

# Ensino de ciências

Ernst W. Hamburger<sup>1</sup>

---

## 1. Histórico

O Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova já proclamava, em 1932, a necessidade do poder criador e dos métodos de observação, pesquisa e experiência na educação, desde a escola infantil. Hoje, a rede escolar abrange quase toda a população, mas o ensino de Ciências é ainda deficiente. Desde a década de 1950, há iniciativas para introduzir experimentos no ensino, principalmente, no ensino médio, mas ainda limitadas a uma minoria de escolas (HAMBURGER, 2007).

Nos anos 1990, pesquisas cognitivas e pedagógicas nos Estados Unidos da América (BRANSFORD et al., 2000, 2007), na França (CHARPAK et al., 2006) e no Brasil (CARVALHO et al., 1998) mostraram que o Ensino de Ciências Baseado em Investigação (ECBI), que enfatiza o planejamento e a realização de experimentos pelos alunos, orientados pelo professor, é eficaz desde o início da escolaridade e pode ser realizado juntamente com a alfabetização e o desenvolvimento da expressão oral e escrita. Mais recentemente, as evidências favoráveis a esta metodologia foram reforçadas (DUSCHL et al., 2007) e as Academias de Ciências dos EUA, França, Brasil e muitos outros países passaram a apoiar projetos piloto em ECBI (TENENBLAT, K. et al., 2008). As obras citadas de Duschl et al. e de Bransford et al. são resultados de grupos de trabalho de especialistas nomeados pela Academia de Ciências, juntamente com o Conselho Nacional de Pesquisas dos EUA.

Nos EUA, vários projetos utilizam o ECBI, entre eles: em Chicago, escolas da rede municipal reformularam o ensino por intermédio de uma instituição especialmente fundada para formação de professores em serviço, *Teachers Academy for Science and Mathematics (TAMS)*, que funcionou

---

<sup>1</sup> Professor aposentado do Instituto de Física da USP.

de 1991 a 2004 com resultados positivos tanto em educação quanto em inclusão social (LEDERMAN, L. et al. 2009). Vale notar que, em escolas degradadas, os efeitos de programas como este podem não aparecer imediatamente: dois anos após implantação, podem ser ainda imperceptíveis e aparecer claramente após seis anos (BRYK, A.S. et al., 2010).

Em Boston, Mass, foi desenvolvido o currículo de Ciências para a escola fundamental *Insights*, por Karen Worth, do *Education Development Center* (EDC) (WORTH, K. et al., 1996-2006), mais tarde traduzido para outras línguas.

Em San Diego, Califórnia, o programa de ensino de Ciências serviu também para integração de crianças de fala espanhola na sociedade norte-americana (AMARAL, O.M., 2002). Em Washington, DC, o *National Science Research Center* (NSRC) desenvolve o projeto *Science and Technology for Children* (STC), que é utilizado em várias cidades nos EUA, no Chile e em outros países.

Na França, o ECBI foi introduzido graças à colaboração em pesquisa de Física de Altas Energias, de dois detentores do Prêmio Nobel, Leon Lederman, iniciador do *TAMS* em Chicago, e Georges Charpak, que levou o projeto, chamado *La Main à La Pâte* (*Mão na Massa*, equivalente a *Hands On*, utilizado originalmente em Chicago) para a *Académie des Sciences* de Paris e para o Ministério da Educação Nacional francês. Inicialmente, utilizaram materiais traduzidos de *Insights*, depois materiais próprios. Após seis anos de projeto piloto, o ministério recomendou o projeto para todas as escolas. Em 2007, cerca de 20% das escolas adotavam. O ministério organizou 15 centros de difusão nas diferentes regiões do país, para dar formação e apoio aos professores que aplicam o projeto. Em geral, estes centros têm colaboração com universidades e institutos formadores de professores locais (*Institut Universitaire de Formation de Maitres – IUFM*).

