discursiva. Exemplificando, se numa aula apenas o professor fala, o discurso é dito não interativo, enquanto que se existe a participação dos alunos (apresentação de dúvidas, questões, posições, etc), o discurso é dito interativo.

2.3 Discurso interativo: ocorre com a participação de mais de uma pessoa.

2.4 Discurso não-interativo: ocorre com a participação de uma única pessoa.

Portanto, o contexto é definido pela relação: (espaço instrucional) + (nível de interatividade). Na sequência as classes de dificuldades e viabilidades identificadas serão analisadas. Em tal análise, serão enfocadas, primeiramente, aquelas presentes nas dificuldades e viabilidades, e posteriormente, as identificadas nas dificuldades ou viabilidades.

Categoria 3: dificuldades e viabilidades

Classes que representam dificuldade e viabilidade à inclusão do aluno com deficiência visual.

3.1 Dificuldades de comunicação: foram identificadas 102 dificuldades de comunicação, agrupadas em razão de seis linguagens. Essas linguagens constituíram-se em função das seguintes estruturas empíricas: audiovisual interdependente, auditiva e visual independente e fundamental auditiva.

Em relação ao aspecto semântico-sensorial, os significados abordados estiveram relacionados a três estruturas: (a) significado vinculado às representações visuais. Ex. registros de símbolos de equações físicas, registro de relações matemáticas, indicação de equações, demonstrações de equações, soma vetorial (algébrica e gráfica), indicação de eventos ou propriedades (espaço percorrido, posição do referencial adotado, direção e sentido – velocidade, aceleração, pontos de atuação de forças, decomposição vetorial, registro do sentido de um vetor por ângulos, planos inclinados, trajetórias, etc), forma estrutural de algumas unidades físicas (ex. m/s^2 , $N \times m^2/Kg^2$, etc), características de gráficos (movimentos uniforme e uniformemente variado, força x deformação elástica, energia potencial elástica x deformação, etc), direção e sentido da força centrípeta, ângulo entre força e deslocamento, órbitas e posições de planetas e astros celestes; (b) significado indissociável de representações visuais. Ex. ideia de visão, energia luminosa, etc; (c) significado sem relação sensorial. Ex. intervalo de tempo

As seis linguagens geradoras de dificuldade comunicacional, bem como, exemplos das mesmas são apresentados no Quadro 2.

Linguagens geradoras de dificuldades	Frases dos licenciandos
Audiovisual interdependente/significado vinculado às representações visuais	Soma de vetores seria assim, aqui você coloca o vetor A, aqui o B, e o soma está aqui ó, ele é a soma de A mais B.
Auditiva e visual independentes/significado vinculado às representações visuais	Essa daqui é a equação da elipse, x ao quadrado sobre b ao quadrado mais y ao quadrado sobre a ao quadrado é igual a um.
Fundamental auditiva/significado vinculado às representações visuais	Então você tem cinco de força dividido por um, a pressão é cinco de força sobre um c m dois.
Auditiva e visual independentes/significado indissociável de representações visuais	"Se enxerguei além dos outros é porque estava no ombro de gigantes".
Fundamental auditiva/significado indissociável de representações visuais	A luz é uma forma de energia
Auditiva e visual independentes/significado sem relação sensorial	O intervalo de tempo delta t vai ser o t2 menos o t1

QUADRO 2 – Exemplos de linguagens geradoras de dificuldades de comunicação.

Na sequência, explicita-se, por meio do Quadro 3, a relação entre o perfil linguístico gerador de dificuldade comunicacional e o contexto onde esses perfis foram empregados.

Contexto comunicacional (direita) Linguagem (abaixo)	Episódio não-interativo	Episódio interativo	Episódio particular interativo	Quantidade/horizontal
Audiovisual interdependente/significado vinculado às representações visuais.	71	8	0	79
Auditiva e visual independentes/significado vinculado às representações visuais	11	3	0	14
Fundamental auditiva/significado vinculado às representações visuais	4	0	1	5
Auditiva e visual independentes/significado indissociável de representações visuais	2	0	0	2
Fundamental auditiva/significado indissociável de representações visuais	0	1	0	1
Auditiva e visual independentes/significado sem relação sensorial	1	0	0	1
Quantidade/porcentagem/vertical-total	89	12	1	102

QUADRO 3 – relaciona as variáveis: contexto comunicacional e linguagem inacessível.

Tomando por base os dados do Quadro 3, apresentam-se as principais características das dificuldades comunicacionais: (a) ocorrência majoritária de dificuldades em episódios não-interativos; (b) ocorrência majoritária de dificuldades relacionadas ao emprego de linguagem de estrutura empírica audiovisual interdependente; (c) ocorrência majoritária relacionada à veiculação de significados vinculados às representações visuais; (d) estreita relação entre estrutura empírica audiovisual interdependente e significados vinculados às representações visuais; (e) estreita relação entre episódio não-interativo e linguagem

audiovisual interdependente /significado vinculado às representações visuais; (f) decrescimento de dificuldades na medida em que os episódios tornaram-se interativos; (g) decrescimento de dificuldades na medida em que foram empregadas linguagens de estrutura empírica auditiva e visual independentes e fundamental auditiva; (h) ocorrência minoritária de dificuldades relacionadas à veiculação dos significados indissociáveis de representações visuais e sem relação sensorial; (i) ocorrência minoritária de dificuldades em episódios particulares interativos.

3.2 Viabilidade de comunicação: foram identificadas 122 viabilidades de comunicação, agrupadas em razão de dez linguagens. Essas linguagens constituíram-se em função das seguintes estruturas empíricas: (a) fundamental auditiva, (b) auditiva e visual independente e (c) tátil-auditiva interdependente.

Em relação ao aspecto semântico-sensorial, os significados veiculados estiveram relacionados a quatro estruturas: (a) significados indissociáveis de representações não-visuais. Ex. massa, força e temperatura; (b) significados vinculados às representações não-visuais. Ex. deslocamento, velocidade, aceleração, área, formas geométricas, etc; (c) significados sensorialmente não relacionáveis. Ex. energia, tempo e campo gravitacional; d) significados de relacionabilidade sensorial secundária. Ex. aspectos e fatos históricos.

As dez linguagens geradoras de viabilidade comunicacional e exemplos das mesmas são apresentados no Quadro 4 (partes 1 e 2).

Linguagens acessíveis	Frases dos licenciandos
Fundamental auditiva/significado indissociável de representações não-visuais	Antes de Newton força era relacionada somente a esforço físico, e esforço físico a gente tem que ter o contato. E a gente sabe que para colocar um corpo em movimento a gente tem que colocar uma força nele, tem que empurrar, tem que puxar.
Auditiva e visual independentes/significado de relacionabilidade sensorial secundária	Newton foi um dos personagens mais influentes na ciência ocidental
Fundamental auditiva/significado vinculado às representações não-visuais	A forma da terra é redonda e achatada
Auditiva e visual independentes/significado vinculado às representações não-visuais	Energia potencial gravitacional é a massa vezes a gravidade vezes a altura
Fundamental auditiva/significado sem relação sensorial	Trabalho é algo que consome energia

QUADRO 4 (parte 1) – Exemplos de linguagens geradoras de viabilidades comunicacionais.

Linguagens acessíveis	Frases dos licenciandos
Tátil-auditiva interdependente/significado vinculado às representações não-visuais	Essa daqui é a bala do meu canhão, eu peguei um fósforo e queimei a cordinha que tinha aqui, ai rebentou assim e ele veio forte e foi para cá, para esse lado aqui, e o canhão foi para traz (foto 1).
Fundamental auditiva/significado de relacionabilidade sensorial secundária	Modelo corresponde a imaginar como algo é.
Auditiva e visual independentes/significado indissociável de representações não-visuais	A quantidade de movimento depende da massa do objeto.
Tátil-auditiva interdependente/significado indissociável de representações não-visuais	Para este prego de ponta grossa penetrar na madeira tem que bater com uma grande força.
Auditiva e visual independentes/significado sem relação sensorial	Entorno da Terra tem uma região denominada campo gravitacional.

QUADRO 4 (parte 2) – Exemplos de linguagens geradoras de viabilidades comunicacionais.

Na sequência, explicita-se, por meio do Quadro 5, a relação entre o perfil linguístico gerador de viabilidade comunicacional e o contexto onde esses perfis foram empregados.

Contexto comunicacional (direita) Linguagem (abaixo)	Episódio não-interativo	Episódio interativo	Episódio particular interativo	Quantidade horizontal
Fundamental auditiva/significado indissociável de representações não-visuais	18	10	7	35
Auditiva e visual independentes/significado de relacionabilidade sensorial secundária	27	0	0	27
Fundamental auditiva/significado vinculado às representações não-visuais	10	6	1	17
Auditiva e visual independentes/significado vinculado às representações não-visuais	12	5	0	17
Fundamental auditiva/significado sem relação sensorial	3	5	0	8
Tátil-auditiva interdependente/significado vinculado às representações não-visuais	0	1	4	5
Fundamental auditiva/significado de relacionabilidade sensorial secundária	5	0	0	5
Auditiva e visual independentes/significado indissociável de representações não-visuais	2	2	0	4
Tátil-auditiva interdependente/significado indissociável de representações não-visuais	0	0	2	2
Auditiva e visual independentes/significado sem relação sensorial	2	0	0	2
Quantidade/porcentagem/vertical	79	29	14	Total 122

Quadro 5 – Relaciona as variáveis: momento, padrão discursivo e linguagens acessíveis.

De acordo com o Quadro 5, as principais características das viabilidades comunicacionais são as seguintes: (a) predominância do emprego de linguagens de estruturas empíricas fundamental auditiva e auditiva e visual independentes; (b) predominância da veiculação de significados vinculados e indissociáveis de representações não-visuais e de relacionabilidade sensorial secundária; (c) emprego minoritário de linguagens de estrutura empírica tátil-auditiva interdependente; (d) veiculação minoritária dos significados sem relação sensorial; (e) predominância da ocorrência de viabilidades nos episódios não-interativos; (f) ocorrência minoritária de episódios particulares e interativos; (g) relação destacável entre episódio não-interativo e veiculação de significados de relacionabilidade sensorial secundária; (h) significados sem relação sensorial foram veiculados de forma minoritária em episódio não-interativo e majoritária em episódio interativo; (i) linguagens de estrutura empírica tátil-auditiva interdependente foram utilizadas majoritariamente em episódio particular interativo e (j) não se verificou a relação: viabilidade de comunicação/ linguagem de estrutura empírica audiovisual interdependente.

3.3 Dificuldade de operação matemática: foi identificada em 14 ocasiões. Refere-se à não participação efetiva do aluno com deficiência visual em atividades que envolveram a efetuação de cálculos. Essas atividades foram realizadas predominantemente em episódios não-interativos e com o emprego de linguagem de estrutura empírica audiovisual interdependente. Fundamenta-se na relação triádica caracterizadora das operações matemáticas, ou seja, simultaneidade entre raciocínio, registro do cálculo e sua observação.

Os cálculos não realizados pelo aluno cego foram os seguintes: demonstração gráfica do significado de velocidade instantânea, demonstração das equações de movimento, raio da terra dividido pela distância terra-sol, demonstração matemática da segunda lei de Newton, demonstração da velocidade limite no problema da força de resistência do ar, produto escalar (definição de trabalho), demonstração do teorema trabalho energia cinética, cálculo da expressão da energia potencial elástica, operação com números representados na forma de potência, demonstração da equação da elipse e suas propriedades (leis de Kepler).

Um aluno vidente quando equaciona e resolve matematicamente um problema físico, pensa sobre o que vai calcular, escreve os dados ao longo de uma folha de papel, observa as equações e suas anotações, se preciso, volta a observar, raciocina enquanto escreve, e este processo repete-se durante todo o cálculo. O aluno cego, por não conseguir registrar e observar simultaneamente, não executa a relação triádica raciocínio/registo/observação, o que o deixa com enormes dificuldades nas atividades de cálculos. Note-se que o Braile não proporciona ao aluno com deficiência visual as condições de simultaneidade, já que, esta escrita é realizada na parte oposta do papel. Explicando melhor, quando um aluno cego escreve em Braile, ele, com um objeto chamado “punção”, fere o papel para representar as letras/números etc. Quando ele fere o papel, os pontos Braile aparecem na parte oposta da folha em relação à parte onde a mesma foi ferida.

3.4 Viabilidade de operação matemática: foi identificada em quatro ocasiões. Refere-se à participação efetiva do aluno com deficiência visual em atividades que envolveram a realização de cálculos. Essas atividades foram realizadas em episódios particulares interativos e com o emprego de linguagem de estrutura empírica fundamental auditiva.

Os cálculos realizados com sucesso pelo aluno cego foram os seguintes: obtenção da velocidade média, do produto massa x velocidade (quantidade de movimento), da pressão (força dividido por área) e do volume de um cubo.

Esses cálculos foram realizados mentalmente pelo aluno com deficiência visual. Tratavam-se, por não envolverem muitas variáveis, de cálculos simples, por isso, o discente com deficiência visual não teve dificuldade de efetuá-los mentalmente. Provavelmente, cálculos mais complexos implicariam em dificuldades como as discutidas anteriormente.

3.5 Dificuldade segregativa: foi identificada em cinco ocasiões. Diz respeito à criação, no interior da sala de aula, de ambientes segregativos de ensino. Esses ambientes contaram com a participação do aluno cego e de um dos licenciandos colaboradores. Ocorreu durante episódios não-interativos, o que representa, para efeitos de participação efetiva, uma diferenciação excludente em relação ao tratamento educacional dos alunos videntes. Nos ambientes segregativos, temas discutidos durante a “aula principal” eram suprimidos ou simplificados, ou seja, diferenciaram-se daqueles trabalhados por todos os alunos. Em tais ambientes, os diálogos ocorriam em voz baixa, o que explicita sua característica de incomodo à “aula principal”.

3.6 Dificuldade de operação de software: foi identificada em uma ocasião. Refere-se à utilização de software para a resolução de problemas e equações físicas. Para o caso aqui analisado, o software empregado foi o “modelo” e o problema físico enfocado foi o da resistência do ar durante a queda de um objeto. Este software resolve equações. Para tanto, deve-se escrever a equação no local determinado e inserir valores e unidades para as constantes. O programa opera os dados fornecidos e apresenta um gráfico que descreve a relação entre as variáveis envolvidas.

O contexto em que o software foi empregado foi o seguinte: o micro em que o programa estava instalado encontrava-se conectado a um data show que projetava informações em uma tela. O licenciando digitou a equação e atribuiu valores às constantes. Um gráfico referente à resolução da equação foi projetado e o licenciando fez algumas considerações a cerca do mesmo. Isto ocorreu num episódio não interativo e com o emprego de linguagem de estrutura empírica audiovisual interdependente. Todos os fatores mencionados impediram que o discente cego tivesse acesso às informações apresentadas pelo software. Este por sua vez, não possuía interface auditiva e sua operação dependia da observação visual dos elementos de interação.

3.7 Viabilidade de apresentação de modelos: foi identificada em duas ocasiões. Refere-se à apresentação, por parte do aluno cego, de modelos explicativos de fenômenos ligados à mecânica. Ocorreu em episódios particulares interativos e com o emprego de linguagens de estruturas empíricas tátil-auditiva interdependente e fundamental auditiva. Nesses ambientes, o aluno com deficiência visual e os licenciandos alternaram-se como interlocutores. Assim, o discente cego teve a oportunidade de expressar-se.

Os modelos, relacionados ao significado de pressão, foram os seguintes: (a) modelo para perfuração: O discente cego apresentou um modelo para explicar a maior perfuração do prego de ponta fina em relação ao de ponta grossa. Segundo seu modelo, a perfuração do prego de ponta fina é semelhante ao movimento de queda da folha de papel amassada e a perfuração do prego de ponta grossa ao da folha de papel aberta. Isto explica a maior facilidade do prego de ponta fina em perfurar a madeira; (b) modelo de força x perfuração: o discente cego apresentou um modelo que relaciona a intensidade da força aplicada ao prego com a distância por ele perfurada. Segundo argumentou, quanto maior a força maior a perfuração do prego na madeira.

3.8 Viabilidade de experimento: foi identificada em duas ocasiões. Refere-se à participação efetiva do aluno com deficiência visual em atividades experimentais. Esse tipo de viabilidade esteve ligada à realização de experimentos participativo e demonstrativo, em episódios interativos e com o emprego de linguagens de estruturas empíricas tátil-auditiva interdependente e auditiva e visual independentes. Os experimentos realizados foram os seguintes:

Experimento 1: teve por objetivo analisar o movimento de queda. Para sua realização, foi utilizado um dicionário e folhas de papel (hora abertas e hora amassadas). Num primeiro momento, o licenciando deixou cair, simultaneamente, dicionário e folha de papel aberta. Posteriormente, deixou cair folha aberta e amassada, e dicionário e folha de papel amassada. Em todos esses momentos, o licenciando descreveu oralmente o que havia ocorrido. Vale destacar que o discente com deficiência visual realizou observações auditivas das quedas dos objetos. Tanto as observações auditivas quanto as descrições orais forneceram as condições para a participação efetiva do discente cego em debate realizado sobre o experimento 1.

Experimento 2: teve por objetivo analisar a conservação da quantidade de movimento de um sistema isolado de corpos. Para tanto, foi utilizado o seguinte aparato experimental: (1) plataforma de madeira com 21 cm de comprimento por 7,5cm de largura; (2) três pregos pequenos fixos da seguinte maneira: dois nos cantos de uma das extremidades e um no centro da outra extremidade da plataforma; (3) um pequeno elástico semelhante aos de prender dinheiro; (4) um pedaço de linha de costura (aproximadamente 20 cm); (5) uma rolha ou objeto semelhante; (6) 20 lápis e (7) caixa de fósforos (foto 1). Para realizar o experimento, siga os seguintes passos: (1) prenda o elástico nos dois pregos colocados nos cantos de uma das extremidades da plataforma de madeira; (2) puxe o elástico e com o barbante prenda-o ao outro prego; (3) coloque no elástico esticado a rolha; (4) coloque toda esta estrutura sobre os 20 lápis e (5) queime com o fósforo a linha que prende o barbante. A rolha será lançada e a plataforma de madeira irá para traz (experimento retirado de: www.fc.unesp.br/~lavarda).

O discente com deficiência visual reconheceu pelo tato o equipamento experimental, realizou e observou o experimento por meio do tato e audição. Tais procedimentos foram adequados à participação efetiva do discente na atividade experimental. Ele se interessou tanto pelo experimento que construiu um equipamento semelhante em sua casa (foto 2).



FOTO 1 – Equipamento experimental sobre conservação da quantidade de movimento linear.

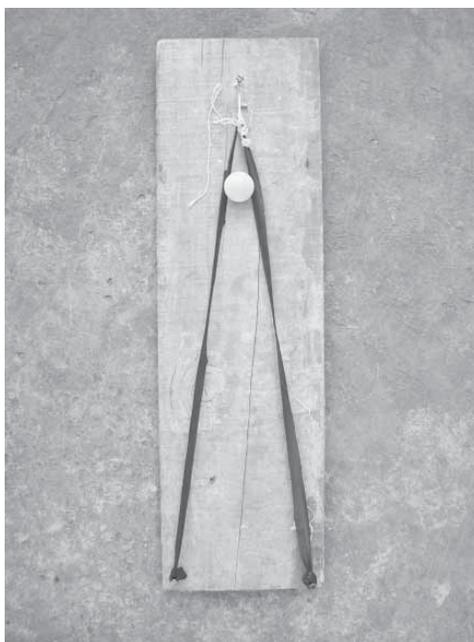


FOTO 2 – equipamento semelhante construído pelo aluno com deficiência visual.

3.9 Viabilidade de apresentação de hipótese: foi verificada em uma ocasião. Sua ocorrência esteve relacionada à episódio particular interativo e ao emprego de linguagem de

estrutura empírica fundamental auditiva. Essa viabilidade refere-se à situação em que o discente apresentou relação de causa e efeito para explicar fenômeno relacionado à mecânica.

A hipótese foi a seguinte: o discente explicou o amassamento de uma lata de refrigerante. Esta lata, após ter sido aquecida, foi introduzida no interior de um recipiente com água. Hipótese do discente: “o ar de dentro dela não deixou entrar água e a pressão da água a amassou”;

CONCLUSÃO

Como conclusão, são apresentados os Quadros 6 e 7. Esses quadros explicitam, respectivamente, as classes das dificuldades e viabilidades, bem como, suas características intrínsecas marcantes. Definiram-se por “característica marcante” os elementos majoritários identificados junto a uma determinada classe de dificuldade ou viabilidade. Tais elementos referem-se ao perfil da linguagem empregada e ao contexto comunicacional de determinada classe de dificuldade ou viabilidade.

Classe/dificuldade/inclusão	Estrutura empírica predominante	Estrutura semântico-sensorial predominante	Contexto predominante
Comunicação	Audiovisual interdependente	Significados vinculados às representações visuais	Episódios não-interativos
Operação matemática	Audiovisual interdependente	Significados vinculados às representações visuais	Episódios não-interativos
Segregativa	Audiovisual interdependente	Significados vinculados às representações visuais	Episódios não interativos
Operação de software	Audiovisual interdependente	Significados vinculados às representações visuais	Episódios não-interativos

QUADRO 6 – classes e características intrínsecas das dificuldades de inclusão.

Natureza/viabilidade/inclusão	Estrutura empírica predominante	Estrutura semântico-sensorial predominante	Contexto metodológico predominante
Comunicação	Fundamental auditiva e auditiva e visual independentes	Significados vinculados e indissociáveis de representações não-visuais; significados de relacionabilidade sensorial secundária	Episódios particulares interativos
Operação matemática	Fundamental auditiva	Significados vinculados às representações não-visuais	Episódios particulares interativos
Apresentação de modelos	Tátil-auditiva interdependente e Fundamental auditiva	Significado vinculado às representações não visuais	Episódios particulares interativos
Experimento	Tátil-auditiva interdependente e Auditiva e visual independentes	Significados vinculados às representações não-visuais	Episódios interativos
Apresentação de hipóteses	Fundamental auditiva	Significado indissociável de representações não-visuais	Episódios particulares interativos

QUADRO 7 – Classes e características intrínsecas das viabilidades de inclusão.

Como mostra o Quadro 6, foram identificadas quatro classes de dificuldades de inclusão. A predominante foi a comunicacional, seguida da operação matemática, da segregativa e da operação de software. Essas classes estiveram relacionadas, majoritariamente, a episódios não-interativos comuns a todos os alunos e ao emprego de linguagem de estrutura empírica audiovisual interdependente.

Já as viabilidades de inclusão (Quadro 7) estiveram relacionadas à cinco classes funcionais. A predominante também foi a comunicacional, seguida pela de operação matemática, de apresentação de modelos, de experimentos e de apresentação de hipótese. Essas classes caracterizaram-se pelo emprego de linguagens de estruturas empíricas fundamental auditiva, auditiva e visual independentes e tátil-auditiva interdependente. O contexto predominante de ocorrência das viabilidades foi o episódio particular interativo.

Esses dados contribuem ao entendimento da organização das atividades de mecânica em relação à presença do aluno com deficiência visual, que se deu, na maioria das vezes, em episódios não-interativos comuns a todos os discentes (contexto predominante de dificuldades), e em determinadas ocasiões, em episódios particulares interativos (contexto predominante de viabilidades). Esse tipo de organização resultou numa dificuldade, isto é, a criação de ambientes segregativos de ensino no interior da sala de aula. Por outro lado, a interatividade característica dos episódios particulares facilitou a destituição da estrutura empírica audiovisual interdependente, estrutura predominante entre as linguagens inacessíveis ao discente cego.

Finalizando, a comunicação representa variável central à participação efetiva do discente cego em aulas de mecânica. Ambientes interativos contribuem à criação de situações comunicacionais adequadas entre videntes e deficientes visuais. Ambientes comunicacionais adequados tem o potencial de incluir o discente cego junto a processos intrínsecos de ensino/aprendizagem tais como: a criação de hipóteses, de modelos, a elaboração de dúvidas, reformulação e construção de conhecimentos, etc. Sem a utilização de canais comunicacionais adequados, alunos com deficiência visual encontrar-se-ão, do ponto de vista conceitual e procedimental, numa condição de exclusão no interior da sala de aula.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977. 225p.
- CAMARGO, E. P. *O ensino de física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão*. 2005. 272f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- _____. *Um estudo das concepções alternativas sobre repouso e movimento de pessoas cegas*. Dissertação (Mestrado em educação para a ciência) – Programa de Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Bauru, São Paulo, 2000. 218f.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. O emprego de linguagens acessíveis para alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo. *Acta Scientiae*. Revista de Ensino de Ciências e Matemática. v.10, n.1, p.97-118, 2008.

CARVALHO, E. N. S.; MONTE, F. R. F. *A educação inclusiva de portadores de deficiências em escolas públicas do DF*. Temas em Educação Especial III, São Paulo: Ed. Universidade de São Carlos, 1995.

DIMBLERY, R.; BURTON, G. *Mais do que palavras: Uma introdução à teoria da comunicação*. 4.ed. São Paulo: Cortez, 1990.

EISENCK, M.; KEANE, M. *Cognitive Psychology: a student's handbook*. London: Erlbaum, 1991.

MANTOAN, M. T. E. *Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?* São Paulo: Moderna, 2003.

MARTINO, L. C. De qual comunicação estamos falando? In: HOHLFELDT, A. MARTINO, L. C.; FRANÇA, V. V. (org). *Teoria da comunicação: conceitos, escolas e tendências*. 5.ed. Petrópolis: Vozes, p.11-25, 2005.

MITTLER, P. *Educação inclusiva: contextos sociais*. São Paulo: Artmed, 2003.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre/RS, v.7, n.3, 2002.

SASSAKI, R. K. *Inclusão: construindo uma sociedade para todos*. 5.ed. Rio de Janeiro: WVA Editora, 1999.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Recebido em: mar. 09

Aceito em: jun. 09

O percurso formativo, a atuação e condições de trabalho de professores de ciências de duas regiões brasileiras

Paulo Sérgio Garcia
Vilmar Malacarne
Nelio Bizzo

RESUMO

Os professores que hoje se dedicam ao ensino de ciências no Brasil vivenciaram os mais diversos percursos formativos adquirindo diferentes credenciais, ensejados pela legislação educacional dos últimos 50 anos. A formação inicial do professor, aliada ao conjunto de atribuições que ele realiza na escola básica são dois, dentre outros fatores, que efetivamente afetam a qualidade do ensino de ciências, bem como o desempenho dos alunos. Este estudo traz resultados de coletas de dados detalhados sobre a formação inicial e atuação profissional de 110 professores de duas regiões brasileiras: a cidade de São Caetano do Sul (SP) e municípios da região oeste do Paraná, dentre eles Cascavel (PR). Os dados mostraram professores com percursos formativos iniciais bem diversificados, geralmente, marcados pela precariedade e pela fragmentação da formação, aliado a um quadro de atuação profissional com altas jornadas de atuação. As autoridades brasileiras precisam reconhecer este quadro a fim de que reformas e inovações, que visam melhorar a qualidade do ensino de ciências no Brasil, atinjam seus objetivos.

Palavras-chave: Professor de ciências. Atuação profissional. Condições de trabalho.

Personal academic history and working conditions of science teachers' of two Brazilian regions

ABSTRACT

Science teachers currently working in Brazilian classrooms followed different teacher education pathways and, subsequently, acquired different credentials due to changes in educational laws governing teacher education over the last 50 years. The science teachers' initial formation coupled with the tasks they performed in the school are two factors, among others, that affect the quality of science teaching and students' performance. This study presents results of detailed information on science teachers' initial formation and professional activities of 110 science teachers from two Brazilian regions: the city of Sao Caetano do Sul (SP); and, municipalities in western Paraná state, among them Cascavel (PR). The data showed the diversity of personal academic

Paulo Sérgio Garcia é doutorando do programa de pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo: Rua Monte Alegre, 199, apto 12. Bairro Santo Antônio, São Caetano do Sul/SP – 09531-110. E-mail: garciaps@usp.br

Vilmar Malacarne é Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo. Docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná: Rua Sociologia, 979. Jardim Universitário, Cascavel, PR. 85819 250. E-mail: mala@unioeste.br

Nelio Bizzo é livre docente pela Universidade de São Paulo. Professor dos cursos de pós-graduação da Faculdade de Educação (USP). Endereço: Av. da Universidade 308. 05508-040 São Paulo/SP. E-mail: bizzo@usp.br

Acta Scientiae	Canoas	v. 11	n.2	p.119-140	jul./dez. 2009
----------------	--------	-------	-----	-----------	----------------

history, often marked by precariousness and fragmentation, together with a framework that shows teachers with high weekly workloads. Brazilian authorities need to recognize this situation so that reforms and innovations aimed at improving the quality of science education in Brazil can achieve their goals.

Keywords: Science teachers. Professional performance. Working condition.

INTRODUÇÃO

A formação inicial de professores e as condições de trabalho são dois fatores que, efetivamente, interferem no desempenho dos alunos tanto na educação básica como nos exames nacionais e internacionais.

A legislação educacional dos últimos 50 anos, por um lado, criou diferentes formas de credenciamento e com isso vários percursos formativos para a formação inicial, por outro, o conjunto de atribuições desses profissionais, na atualidade, tem contribuído para a precarização das condições de trabalho.

Em relação à formação inicial dos professores, dados recentes mostram o número de professores de ciências que estão atuando nas séries finais do Ensino Fundamental: no Brasil 38.848, 36.850 licenciados e 1.998 não licenciados; no estado de São Paulo 22.570, 21.630 licenciados e 940 não licenciados; no Paraná 2.966, 2.714 licenciados e 252 não licenciados (INEP, 2007). No entanto, as estatísticas oficiais dos órgãos competentes não diferenciam os percursos formativos percorridos por esses professores.

A formação inicial dos professores de ciências, caracterizada pela legislação educacional, apresenta hoje um quadro de grande variação em termos de percursos formativos. Pode-se dizer que o desconhecimento dessa diversidade acrescenta dificuldades para a promoção de políticas de qualidade na educação básica (GARCIA et al., 2006).

Essa diversidade foi provocada inicialmente pela primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) de 1961. A partir desta legislação apareceu uma nova proposta de formação inicial de docentes de Ciências, diferente daquela que já vinha sendo utilizada no Brasil desde a década de 1930, composta de quatro anos para a formação plena (BIZZO, 2005).

O golpe militar de 1964 trouxe uma nova realidade para o país, em especial para as universidades públicas, vistas como um reduto de oposição ao regime autoritário. Nesse período ditatorial foi criada a Lei 5.692, de 1971, que disciplinaria a figura da licenciatura de curta duração para habilitação para o Ensino Fundamental em dois anos, com a possibilidade de complementação de estudos de um ano, simplificando e fragmentando a formação plena.

As universidades públicas, como regra, resistiram ao modelo proposto no regime militar e muitas delas se recusaram a oferecer cursos de Licenciatura Curta, mantendo o modelo tradicional conhecido da década de 1930, que designava a Licenciatura Plena. Essas, no entanto, mantinham seu objetivo de formação de especialistas, que não tinham preparo específico para enfrentar as diversas disciplinas envolvidas no ensino de ciências

para crianças. Esse modelo era considerado melhor do que a proposta de curta duração, acusada de ser uma deliberada tentativa de empobrecimento da formação docente, muito conveniente para um regime ditatorial.

Com extinção dos cursos de Licenciatura Curta, pela LDBEN (Lei 9394/96), poderia se esperar o fim do processo de simplificação e de fragmentação da formação, no entanto sob a premissa da falta de professores de ciências no Brasil foi criada a Resolução CNE/CP 02, de 1997. Esta tinha o objetivo de credenciar os portadores de diploma de nível superior para atuarem nas aulas de ciências onde não existissem profissionais habilitados. Esta nova forma de credenciamento criou um novo percurso formativo e se tornou uma alternativa rápida, que se mostrou particularmente atraente para as instituições privadas de ensino.

Em qualquer das situações acima citadas seria possível dizer que a legislação contribuiu para as deficiências na formação inicial dos professores de ciências para o Ensino Fundamental, criando processos de simplificação e fragmentação da formação, bem como possibilitando diversas formas de credenciamento e percursos formativos. Desse modo, hoje temos um quadro bastante diverso da formação inicial dos professores que estão atuando na disciplina Ciências no Ensino Fundamental.

Com relação à atuação e às condições de trabalho dos professores, estudos recentes têm apontado e discutido os reflexos da crescente precarização do trabalho docente (APPLE, 1995; FRANCH, 1995; OLIVEIRA, 2003; ARROYO, 2003; ENGUITA, 2004; SANTOS, 2001; LIMA; VASCONCELOS, 2008). Essas pesquisas têm contribuído para ampliar a compreensão sobre a crise do Ensino Ciências no Brasil. Nessa direção Krasilchik (2000) já tinha relatado que muitas mudanças nas salas de aula têm ocorrido em função da deterioração das condições de trabalho.

A discussão sobre condições de trabalho dos professores tem englobado temas como o salário efetivamente recebido pelos docentes (FRANCH, 1995; CNTE, 2003; LIMA; VASCONCELOS, 2008), as altas jornadas de trabalho, a rotatividade vivida por esses profissionais nas escolas (FRANCH, 1995; GONÇALVES, 2005), a intensificação do trabalho docente (APPLE, 1995), a sobrecarga de atividades (FULLAN; HARGREAVES, 2000) e a repercussão desses elementos sobre a saúde dos professores (CODO, 1999).

Dentre tantos aspectos abordados, pelos mais diversos pesquisadores do ensino de ciências, ainda carecem de maiores aprofundamentos alguns temas como a compreensão ampla da questão do percurso acadêmico inicial, confundido muitas vezes com a situação final da formação inicial (ex. Licenciatura Plena), e da atuação dos professores de ciências das séries finais do Ensino Fundamental.

Neste sentido, no presente trabalho nosso olhar se volta especialmente para um estudo de duas regiões no Brasil com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) elevado, tentando, a partir destas, apontar elementos da formação inicial, da atuação e das condições de trabalho a que estão sujeitos os professores de ciências do Ensino Fundamental na atualidade. O mapeamento desse contexto, a partir de locais em franco desenvolvimento, permitirá precisar certos indícios de reconhecimento de uma realidade mais ampla vivenciada por esses profissionais no cenário brasileiro.

UM QUADRO SUCINTO DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS NO BRASIL

O Ensino de Ciências como disciplina foi introduzido no Ensino Fundamental pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN nº 4.024/61) e normatizado pela Indicação do Conselho Federal de Educação (CFE), de 21 de fevereiro de 1962. Pela primeira vez, foi disposto que, em todo o país, a disciplina se daria sob a forma de “iniciação à ciência” nas três séries iniciais e sob a forma de ciências físicas e biológicas na série final do Ensino Fundamental (EFII) e no Ensino Médio. Nesse caso, a lei permitia adicionalmente o desmembramento nas disciplinas específicas “Biologia”, “Física” e “Química”.

Em 1962 o órgão federal de educação (CFE) estabeleceu uma nova formação inicial dos professores de Ciências a partir de um currículo multidisciplinar, com o objetivo de formar um novo profissional com perfil generalista. Isso se diferenciava do modelo de formação docente já existente no Brasil, que combinava a formação do bacharel especialista com um licenciamento para o magistério, a Licenciatura. Essa conhecida fórmula (“3+1”) tinha sido instituída nos anos 1930, e atendia uma demanda de professores de Biologia, Física e Química. Essa formação tinha na especialização do professor uma característica quase que indispensável (BIZZO, 2005). Essas novas normas levaram muito tempo para ter efeito, e mesmo assim, se limitaram a poucos cursos, oferecidos por poucas instituições, por um período muito curto de tempo.

Essa brevidade se explica, por um lado, pelas grandes transformações do clima político trazidas pelo período militar e pelo fato de ter ocorrido uma reforma universitária em 1968, acompanhando uma nova Constituição, ao lado de movimentos sociais que tinham a educação como um dos centros de gravidade. A formalização das mudanças da formação de professores teve de aguardar a reforma da educação básica, o que de fato ocorreu em 1971. A Lei 5.692, de 1971, acrescentaria a figura da licenciatura de curta duração para habilitação para a disciplina “Ciências” no Ensino Fundamental a ser obtida após dois anos de estudos.

Essa nova lei trazia a possibilidade de complementação de estudos de um ano, possibilitando a atuação do professor também em uma das disciplinas específicas do Ensino Médio (Biologia, Física ou Química). Ao complementar seus estudos, o docente transformava sua credencial de Licenciatura Curta em Licenciatura Plena. Essa norma, que rege a formação de professores por mais de 25 anos, criou os processos de simplificação e fragmentação da formação plena.

Weber (2000) enfatiza que a criação dos cursos de licenciatura de curta duração refletiu negativamente sobre a formação de professores para o Ensino Fundamental e isto pode ser visto, ainda hoje, nos resultados das avaliações de desempenho escolar dos alunos.

Com a redemocratização do país em 1985, uma nova reforma do ensino foi debatida por dez anos e finalmente tomou a forma da lei de 1996 (Lei 9394/96), a qual extinguiu a formação de professores em cursos de curta duração. A Lei trouxe em seu artigo 62 que a “formação de docentes para atuar na Educação Básica far-se-á em nível superior, em

curso de licenciatura, de graduação plena, em universidades e institutos superiores de educação, admitida, como formação mínima para o exercício do magistério na Educação Infantil e nas quatro primeiras séries do Ensino Fundamental, a oferecida em nível médio, na modalidade Normal”.

No entanto, foi criada, logo em seguida, uma nova norma (RESOLUÇÃO CNE/CP 02, de 1997), sob o pretexto de falta de professores de ciências para a Educação Básica. Com esta norma cursos de complementação pedagógica começaram a ser oferecidos para bacharéis, como engenheiros e advogados, em período muito breve. Em tese, seriam necessárias 540 horas de estudo, mas na prática elas poderiam ser reduzidas para 240 horas, caso o profissional já tivesse ministrado aulas.

Esta norma também, segundo os pareceres CNE/CP 26/2001 e CNE/CP 20/2003, não era destinada a plenificação da Licenciatura Curta. E, embora ela trouxesse uma disposição clara vedando a sua utilização para transformação de credenciais Licenciatura Curta (LC) em Licenciatura Plena (LP), isso de fato ocorreu, sem que se tenha um quadro claro da quantidade de credenciais emitidas dessa forma. É fato que milhares de professores recorreram a essa alternativa, oferecida, sobretudo por instituições privadas, e que resultaram em credenciais “equivalentes à Licenciatura Plena” em cursos ministrados em fins de semana ao longo de um ano. Essa “equivalência” foi interpretada por diversas autoridades educacionais como “igualdade”; em termos práticos isso significa que as estatísticas oficiais não discriminam os professores que efetivamente realizaram cursos de licenciatura de longa duração (LP), conforme o que reza a lei atual brasileira, e aqueles que converteram credenciais antigas (LC), obtidas em cursos de curta duração, em credenciais novas (LP), por meio de cursos rápidos de acordo com a norma de 1997 (GARCIA et al., 2006).

Além desta situação confusa, na qual um professor pode estar habilitado profissionalmente para lecionar a disciplina “Ciências” tendo tido diferentes percursos formativos, com duração muito distinta, há que se considerar ainda o fato de que muitos alunos do Ensino Fundamental e Médio continuam a ter aulas com professores de outras áreas, que não estão legalmente habilitados para ministrar a disciplina de forma definitiva, mas apenas de forma precária e provisória, devido à falta de docente específico (BIZZO, 2005).

Pode-se dizer, então, que o quadro que se apresenta hoje é de grande variação na formação acadêmica dos professores que estão atuando efetivamente no magistério na disciplina “Ciências” nas séries finais do Ensino Fundamental. Há docentes não habilitados na disciplina que a ministram e que aparecem nas estatísticas educacionais de forma incerta. Há professores habilitados com Licenciatura Curta, de acordo com a lei antiga, ao lado de professores que combinaram a credencial de Licenciatura Curta com alguma complementação de estudos, e professores especialistas que realizaram curso de Licenciatura Plena, ambos de acordo com a lei mais recente. Esses dois últimos aparecem nas estatísticas educacionais como portadores de diplomas de “Licenciatura Plena”, embora possam ter tido percursos formativos muito distintos.

Como resultado, as autoridades educacionais não conhecem em detalhe a diversidade de percursos formativos dos professores que estão efetivamente em sala de

aula ministrando a disciplina “Ciências”. É comum, no entanto, que se assuma que a grande maioria dos professores em exercício tenha credenciais iguais ou equivalentes à de Licenciatura Plena, de acordo com a legislação mais recente em vigor no Brasil.

A PRECARIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO DOCENTE E SUAS IMPLICAÇÕES

Os problemas relacionados à crise no ensino, apontados pelos mais diversos sistemas de avaliação aplicados no Brasil, como o Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA e o Prova Brasil, têm diversas causas. Essas causas passam, dentre outras coisas, pela falta de recursos destinados ao setor, pela má formação de professores, pela legislação inadequada, como discutido acima, pela chegada de clientelas especiais às escolas regulares e pelas más condições de trabalho docente.

Várias linhas de pesquisa têm explorado esses temas contribuindo de forma significativa para o entendimento dessa crise. Uma dessas correntes de estudo tem analisado e discutido as condições de trabalho docente no contexto das reformas educacionais (APPLE, 1995; OLIVEIRA, 2003; ARROYO, 2003; ENGUITA, 2004; SANTOS, 2001; FRANCH, 1995; LIMA; VASCONCELOS 2008). Esses estudos, sob diferentes ângulos, mostraram que, nas últimas décadas, têm sido constante e crescente a precarização das condições do trabalho docente e isso apresenta vários reflexos. No Brasil esse fenômeno tornou-se mais evidente a partir, principalmente, dos anos 70 quando ocorreu a última grande expansão do sistema de ensino e que repercutiu tanto no funcionamento das escolas quanto nas questões salariais. No entanto, as reformas das décadas de 1980 e 1990, financiadas pelas organizações internacionais, também tiveram reflexos sobre a formação de professores e as condições de trabalho.

Nesta direção Sampaio e Marin (2004) citam que a expansão do sistema de ensino e a consequente contratação de grande número de docentes, muitas vezes sem titulação, ou sem experiência, também contribui para a precarização do trabalho.

As condições de trabalho aqui discutidas estão alinhadas com as delimitações de Oliveira (2003), que compreende a organização do trabalho docente abarcando temas como a jornada e os horários de trabalho, as formas de avaliação de desempenho, a estruturação das estratégias didático-pedagógicas, as formas de admissão e progressão na carreira, as questões salariais, a relação de número de alunos por professor, dentre outros.

A precarização destas condições de trabalho, principalmente, a questão salarial, tem feito com que os professores aumentem suas jornadas de trabalho e, como aponta Franch (1995), com os baixos salários o professor tem de assumir múltiplas jornadas de atividades profissionais, o que influencia em seu tempo livre para, dentre outras coisas, estudar e planejar suas aulas. Na opinião desta autora, os baixos salários e a jornada de trabalho são dois aspectos que contribuem tanto para obstaculizar as reformas do ensino como para desvalorizar o magistério, e esses fatores têm reflexos negativos sobre a autoimagem do professor que tem vivido sob um sentimento de insatisfação e ansiedade.

Em relação aos salários percebidos pelos professores os dados do Siniscalco (2003) mostraram a triste realidade brasileira. Neste particular o Brasil se encontra a frente somente da Indonésia.

Ainda em relação à remuneração dos professores, estudo feito pela Confederação Nacional dos Trabalhadores da Educação revelou que a qualidade da educação é efetivamente afetada pelos baixos salários recebidos pelos professores, que evidentemente não estão de acordo com os níveis de exigências da profissão (CNTE, 2003).