## 2. Brasil

No Brasil, o programa se chama “ABC na Educação Científica – Mão na Massa” e é coordenado nacionalmente pela Academia Brasileira de Ciências (o ABC do nome representa tanto a academia quanto o abecedário, para enfatizar o aprendizado simultâneo do letramento e de conceitos científicos), e se iniciou em 2001 com uma colaboração com a *Académie* de Paris. Houve visitas de professores brasileiros a escolas na França e de formadores franceses a polos no Brasil. Há vários polos difusores do projeto em diversos estados. Os mais antigos estão na Universidade de São Paulo (USP), em São Paulo (na Estação Ciência), em São Carlos (no Centro de Divulgação de Ciência e Cultura), e na Fundação Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro, mas o maior polo atualmente é da Universidade de Viçosa (no Centro de Referência do Professor), Minas Gerais, que trabalha com escolas da rede escolar de todo o estado. Há polos ativos também na Universidade do Vale do São Francisco, na Universidade Federal do Espírito Santo e em outros estados que iniciaram os trabalhos, mas tiveram dificuldades de financiamento.

### 3. Estação Ciência da USP

Vamos relatar aqui a parceria entre a equipe da Estação Ciência e a Secretaria Municipal de Educação de São Paulo no período de 2006 a 2008, abrangendo 100 escolas de ensino fundamental no ciclo I (geralmente na 3ª série), que foi detalhadamente documentada em relatórios mensais e outras publicações, e contou com avaliações sistemáticas ao fim de 2007 e de 2008. A rede municipal conta com cerca de 500 escolas ciclo I, distribuídas em 13 Diretorias Regionais de Educação (DREs). Cada DRE conta com equipe técnica de formadores; além disso, cada escola tem em seu quadro um coordenador pedagógico (CP). Foi escolhida uma amostra de 100 escolas, entre as que se candidataram ao projeto, distribuídas nas 11 diretorias que aderiram ao projeto. Ao final de três anos, 70 escolas se submeteram à avaliação.

A formação dos professores para o ensino por investigação foi realizada pelos coordenadores pedagógicos em cada escola, por exigência da secretaria, para evitar a saída dos professores do prédio, o que poderia acarretar perda de tempo e eventual prejuízo às aulas. Note-se que, nesta rede, cada professor contratado para 40 h/semana ministra 25 aulas e tem livres 15 h/semana para estudos, preparação de aulas e outras atividades pedagógicas. A formação para o projeto de Ciências, denominado Jornada Especial Integral de Formação (JEIF), seria nesse horário. Os formadores das DREs dariam apoio aos CPs nessa tarefa.

A equipe da Estação Ciência ficou responsável pela “formação dos formadores”, isto é, dos coordenadores pedagógicos e dos formadores das DREs. Além disso, fez um acompanhamento do trabalho dos professores em uma amostra de cerca de 30% das escolas, por intermédio de visitas de estudantes universitários especialmente preparados para essa tarefa.

A formação de professores e de formadores tem muitos objetivos comuns:

- Refletir sobre o ensino de Ciências por investigação;
- Realizar atividades investigativas para ensino de Ciências;
- Aprofundar o conhecimento de conceitos científicos;
- Desenvolver autonomia dos educadores para o ensino de Ciências;
- Adequar o projeto às necessidades da escola, do professor e dos alunos;
- Planejar atividades e preparar materiais didáticos de apoio aos educadores;
- Favorecer o contato das escolas com centros de ciências e universidades.

Os conteúdos abordam os fenômenos naturais e temas recorrentes nas escolas, como solos, meio ambiente, saúde, seres vivos, poluição, entre outros, a sua importância social e seu caráter interdisciplinar e a elaboração de módulos didáticos.

As estratégias de formação incluem vivências de atividades investigativas, no papel de aluno e de professor; relatos e discussão sobre a formação nas escolas; reflexões sobre as atividades de investigação para ensinar Ciências; os conceitos científicos envolvidos; as habilidades a serem desenvolvidas com os alunos; o desenvolvimento de autonomia do educador para planejar e realizar tais investigações com os alunos; a pesquisa bibliográfica e de mídia para esse fim; a elaboração de sequências didáticas e de atividades de temas diversos, bem como a adaptação de material didático existente.