Dentro das atuais condições de trabalho são restritas as oportunidades de desenvolvimento profissional. As formas de progressão tanto na carreira como em termos de salários também não são adequadas, refletindo no status da condição de professor. Nesse processo, a progressão via cursos de atualização ou por desempenho do docente, individual ou coletiva, fica comprometida à medida que o tempo é um elemento escasso para esses profissionais. Com altas jornadas de trabalho na semana, para muitos desses professores o passar dos anos (tempo) acaba se tornando a única forma de “crescer” na carreira profissional.

Franch (1995) diz que o tempo de serviço acaba sendo a principal via de evolução profissional, o que elimina toda forma de reorganização ou reformulação do trabalho docente. Isso, segundo a autora, se torna contraditório, pois a valorização por tempo de serviço, ou seja, o mesmo dispositivo não é suficiente para manter os professores mais experientes nas escolas.

Outro efeito indesejado das grandes cargas de trabalho é a alta rotatividade dos professores nas escolas. Geralmente as jornadas de trabalho são distribuídas em diferentes estabelecimentos de ensino, o que faz com que o docente tenha que se deslocar, por vezes, por grandes distâncias a fim de dar conta de suas responsabilidades. Gonçalves (2005) cita que existe hoje intensa rotatividade nos locais de trabalho, pois muitos professores têm de trabalhar em duas ou três escolas e esse fator, aliado aos baixos salários, torna a profissão pouco atrativa, fazendo com que muitos profissionais deixem a profissão mesmo tendo ingressado nos últimos concursos.

A rotatividade provocada pelas altas jornadas de trabalho desses docentes dificulta a criação de vínculos de identidade com as escolas, impossibilitando, por consequência, a construção e o desenvolvimento de projetos educativos. Desta forma, políticas e reformas que visem ajudar a solucionar os problemas da crise do ensino e melhorar a qualidade da formação dos professores devem, necessariamente, estruturar a recuperação das condições de trabalho dos professores, pois sem a melhoria das condições de trabalho docente qualquer iniciativa de mudança no ensino fica comprometida (FRANCH, 1995).

As altas jornadas semanais de atuação agravam ainda mais o que Apple (1995) chamou de intensificação do trabalho docente. Os professores têm muitas atividades que vão além do trabalho pedagógico direto como os alunos.

O fenômeno de intensificação representa uma das formas mais visíveis pelas quais os privilégios do trabalho dos professores são degradados. Ausência de tempo para ir ao banheiro, tomar café, manter as tarefas do trabalho atualizadas, o fato do professor ter

de chegar mais cedo na escola ou, muitas vezes, gastar horas em casa para desenvolver as atividades da escola são apenas alguns indícios desse fenômeno que pode apresentar como maior efeito a deteriorização da qualidade do trabalho docente (APPLE, 1995).

Oliveira (2004) diz que as reformas acabam criando maior intensificação do trabalho gerando sobrecarga à medida que novas formas de avaliação ou estratégias de ensino, por exemplo, são introduzidas e forçam os professores a buscar novas estratégias a fim de atender as demandas. Ou seja, a cada nova reforma, mesmo aquelas com boas intenções e que visam, verdadeiramente, melhorar a educação, o professor, enquanto profissional que irá colocar em prática as ideias, é, na maioria de vezes, deixado em situações semelhantes as anteriores. Sua sobrecarga de trabalho é apenas aumentada e suas condições de trabalho são mantidas no patamar anterior.

Mas a sobrecarga tem também outras origens que, evidentemente, influenciam o trabalho docente. Atualmente os professores têm que lidar com novas demandas que não existiam em outros tempos. As tecnologias são apenas um dos exemplos das novas exigências que a sociedade atribuiu aos profissionais da educação para que eles deem conta.

Fullan e Hargreaves (2000) citam que a sobrecarga tem origem nos problemas sociais, nas novas Leis, na inclusão de novas culturas na escola, na pluralidade de inovações, nas novas tecnologias, na inclusão de alunos especiais nas salas de aula normal, dentre outros.

Pode-se dizer que as mudanças na sociedade em geral têm realmente causado sobrecarga nos professores. O crescimento da violência, por exemplo, invadiu as salas de aula e afetou o trabalho do professor sem que esse tenha dispositivos eficazes para lidar com isso. A heterogeneidade crescente das crianças, a falta de sentido nos estudos para os alunos são outros exemplos que geram sobrecarga no trabalho do professor.

A nova reestruturação da família também afetou o trabalho do professor. Há tempos atrás a mãe era a grande aliada dos professores, pois atuava nas tarefas de casa e no acompanhamento do filho. Atualmente, no entanto, muitas mães trabalham fora e poucas acompanham os filhos. A mudança do sistema político (autoritário para democrático) e do sistema administrativo (centralizado para descentralizado) também pode ser considerada uma das causas da sobrecarga de trabalho.

A sobrecarga, além das implicações relacionadas à qualidade do trabalho docente, tem reflexos diretos sobre a saúde dos profissionais, pois as altas cargas de atuação exigem grandes esforços emocionais e intelectuais para a realização das tarefas de trabalho. Codo (1999) cita que a sobrecarga de trabalho acaba levando os professores a estados de “burnout” devido ao grande investimento intelectual e emocional para execução das atividades cotidianas. Também Gasparini et al (2005), citando vários estudos sobre a saúde dos professores, mostraram que os professores acabam apresentando, ao longo do exercício da profissão, problemas físicos, emocionais e psíquicos, e isso tem gerado um aumento do índice de pedidos de afastamento do trabalho.

As soluções para os problemas da crise no ensino passam, evidentemente, como analisado acima, pela melhoria das condições de trabalho docente. Neste sentido, é

fundamental que as novas políticas tanto de formação de professores como de qualidade do ensino de ciências levem isso em conta. O que se tem visto, no entanto, de acordo com as últimas reformas educacionais, é um movimento contrário, deteriorando ainda mais as condições de trabalho dos professores e agravando, sobretudo, o quadro de sobrecarga de afazeres na jornada de trabalho docente.

A METODOLOGIA DO ESTUDO

Dois estudos de caso, em localidades diferentes (a cidade de São Caetano do Sul, estado de São Paulo, e a Região de Cascavel, no Oeste do Paraná), foram realizados a fim de responder as questões centrais desta pesquisa: qual o percurso formativo inicial dos profissionais que estão ministrando a disciplina de ciências no Ensino Fundamental e qual conjunto de atribuições desses professores na escola básica. Para responder a essas indagações foram coletados dados utilizando elementos de pesquisa qualitativa, em particular a técnica de entrevista, e também da pesquisa quantitativa (questionários).

O estudo demandou algum tipo de envolvimento entre entrevistador e entrevistado, pois o conhecimento das escolas, dos próprios professores, situação que foi comum para cada pesquisador em sua região de atuação, permitiu grande proximidade e possibilitou a coleta de elementos muito detalhados.

Era comum, por exemplo, em relação ao percurso formativo, o professor responder inicialmente na entrevista que possuía Licenciatura Plena, no entanto do decorrer da entrevista, detalhando a formação, obtínhamos a noção exata de seu percurso formativo, que muitas vezes envolvia duas ou três etapas iniciando na Licenciatura Curta. O que demonstra a complexidade da formação inicial e que escapa às estatísticas oficiais.

Foram também utilizados elementos menos sensíveis, em locais onde a proximidade entrevistador-entrevistado não podia ser facilmente estabelecida. Esse foi o caso dos professores que trabalham nos municípios da região de Cascavel (PR). Nesses casos foram utilizados questionários detalhados, que foram remetidos aos professores diretamente para as escolas, com a ajuda da Secretaria de Educação.

Os instrumentos de coleta de dados foram desenhados a fim de conhecer os percursos formativos inicial dos docentes, (incluindo diversas questões sobre a visão de mundo) e as questões de atuação no trabalho. Eles foram baseados em categorias semi-estruturadas, utilizando como referencial o estudo de Malacarne (2007), que procurou compreender o processo formativo de professores do Ensino Médio nas disciplinas de Química, Física e Biologia. Os dados foram analisados através de técnicas de estatística e apresentados em forma de tabelas.

A técnica da entrevista foi utilizada na cidade de São Caetano do Sul (SP) e, de um total de 44 professores que atuavam no Ensino Fundamental II no ano de 2005, foram entrevistados 33 (75%) docentes de 15 escolas públicas. Na Região de Cascavel (PR), devido ao grande número de docentes que lecionam a disciplina (uma vez que se trata de uma região com 18 municípios), a técnica selecionada para coleta de dados foi

o questionário. No ano de 2004 foram enviados questionários padronizados para todos os 147 professores que atuavam na disciplina Ciências do Ensino Fundamental II. Deste total, foram respondidos 77 questionários, provindo dos 18 municípios de cobertura do Núcleo Regional de Educação de Cascavel.

Para a análise dos dados, com relação ao percurso formativo, foram criadas cinco categorias cada qual com suas variáveis.

TABELA 1 – Categorias do percurso formativo.

	Categoria	Variáveis
1	Tipo de Sistema	Público ou Privado
2	Tipo do Curso Realizado	Licenciatura Curta ou Plena
3	Área do Curso Realizado	Ciências, Biologia, Química, Física e Matemática
4	Década de Formação	70, 80, 90 ou século XXI
5	Área do Curso de Complementação	Biologia, Química, Física ou Matemática

Incluímos na área “Biologia” um professor com diploma de curso distinto de Licenciatura Curta, mas que habilitava para a disciplina Ciências (provavelmente de acordo com a legislação de 1962).

Com relação à atuação e as condições de trabalho dos docentes foram criadas seis categorias: 1) “Número de Escolas” que corresponde ao número de escolas em que o docente trabalhava; 2) “Carga de Trabalho Docente” que descreve a carga horária semanal de atividade docente; 3) “Níveis de Ensino” que mostra em que níveis de ensino o profissional atuava; 4) “Número de disciplinas” que retrata a quantidade de matérias que o docente ministrava; 5) “Área de Atuação” que mostra em que área o professor mais atuava e, ainda 6) “Regime de trabalho” que relata em que tipo de regime contratual o professor estava inserido.

RESULTADOS

Em relação à formação inicial

Os resultados encontrados mostraram que os professores utilizaram as alternativas criadas pela legislação educacional, notadamente as possibilidades de formação rápida e genérica, proporcionada pela Licenciatura Curta, juntamente com as possibilidades da realização de complementações. Eles, portanto, possuíam diferentes percursos formativos e eram portadores de diferentes credenciais, que os habilitava para a docência no Ensino Fundamental.

A tabela abaixo sintetiza o percurso formativo desses professores de São Caetano do Sul (SCS) e da Região de Cascavel (RC):

TABELA 2 – percurso formativo de professores de ciências.

	São Caetano (n=33)						Cascavel (n=77)					
	%						%					
Tipo de Sistema	Público			Privado			Público			Privado		
	6			94			45			55		
Tipo do Curso Realizado	Licenciatura Curta			Licenciatura Plena			Licenciatura Curta			Licenciatura Plena		
	67			33			77			23		
Área do curso Realizado	Ciências			Bio.	Fis.	Qui.	Ciências			Bio.	Fis.	Qui.
	67			27	3	3	77			16	--	6
Década de Formação	Década de 70	Década de 80	Década de 90	Século XXI		Década de 70	Década de 80	Década de 90	Século XXI			
	3	42	48	6		1	14	58	26			
Área de Complementação	Bio.	Mat.	Qui	Fís.	Nenhuma	Várias	Bio.	Mat.	Qui	Fís.	Nenhuma	Várias
	60	13	13	---	4	9	58	10	17.	7	2	7

Os dados mostraram que a maioria dos professores de SCS foi formada em Universidades Privadas (94%), no entanto na RC os números diferiram bastante. 35 (45%) docentes concluíram suas formações em Universidades Públicas e 42 (55%) o fizeram em Universidades ou Faculdades Privadas.

Em relação ao tipo de curso realizado a grande maioria dos professores de SCS 22 (66,6%) cursou inicialmente a Licenciatura Curta. No caso da RC o quadro é ainda mais claro, pois 59 (77%) docentes obtiveram a Licenciatura Curta como primeiro diploma.

Quanto à área do curso realizado, em SCS, o agrupamento realizado mostrou que 22 (67%) docentes tinham Licenciatura Curta em Ciências como curso inicial, 8 (27%) Licenciatura Plena em Biologia, 1 (3%) Plena em Química e 1 (3%) Plena em Física. Na RC 59 (76,6%) professores realizaram inicialmente o curso de Licenciatura Curta em Ciências, enquanto 13 (16,8%) fizeram Licenciatura Plena em Ciências Biológicas e 5 (6,5%) Plena em Química.

Os resultados dessa pesquisa possibilitaram a estruturação decenal do ano de formação dos professores. Na cidade de SCS 80% dos profissionais se formaram nas décadas de 1980 e 1990, enquanto na RC a maioria realizou o curso de formação inicial nas décadas de 1990 e na primeira década do século XXI. Isso indica que os professores que estão efetivamente atuando na RC são mais jovens do que os de SCS.

No agrupamento relacionado à área de complementação, em SCS 60% dos docentes fizeram suas complementações em Biologia e, deste grupo, nenhum docente complementou seus estudos em Física. Também na RC a complementação mais realizada foi na área de Biologia (58%). Os dados das duas regiões são bastante parecidos, nesse particular,

e mostram que o curso de Biologia foi o mais procurado pelos professores. Destaca-se, também, que em ambas as realidades pesquisadas alguns docentes complementaram seus estudos em mais de uma área.

Esses dados demonstram que muitos professores tinham trajetórias e habilitações de formação inicial bem diversificadas, sendo que a grande maioria era portadora de diploma de Licenciatura Curta e possuía uma complementação de estudos breve e específica.

Em relação à atuação e às condições de trabalho dos professores

Os resultados são apresentados abaixo de acordo com as categorias e em forma de tabelas. Eles mostraram as semelhanças e diferenças na atuação dos professores que ministravam a disciplina de Ciências nas séries finais do Ensino Fundamental na cidade de SCS e na RC.

Número de escolas

TABELA 3 – Atuação dos professores e o número de escolas.

Professores / número de escolas (%)	Uma	Duas	Três	Quatro
Professores de São Caetano do Sul	15,1	48,5	33,4	3
Professores da Região de Cascavel	46	44	8	2

É possível observar que na RC 54% dos professores atuavam em duas ou mais escolas enquanto que na cidade de SCS esse número chega perto de 85%. Mas, existe também um grupo de profissionais, quase 37% em SCS e 10% na RC, que trabalhava em três ou quatro escolas. Portanto, é significativo o número de profissionais que atuavam em várias escolas, o que por vezes também significa várias cidades.

Carga de trabalho

TABELA 4 – Atuação dos professores e número de horas de trabalho semanal.

Professores / número de horas trabalhadas por semana (%)	Até 20	Entre 20 e 30	Entre 30 e 40	40 horas	Entre 40 e 50	Entre 50 e 60
Professores de São Caetano do Sul		6,1	6,1	33,3	33,3	21,2
Professores da Região de Cascavel	1	8	15	54	13	5

* 4% da Região de Cascavel não respondeu.

A grande maioria desses profissionais, mais de 87% da cidade SCS, tem altas cargas de trabalho na semana. Eles atuavam, semanalmente, 40 horas ou mais, sendo que ainda 21% desses professores trabalhavam mais de 50 horas. Na RC também observamos que esses docentes têm altas cargas de trabalho: 72% atuavam 40 horas ou mais por semana. É possível dizer que com essas cargas horárias de atividades, na semana, as condições de aperfeiçoamento do professor ficam limitadas.

Níveis de ensino

TABELA 5 – Atuação dos professores e níveis de ensino.

Professores / níveis de ensino de atuação (%)	Ensino Fundamental e Médio	Ensino Fundamental, Médio e Educação de Jovens e Adultos
Professores de São Caetano do Sul	75,7	24,3
Professores da Região de Cascavel	60	40

Existe um grande número de professores que atuava em dois níveis de ensino. No entanto, os dados acima mostram que muitos profissionais, das duas realidades estudadas, trabalhavam também em três níveis, o que fatalmente acarreta uma sobrecarga de trabalho.

Número de disciplinas

TABELA 6 – Atuação dos professores e número de disciplinas.

Professores / número de disciplinas de atuação (%)	Duas	Três	Quatro
Professores de São Caetano do Sul	57,6	33,3	9,1
Professores da Região de Cascavel	63	31	6

Como pode ser visto, nas duas localidades, já é alta a quantidade de professores que trabalhavam em duas disciplinas (57,5% em SCS e 63% na RC). No entanto, os dados mostraram ainda que quase 40% dos docentes de SCS e 37% da RC lecionavam mais de três disciplinas.

Área de atuação

TABELA 7 – Professores e área de atuação.

Professores / área de atuação (%)	Na área de ciências	Na área de ciências e em outra área
Professores de São Caetano do Sul	84,9	15,1
Professores da Região de Cascavel	59	41

Os dados mostraram que a maioria dos professores de SCS (84,9%) e quase 60% da RC atuavam na área de Ciências. No entanto, como é possível observar, mais de 15% de SCS e mais 40% da RC atuavam tanto na área como em outras áreas.

Regime de trabalho

TABELA 8 – Professores e regime de trabalho.

Professores / regime de trabalho (%)	Concursados	Contrato Temporário	Caráter extraordinário	Mais de um regime de trabalho
Professores de São Caetano do Sul	84,9	15,1		
Professores da Região de Cascavel	46	28	16	10

De forma geral, esses profissionais apresentaram dois tipos de situações funcionais: efetivos e designados (ou outra nomenclatura equivalente), sendo que os efetivos eram concursados e os designados contratados de forma temporária. A região de Cascavel apresentou uma diversidade maior em relação ao regime de trabalho.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em relação à formação inicial, este estudo mostrou que os docentes tinham percursos formativos e habilitações de formação acadêmica bem diversificadas, geralmente marcadas por um longo percurso formativo combinando um período de formação inicial curto e genérico (Licenciatura Curta) com uma complementação de estudos breve e específica. Os resultados encontrados por Malacarne (2007), em relação ao percurso formativo de professores de Química, Física e Biologia do Ensino Médio, também evidenciaram um quadro bastante semelhante.

Nosso estudo demonstra que muitos professores, apesar de terem diplomas de Licenciatura Plena, não frequentaram cursos de formação inicial de longa duração, de quatro ou cinco anos. Apenas uma minoria desses profissionais merece esta classificação, pois teve uma formação inicial prolongada, de acordo com o que prescreve a lei brasileira atual.

Essa conclusão se mantém válida nas duas realidades pesquisadas, mesmo havendo grande diferença na participação de instituições públicas na formação inicial dos professores. Mesmo tendo em vista que a maioria das instituições públicas se recusaram a adotar as novas determinações centrais no período ditatorial, que visavam uma formação mais rápida de professores, é de certa forma surpreendente ver que na região de Cascavel muitos professores tenham realizado cursos de Licenciatura Curta como formação inicial.

As autoridades educacionais e os órgãos normativos desconhecem que mesmo nas regiões mais ricas do país, a grande maioria dos professores de ciências não foi preparada em cursos de longa duração. Mesmo as estatísticas oficiais não fazem distinção a isso e apresentam dados somente em termos de profissionais licenciados ou não licenciados, desconsiderando os percursos formativos percorridos pelos professores. Esse desconhecimento dificulta o planejamento de políticas que visem à melhoria da qualidade do ensino de ciências nas escolas públicas.

A realidade empobrecida das aulas de ciências tem sido relacionada há tempo com a questão da formação do professor (MOREIRA; AXT, 1986).

Dentre as características amplamente reconhecidas no ensino de ciências pode-se mencionar, sem dúvida, a ênfase na memorização de conteúdos, seja como informações factuais, ou mesmo como definições conceituais. Ao discutir as práticas da década de 1980 no Brasil, Moreira e Axt (1986) enfatizam a estrutura aligeirada dos cursos de Licenciatura Curta como um dos fatores que comprometeu uma abordagem profunda de conteúdos nas aulas de ciências no Ensino Fundamental, fazendo com que uma única ênfase curricular (ROBERTS, 1982) prevalecesse nas aulas de ciências. Moreira e Axt

(1987) explicam a centralidade dos livros didáticos nas aulas de ciências como resultado da existência dessas ênfases, em especial da “ênfase das explicações corretas” e da “ênfase das habilidades científicas”. No entanto, as “explicações corretas” deixariam de ter nos professores de ciências formados de forma precarizada árbitros com alto poder de crítica. Isso explicaria a grande quantidade de erros encontrados em livros didáticos de ciências (BIZZO, 2002).

Também Weber (2000), em relação aos cursos de Licenciatura de Curta, cita que esse tipo de formação passou a ser oferecida, por mais de 20 anos, principalmente por Instituições de Ensino Superior isoladas e, embora isso tenha aumentado as matrículas nesse nível de ensino, acabou se constituindo num elemento que provocou repercussões negativas na qualidade do trabalho pedagógico desenvolvido no Ensino Fundamental. O autor afirma ainda que essas consequências podem ainda hoje ser vistas nas avaliações de desempenho escolar dos alunos e no processo de desvalorização dos professores.

A Resolução CNE/CP 02, de 1997, criada sob o pretexto de falta de professores de ciências para a Educação Básica, também contribuiu, por um lado, para o aligeiramento da formação, por outro, para desprestigiar ainda mais a formação, trazendo consequências negativas para o ensino de ciências. Essa norma permitiu aos portadores de diploma de nível superior desejosos pela docência, que já eram formados na precária formação de 1.140 horas, com uma formação rápida de natureza pedagógica, ministrar a disciplina de ciências (BIZZO, 2005, p.142). Assim, sob o pretexto da falta de professores habilitados, profissionais de outras áreas passaram a ministrar a disciplina de ciências no Ensino Fundamental e isso favorece, por um lado, a desqualificação profissional (CARVALHO, 1998), por outro legitima a cultura do “bico” na profissão docente, porque muitos desses profissionais formados em outras áreas não escolheram a docência como profissão e talvez só estejam nela de passagem (PEREIRA, 1999). Esse autor mostra que esse tipo de situação, que seria inconcebível em profissões como o Direito, Medicina ou Engenharia, é permitida no magistério.