A formação mais completa ministrada pela equipe da Estação Ciência foi para as 11 formadoras das DREs (fDREs), cerca de dez sessões por ano durante três anos, realizadas na Secretaria Municipal de Educação. Essas fDREs participaram também das formações das CPs na Estação Ciência e cada uma dirigiu uma série de formações das CPs de sua diretoria, na própria diretoria, em paralelo com as formações das CPs na Estação Ciência.

As CPs participaram das formações na Estação Ciência, em turmas de cerca de 20 pessoas e duração de 5 horas cada; ao todo, foram cerca de 20 sessões nos três anos. Em paralelo, participaram de formações dirigidas pela formadora de sua DRE, no prédio da DRE.

As CPs fizeram as formações das professoras de sua escola, nos horários de JEIF, em princípio uma vez por mês.

Esse esquema complexo de formação de professores em serviço foi adaptado à estrutura existente na Secretaria Municipal de Educação, que já conta com profissionais formadores. Para que o projeto se torne mais independente de apoio externo à secretaria, esses profissionais precisam assumi-lo. A alternativa de um processo direto de treinamento de professores pela equipe da Estação Ciência, como no TAMS, em Chicago, embora de concepção mais simples, é mais crítica no médio prazo, pois deixa a secretaria mais dependente de apoio externo permanente.

É imprescindível haver acompanhamento do desenvolvimento do projeto na escola, para ajudar as CPs a tornar as formações de professores frequentes e eficazes, auxiliar na elaboração de atividades investigativas, auxiliar na preparação e na aplicação de aulas e informar a equipe central da Estação Ciência sobre eventuais dificuldades surgidas. O acompanhamento foi realizado por estudantes de vários cursos da USP, especialmente preparados para esse fim e supervisionados de perto pela equipe central. Por falta de pessoal, somente foi possível acompanhar uma amostra de 30% das escolas em 2008.

## 4. Avaliação

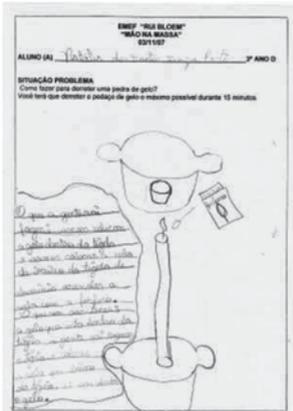
Ao fim dos anos letivos de 2007 e 2008, foram realizadas avaliações diagnósticas ou formativas – isto é, que se destinam a avaliar se o projeto está funcionando e onde pode ser aperfeiçoado (embora funcionem por meio de uma avaliação do aluno, não é este seu objetivo). Foram organizadas conjuntamente pelas equipes da Estação Ciência e da Secretaria Municipal de Educação. Em cada escola foi sorteada uma classe, geralmente de 3ª série, para ser avaliada. Foram 70 escolas e cerca de 1.800 alunos. Os resultados foram positivos: cerca de 80% dos alunos realizaram satisfatoriamente a investigação proposta, registraram o processo e as conclusões e responderam corretamente às questões colocadas. Abaixo damos uma descrição mais detalhada.

Houve, em cada avaliação, quatro tipos de instrumento avaliativo, aplicados em dois dias sucessivos. No primeiro dia, foi definida uma situação de investigação sobre a qual cada grupo de cerca de quatro alunos deveria planejar e executar uma investigação, segundo a metodologia do projeto: discussão prévia da situação em cada grupo, levantamento de hipóteses individuais de solução, registro por escrito de cada aluno sobre sua hipótese; nova discussão, levando à conclusão do grupo e seu registro; realização do experimento idealizado por cada grupo; registro descritivo e do resultado; apresentação ao coletivo da classe dos diversos experimentos de grupo; discussão conclusiva coletiva. Os registros dos alunos constituem o primeiro tipo de instrumentos de avaliação. O segundo tipo é de protocolos de observação escritos pela CP e pelo professor de cada classe e, em algumas classes, pelo estagiário. O terceiro tipo é de questionários respondidos pelos formadores das DREs, pelos coordenadores pedagógicos e pelos professores das classes avaliadas.