Essa norma também permitiu que muitos professores transformassem suas credenciais Licenciatura Curta em Licenciatura Plena criando um novo percurso formativo. Isso pode ser visto nos pareceres CNE/CP 26/2001 e CNE/CP 20/2003 onde esta resolução:

[...] não deveria ser utilizada para justificar uma “via rápida” ou “alternativa” aos cursos de licenciatura, dado que seu objetivo era o de conferir habilitação equivalente àquela que legitima o ingresso na carreira do magistério (a licenciatura, de graduação plena). Além de ter possibilitado uma interpretação inadequada de “via rápida” para formação docente, a Resolução CNE/CP 02/97 acabou sendo utilizada, diferentemente da sua verdadeira intenção, para a “plenificação de licenciatura curta”, o que, sem dúvida, trata-se de outra forma inadequada de fazer uso dos seus dispositivos. (PARECER CNE/CP 20/2003, p.3)

Os resultados, ao longo dos anos, da simplificação e da fragmentação (Lei 5.692/71), da desqualificação da formação (Resolução CNE/CP 02) podem ser relacionados com o fraco desempenho dos alunos. A esse respeito Bizzo (2005, p. 147) menciona que “o atual contingente de alunos da escola básica tem pouca chance de apresentar desempenho escolar diferente daquele que tem sido aferido em diversas avaliações realizadas por órgãos nacionais e internacionais.” No ano de 2006, por exemplo, o Brasil no Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) obteve baixos resultados e ficou na 52ª (INEP, 2006).

Outro aspecto que emergiu dos dados foi a questão da já debatida “Cultura da performatividade” (SANTOS, 2004), na qual o desempenho do professor é um elemento incorporado às regras do sistema. Por vezes isso é cogitado de ser estendido até mesmo para a remuneração do professor. Este é precisamente o caso de São Caetano do Sul, no qual existia um acréscimo salarial considerável, que se soma ao regularmente conferido aos professores da rede estadual de ensino diante de certos indicadores de desempenho. Talvez isso explique a razão da rede de escolas daquela cidade atrair professores formados há mais tempo. Pode-se ainda discutir em que medida essa cultura baseada em performance estimula a busca de credenciais acadêmicas adicionais, que acrescentam pontos em avaliações internas, possibilitando a mobilidade em direção a escolas que estão localizadas em cidades ou regiões privilegiadas em termos de riquezas, mas com discutível contribuição para a aprendizagem dos alunos.

Isso poderia acrescentar um aspecto dual na busca de formações adicionais e complementares, em especial quando feito por instituições privadas, em cursos rápidos ou oferecidos aos finais de semana.

Em relação à atuação dos professores estudados, a grande maioria desses profissionais, mais de 87% de SCS e 72% da RC, tinham grandes jornadas de trabalho semanais que superavam as 40 horas. Na RC 54% dos professores atuavam em duas ou mais escolas enquanto que na cidade de SCS esse número chegava perto de 85%. Esses dois aspectos tendem a diminuir os vínculos do professor com o local de trabalho e com seus alunos, e isso tem implicações no processo de ensino e aprendizagem, principalmente por se tratar de estudantes em fase juvenil onde os laços de afetividade são importantes para a construção do conhecimento.

Situação similar, de altas jornadas de trabalho, foi também encontrada por Malacarne (2007) com professores de Química, Física e Biologia do Ensino Médio

É bem possível que as grandes jornadas de trabalho assumidas pelos professores sejam decorrentes dos baixos salários percebidos por esses profissionais, que se são obrigados a trabalhar em várias escolas acarretando o que Pochmann (1999) chamou de sobretrabalho.

A precarização das atuais condições de trabalho docente, principalmente, a questão salarial talvez seja a principal hipótese a fim de explicar essa questão da “hiper-atuação” dos professores. Franch (1995), ao discutir as atuais condições do trabalho docente, mostrou que os baixos salários induzem os professores a atuar em múltiplas jornadas e

isso, dentre outras coisas, têm reflexos negativos no tempo livre do professor, nas tentativas de reformas no ensino e na desvalorização da profissão.

Sampaio e Marin (2004, p. 1210) dizem que o salário “é um fator que incide pesadamente sobre a precarização do trabalho dos professores, pois a pauperização profissional significa pauperização da vida pessoal nas suas relações entre vida e trabalho, sobretudo no que tange ao acesso a bens culturais.”.

Especificamente em relação aos professores de ciências do Ensino Fundamental o estudo de Lima e Vasconcelos (2008), na cidade de Recife, revelou que a remuneração desses docentes é realmente baixa, e que aqueles que tinham salários mais dignos eram os que trabalham nos três turnos. Os autores citam que muitos desses profissionais atuavam em mais de uma escola, incluindo instituições particulares, e que muitos ainda trabalhavam em hospitais e até mesmo em clínicas veterinárias, com o intuito de superar as necessidades básicas: “Tal acúmulo de carga horária foi apontado como o único recurso que lhes permite o suprimento das necessidades básicas, como pagamento de aluguel, atualização bibliográfica e educação dos filhos, conforme comentários dos professores”. (LIMA; VASCONCELOS, 2008, p. 352).

A situação instituída pela Medida Provisória (MP) nº 339, de 28 de dezembro de 2006, pode significar um alento a esses profissionais. A MP institui o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, o FUNDEB. O fundo destina, conforme seu artigo Art. 2º, “a manutenção e ao desenvolvimento da educação básica e à remuneração condigna dos trabalhadores da educação”. As verbas destinadas, amparadas pelo disposto no artigo 70 da atual LDB, Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, definem, em seu artigo 22, que “pelo menos sessenta por cento dos recursos anuais totais dos Fundos serão destinados ao pagamento da remuneração dos profissionais do magistério da educação básica em efetivo exercício na rede pública”. O artigo 41 desta mesma MP fixa, ainda, o prazo de um ano para que o Poder Público fixe um “piso salarial nacional para os profissionais do magistério público da educação básica”.

No entanto, algumas questões, segundo Malacarne (2007), surgem: como serão envolvidas as especificidades regionais na definição deste piso salarial nacional? Como acontecerá a utilização destes recursos nos processos de capacitação dos professores? Como equacionar a realidade da formação em consonância com a atuação do professor? Serão considerados, para fins de remuneração, a atuação dos professores apenas em sua área de formação, ou será aplicado igualmente para aqueles que trabalham em várias disciplinas?

Outro problema a se considerar são os efeitos nocivos das altas jornadas de atuação, que contribuem para a deterioração das condições de trabalho, sobre a formação contínua do professor. Nesse processo o professor não tem o tempo necessário para os estudos e nem para a reflexão sobre o ensino, práticas fundamentais para o desenvolvimento profissional. Lima e Vasconcelos (2008) citam que 67% dos professores de ciências por eles avaliados disseram que a falta de tempo é o maior empecilho para a aprendizagem dos conteúdos de ciências.

As altas jornadas de trabalho acabam provocando, dentre outras coisas, o fenômeno da rotatividade, e isso além de não favorecer o trabalho coletivo faz com que os professores não criem vínculos com as escolas. E sem essa identificação os docentes acabam encarando a escola como um simples lugar de exercício ocasional da profissão. Franch (1995) afirma que essa situação acaba se refletindo de modo penoso na auto-imagem do professor que passa ser um trabalhador fragmentado atuando em muitas escolas, com baixa remuneração, isolado na sala de aula, exausto por muitos empregos e submetido à alta rotatividade de trabalho. A autora cita que qualquer projeto de mudança no ensino depende da melhoria das condições de atuação dos professores.

Além dos resultados mostrarem que esses professores atuavam em várias escolas e com grandes cargas horárias semanais, os dados também revelaram que esses professores pesquisados atuavam em diferentes níveis de ensino com uma preponderância para os níveis fundamental e médio. Um número significativo de professores, ainda, lecionava mais de três disciplinas e muitos deles fora da área de Ciências. Nesse particular a questão da pluralidade de enfoques de conteúdos a que os professores estão envolvidos, por vezes em um mesmo turno de ensino, só agrava sua atuação, visto que nem sempre eles têm o tempo adequado para, ao sair de uma sala de aula e entrar em outra, assumir outro conteúdo.

O problema da atuação de professores em outras áreas sem habilitação, encontrado nesse estudo, parece não estar limitado somente a área de Ciências. A pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), em 2007, mostrou que 26,6% (196.006) dos professores que atuavam nas séries finais do Ensino Fundamental não eram habilitados (INEP, 2009, p.36).

As altas cargas de trabalho semanais associadas à atuação em muitas disciplinas, na área ou em outras, e níveis de ensino diferentes agravam o processo que Apple (1995) denominou de intensificação do trabalho docente. Segundo este autor, esse fenômeno além de se caracterizar como uma das formas mais tangíveis pelas quais os privilégios de trabalho dos professores são degradados pode, ainda, influir de modo negativo na qualidade do trabalho docente.

Essa atuação excessiva impõe um grande volume de trabalho que, fatalmente, reduz o tempo para trocas com os colegas, bem como o precioso tempo de reflexão pessoal. Com um número enorme de atividades para se realizar (atividades que não foram nem decididas e nem elaboradas por eles) esses profissionais não têm sequer tempo para problematizar o que estão fazendo (APPLE, 1995).

Os dados revelaram, em relação ao grupo de docentes pesquisado, a clara presença do fenômeno da intensificação, tendo como consequência alta sobrecarga de trabalho. Isso, muito provavelmente, tem efeitos negativos que afetam, por um lado, a qualidade das práticas pedagógicas e, por outro, inviabilizam os projetos de reforma relacionados à qualidade de ensino e à formação de professores (FRANCH, 1995).

Krasilchik (2000) também destacou que a deterioração das condições de trabalho está afetando a qualidade da sala de aula. Segundo a autora é comum que os professores vivam nas escolas os problemas de sobrecarga de trabalho e a falta de recursos.

A sobrecarga pode ser considerada ainda mais crítica quando analisamos a especificidade do ensino de ciências, pois esses professores têm tarefas específicas como o uso de laboratório ou a realização de eventos como as “feiras de ciências”, que exigem mais tempo de preparação docente.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN 9.394/96) definiu para o Ensino Fundamental e Médio 200 dias letivos e 800 horas por ano. No entanto, sabe-se que em virtude da sobrecarga os professores têm jornadas de trabalho que superam o estabelecido pela legislação.

As múltiplas tarefas que os professores têm de realizar, cotidianamente, tendo grandes jornadas de trabalho, têm ainda reflexos nocivos sobre a saúde física e mental desses profissionais, e como diz Gasparini et al (2005) isto pode ser observado através do grande número de pedidos de licença e de afastamento solicitados por esses profissionais no decorrer do ano.

Como o trabalho docente extrapola os limites da sala de aula com a realização de atividades de preparação de aula, correção de provas, atendimentos de alunos e pais, isso requer alto investimento intelectual e emocional do professor, o que acaba tendo diferentes implicações. Codo (1999) cita que quando o profissional atua em várias escolas e em turnos diferentes, e também em vários níveis de ensino e turmas de estudantes (como encontrado neste estudo), isso requer dele um maior volume de trabalho, dentro e fora da escola, exigindo mais tempo e um maior esforço intelectual e emocional, o que pode levar esses profissionais ao quadro de “burnout”.

A verdadeira realidade do professor que está ministrando a disciplina de Ciências nas séries finais do Ensino Fundamental é, de certa forma, crítica e retrata um profissional com altas jornadas de atuação, desamparado pelas condições de trabalho e submetido a uma intensa sobrecarga de trabalho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados deste estudo ampliaram a compreensão sobre o percurso acadêmico inicial e sobre a atuação dos professores de ciências das séries finais do Ensino Fundamental.

O quadro encontrado, nas duas localidades investigadas, de altas cargas de atuação dos docentes, diante um quadro de formação inicial diversificado, precário e fragmentado desnuda a realidade do professor que ministra a disciplina Ciências no Ensino Fundamental nessas duas regiões. Um professor que, pela formação e pelas exigências de atuação, está longe de ter habilidades profissionais e tempo livre para se comprometer com os processos de atuação reflexiva requerida para a realidade da escola brasileira e com os modelos de formação de professores.

Por fim, cabe ressaltar, em relação à promoção de políticas públicas para a formação desses professores, a inviabilidade de se estabelecer políticas ou projetos, com o intuito de melhorar a qualidade da formação contínua de professores de ciências para o Ensino

Fundamental, sem considerar a verdadeira formação inicial (percurso formativo) desses docentes, as altas cargas de atuação, as más condições de trabalho em que eles estão sujeitos no dia a dia, bem como a sobrecarga de tarefas vividas. É importante que as autoridades competentes, que elaboram e implementam reformas e inovações, tenham maior atenção sobre a realidade que os professores enfrentam no dia a dia, isso se, efetivamente, se tem a pretensão de melhorar a qualidade do ensino de ciências no Brasil.

REFERÊNCIAS

APPLE, M. W. *Trabalho docente e textos: economia política das relações de classe e de gênero em educação*. Porto alegre: Artmed, 1995.

ARROYO, M. G. Reinventar e Formar o Profissional da Educação Básica. *Educação em Revista*. n.37, p.7-32, 2003.

BIZZO, N. Reflections upon a National Program Assessing Science Textbooks: What is the importance of content in Science Education? In: BIZZO et al. (orgs.) *X Symposium of the International Organization for Science and Technology Education – IOSTE*, Proceedings v.2, p.710-720, 2002.

_____. Formação de professores de ciências no Brasil: uma cronologia de improvisos. In: *Ciência e Cidadania: Seminário Internacional Ciência de Qualidade para Todos*. Brasília: Unesco, 2005.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – 4.024/61*. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=75529>. Acesso em: 19 jul. 2005.

_____. *Lei nº 5.540, 28/11/68*. Fixa normas de organização e funcionamento do ensino superior e sua articulação com a escola média, e dá outras providências. Disponível em: <http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=75564>. Acesso em: 19 jul. 2006.

_____. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei n. 5.692 (11/08/71). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L5692.htm>. Acesso em: 12 set. 2008.

_____. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei n. 9.394, 20/12/96. Disponível em: http://www.presidencia.gov.br/ccivill_03/leis/19394.htm. Acessado em: 21 abr. 2005.

_____. *Resolução n.2, de 26 de junho de 1997*. Disponível em: http://www.diariooficial.hpg.com.br/fed_res_cne_021997.htm. Acesso em: 21 abr. 2006.

_____. *Parecer CNE/CP 26/2001*. Aprovado em 01/10/01. Consulta, tendo em vista a Resolução CNE/CP 02/97. Disponível em: <http://www.mec.gov.br>. Acesso em: 19 set. 2006.

_____. *Parecer CNE/CP 20/2003*. Aprovado em 01/12/03. Consulta, tendo em vista a Resolução CNE/CP 02/97. Disponível em: <http://www.mec.gov.br>. Acesso em: 20 set. 2006.

_____. *Medida provisória nº 339, de 28 de dezembro de 2006*. Regulamenta o art. 60 do Ato das Disposições Transitórias e da outras providências. DOU nº 249, de 29 dez.

2006.

CARVALHO D. P. A nova lei de diretrizes e bases e a formação de professores para a educação básica. *Ciência e Educação*. Bauru, v.5, n.2, p.81-90, 1998.

CNTE Retrato da Escola 3: a realidade sem retoques da educação no Brasil. Confederação nacional dos trabalhadores em educação. *Relatório de pesquisa sobre a situação dos trabalhadores(as) da educação básica*. Abril de 2003.

CODO, W. (Org.). *Educação: carinho e trabalho*. Petrópolis: Vozes, 1999.

GASPARINI, S. M.; BARRETO, S. M.; ASSUNÇÃO, A. A. O professor, as condições de trabalho e os efeitos sobre sua saúde. *Educação e Pesquisa*. São Paulo, v.31, n.2, p.189-199, 2005.

ENGUITA, M. F. *Educar em tempos incertos*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FRANCH E. P. A insatisfação dos professores. Consequências para a profissionalização. In: FRACHI, E. P. (Org.) *A causa dos professores*. Campinas: Papyrus, p.17-90, 1995.

FULLAN, M.; HARGREAVES, A. *A escola como organização aprendente. Buscando uma educação de qualidade*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

GARCIA, P. S. et al. Two case studies about science teachers' initial preparation in Brazil. In: *XII Symposium of the International Organization for Science and Technology Education*. Malásia. IOSTE Proceedings, University of Malaysia, 2006, p.31-36.

GONÇALVES, M. H. As Reformas Educacionais e o "Choque de Gestão": a precarização do trabalho docente. In: 28ª Reunião Anual da ANPED, 2005.

INSTITUTO Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). PISA – Programa Internacional de Avaliação de Alunos. Resultados do desempenho em Ciências de 2006. Disponível em: www.inep.gov.br. Acesso em: 20 set. 2007.

INSTITUTO Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Censo Escolar da Educação Básica, 2007. Disponível em: http://www.inep.gov.br/imprensa/noticias/censo/escolar/news09_08.htm. Acesso em: 3 nov. 2009.

INSTITUTO Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Estudo exploratório sobre o professor brasileiro com base nos resultados do Censo Escolar da Educação Básica 2007. Inep, 2009.

KRASILCHIK, M.. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo Perspectivas.*, v.14, n.1, p.85-93, 2000.

LIMA K. E. C.; VASCONCELOS, S. D. O professor de Ciências das Escolas Municipais de Recife e suas perspectivas de educação permanente. *Ciência e Educação*. Bauru, v.14, n.2, 2008.

MALACARNE V. *Os professores de química, física e biologia da Região Oeste do Paraná: formação e atuação*. 2007. 253p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOREIRA, MA.; AXT, R. A questão das ênfases curriculares e a formação de professores de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.3, n.2, p.66-78, 1986.

_____. Ênfases Curriculares e Ensino de Ciências. *Ciência e Cultura*. v.39, n.3, p.250-258, 1987.

OLIVEIRA, D. A. As reformas educacionais e suas repercussões sobre o trabalho docente. In: OLIVEIRA, D. A. (Org.). *Reformas educacionais na América Latina e os trabalhadores docentes*. Belo Horizonte: Autêntica, p.13-35, 2003.

- _____. Restructuring the teaching profession: precarization and flexibilization. *Educação e Sociedade*, Campinas, v.25, n.89, p.1127-1144, 2004.
- PEREIRA J. E. D. As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente. *Educação & Sociedade*. Ano XX, n.68, dez. 99.
- POCHMANN, M. *O trabalho sob fogo cruzado*. São Paulo: Contexto, 1999.
- ROBERTS, D. A. Developing the concept of “curriculum emphases” in science education. *Science Education*, v.66, n.2, p.243-260, 1982.
- SAMPAIO, M. M. F.; MARIN, A. J. Precarização do trabalho docente e seus efeitos sobre as práticas curriculares. *Educ. Soc.*, Campinas, v.25, n.89, p.1203-1225, 2004.
- SANTOS, L. L. C. P. Formação de professores na cultura do desempenho. *Educação e Sociedade*. Campinas, v.25, n.89, p.1145-1157, 2004.
- SANTOS, O. J. Fundamentos da relação trabalho e educação. *Trabalho & Educação* n.9, p.27-36, jul./dez. 2001.
- SINISCALCO, M. T. *Perfil estatístico da profissão docente*. São Paulo: Moderna, 2003.
- WEBER, S. How and where to form teachers: a dispute to be surpassed. *Educação e Sociedade*. Campinas, v.21, n.70, p.129-155, 2000.

Recebido em: set. 09

Aceito em: nov. 09

Reflexões sobre epistemologia da ciência a partir de uma experiência com a literatura infantil

Anna M. Canavarro Benite
Claudio R. Machado Benite
José Acrísio R. da S. de Moraes Júnior

RESUMO

Neste artigo são apresentadas reflexões sobre a epistemologia da ciência que podem ajudar a superar o epistemicídio. Para tanto nos valemos de uma experiência com a literatura infantil: O livro *O frio pode ser quente?*, de Jandira Masur. Como ponto de partida, foi possível distinguir ideias, permeadas na visualização das gravuras e na escrita deste, que remontam às visões de epistemólogos da ciência sobre a natureza do conhecimento científico. Visões estas que nos incitam a rever nossos conceitos tradicionais do conhecimento, da ciência e da aprendizagem. Esta discussão conceitual representa uma solução democrática – racional e pluralista – aos problemas da convivência, no processo civilizatório em curso. Assim, deveria estar inserida nos debates sobre a formação inicial e continuada de professores de ciências, como um dos pressupostos para uma formação mais crítica e para a tentativa de superação do modelo tecnicista ainda predominante nessa área.

Palavras-chave: Epistemologia da ciência. Livros infantis. Formação de professores.

Reflections about science's epistemology an experience with literature infantile

ABSTRACT

This article is presented reflections on the epistemology of science that can help to overcome the epistemicid. For both us presents of an experiment with children's literature: The book *The cold may be hot?*, Jandira Masur. It was possible to distinguish ideas, permeated with viewing of pictures and in writing this, going back to the visions of epistemologists of science on the nature of scientific knowledge. These views that incite us to review our traditional concepts of knowledge, science and learning. This conceptual discussion represents a democratic solution – rational and pluralistic – the problems of coexistence in the civilizing process underway. Thus, should be included in discussions

Anna M. Canavarro Benite é Mestre em ensino de ciências e matemática e doutorando em Química do Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão (LPEQI), Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Campus II – Samambaia, Rodovia Goiânia – Nerópolis, Caixa Postal 131, 74000-970 Goiânia/Go, Brasil. E-mail: claudio.benite@ueg.br

Claudio R. Machado Benite é Doutora em ciências/química, coordenadora do Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão (LPEQI), Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Campus II – Samambaia, Rodovia Goiânia – Nerópolis, Caixa Postal 131, 74000-970 Goiânia-Go, Brasil. E-mail: anna@quimica.ufg.br

José Acrísio R. da S. de Moraes Júnior é licenciado em química e professor da educação básica do Estado de Goiás, Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão (LPEQI), Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Campus II – Samambaia, Rodovia Goiânia – Nerópolis, Caixa Postal 131, 74000-970 Goiânia/GO. E-mail: acrisioquimico@yahoo.com.br

on the initial and continuous training of teachers of Science, as one of the prerequisites for a more critical and training to overcome the model technicist still predominant in this area.

Keywords: Science's epistemology. Children's books. Teacher education.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Uma só filosofia é, pois insuficiente para dar conta de um conhecimento preciso. Se então se quiser fazer, a diferentes espíritos, exatamente a mesma pergunta a propósito de um mesmo conhecimento, ver-se-á aumentar singularmente o pluralismo filosófico da noção. Se ao interrogar-se sinceramente acerca de uma noção tão precisa como a noção de massa um filósofo descobre em si cinco filosofias, quantas se obterão se, se interrogarem várias filósofos a propósitos de várias noções! Mas todo este caos pode ordenar-se se considerarmos que uma só filosofia não pode explicar tudo e se quisermos dar uma ordem às filosofias. Por outras palavras, cada filosofia fornece apenas uma banda do espectro nocional, e é necessário agrupar todas as filosofias para termos o espectro nocional completo de um conhecimento particular. (BACHELARD, 1972, p.66)

O presente trabalho surge incitado por discussão outrora levantada por Moreira (1999), quando o referido autor tece reflexões sobre a teoria curricular a partir de um livro para crianças: *O frio poder ser quente?*, de Jandira Masur. Ao considerar que "... este texto nos convida a rever visões tradicionais de conhecimento, objetividade, ciência..." e "... a rejeitar a supressão de outras maneiras de compreender a realidade, adequadamente denominada por Santos (1995) epistemicídio" (MOREIRA, 1999, p.26), nos encorajou a enunciar as considerações a seguir.

A importância da epistemologia das ciências para uma educação científica de qualidade tem sido frequentemente defendida na literatura, onde se propõe que a aprendizagem de ciências deve ser acompanhada por uma aprendizagem sobre a natureza da ciência (HODSON, 1991). Para Sácristan (1998), a "epistemologia implícita" do professor o fará selecionar determinados elementos curriculares e a dar mais importância a uns que a outros. Nessa perspectiva, a reflexão sobre as suas próprias concepções pode redirecionar a sua prática em sala de aula, contribuindo para uma maior autonomia do professor de ciências.

É importante compreendermos melhor o que é esse conhecimento chamado ciência. Uma forma de começarmos a fazer isso é incitar a discussão sobre a dimensão do que seja a ciência, suas potencialidades e seus limites. Virar-lhe as costas, negá-la como valor cultural poderoso, desconhecê-la, pode ser o primeiro passo para caminharmos em uma direção que vai deixar tudo como está. A educação científica correta, crítica, realista, pode contribuir muito para a superação dos desafios colocados (MALDANER, 1995).

Assumidos estes pressupostos, passemos a considerar a estrutura do livro infantil, que atingindo a informação e a versatilidade do pensamento infantil, atravessou gerações

e garante até os dias atuais a conformidade do processo ensino-aprendizagem num constante ir e vir de histórias de aventuras fantásticas, da manifestação cultural e temas reais (SILVA, 1993). Ademais, o livro infantil é muito frequentemente empregado nas séries iniciais, havendo inúmeras obras disponíveis no mercado e se transformou num fenômeno do letramento no Brasil.

O presente trabalho tem como objetivo utilizar o livro infantil *O frio pode ser quente?* como ponto de partida para possíveis discussões sobre a natureza do conhecimento científico na formação de educadores e educandos. Assim, intencionamos apresentar a análise do livro infantil como estímulo à reflexão epistemológica de professores de ciências.

FORMAÇÃO DE PROFESSORES E A NATUREZA DA CIÊNCIA

Segundo Matthews (1988, 1991, 1995), existe uma pronunciada tendência de reaproximação entre História, Filosofia e Ensino de Ciências. Essa iniciativa parece bastante oportuna, em se considerando a crise do ensino de ciências que pode ser evidenciada pela evasão de professores e alunos das salas de aula de ciências. Conforme Matthews esta reaproximação não tem todas as respostas para esta crise, mas:

[...] pode humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, podem tornar as aulas de ciências, mas desafiadoras e reflexivas, [...] podem contribuir para a superação do ‘mar de falta de significação’ que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem, a saber, o que significam [...]. (MATTHEWS, 1995, p.165)

A crise no ensino de ciências se reflete ainda na expressiva diminuição da procura por carreiras universitárias em ciências e tecnologias, principalmente pelos cursos de licenciatura e pela existência significativa entre os indivíduos com formação universitária de opiniões equivocadas sobre questões essenciais na visão científica do mundo (FOUREZ, 2003).

Ademais, definir ciências é tema controverso. Muitas são as definições existentes, em síntese, não há uma única visão de ciência, universalmente aceita. Deste modo, qualquer estudo sobre natureza das ciências reconhece a relação imbricada entre esta e educação (VILELA-RIBEIRO; BENITE, 2009). A ciência é um empreendimento intelectual humano devendo ser considerada em todas suas dimensões, seu caráter criativo e imprevisível “[...] a ciência é, antes de tudo, compreensão e conhecimento, o que é em si mesmo um valor, como a arte e seu objetivo de expressar significações [...]” (SILVA FILHO, 2002, p.150).

Sendo assim, é preciso admitir a participação quer do sujeito quer do objeto na gênese do conhecimento, descartando certa ordem de interpretações – e argumentando contra a mesma –, pois, segundo esta, a origem do conhecimento científico estaria nos objetos mediante os quais o sujeito contemplativamente neutro, de modo conveniente e usando um método, descobriria as leis que governam o fenômeno a ser conhecido (DELIZOICOV, 2002).

Articuladamente se faz necessário que a base epistemológica para uma compreensão das relações dos alunos e do professor com o conhecimento tenha também como referência as teorias cuja premissa dispõe que o conhecimento ocorre na interação não neutra entre sujeito e objeto. Ainda que o conhecimento a ser trabalhado, por exemplo, no ensino fundamental e médio, esteja relacionado principalmente àquele já produzido, disponível e que constitui patrimônio universal – do qual são selecionados os conteúdos programáticos escolares –, não se justifica, tanto logicamente como considerando dados de pesquisa, que a premissa da interação do sujeito com o objeto possa ser descartada no processo de apropriação do conhecimento. Particularmente, em relação ao ensino de Ciências Naturais, o fato de o aluno conviver e interagir com fenômenos que são objetos de estudo dessas Ciências para além dos muros das escolas, quer diretamente quer por relações mediatizadas, desautoriza a suposição de que uma compreensão deles seja obtida apenas por sua abordagem na sala de aula com os modelos e teorias científicas (BACHELARD, 2001).

Portanto, a inclusão de discussões sobre a natureza da ciência na formação de professores está associada à construção de uma abordagem contextualizada de ciência:

Não basta apenas apresentar conteúdos acabados das disciplinas científicas na letra morta dos manuais; para muitos pesquisadores e professores, a educação em ciências deve, outros sim, considerar o caráter dinâmico e vivo dos diversos processos e contextos ético, histórico, filosófico e tecnológico em que o conhecimento é produzido [...]. (SILVA FILHO, 2002, p.8)

Por outro lado, estudos sobre a natureza da ciência constituem significativa ausência nos cursos de formação de professores de ciências (MOREIRA, 1999). Como consequência desta ausência, grande parte dos professores exercem suas atividades, ou seja, ministram aula de ciências, sem conhecimento:

[...] razoavelmente sólido da terminologia de sua própria disciplina- ‘causa’, ‘lei’, ‘explicação’, ‘modelo’, ‘teoria’, fato”- ou nenhum conhecimento dos objetivos muitas vezes conflitantes de sua própria disciplina – descrever, controlar, compreender –; ou mesmo nenhum conhecimento da dimensão cultural e histórica de sua disciplina. (MATTHEWS, 1995, p.188)

Possivelmente formamos professores treinados em ciências e não instruídos em ciências. Para proporcionar aos professores a compreensão da prática científica (a instrução em ciências) é preciso proporcionar-lhes uma reflexão sobre os fins da ciência e sua relação com a sociedade. É preciso estabelecer conexões e interdependências entre ciência e cultura como um recurso contra essa crise posta (MATTHEWS, 1994). Neste sentido, concordamos com Carvalho e Gil-Perez (2003, p.23) que “é preciso proporcionar uma formação inicial e continuada adequada para favorecer uma educação científica ao profissional da educação”.

De igual modo, é imprescindível perguntar: o que é ciência? Segundo Borges, 1996, esta pergunta pode ser respondida de diversos modos: ciência é um conhecimento baseado em evidências observacionais e experimentais; só é ciência o que pode ser submetido à refutação; aquilo que os cientistas aceitam por consenso; é uma forma de ideologia; é ruptura com o senso comum. Estas resumidas respostas correspondem a sínteses do positivismo lógico e das ideias de Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend e Bachelard.

Cabe destacar que a ciência não é neutra, definitiva, imutável e a complexidade do conhecimento científico não admite um mundo fechado. E, este debate, insistimos, precisa ser feito nas licenciaturas e na formação continuada de professores de ciências. Portanto, neste trabalho, entendemos que o gênero literário infantil pode representar um convite para os professores desenvolverem seu conhecimento sobre a natureza do pensamento científico (BENITE et al., 2008), o que nos leva a concordar com Arroyo que o livro infantil é “...uma multidão de signo-agente em interação, carregado de valores, investindo com sua energia, rede, móveis e paisagens mutáveis... vivendo, agindo, pensando, tecendo o tecido mesmo da vida” (ARROYO, 1968, p.42).

REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS E A LEITURA DE *O FRIO PODE SER QUENTE?*

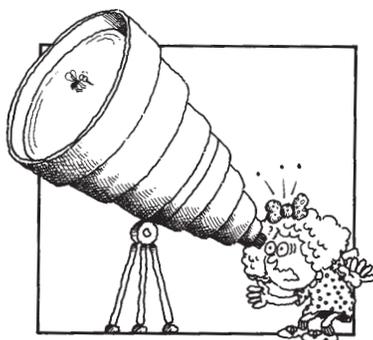
A autora trabalha utilizando texto e gravuras que mexem com a imaginação do leitor. O livro é indicado para crianças a partir dos seis anos de idade, mas ressalva que a maturidade de cada criança é que deve determinar a escolha dos livros que lhe são adequados.

A obra traz uma linguagem clara e demonstra a individualidade de cada pessoa, dependendo apenas do ângulo de quem se observa, pois, quando criança, nos deparamos com diversas situações que podem confrontar com o incoerente, o contraditório. Incita a criança a respeitar as divergências: “as coisas têm muitos jeitos de ser, depende do jeito da gente ver...” (SOSA, 1982, p.1). É nesse sentido que a Literatura infantil e, principalmente, os contos de fadas, as aventuras fantásticas dentre outros, podem ser decisivos para a formação do indivíduo enquanto criança em relação a si mesma e ao mundo à sua volta. O maniqueísmo, que divide as personagens em boas e más, belas ou feias, poderosas ou fracas, facilita à criança a compreensão de certos valores básicos da conduta humana ou convívio social. Tal pluralidade, se transmitida através de uma linguagem simbólica, durante a infância, será benéfica à formação de seu senso ético.

O que as crianças encontram nos contos de fadas são, na verdade, categorias de valores que são perenes. O que muda são apenas os conteúdos rotulados de bons ou maus, certos ou errados que estarão sendo interagidos no meio social como um todo para a criança (SOSA, 1982).

Devemos levar em consideração que no exercício dessa leitura infantil existe a hipótese de refletir sobre algumas visões epistemológicas e que este pode dar a oportunidade de reflexão ao educador. Assim passamos a identificação e discussão de episódios selecionados como sugestivos para incitar discussões sobre as visões epistemológicas da ciência.

Episódio 1: “As coisas têm muitos jeitos de ser. Depende do jeito da gente ver...” (MASUR, 2005, p.1).



As coisas
têm muitos jeitos
de ser

Depende
do jeito da gente
ver...

FIGURA 1 – Luneta. Adaptado de Masur, 2005.

O apego às primeiras impressões (“depende do jeito da gente ver”), como nos sugere o episódio 1 é, de certa forma, intuitivo, uma característica do senso comum que se contenta com o previsível. Essa concepção susta a investigação no lugar de provocá-la e, desta forma, se afasta do espírito científico.

A visão mais tradicional de ciências, ou seja, o positivismo formulado por Comte no século XIX tem raízes no século XVII e na afirmação que teorias nascem de observação e de experimentação (empirismo), num processo que vai do particular ao geral (indução). Estas ideias foram radicalizadas pelo positivismo lógico e para tal corrente epistemológica a ciência é neutra e objetiva. O conhecimento científico é uma sucessão de eventos, e teorias de crescimento contínuo e cumulativo (BORGES, 1996).

O episódio, caracterizado pela figura 1, nos parece sugestivo para questionar a visão tradicional de ciências e iniciar um diálogo com Gaston Bachelard. O recurso às imagens é uma característica dos seguidores do positivismo que valoriza o observável e imbuído de um realismo ingênuo busca a simplificação e se contenta com o conhecido

sensorialmente. No entanto, para Bachelard: “[...] a primeira experiência ou, para ser mais exato, a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica”. De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos (BACHELARD, 2001, p.25). Bachelard define o espírito científico apoiado numa racionalidade dinâmica, complexa e mutável que abandona o dado imediato e se aventura no desconhecido, em busca de um conhecimento cada vez mais instruído, incompleto e liberto dos falsos valores do realismo.

Em contraponto ao conhecimento com base nos dados observacionais, Bachelard considerou a complexidade como um problema fundamental da natureza. Para este epistemólogo da ciência, o conhecimento científico passa necessariamente pelo enfrentamento da complexidade material para superar o visível ao desafiar as sensações primeiras. Toda investigação científica deve explorar a sensualidade das diferentes materialidades para extrair a fantástica complexidade plural do concreto, pois o ato de conhecer está comprometido com a multiplicidade e a combinação das sensações e recordações (RICHTER, 2002).

A epistemologia de Bachelard, também conhecida como racionalismo dialético, enfatiza que a evolução das ciências é dificultada por obstáculos epistemológicos, dentre os quais: o senso comum, os dados perceptíveis e os resultados experimentais. Desta forma, contesta a ideia de que só se conhece aquilo que se mede e afirma que não se fragmenta a realidade e nem se isola uma qualidade (LÔBO, 2002). Por exemplo, no estudo do conceito de metais não é possível classificar esta classe de compostos químicos apenas pela condutividade térmica apresentada, mas, é preciso buscar a correlação desta propriedade (qualidade) com a estrutura da matéria em questão.

A principal tese bachelardiana é que o maior obstáculo a formação do espírito científico é colocar a experiência antes da crítica, isto é, o imediato deve ceder lugar ao construído em qualquer circunstância. Sendo assim, o conhecimento não é imutável e “[...] é no momento que um conceito muda de sentido que ele tem mais sentido” (BACHELARD, 2001, p.42).

“O nosso racionalismo simples entrava o nosso racionalismo completo e, sobretudo o nosso racionalismo dialético [...] as filosofias mais sãs, como o racionalismo kantiano, podem, constituir um obstáculo ao progresso da cultura” (BACHELARD, 2001, p.126).

Ainda para esse autor, “[...] o realismo é uma filosofia que nunca se compromete, ao passo que o racionalismo se compromete sempre e arrisca totalmente em cada experiência” (BACHELARD 2001, p.31).

Parece-nos que uma aproximação entre Bachelard e Morin pode ser bem-vinda neste momento, uma vez que se pode considerar que é possível que a intenção de Edgar Morin, ao longo de sua obra, quando expõe o pensamento complexo, seja justamente a de alertar para a própria existência da complexidade, contrapondo-se ao convencionalismo científico. Neste sentido, infere-se que muitas coisas podem ter sido decididas e feitas por

convenção, o próprio conservadorismo pode ser uma convenção, certo tipo de instinto conservativo em oposição ao instinto formativo (BACHELARD, 2001).

As contribuições de Edgar Morin, sociólogo francês que possui e situa boa parte de sua produção no campo das percepções e concepções científicas ocorridas ao longo do século XX nos dizem que para articular e organizar os conhecimentos e assim, reconhecer e conhecer os problemas do mundo é necessária a reforma do pensamento e o conhecimento das informações ou dos dados isolados é insuficiente. Investigar, ou conhecer alguma “coisa” não é tarefa fácil e exige um olhar em múltiplas dimensões, pois o todo é mais que a soma das partes (PENA-VEJA; NASCIMENTO, 1999). Segundo Morin:

Há uma inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre os saberes separados, fragmentados, compartimentados entre disciplinas e, por outro lado, realidades e problemas cada vez mais polidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais, planetários. [...] A hiperespecialização impede de ver o global (que ela fragmenta em parcelas), bem como o essencial (que ela dilui). [...] o retalhamento das disciplinas (no Ensino) torna impossível apreender “o que é tecido junto”, isto é, o complexo, segundo o sentido original do termo. (MORIN, 2000, p.13-14)

Morin em suas análises epistemológicas propõe uma interpretação de mundo e dos fenômenos que nele ocorrem: o pensamento complexo. Em resumo, a complexidade proposta por Edgar Morin se refere a um conjunto de eventos, principalmente aqueles ligados à área científica, que ocorreram no final do século XIX e que foram sendo debatidos, combatidos e assimilados no decorrer do século XX. Arriscamos dizer que houve certo tipo de revolução (JAPIASSU, 1985; EPSTEIN, 1988), pois foram quase três séculos de determinismo, de racionalismo, de univocidade, de concepção mecânica de mundo e, principalmente, da certeza que se transferia ao experimento científico; tudo isso cai por terra com as descobertas da própria ciência (MORIN, 2002, 2002a).

Concordamos com Francelin (2003), que primeiramente, tem-se a revelação de que existem fenômenos que não se consegue explicar. O próprio ser humano é um deles, o universo e a vida (a reaproximação da filosofia e da ciência) (MOLES, 1971). Depois, descobre-se que o mundo pode ser um sistema (VON BERTALANFFY, 1977), um ecossistema, e que seus fragmentos não estão nem podem ser vistos e estudados sem a compreensão e aceitação do todo onde figuram. Não se podem explicar de maneira lógica as relações e inter-relações deste todo e de suas partes e vice-versa. É por isso que se chama pensamento complexo, pois parece não haver uma lógica para estas relações aparentemente sistêmicas, é o que Morin (2002; 2002a) denomina a “ordem dentro da desordem” ou a “certeza da incerteza”, e é justamente por este motivo que se chama complexidade.

Sendo assim, é preciso situar as informações e os dados em seu contexto, porque, “[...] as coisas tem muitos jeitos de ser [...]” para que possam adquirir sentido. Para ter

sentido, a palavra necessita do texto, que é o próprio contexto, e o texto necessita do contexto no qual se enuncia, ou seja, “[...] depende do jeito que a gente ver [...]” (MORIN, 2002, p.13). Em síntese, partimos de uma observação para que se chegue a uma conclusão e que cada indivíduo de acordo com o seu contexto pode ter um ponto vista diferente, respeitando assim a individualidade de cada um.

Episódio 2: “Na página 12 (Figura 2) verificamos o que ocorre com a vaca que, por não ter uma cauda tão comprida, não consegue atingir seu focinho para espantar um inseto que assente ali. Logo se faz necessário fazer uma adaptação”.

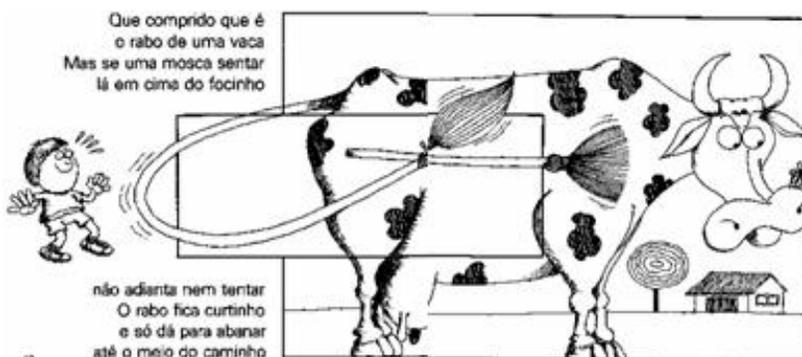


FIGURA 2 – O comprido pode ser curto. Adaptado de Masur, 2005.

Este episódio nos parece convidar para questionar a validade das informações empíricas, pois, segundo Chalmers (1993), colocando as coisas de uma forma não-técnica, qualquer evidência observável vai consistir em um número finito de proposições de observação, enquanto uma afirmação universal reivindica um número infinito de situações possíveis. A probabilidade de uma generalização universal ser verdadeira é um número finito dividido por um número infinito, que permanece zero, por mais que o número finito de proposições de observação, que constituem a evidência, tenha crescido.

Considerar “o rabo da vaca comprido” como uma generalização universal não parece apropriado. A evidência empírica, ou seja, “o comprimento do rabo da vaca” não é suficiente para imprimir uma generalização. De igual modo, também o é na ciência, onde as generalizações sobre o funcionamento dos empreendimentos científicos não podem estar baseadas em informações empíricas, pois, estas carregam somente inferências sobre o quantitativo que as compõe e nada além.

O positivismo caracteriza-se como um logicismo, ele pretende que os enunciados concretos, através da lógica indutiva, conduzam as generalizações universais. Desta maneira, os positivistas pretendiam afirmar a estrutura lógica do conhecimento. O

positivismo sustentava a inteligibilidade do mundo. Segundo o mesmo, a realidade poderia ser observada de modo neutro, bastando, para isso, voltar-se para ela. E, para que esta, fosse apreendida com fidelidade, é necessário um absoluto rigor na linguagem que a exprime (BORGES, 1996).

Contudo não podemos negar que uma das maiores preocupações dos positivistas foi combater aqueles que, em nome da razão, construíram imponentes castelos metafísicos com base nos alicerces da “substância divina”, termos metafísicos esses que são, segundo os positivistas, palavras vazias que não possuem referenciais concretos na realidade. O positivismo surgiu para combater os excessos do idealismo.

O positivismo, sem dúvida, representa, especialmente através de suas formas neopositivistas, como o positivismo lógico e a denominada filosofia analítica, uma corrente do pensamento que alcançou, de maneira singular na lógica formal e na metodologia da ciência, avanços muito meritórios para o desenvolvimento do conhecimento (TRIVIÑOS, 2007).

É preciso admitir que em ciência não se tem certezas absolutas, pois, ao recusar o positivismo com suas respostas pouco satisfatórias recusamos, também, as suas certezas do mundo palpável. Para o Positivismo, a única certeza inabalável está nos fatos, no dado da experiência sensível, isto é, a relação de conhecimento existente entre o sujeito conhecedor e o objeto conhecido pode ser direta, neutra e isenta de valores subjetivos. O dado empírico supõe a inquestionável verdade. Entretanto, é preciso reconhecer que o conhecimento é possível, contudo não podemos nos esquecer das implicações ideológicas envolvidas nele, por maior que seja nosso desejo de afirmá-lo, formalizá-lo e explicar com ele a realidade.

No desenvolvimento da ciência, há ainda pontos que não foram atingidos, como ilustra nosso episódio “Mas se uma mosca sentar lá em cima do focinho...”. E, com isso surge à necessidade de novos estudos, novas metas a serem alcançadas, algo novo, desconhecido. Logo, há uma crítica indutivista baseada no falsificacionismo de Popper (1972), pois há sempre uma questão que falsifica a generalização, tendo em vista que o rabo comprido, diante desta nova situação agora: “fica curtinho e só da para abanar até o meio do caminho”. Admitindo que as generalizações empíricas são falsificáveis, Popper propõe que as teorias sejam formuladas de modo preciso para permitir exposições a teste, visando a sua refutação (MESQUITA, 2006).

Para que haja o progresso da ciência, tal como o vê o falsificacionista, as teorias devem ser cada vez mais falsificáveis, possuindo um volume cada vez maior de informação excluindo, no entanto, a ideia de que teorias superficiais com grandes possibilidades de falsificação sofram modificações destinadas simplesmente a protegê-las da falsificação ou de uma falsificação ameaçadora. A introdução de modificações ou a adição de mais um postulado sem conseqüências que não tenham sido já comprovadas, são denominadas de modificações *ad hoc*, originando uma hipótese modificada menos falsificável que a versão original. Assim, ao concluir que espantar a mosca no focinho da vaca representa uma hipótese falsificável da premissa “rabo comprido”, surge a modificação *ad hoc*, ou seja, a tentativa de adaptação: amarrar a este rabo uma vassoura que ainda não o tornou comprido o suficiente para espantar a mosca .

Karl Popper foi um dos primeiros críticos ao indutivismo, para Popper não há indução, porque teorias universais não podem ser deduzidas de enunciados singulares. Porém, ele contribuiu para o positivismo quando fornece uma alternativa a preservação da imagem racional do procedimento científico, através da enunciação do princípio da falsificabilidade.

A lógica indutiva, segundo Karl Popper, é uma mera ilusão:

[...] de um ponto de vista lógico, está longe de ser óbvio que estejamos justificados ao inferir enunciados universais a partir dos singulares, por mais elevado que seja o número destes últimos, pois qualquer conclusão obtida desta maneira pode sempre acabar sendo falsa: não importa quantas instâncias de cisnes brancos possamos ter observado, isto não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos. (POPPER, 1972, p.54)

A epistemologia de Popper, ou seja, o racionalismo crítico propõe que embora não seja possível demonstrar que algo é verdadeiro é possível às vezes demonstrar sua falsidade e, desta forma, constrói um critério que visa o aperfeiçoamento das teorias científicas pelo qual uma teoria sempre pode ser substituída por uma melhor, que não seja falseada. Popper substituiu o método de verificabilidade das teorias pelo da falseabilidade. Esse método afirma que as teorias científicas são distintas e superiores à metafísica por serem suscetíveis de falseamento pelo dado empírico. Segundo o esquema popperiano, a ciência se desenvolve da seguinte forma: uma teoria é proposta e testada, devendo ser refutada. Uma nova teoria será postulada, com conteúdo empírico mais rico que a da sua antecessora, mas também será, por sua vez, substituída por outra ainda melhor (MOACHETTI, 2004).

O falsificacionista admite livremente que a observação é orientada pela teoria e a pressupõe e que uma teoria muito boa será aquela que faz afirmações bastante amplas a respeito do mundo, e que, em consequência, é altamente falsificável, e resiste à falsificação toda vez que é testada (CHALMERS, 1993).

Apesar da crítica de Popper ao positivismo, essas duas concepções da racionalidade científica apresentam a característica comum de se oporem à especulação metafísica, assim como de creditarem o sucesso da ciência à obtenção de uma metodologia especial. Foi justamente em contraposição a esta metodologia especial que emergiram outras correntes epistemológicas da ciência, que tem entre seus expoentes: Thomas Kuhn, Paul Feyerabend, Imre Lakatos entre outros.

Episódio 3: “Uma árvore é tão grande se a gente olha lá para cima”.
“Mas do alto de uma montanha lá parece tão pequeninha” (MASUR, 2005, p.16 e 17).



FIGURA 3 – Árvore grande. Adaptado de Masur, 2005.

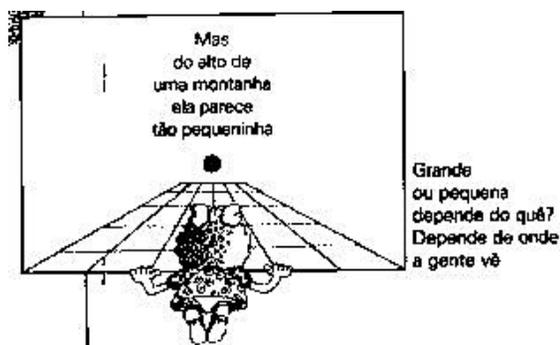


FIGURA 4 – Árvore pequena. Adaptado de Masur, 2005.

Apesar de que uma árvore qualquer, pode ser tão grande quando comparada a uma criança (figura 3), pode se ter um outro ponto de vista se observada de cima de um prédio de vinte andares conforme a figura 4. A afirmação de que “a árvore é grande” passa agora a contar com a hipótese adequada para a manutenção desta afirmação que é a adoção de um ponto de referência: criança embaixo da árvore – “Uma árvore é tão grande quando a gente olha lá para cima”. Este episódio nos parece sugestivo para tecer reflexões sobre aproximações entre duas visões de ciências: a de Kuhn e a de Lakatos, que passamos a apresentar brevemente.

Segundo Lakatos (1978) o desenvolvimento da ciência ocorre através da competição de programas de pesquisa cujos seus desenvolvimentos envolvem não somente a adição de hipóteses auxiliares adequadas para protegê-los de falsificações, mas também o desenvolvimento de técnicas matemáticas e experimentais adequadas. As bases teóricas

de um programa de pesquisa imersas num núcleo irredutível são preservadas das refutações, através da decisão metodológica de seus protagonistas, por cinturões protetores (hipóteses auxiliares citadas anteriormente) que lhe dão garantia e resguardo. Porém, o cinturão protetor só é modificado, orientado pela heurística positiva, quando os cientistas se deparam com anomalias incompatíveis com as previsões teóricas. Para Lakatos, “a heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões ou palpites sobre como mudar e desenvolver as variantes refutáveis do programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção refutável” (LAKATOS, 1979; p.165).

Por fim, para que um núcleo irredutível ou um programa de pesquisa sejam eliminados por um programa rival, este deve suplantar o seu concorrente, apresentando maior força heurística corroborado pela experiência só podendo ser identificado numa longa visão retrospectiva, ou seja, a aceitação ou rejeição de programas de pesquisa é um processo histórico (LABURÚ et al., 1998).

Por outro lado, a epistemologia kuhniana não atribuiu o triunfo da ciência ao fato de ela seguir à risca uma metodologia de corroboração (positivismo lógico) ou de refutação (racionalismo crítico), mas, sim, por ser conduzida sob a luz de um paradigma. Kuhn também não se preocupou explicitamente em delimitar a linha divisória entre ciência e metafísica. Para ele, existem nas ciências elementos que são, em certo sentido, metafísicos. A tese mais importante e conhecida da epistemologia kuhniana afirma que a ciência não se desenvolve através da obediência rígida a cânones metodológicos, mas, sim, por empreender uma prática convergente e unificada de pesquisa, possível por meio da aquisição de paradigmas. O conceito central da reconstrução da racionalidade científica levada a cabo por Kuhn é o de paradigma. Para ele, o paradigma determina a cientificidade de uma área específica de investigação. Dito de outra forma: há ciência tão-somente onde impera o paradigma. Segundo Kuhn, devemos compreender paradigmas como “[...] realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes”. Ou seja, uma das funções mais importantes que o paradigma desempenha é a de engendrar o consenso dentro de uma determinada comunidade científica, delimitando os fatos relevantes a serem investigados, elegendo os métodos adequados de abordagem e prescrevendo as soluções legítimas (MENDONÇA, 2002, p.77).

Segundo Kuhn (1996), durante o desenvolvimento do conhecimento científico, fracassos serão encontrados e estes podem eventualmente, atingir um grau de seriedade que constitua uma crise séria para o paradigma vigente que possa conduzir à rejeição de um paradigma e sua substituição por uma alternativa compatível. Desta maneira, a árvore pode ser grande quando contemplada por uma criança junto à mesma. Porém, quando esta mesma criança a contempla de cima de um prédio de vinte andares esta passa a ser pequenina. Ora, esta contemplação representaria um fracasso que colocaria em crise o paradigma que enuncia que a árvore é grande, porém, esta não é suficiente para sua rejeição.

Nesta perspectiva, a visão epistemológica de Kuhn muito se assemelha à visão de Lakatos, representada pelo cinturão protetor, pelo conjunto de sugestões ou indícios

parcialmente articulados de como mudar, desenvolver, as ‘variante refutáveis’ de um programa de pesquisa, como modificar, “sofisticar”. Neste episódio, o cinturão que pode proteger o programa de pesquisa (a árvore grande) é tecido mediante a consideração: Grande ou pequena depende do quê? Depende de onde a gente vê. Esta tônica representa um indicio de sofisticação da hipótese original para proteger o cerne da questão.

De mesmo modo, cabe uma discussão sobre o que seria a crise Kuhniana. Inicialmente a criança considera a árvore grande (enquanto criança que observa a árvore ao seu lado), logo após vem o período de crise, momento de tensão (criança mudando de referencial para observação) e, finalmente, uma nova concepção de que as árvores possuem sua grandeza, mas podem ser pequenininhas conforme sugerido no texto.

É exatamente durante a crise que se põe em dúvida os princípios da ciência em questão, abrindo caminho para o surgimento de uma nova teoria:

A emergência de novas teorias é geralmente precedida por um período de insegurança profissional pronunciada, pois exige a destruição em larga escala de paradigmas e grandes alterações nos problemas e técnicas da ciência normal. Como seria de esperar, essa insegurança é gerada pelo fracasso constante dos quebra-cabeças da ciência normal em produzir os resultados esperados. O fracasso das regras existentes é o prelúdio para uma busca de novas regras. (KUHN, 1996, p.95)

O período de insegurança se deve à falta de confiança dos cientistas nos princípios sobre os quais se sustenta seu trabalho. Com o fracasso das regras existentes passam a questionar os princípios da ciência que praticam, já que ela não tem sido capaz de resolver os problemas que propõe (MOSCHETTI, 2004). Com as repetidas tentativas frustradas de adaptá-las às anomalias (os resultados inesperados que causaram a crise), os cientistas passam a não seguir mais as mesmas regras e é chegado o momento propício para o surgimento de uma nova teoria que se proponha a resolver as dificuldades que geraram essa crise: “O significado das crises consiste exatamente no fato de que indicam que é chegada a ocasião para renovar os instrumentos” (KUHN, 1996, p.105).

Portanto, é preciso um empreendimento dos professores de ciências para que representem legitimamente o conhecimento científico, pois, obstáculo importante são as evidências empíricas, que enunciam o conhecimento sensorial e dificultam o diálogo com o conhecimento teórico. Se a criança enunciada neste episódio se negasse a compreender para além de seu primeiro dado perceptível, ou seja, sua primeira observação em relação à árvore, também não seria capaz de superar este determinismo imposto pela evidência empírica.

Episódio 4: “O amanhã de ontem é hoje o hoje é o ontem de amanhã”. “Dentro desta complicação quem tem uma explicação?” (MASUR, 2005, p.20 e 21).



FIGURA 5 – Questionamento. Adaptado de Masur, 2005.

Diante deste episódio, caracterizado pela figura 5, podemos refletir baseado em Chalmers sobre a complexidade de qualquer situação realista (principalmente se tratando de ciência) e a impossibilidade de previsão do futuro naquilo que se refere ao desenvolvimento da ciência, pois, “O amanhã de ontem é hoje e o hoje é o ontem de amanhã”. Assim, não é razoável esperar uma metodologia que dita que, em dada uma situação, um cientista deve adotar a teoria A, rejeitar a teoria B ou preferir a teoria A à B.

De acordo com a teoria anarquista do conhecimento, Feyerabend argumenta que as metodologias da ciência fracassaram em fornecer regras adequadas para orientar as atividades dos cientistas. Para ele: o mundo, inclusive o mundo da ciência, é uma entidade complexa e dispersa que não pode ser capturado por teorias e regras simples. Assim, “Dentro desta complicação quem tem uma explicação?”, a própria ciência tem partes conflitantes com diferentes estratégias, resultados, ornamentos metafísicos. Ela é uma colagem, não um sistema (FEYERABEND, 2007).

Paul Feyerabend defende o anarquismo epistemológico que dá grande importância a maneiras divergentes de perceber e interpretar a realidade e, para isto, o primeiro passo é romper com o vício da percepção “[...] necessitamos de um mundo imaginário para descobrir os traços do mundo real que supomos habitar” (FEYERABEND, 2007, p.43). Segundo Feyerabend é na contramão da indução positivista que favorecemos a percepção do que não interage no mundo sensível.

Ainda segundo esta corrente epistemológica os conflitos são necessários e procedimentos dogmáticos, tais como admitir a existência de um método científico único transformam a ciência em ideologia (BORGES, 1996).

Feyerabend defende que a ciência deve visar a felicidade e o bem estar dos homens e que esse deve ser o critério fundamental de sua avaliação. Para o progresso, dois princípios são importantes: o da tenacidade e o da proliferação.

De acordo com Vilani (2001), o princípio da tenacidade leva o cientista a se agarrar à teoria escolhida, tentando trabalhá-la apesar das evidências contrárias já que nem sempre os resultados experimentais são tão confiáveis como parecem de imediato. Mesmo que com flagrantes anomalias, as teorias podem sempre ser melhoradas e tornarem-se capazes de explicar aquilo que à primeira vista parecia inconciliável. Já o princípio da proliferação leva o cientista a criar alternativas novas às teorias já existentes. Essas novas teorias, ao enfatizar os pontos fracos das rivais, obrigam-nas a se desenvolver, até incorporando pontos novos sugeridos pelas concorrentes.

Para a epistemologia de Feyerabend o progresso da ciência é o resultado da interação de teorias que tentam se desenvolver e simultaneamente se confrontam com outras teorias. Portanto, é altamente recomendável tudo o que possa facilitar o desenvolvimento de novas teorias.

Episódio 5: “Curto e comprido, bom e ruim, vazio e cheio, bonito e feio. São jeitos das coisas ser. Depende do jeito da gente ver” .

Acreditamos que este episódio pode nos incitar a refletir sobre a não existência de verdades absolutas. E, a pensar em ciências como socialmente negociável (DRIVER, 1999). Deste modo, “curto e comprido, bom e ruim [...]” não foram, nesta obra, apresentados como conceitos encerrados em definições deterministas, mas, sim passíveis de considerações consensuais. Embora os fatos sociais sejam exteriores, eles são introjetados pelo indivíduo e exercem sobre ele um poder coercitivo. Apoiamo-nos em Bachelard, para reflexões sobre a existência do perfil conceitual que é construído por indivíduos que fazem parte de uma sociedade, como o modo de vestir, a língua, o sistema monetário, a religião, as leis e uma infinidade de outros elementos do mesmo tipo.

O convite apresentado neste trabalho nos parece válido, uma vez que acreditamos que todo educador deve estar consciente sobre o que está fazendo e se questionar sobre suas ações, em termos éticos, científicos e epistemológicos. Este questionamento se dá em uma atitude de responsabilidade profissional, isso quer dizer que ao ensinar Ciências é preciso saber o que é Ciência, ou seja, há que se conhecer sobre as discussões epistemológicas que amparem as ações educadoras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossos resultados demonstram que foi possível distinguir alguns aspectos que podem ser capazes de ajudar a remontar às visões de epistemólogos da ciência sobre a natureza do conhecimento científico a partir da leitura de um livro infantil. Encontram-

se, permeadas na visualização das gravuras e na escrita deste, pequenos indicativos de formas de compreender a ciência que podem servir como ponto de partida para iniciar uma discussão sobre o falsificacionismo de Popper, o anarquismo epistemológico de Feyerabend dentre outros. Visualizar estas nuances de concepções epistemológicas nos livros infantis pode oportunizar um convite para a reflexão na formação de professores de ciências, instruindo formadores que podem acreditar que “a ciência não pode ser ensinada como um produto acabado, que ela é fruto de criações de homens, com determinadas visões de mundo e propensos a erros e acertos” (CHALMERS, 1993, p.34).

O livro infantil analisado traz inúmeras situações que proporcionam o refletir quanto a sua escolha, a educação científica e nas nossas práticas enquanto educadores. Faz-nos menção, em rever nossos conceitos tradicionais do conhecimento, da ciência e da aprendizagem. Traz à tona, as diferenças e o preconceito. Logo, o livro infantil seja ele comercial ou alternativo, foi deixando de ser apenas uma ferramenta em nosso trabalho, tornando-se um instrumento importante e auxiliar no processo. Conclusão esta que corrobora com Moreira (1999).

Finalmente, reconhecendo a importância das questões epistemológicas para a prática docente, concluímos que elas devem estar inseridas nos debates sobre a formação inicial e continuada de professores de Ciências, como um dos pressupostos para uma formação mais crítica e para a superação do modelo tecnicista ainda predominante nessa área. Esta discussão conceitual representa uma solução democrática – racional e pluralista – aos problemas da convivência no processo civilizatório em curso.

Nossas reflexões sobre epistemologia da ciência no contexto da formação de professores podem ajudar a superar o epistemicídio. Pois, é a incapacidade de formular um paradigma das interações comunicativas, que assegure o estabelecimento de relações dialogais, derivada de perversões da consciência individual típicas do dogmatismo, característica principal do epistemicídio. No qual, também identificamos a frustração da possibilidade de entendimento entre visões diferenciadas do mundo.

REFERÊNCIAS

- ARROYO, L. *Literatura infantil brasileira*. São Paulo: Melhoramentos, 1968.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2001.
- _____. *Filosofia do novo espírito científico*. Trad. Joaquim J. Moura Ramos. Lisboa: Presença, 1972.
- BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M. *Epistemologia da ciência no ensino fundamental: uma análise em livros infantis*. 31ª RASBQ, p.137, 2008.
- BORGES, R. R. *Em Debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre: CECIRS, 1996.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. 7.ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* Trad. R. Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

- DELIZOICOV, D. (Org.). *Ensaio de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.
- DRIVER, R. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, n.9, p.31-40, 1999.
- EPSTEIN, I. *Revoluções científicas*. São Paulo: Ática, 1988.
- FEYERABEND, P. K. *Contra o método*. São Paulo: UNESP, 2007.
- FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, v.8(2), p.109-123, 2003.
- FRANCELIN, M. M. A epistemologia da complexidade e a ciência da informação. *Ci. Inf.*, Brasília, v.32, n.2, 2003.
- HODSON, D. Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, p.85-142, 1991.
- JAPIASSU, H. *Introdução ao pensamento epistemológico*. 4.ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 9.ed. São Paulo: Perspectiva, 1996.
- LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência e Educação*, v.5, n.2, 1998.
- LAKATOS, I. *História da ciência e suas reconstruções racionais*. Trad. E. P. T. Mendes. Lisboa: Edições 70, 1978.
- _____. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I. ; MUSGRAVE, A. (Org.) *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- LÔBO, S. F. Epistemologia Bachelardiana e o Progresso Filosófico das Ciências Físicas: Implicações na Química e no Ensino de Química. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.) *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador, BA: Arcádia, 2002, p.296.
- MALDANER, O. A.; PIEDADE, M. C. T. Repensando a Química. *Química Nova na Escola*, n.1, p.15-19, 1995.
- MASUR, J. *O frio pode ser quente?* 17.ed. São Paulo: Ática, 2005.
- MATTHEWS, M. R. *Science Teaching – The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York & London, 1994.
- _____. A role for history and philosophy in science teaching. *Educational philosophy and theory*, n.20, p.67-81, 1988.
- _____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n.3, p.164-214, 1995.
- _____. *History, philosophy and science teaching: selected readings*. Toronto: OISE Press, 1991.
- MENDONÇA, A. L. O.; VIDEIRA, A. A. P. A revolução de Kuhn. *Ciência Hoje*, 2002.
- MESQUITA, N. A. S. *As visões de ciência nos desenhos animados Jimmy Nêutron e o Laboratório de Dexter*. Dissertação de Mestrado. UFG, 2006.
- MOLES, Abraham Antoine. *A criação científica*. São Paulo: Perspectiva, 1971.
- MOREIRA, A. F. B. Reflexões sobre o currículo a partir da leitura de um livro para

- crianças. *Química Nova Na Escola*, n.9, p.23-27, 1999.
- MORIN, E. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 5.ed. São Paulo: Cortez, 2002.
- _____. *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.
- _____. *A ciência com consciência*. 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002a.
- MOSCHETTI, M. Crises e revoluções: A revolução copernicana segundo Thomas Kuhn. *Revista Analecta*, Guarapuava, Paraná v.5, 2004.
- PATY, M. Ciência: aquele obscuro objeto do pensamento e uso. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador, Bahia: Arcádia, 2002.
- PENA-VEGA, A.; NASCIMENTO, E. P. do. (Org.). *O pensar complexo: Edgar Morin e a crise da modernidade*. 3.ed. Rio de Janeiro: Garamond, 1999.
- POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. L.Hegenberg e O. S. Mota. São Paulo: Cultrix, 1972.
- RICHTER, S. R. S. Infância e materialidade: uma abordagem bachelardiana. 25ª Reunião da ANPED (GT – 7), 2002, disponível em: <http://www.anped.org.br/reunioes/25/tp25.htm>
- SACRISTÁN, J. G. *O currículo: uma reflexão sobre a prática*. 3.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- SANTOS, B. S. *Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade*. Porto: Afrontamento, 1995.
- SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.
- SILVA, E. T. *Elementos da pedagogia da leitura*. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- SOSA, J. *A literatura infantil*. Literatura Infantil: autoritarismo e emancipação. São Paulo: Ática, 1982.
- TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 2007.
- VILELA-RIBEIRO, E. B.; BENITE, A. M. C. Concepções sobre natureza da ciência e ensino de ciências: um estudo das interações discursivas em um Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.9, n.1, p.1-23, 2009.
- VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino da ciência: uma analogia. *Ciência & Educação*, v.7, n.2, p.169-181, 2001.
- VON BERTALANFFY, L. *Teoria geral dos sistemas*. 3.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1977.

Recebido em: jul. 09

Aceito em: nov. 09

Multimodos de representações e a aprendizagem significativa sobre aquecimento global: um estudo de caso com um estudante da sétima série

Giselle Midori Simizu Salviato
Carlos Eduardo Laburú

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo investigar a construção da aprendizagem significativa de um estudante da sétima série do ensino fundamental sobre as tipologias de conteúdos que envolvem o tema aquecimento global por meio de uma estratégia didática que emprega multimodos de representações. Os resultados obtidos foram apresentados a partir de transcrições das leituras de imagens e mapas conceituais, coletados antes e após a estratégia multimodal. Averiguamos que o mapa conceitual a posteriori do estudante apresentou considerável acréscimo na quantidade de conceitos e proposições, além de relevantes reorganizações cognitivas, que também foram constatadas em todas as leituras de imagens a posteriori. Mediante os relatos anteriores, consideramos que a estratégia didática com multimodos de representações possui potenciais condições para propiciar a aprendizagem significativa sobre aquecimento global que, por sua vez, apresenta relevantes contribuições para o ensino de ciências.

Palavras-chave: Multimodos de representações. Aprendizagem significativa. Aquecimento global. Estratégia didática. Estudo de caso.

Multi-modal representations for a meaningful learning about global heating: A case study with one seven grade student

ABSTRACT

To present research investigates the construction of a seventh student's grade of the significant learning about the typologies of contents that involve global heating theme through a didactic strategy that uses multi-modal representations. The obtained results were presented starting from transcriptions of the readings of images and conceptual maps, collected before and after the multimodal strategy. We discovered that student's posteriori conceptual map presented considerable increment in the amount of concepts and propositions, besides important cognitive reorganizations, that were also verified in all the posteriori readings images. By previous reports we considered that didactic multi-modal representations strategy has potential conditions to get

Giselle Midori Simizu Salviato é Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática. Universidade Estadual de Londrina, UEL – Londrina (PR). Rua Ernesto Campaner, nº 48 – Jd. Santa Mônica II – Rolândia/PR. E-mail: gisellesimizu@hotmail.com

Carlos Eduardo Laburú é prof. Dr. Departamento de Física, CCE. Universidade Estadual de Londrina, Campus Universitário – Caixa Postal 6001, CEP 86.051-970, Londrina/PR. E-mail: laburu@uel.br

significant learning on global heating and that, for your time, it presents important contributions for the teaching of sciences.

Keyword: Multi-Modal Representations. Significant Learning. Global Warming. Didactics. Case Study.

INTRODUÇÃO

Por meio da prática em sala de aula no ensino de ciências, observamos que alguns alunos, no momento das avaliações escritas, solicitavam, ao invés de escrever a resposta, se poderiam desenhar para expressar o que sabiam sobre a questão da prova, enquanto que outros faziam gestos para caracterizar a resposta que iriam escrever e, ao mesmo tempo, indicar se esta seria a correta. Mediante estes acontecimentos, passamos a considerar de forma intuitiva a possibilidade de estes estudantes poderem expressar seu aprendizado através de representações diferenciadas que possuem equivalência em significados quando comparadas à linguagem oral e escrita.

Em busca de uma resposta mais rigorosa para tal intuição, propusemo-nos a desenvolver um trabalho de investigação que levasse em conta outras linguagens não tradicionalmente usadas em sala de aula. Consultando a literatura em educação científica, deparamo-nos com uma linha de pesquisa recente em multimodos de representações, que veio orientar e esclarecer nesse sentido. Ao estudar vários desses trabalhos, vimos que a manifestação de pensamento dos estudantes pode ocorrer através de uma sofisticada coordenação de falas, gestos corporais, símbolos, ações e ferramentas (RADFORD, 2009, p.111). Gehlen (1988) sugere que o ato de conhecer somente pode ser assegurado através de uma experiência multisensorial do mundo e por um tipo de apreensão autossensorial das coisas. De acordo com o ponto de vista destes trabalhos, a atividade de pensamento não é puramente mental, algo imaterial, independente do corpo. Desta forma, os multimodos de representações permitem um ganho em nível cognitivo mais profundo e de consciência do significado das formas culturais do conteúdo das ciências.

Atraídos pela perspectiva cognitivista e semiótica dessa linha de pesquisa e com a preocupação de aprimorar a construção do pensamento dos estudantes sobre o tema aquecimento global, este trabalho mostra o resultado de um estudo de caso que emprega uma estratégia didática em multimodos de representações, objetivando observar sua influência para que a aprendizagem se torne significativa. Portanto, temos como objetivo investigar a aprendizagem significativa de um estudante sobre as tipologias de conteúdos que envolvem o aquecimento global por meio de uma estratégia didática que emprega multimodos de representações.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As pesquisas em multimodos de representações surgem com o fim de aperfeiçoar a qualidade do ensino e aprendizagem das ciências. Quando se está a referir a multimodos de representações se diz que estes representam uma integração no discurso científico de diferentes modalidades para representar o raciocínio, conceitos e seus resultados (PRAIN; WALDRIP, 2006, p.1844).

Para tanto, os estudantes necessitam compreender, integrar e traduzir os conceitos científicos em diferentes modos de representação, tais como as linguagens gráficas, verbais, diagramáticas, gestuais, numéricas, que envolvem retratos, mapas, cartas, equações, tabelas, entre outras representações, a fim de se pensar, agir e comunicar cientificamente. Isso porque a linguagem científica é uma integração sinérgica de todos esses modos de representações (LEMKE, 2003). Em acordo com isso, a aprendizagem significativa não está condicionada ao uso exclusivo de signos particulares ou quaisquer outras representações particulares (AUSUBEL, 1980, p.38). Segundo esse referencial teórico, o mesmo conceito ou proposição podem ser expressos através de uma linguagem sinônima que vai remeter exatamente ao mesmo significado.

Para ocorrer aprendizagem significativa da linguagem científica os estudantes precisam ser capazes de integrar significados daquilo que está sendo comunicado, e para isso é vital que o professor use diferentes sistemas semióticos como recurso de comunicação (LEMKE, 2003, p.9). É possível, então, oportunizar que modos de comunicação já percorridos sejam repetidos, revistos, corrigidos, aprofundados, integrados e coordenados a outros, favorecendo a ultrapassagem de falhas ocorridas durante o processo de instrução. Não é difícil constatar que a dinâmica de ensino e aprendizagem numa sala de aula é corrida e se dá em torno de um complexo ambiente, onde vários acontecimentos ocorrem simultaneamente. Isto faz com que frequentes falhas de comunicação do professor com seus alunos aconteçam, sendo possível presenciar informações erradas, incompletas, insuficientes, ausentes, mal localizadas e escritas, às vezes adiantadas ao conteúdo de interesse, inconvenientemente misturadas, com defasagens temporais de conhecimentos dos aprendizes. O emprego de multimodos é um encaminhamento apropriado para diminuir a influência de tais ocorrências. Além de que os multimodos são condizentes com os princípios atuais da pedagogia contemporânea que enfatizam as necessidades de aprendizagem individuais e preferências dos estudantes, e da interação ativa destes com ideias e evidências Tytler (2003 apud PRAIN; WALDRIP, 2006, p.1844).

O uso de multimodos de representações possui correlações diretas com preceitos da teoria da aprendizagem significativa, no que tange o conceito de substantividade, ou seja, quando os conhecimentos especificamente relevantes são relacionados a novos conhecimentos não por meio de palavras literais, mas por ideias e proposições que podem ser expressas de diferentes maneiras (MOREIRA, 1999, p.77). Quando se incentiva que os estudantes participem e trabalhem com múltiplos modos de representação possibilita-se criar uma potencialidade de aproximação dos conteúdos de ensino com sua estrutura cognitiva. Está-se a promover um trânsito entre os diferentes modos de representação de forma que o conhecimento se torne substantivo para o aprendiz.

Outro aspecto de confluência que se faz notar está no conceito de não-arbitrariedade, pois a diversificação modal permite ao estudante ter contato com as modalidades que vão ao encontro de suas habilidades intelectuais e preferências de estilo de aprendizagem. De acordo com Ausubel (1980, p.170), o estilo cognitivo se refere a diferenças individuais autoconsistentes e permanentes na organização e funcionamento cognitivo do aprendiz, que deve ser considerado como um pressuposto essencial para a consolidação da aprendizagem.

Quando se fala em aprendizagem significativa dos conteúdos de ensino deve ficar claro que estes não remetem somente aos conceitos científicos que permeiam um determinado tema. Além da instrução científica, existem conteúdos voltados à formação cidadã e ecológica do indivíduo que diz respeito ao desenvolvimento de atitudes e valores, entre outros tipos de conhecimentos tão necessários quanto à aprendizagem conceitual. São estes os tipos de conteúdos que se fazem presentes nas temáticas de ensino: os conceituais, factuais, procedimentais e atitudinais, pois segundo Zabala (1998, p.40) todo conteúdo, por mais específico que seja sempre estará associado e, portanto, será aprendido junto com conteúdos de outra natureza.

Uma estratégia multimodal é capaz de promover o aprendizado significativo das tipologias de conteúdos, uma vez que, por meio destas, os estudantes são possibilitados a integrar e transladar entre as representações, coordenando sua compreensão das tipologias abordadas entre os modos propostos. Esta alegação é corroborada por Zabala (1998, p.40), quando diz que as atividades de ensino têm que integrar ao máximo os conteúdos que se queiram ensinar para incrementar o entendimento do estudante, relacionando as atividades educativas de forma simultânea com todos aqueles conteúdos que possam dar mais significado à aprendizagem.

Cada tipo de conteúdo atinge maior significado para o estudante quando abordado em modos de representações específicos. Ou seja, os conteúdos conceituais e factuais de acordo com Zabala (1998, p.43 e 177), são favorecidos quando se desenvolvem atividades experimentais, diálogos, debates e uso de imagens, já os conteúdos procedimentais e atitudinais se enaltecem mediante aos momentos discursivos e trabalhos em grupo (ZABALA, 1998, p.83 e p.126).

As modalidades de mapas conceituais e imagens são destacáveis no que tange o aprendizado significativo destas tipologias, pois os estudantes desenvolvem seus conhecimentos conceituais ao ler, interpretar e desenhar nestas modalidades. As leituras de imagens são modos úteis na construção de conceitos e como complemento esclarecedor de muitas ideias que se quer comunicar (ZABALA, 1998, p.183). Nessa direção, para Pintó e Ametller (2002, p.333), as imagens são consideradas um importante instrumento didático para o ensino de ciências.

De acordo com Novak e Gowin (1984, p.32 e 51), os mapas conceituais permitem revelar a existência de concepções alternativas devido à exteriorização proposicional que estes conseguem demonstrar, ainda se tratam de “instrumentos poderosos para observar as alterações de significado que um estudante dá aos conceitos que estão incluídos no seu mapa”. Moreira (1999, p.42) compartilha da mesma opinião ao expressar que os mapas conceituais podem ser instrumentos efetivos de avaliação da aprendizagem. Além disso, são considerados instrumentos de metacognição, pois permitem ao estudante refletir sobre sua própria aprendizagem (apud. p.54).

Ao se tratar de leitura de imagens, resgatamos também da teoria semiótica os conceitos de conotação e denotação que servirão para categorizar as interpretações dos estudantes sobre estas imagens; afinal, qualquer sistema de significação comporta um plano de expressão e de conteúdo que, respectivamente, se caracteriza pela imagem e seu significado (BARTHES, 1999). Uma imagem quando denotada representa a interpretação

daquilo que diretamente ou primeiramente se vê dos seus elementos constitutivos semióticos e organização. No código conotativo o plano da expressão trata-se de outro código, em que o conteúdo da primeira expressão passa a ser outro código subjacente. A diferença entre denotação e conotação está no mecanismo convencionalizante do código, independentemente do fato das conotações poderem parecer menos estáveis que as denotações. Um código conotativo pode ser definido como subcódigo, no sentido de que se fundamenta num código-base denotativo (ECO, 1976, p.46).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla, onde participaram do estudo os professores-pesquisadores e quinze estudantes da sétima série do Ensino Fundamental, que se manifestaram voluntariamente quando da divulgação da estratégia multimodal voltada ao aprendizado do tema aquecimento global. No entanto, por questões de espaço e para não haver perda de clareza optamos, por analisar apenas um estudante.

A estratégia multimodal desenvolveu-se em dois encontros realizados com os alunos aos sábados dos dias 20 de outubro e 10 de novembro de 2007. As atividades foram consideradas extraclasse e ocorreram nas dependências de um colégio estadual localizado na região periférica do município de Rolândia, PR. A carga horária utilizada foi de oito horas presenciais, além de horas não-presenciais utilizadas pelos estudantes para a preparação de trabalhos no intervalo entre os encontros. Através desta estratégia os estudantes tiveram contato com diversas modalidades para a representação do aquecimento global, tais como mapas conceituais, leitura de imagens, experiência, debate, dramatização, dissertação, desenho, música, dinâmica de grupo e solução de problemas. Estas permitiram a integração e comunicação entre os participantes, e destes com os professores-pesquisadores, durante todas as atividades.

Os resultados coletados vieram de transcrições de leituras de imagens e mapas conceituais dos estudantes pertinentes ao aquecimento global, obtidos antes e após a estratégia multimodal desenvolvida. Os dados foram categorizados e analisados de acordo com a análise textual qualitativa (MORAES, 2005). Por convenção, os dados mencionados dividiram-se em: relato de conhecimentos a priori e a posteriori.

Primeiramente, demonstraremos os dois mapas conceituais produzidos pelo estudante, representados por meio de diagramas e, na sequência, suas análises e discussões. Uma comparação é feita entre os mapas a priori e a posteriori com o objetivo de permitir observações na reorganização cognitiva do estudante após a aplicação da estratégia didática com multimodos de representações. Os critérios utilizados para as análises, comparações e discussões dos mapas, foram à quantidade de conceitos e/ou proposições apresentados, a estrutura e a organização destes conceitos, a hierarquia conceitual e as tipologias de conteúdo manifestadas pelo estudante nestas atividades, além da reorganização cognitiva apresentada.

O procedimento analítico das tipologias de conteúdos procedimentais e atitudinais foram desenvolvidos com o intuito de prestar o esclarecimento e compreensão dos estudantes

somente em nível cognitivo, ou seja, referem-se somente aos conhecimentos voltados a possíveis soluções, valores e atitudes ecológicas, pois para efetuar uma verificação prática dos procedimentos e das atitudes seria necessário um período de tempo superior ao utilizado nesta estratégia. Os conteúdos conceituais e factuais serão analisados conforme a contextualização proposta e mediante os conhecimentos cientificamente aceitos.

Quanto à leitura das imagens, suas transcrições e análises seguiram em sequência, de um a sete. Também ocorreram comparações entre as leituras de imagens a priori e a posteriori realizadas pelo estudante, assim como a realizada com os mapas. No entanto, os critérios de análise, comparação e discussão foram diferenciados do instrumento de coleta anterior, sendo agora caracterizados quanto aos aspectos conotativos e denotativos, o grau de aproximação com o conceito central relativo ao aquecimento global, e à reorganização cognitiva do estudante, pautada na contextualização proposta e nos conhecimentos cientificamente aceitos. Para o critério de aproximação do conceito central optou-se por considerar a leitura a priori para subsidiar as análises das leituras a posteriori, no intuito de auxiliar a interpretação das aproximações indiretas, salvo se as leituras a posteriori implicarem em contextualizações contrárias as leituras realizadas a priori.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Mapas conceituais:

relato de conhecimentos a priori e a posteriori do estudante

Os mapas conceituais deste estudante possuem grande diferença quantitativa, pois o mapa a priori constitui-se de doze conceitos e proposições enquanto que o mapa a posteriori possui vinte e cinco.

Quanto à estrutura e organização dos mapas, apesar dos mesmos não apresentarem palavras de ligação, possuem relevante coerência, observada principalmente no mapa a posteriori que destaca causas do aquecimento e seus fatores motivadores, além de consequências e soluções. O mapa conceitual a priori constitui-se de conceitos e proposições com diferenciações progressivas, tais como, o termo “*Câncer de pele*” seguido de “*Mortes*” e “*Derretimento das geleiras*” seguido de “*Extinção de espécies polares*”. No mapa conceitual a posteriori diferenciações progressivas também são observadas e podem ser destacadas por meio da seguinte progressão “*tecnologias*”, “*Indústrias*” e “*automóveis*”. A reconciliação integrativa também se faz notar neste mapa e pode ser caracterizada pelos seguintes conceitos: “*Homem*” conciliado aos conceitos “*Consumismo*” e “*Capitalismo*”. Os mapas também possuem grande diferença qualitativa uma vez que, a posteriori, o estudante insere soluções para o aquecimento global que não são mencionadas no mapa conceitual a priori.

É de se notar que este reconhece a ação humana como causa do desencadeamento do aquecimento global e até supõe a caracterização de uma guerra, representada pelo termo “*A maior das guerras*” reconciliado aos conceitos “*Poder*”, “*Dinheiro*”, “*Japão*” e “*China*”.

Quanto à hierarquia conceitual, o mapa a priori se destaca pelo conceito “consequências,” subseqüente às causas do aquecimento global, já o mapa a posteriori estrutura hierarquicamente o conceito central sequenciado pelos quesitos causas, consequências e soluções.

Além dos conhecimentos conceituais e factuais destacados nos mapas, os conhecimentos procedimentais, atitudinais e de valores também são evidenciados por meio dos conceitos “Reflorestamento”, “Consciência e União”, respectivamente. Nota-se que uma das soluções apontada pelo estudante é o “Protocolo de Kyoto”; a presença deste conceito demonstra conhecimentos de cunho político por parte do estudante e reconhecimento da importância deste tratado para as questões ambientais.

A reorganização cognitiva se estrutura na medida em que o estudante adiciona soluções para a problemática do aquecimento, além de que, relaciona a atuação de três potências mundiais, os EUA, China e Japão; como agentes incisivos na intensificação do efeito estufa.

O mapa conceitual a posteriori deste estudante ao revelar vários conhecimentos e reorganizações subsidia ações para que se incentive um pouco mais do seu relato sobre os seus conhecimentos quanto aos quesitos causas, consequências e soluções. Também seria um momento de orientá-lo na composição das palavras de ligação, demonstrando sua importância, além de solicitar que o mesmo explicasse coletivamente sua colocação sobre o termo “Maior das Guerras”, o que seria muito produtivo para a sua aprendizagem e de seus colegas.

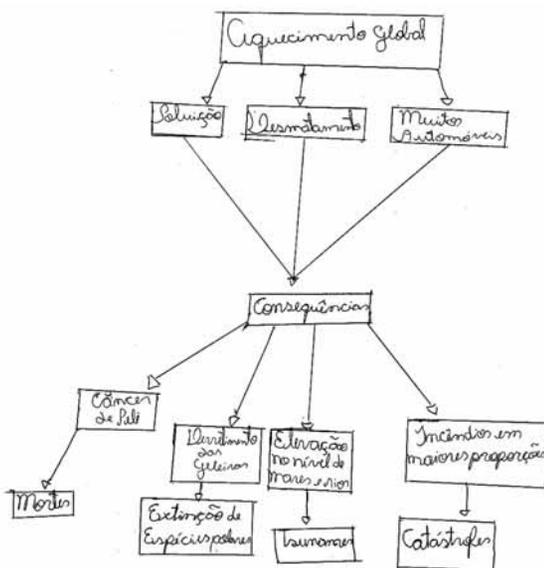


FIGURA 1 – Mapa conceitual a priori do estudante.

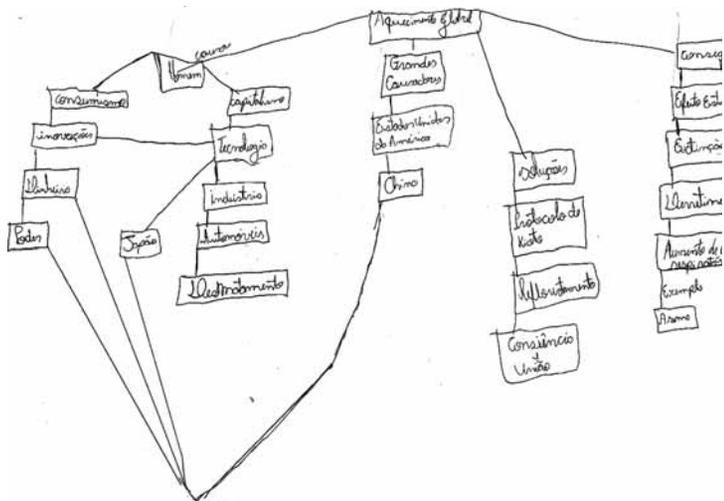


FIGURA 2 – Mapa conceitual a posteriori do estudante.

LEITURA DE IMAGENS

Relato de conhecimentos a priori e a posteriori

Imagem 1

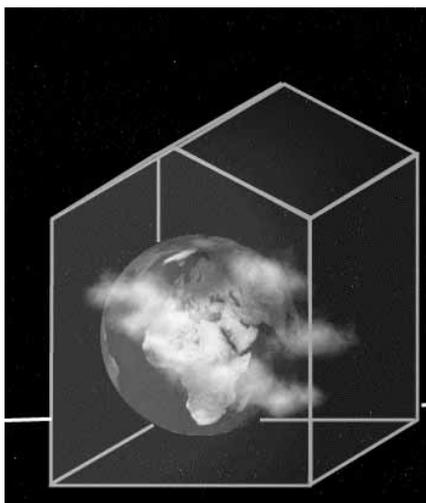


FIGURA 3 – O planeta Terra dentro de uma estufa (Fonte: <http://educar.sc.usp.br>).

Leitura a priori – *“É como se o planeta Terra estivesse isolado e preso em uma “casa” que representa o aquecimento global. Pelo que parece não tem jeito mais de escapar.”*

Leitura a posteriori – *“É o planeta “isolado”, fechado “numa casa” que seria essa “casa” o aquecimento global, que permite que os raios solares entrem nessa, mas, fossem trancados a “sete chaves” ali pela poluição.”*

Tanto a priori quanto a posteriori, o estudante faz a conotação de que está isolado dentro de uma casa que representa o aquecimento global. Nesse sentido, o conceito central é aproximado diretamente em suas interpretações.

No mapa a priori, este conota que o planeta não tem como se livrar desta casa, já a posteriori muda a conotação, pois infere que os raios solares possuem livre acesso a casa, mas a poluição contida dentro desta impede a saída dos mesmos.

Uma reorganização cognitiva se faz notar pelo reconhecimento da poluição como fator de empecilho ao fenômeno de reflexão e irradiação solar.

Imagem 2

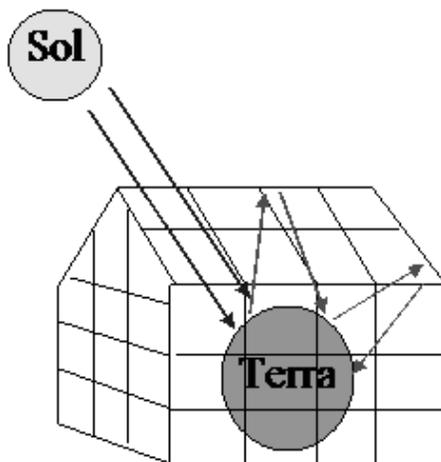


FIGURA 4 – Representação do efeito estufa terrestre (Fonte: www.usp.br/qambiental/index.php).

Leitura a priori – *“Representa os raios solares que “batem” na Terra, porém não conseguem voltar, por causa da poluição que cerca o planeta e é representada por uma casa.”*

Leitura a posteriori – *“Muito parecido com o número 1 (imagem 1), os raios solares entram como “convidados de honra” para o bem do planeta, mas que os homens os trancam com a poluição e transformam os raios de benigno para maligno.”*

Nota-se na leitura a priori que o estudante possui conhecimentos sobre o efeito estufa, pois conota o empecilho da irradiação solar por conta da poluição. A posteriori mantém a interpretação, porém contextualiza o fenômeno com a ação humana. Em ambas as leituras o conceito central é aproximado indiretamente, pois o fato do efeito estufa estar intensificado pela poluição caracteriza o aquecimento terrestre.

A reorganização cognitiva se consolida quando o estudante reconhece a importância dos raios solares para o planeta e atribui ao homem à responsabilidade pela poluição atmosférica, além de compreender que o sol pode ocasionar efeitos nocivos ao ser humano quando for perdido o equilíbrio necessário à manutenção da vida na Terra.

Imagem 3

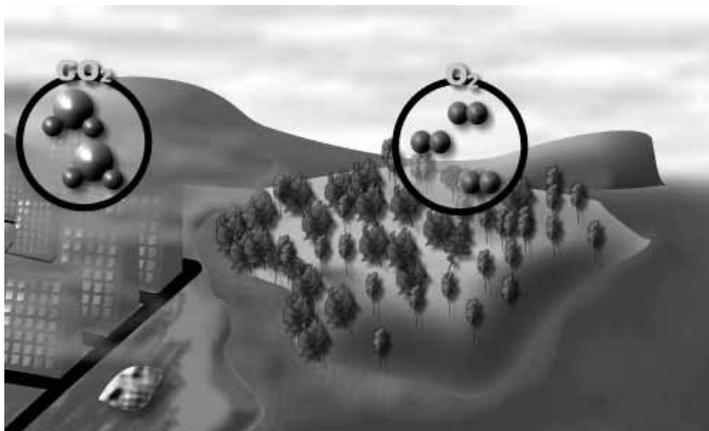


FIGURA 5 – Emissões de gases oxigênio e carbônico (Fonte: <http://educar.sc.usp.br>).

Leitura a priori – “*Representa o Gás Carbônico que é liberado pelas cidades com suas fábricas, queimadas, automóveis, etc. É o Oxigênio, liberado, pelas árvores do campo, que consequentemente se cruzaram.*”

Leitura a posteriori – “*Representa um grande combate, de um lado todo o mal de uma cidade (poluição, queimadas, carros e Gás Carbônico é como resultado) e uma “Ilha do bem”, (com árvores o verde do campo), que enfrenta na atmosfera.*”

Percebe-se a priori que o estudante denota a emissão de gás carbônico pelas cidades e de gás oxigênio pelas árvores, porém faz a conotação de que ambos se cruzam. Já a posteriori o estudante faz a conotação da luta do mal contra o bem, ou seja, do gás carbônico *versus* gás oxigênio. Em ambas as interpretações o conceito central não é aproximado.

Ocorre reorganização cognitiva a partir do momento que o estudante reconhece a poluição das cidades como fator negativo e a flora em geral como fator de combate às agressões causadas por esta poluição.

Imagem 4



FIGURA 6 – Trânsito e indústrias em atividade (Fonte: www.uol.com.br).

Leitura a priori – “É simplesmente a enorme poluição das metrópoles, com seus carros, fábricas e tudo mais.”

Leitura a posteriori – “Simplesmente toda a poluição de uma metrópole, com indústrias, automóveis, lançando “muitíssimo” Gás Carbônico. A maior causa do aquecimento global, o homem.”

E.1 conota a priori a poluição das grandes cidades, já a posteriori, mesmo mantendo a sua conotação, adiciona à sua interpretação a substância química gás carbônico e o homem como causadores do AG. Somente na leitura a posteriori o conceito central foi aproximado.

A reorganização cognitiva é percebida quando o estudante identifica o excesso de gás carbônico como elemento constitutivo para a formação do aquecimento e reconhece o homem como o maior agente causador do AG.

Imagem 5

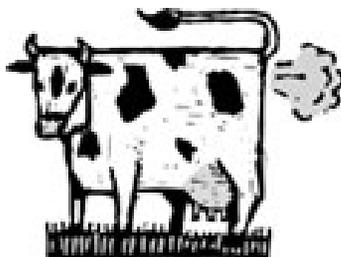


FIGURA 7 – Flatulência de uma vaca (Fonte:www.uol.com.br).

Leitura a priori – *“É o gás liberado pelas vacas que por incrível que pareça, contribui para o aquecimento global.”*

Leitura a posteriori – *“Uma vaca apesar, que muito engraçado, é muito sério, a liberação de um gás muito poluente, que se eu não me engano se chama Gás Metano.”*

A priori o estudante já reconhece que a flatulência da vaca emite gases poluentes, conotando o aquecimento do planeta por meio de sua interpretação, porém a posteriori nomeia o gás como metano. Quanto ao conceito central, é aproximado diretamente na leitura a priori e indiretamente na posteriori por conta da participação ativa do gás metano no processo de aquecimento terrestre.

O reconhecimento do gás metano trata-se de uma reorganização cognitiva alcançada pelo estudante mediante a leitura desta imagem.

Imagem 6



FIGURA 8 – Seca de um rio (Fonte:www.uol.com.br).

Leitura a priori – *“É a seca. Um outro lado do aquecimento global que ao mesmo tempo provoca enchentes e por outros? lado seca.”*

Leitura a posteriori – *“Se por um lado tem água demais do outro falta de mais, o que leva a grande mortalidade dos peixes e animais terrestres como bois e vacas que resistem. Como no nordeste brasileiro.”*

Na leitura inicial a priori, o estudante conota a presença da seca e enchentes como conseqüências do aquecimento global. A posteriori mantém sua conotação, complementando com a mortalidade da fauna terrestre e aquática, exemplificando com o nordeste brasileiro.

O conceito central é aproximado diretamente a priori, e a posteriori apenas indiretamente, pois a presença da proposição “*Se por um lado tem água demais do outro falta de mais*”, indicada a posteriori trata-se de uma sinonímia da proposição “*enchentes e por outro lado seca*” expressada pelo estudante na leitura a priori. Mesmo a seca sendo uma característica climática do sertão nordestino o antagonismo conceitual é expresso em ambas as leituras para caracterizar o aquecimento global.

O estudante reorganiza sua estrutura cognitiva quando reconhece o aumento da mortalidade de espécies animais como consequências advindas das enchentes e estiagens.

Imagem 7



FIGURA 9 – Criança com máscara de gás (Fonte: www.uol.com.br).

Leitura a priori – “*Doenças respiratórias, consequência das fumaças e nuvens de poluição do aquecimento global.*”

Leitura a posteriori – “*Representa o aumento de doenças respiratórias no mundo, como asma, consequência da poluição atmosférica.*”

São conotadas a priori a presença de doenças respiratórias como consequência das “*fumaças*” e “*nuvens de poluição*” ocasionadas pelo aquecimento terrestre.

A posteriori mantém sua conotação inicial, no entanto acrescenta o aumento destas doenças, exemplificando com a asma. O conceito central é aproximado diretamente na primeira leitura e na segunda apenas indiretamente ao se basear na primeira interpretação, quando o estudante relaciona a poluição do ar como fato característico do aquecimento global.

A reorganização cognitiva se faz notar quando o estudante reconhece que o aquecimento global mediante suas consequências, permite aumentar o número de doenças respiratórias no mundo.

Nas leituras das imagens o estudante expressa mais conhecimentos sobre causas e conseqüências do AG.

Ao analisar as leituras de imagens verificamos que o fator poluição, desencadeado pelo homem, é o grande responsável pelo aquecimento do planeta. No entanto, a flora atua na absorção do gás carbônico para amenizar um pouco esta poluição causada pela interferência humana. Nesse sentido constatamos que o estudante possui conhecimentos sobre homeostase nas relações naturais, que por sua vez pode se desestabilizar quando houver agressões ao meio ambiente natural. O surgimento de enchentes e estiagens, como fatores desencadeadores do crescimento da mortalidade de animais e o aumento do número de doenças respiratórias, também foram relatados como fatores culminantes deste desequilíbrio natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que a presente pesquisa se propôs investigar o uso de multimodos de representações como estratégia didática para haver favorecimento da aprendizagem significativa de um estudante da sétima série do ensino fundamental quanto às tipologias de conteúdo do tema aquecimento global, várias considerações satisfatórias puderam ser constatadas mediante os dados coletados e analisados.

Na estratégia multimodal proposta, cada modo de representação desenvolvido enaltecia tipologias de conteúdos específicas. Desta forma, de acordo com os dados presentes nos mapas conceituais e nas leituras de imagens, notamos que o estudante analisado demonstrou o conhecimento de todas elas em suas produções. Assim podemos considerar que a diversificação modal favoreceu o aprendizado das tipologias de conteúdos que ganharam maior significado quando foram abordadas e integradas a modos específicos.

Mediante todas as modalidades desenvolvidas verificamos que o estudante selecionado se posicionou em favor da veracidade da ocorrência do aquecimento global, mesmo que durante toda estratégia tenha sido esclarecido que o reconhecimento do aquecimento terrestre não se fazia unânime entre a comunidade científica mundial, no entanto ressaltou-se que caberia a cada indivíduo refletir sobre esta questão.

Evidenciamos por meio dos dados coletados, que ocorreram várias mudanças qualitativas e quantitativas equivalentes à contextualização proposta na estratégia multimodal. O mapa conceitual a posteriori deste estudante apresentou aumento na quantidade de conceitos e proposições, demonstrando a inserção de novos conhecimentos em sua rede conceitual. As relações estruturais, organizacionais e hierárquicas destes conceitos puderam ser observadas com base na comparação entre os mapas e demonstraram relevantes reorganizações cognitivas, principalmente pelo advento do quesito “*soluções*”, observado no mapa a posteriori.

As leituras de todas as imagens apresentaram reorganizações cognitivas, mesmo que as leituras a posteriori possuam grande semelhança com as leituras a posteriori. No

entanto somente na imagem 3 o conceito central não fora aproximado, algo que não implica obrigatoriamente em falta de conhecimentos sobre a problemática, nem tão pouco a ausência de saberes sobre mudanças climáticas e ações humanas destrutivas ao meio ambiente natural nesta interpretação.

Também constatamos lapsos e incoerências na elaboração destes mapas, tais como falta de palavras de ligação, hierarquização desordenada de alguns conceitos, além de falhas estruturais e organizacionais em determinadas partes. Por estas falhas passíveis na elaboração de mapas conceituais por estudantes, ressalta-se a importância e a relevância de sugestões no aprimoramento e continuidade desta estratégia, como a rerepresentação dos mapas conceituais ao estudante, no sentido de fazer com que ele perceba o relevante desenvolvimento de sua estrutura cognitiva, possibilitando-lhe reconstruir seu mapa, mediante a um reforço das instruções sobre as regras estruturais e fundamentais dos mapas conceituais para corrigir as inconsistências presentes, clarificar suas intenções e ainda refletir sobre sua aprendizagem.

Notamos que o estudante analisado já possuía amplos conhecimentos em sua estrutura cognitiva prévia, justificando a presença de várias conotações nas imagens a priori, ainda assim constatamos que a estratégia multimodal propiciou a ocorrência de reorganizações cognitivas afins com a contextualização proposta. Devemos ressaltar que os conhecimentos prévios dos estudantes são significativos para eles, aprendidos sob seu contexto cultural, escolar e familiar, e que mediante aos meios de comunicação muitas informações são veiculadas e, por vezes, aceitas como verdades absolutas. Nesse sentido, os momentos reflexivos são valiosos para o despertar de críticas e construções de novos conhecimentos, fatores estes que podem ser analisados em uma nova pesquisa sobre estratégias multimodais.

Mediante os relatos anteriores, consideramos que a estratégia didática com multimodos de representações para aprendizagem significativa de um estudante da sétima série sobre aquecimento global apresenta relevantes contribuições para o ensino de ciências no que tange o aprendizado significativo de estudantes e possui potenciais condições de aperfeiçoamento por meio da continuidade desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARTHES, R. *Elementos de semiologia*. 12.ed. São Paulo: Cultrix, 1999.
- ECO, U. *Tratado geral de semiótica*. São Paulo: Perspectiva, 1976.
- GEHLEN, A. *Man. His nature and place in the Word*. New York: Columbia University Press, 1988.
- LEMKE, J. L. *Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions*. 2003. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em: 1 fev. 2007.
- MORAES, R. Mergulhos discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo

integrado de aprender, comunicar e inferior em discursos. In: GALIAZZI, Maria do Carmo; FREITAS, Jose Vicente de. *Metodologias emergentes de pesquisa em educação ambiental*. Ijuí: Unijuí, 2005. p.85-113.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano, 1984.

PINTÓ, R.; AMETLLER, J. Students` difficulties in readings images. Comparing results from four national research groups, *International Journal of Science Education*, v.24, n.3, p.333-341, 2002.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers ‘and students’ use of multimodal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, v.28, n.15, p.1843-1866, dez. 2006.

RADFORD, L. Why do gestures matter? Sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings, *Educational Studies in Mathematics*, 70, 97-109, 2009.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Recebido em: ago. 09 **Aceito em:** out. 09

Normas editoriais

1 MODALIDADES DE PUBLICAÇÃO

1.1 Artigos que expressem opiniões e posicionamentos acerca de questões atuais da área de Ensino de Ciências e Matemática, cientificamente embasados (trabalhos de pesquisa ou teóricos).

1.2 Resenha crítica de obras relativas a essa área.

1.3 Matérias de divulgação da Universidade;

1.4 Matérias informativas sobre participação em eventos científicos e tecnológicos.

2 APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS

2.1 Os trabalhos enviados devem ser salvos em arquivo Windows Word ou RTF, com o corpo do texto em Times New Roman 12, com espaçamento entrelinhas de 1,5 e espaçamento entre parágrafos de 6 pontos somente na mudança de seção.

2.2 O texto dos artigos deverá ter de 10 a 20 laudas; o texto de resenhas ou outra modalidade de comunicação não deverá ir além de 10 laudas;

2.3 A apresentação deverá conter:

2.3.1 Títulos: fonte Times New Roman, tamanho 16, em negrito, espaçamento 1,5 entrelinhas e centralizado. As palavras após o uso de dois pontos (:) devem ser iniciadas com letras minúsculas, com exceção para nomes próprios.

2.3.2 Títulos em língua inglesa: fonte Times New Roman, tamanho 14, em negrito, espaçamento 1,5 entrelinhas e centralizado.

2.3.3 Nome(s) do(s) autor(es): fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento 1,5 entrelinhas e alinhado à direita. Utilizar letras maiúsculas/minúsculas e inserir para cada autor nota de rodapé, em fonte Arial, tamanho 10, com os seguintes dados: maior titulação acadêmica, cargo atual, nome da instituição/sigla, unidade e departamento, endereço para correspondência e correio eletrônico.

2.3.4 Resumo: a palavra RESUMO deve ser escrita em fonte Times New Roman, tamanho 10, em maiúsculas, negrito, justificado e com 1,5 de espaçamento entrelinhas. O texto do resumo, sem negrito, deverá introduzir o artigo, juntamente com palavras-chave.

2.3.5 Abstract: a palavra ABSTRACT deve ser escrita em fonte Times New Roman, tamanho 10, em maiúsculas, negrito, justificado, com 1,5 de espaçamento entrelinhas. O texto do abstract, sem negrito, deve ser escrito em língua inglesa, introduzindo o artigo, juntamente com keywords.

2.3.6 Palavras-chave: fonte Times New Roman, tamanho 10, espaçamento 1,5 entrelinhas e justificado. As iniciais das palavras que as compõe devem ser escritas com letras maiúsculas (exceto as preposições, advérbios, conjunções, etc.) e separadas por ponto final.

2.3.7 Keywords: fonte Times New Roman, tamanho 10, espaçamento 1,5 entrelinhas e justificado. As iniciais das palavras que o compõe devem ser escritas com letras maiúsculas, (exceto as preposições, advérbios, conjunções, etc.) separadas por ponto final.

2.3.8 Subtítulo: fonte Times New Roman, tamanho 12, todo em maiúsculas, em negrito, espaçamento 1,5 entrelinhas, sem numerar as seções e justificado.

2.3.9 Referências: devem estar de acordo com a seguinte norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 6023 Informação e documentação – Elaboração – Agosto de 2002;

2.4 A estrutura do artigo será a de um trabalho científico, contendo partes tais como: introdução, desenvolvimento, metodologia, discussão, conclusão, segundo as características específicas de cada área e conforme escolhas do autor.

2.5 O material enviado deve ser anexado com documento assinado por todos os autores, no qual estejam expressos: a) o interesse em publicar o artigo na revista; b) declarar que o trabalho refere-se a uma pesquisa original e/ou que ainda não foi publicado; c) autorização para alteração lingüística (se for o caso); d) cessão de direitos autorais à revista.

3 PUBLICAÇÃO

3.1 A Acta Scientiae procede a avaliação em duplo cego, o trabalho recebido é submetido a um processo de revisão, podendo resultar em quatro situações: a) aceitação do trabalho sem modificações; b) devolução aos autores, com poucas sugestões de modificação; c) devolução aos autores, com sugestões substanciais de modificação d) recusa do trabalho. O Conselho Editorial detém o poder da decisão final.

3.2 Os autores serão comunicados, através de correspondência eletrônica, da aceitação ou recusa de seus artigos. A Comissão Editorial não se responsabiliza pela revisão ortográfica, lingüística e bibliográfica do artigo, as quais são de responsabilidade do autor.

3.3 Havendo necessidade de alterações quanto ao conteúdo do texto, será sugerido ao autor que as faça e devolva no prazo estabelecido; a falta de cumprimento desse item pode ocasionar a não-publicação do artigo.

3.4 Os autores receberão 2 (dois) exemplares da revista.

3.5 As opiniões emitidas nos trabalhos são de responsabilidade de seus autores.

3.6 Serão aceitos para análise trabalhos nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa.

4 ENDEREÇO PARA SUBMISSÃO/CONTATO

4.1 Lembrando que não há prazo determinado para o envio de trabalhos, ou seja, o fluxo de recebimento e processamento é contínuo.

4.2 Os trabalhos científicos enviados para a publicação devem ser encaminhados para: mauriciomatematica@gmail.com

4.3 A correspondência, ao artigo pertinente, deve ser enviada para:

Revista Acta Scientiae

Universidade Luterana do Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Av. Farroupilha, 8001 – Prédio 14, sala 218

92425-900 Canoas/RS - Brasil

BOLEMA - Boletim de Educação Matemática

Publicação semestral de divulgação da pesquisa em Educação Matemática da UNESP – Rio Claro/SP



Assinatura anual: R\$ 35,00

Para mais informações:

Site: <http://www.rc.unesp.br/igce/matematica/bolema/>

E-mail: bolema@rc.unesp.br

Fone/fax : (19) 3534.0123 / 3534.6104

Aproxime-se da Unesp/Rio Claro, assine e leia o Bolema.

unesp

Confeccionado pela Editora e Gráfica da
ULBRA em fontes Times New Roman e
Arial, papel Off-set 75g (miolo) e Off-set
180g (capa).