O quarto tipo é instrumento individual de cada aluno: um teste de sete questões Falso/Verdadeiro e uma questão dissertativa, aplicadas no segundo dia. Há questões sobre a situação de investigação do dia anterior e outras sobre uma situação problema nova, todas elaboradas pela equipe central Estação Ciência/Secretaria Municipal de Educação. Há ainda uma questão livremente elaborada por cada escola, para permitir incluir atividades específicas daquela escola.

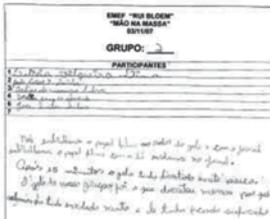
Em 2007, o desafio foi: “Como fazer para derreter uma pedra de gelo? Você terá que derreter o pedaço de gelo fornecido o máximo possível, durante 15 minutos.” A figura a seguir mostra algumas respostas:

Registro da Hipótese do Grupo



"O que a gente vai fazer: vamos colocar o gelo dentro da tigela e vamos colocar a vela de baixo da tigela de alumínio e acender a vela com fósforo.  
O que vai acontecer: o gelo que esta dentro da tigela, a gente vai segurar a tigela e colar a vela embaixo da tigela, ai vai derreter..."  
Grupo 2 - 3º Ano

Resultados e Conclusão do Grupo



"Nós embrulhamos o papel filme ao redor do gelo e com o jornal embrulhamos o papel filme, com a lâ enrolamos o jornal.  
Após 15 minutos o gelo tinha derretido muito pouco.  
O gelo do nosso grupo foi o que derreteu menos, achamos que tínhamos enrolado muito e ele tinha ficado sufocado..."  
Grupo 2 - 3º Ano  
4CNCTI BSB 26 05 2010

Registro Coletivo da Sala



"Chegamos a conclusão que alguns materiais como a vela, lâmpada, ventilador e o calor das mãos ajudaram o gelo a derreter mais rápido e outros materiais como o jornal, plástico, lâ, o papel alumínio, o papel filme e o pano, conservaram o gelo."  
12

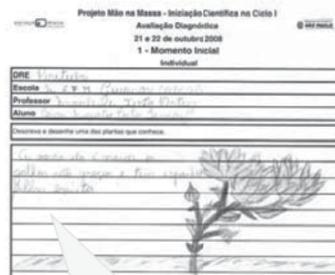
Figura 1. Atividade investigativa - 2007

Em 2008, a questão foi: "Muitas plantas crescem pra cima. O que sustenta esse tipo de planta para que ela fique em pé?"

- Momento Inicial – concepções prévias do aluno (individual)  
"Descreva e desenhe uma das plantas que conhece."



"Girassol tem miolo laranja folhas amarelas e também tem calho verde"

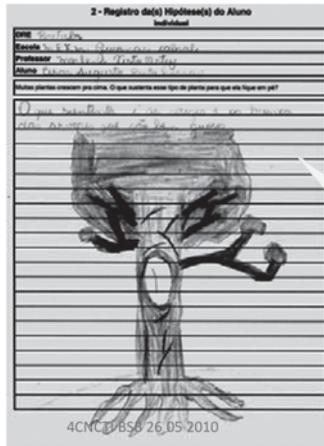


"A rosa ela é grande os galhos são grosso tem espinho e folhas bonita"

Figura 2. Atividade investigativa - 2008

- Questão-problema  
 “Muitas plantas crescem para cima. O que sustenta esse tipo de planta para que ela fique em pé?”
- Hipótese Individual

“É a raiz, eu não acho que é a raiz eu tenho certeza que é a raiz”



O que sustenta é as raízes e os troncos das árvores que são bem grossos.”

14

Figura 3. Atividade investigativa

Em seguida, as crianças desmontam a muda de flor fornecida para conhecer como são as raízes, para depois replantar em vaso ou no jardim da escola:

- Verificação das hipóteses do grupo sobre flor Buquê de Noiva

Observação da planta



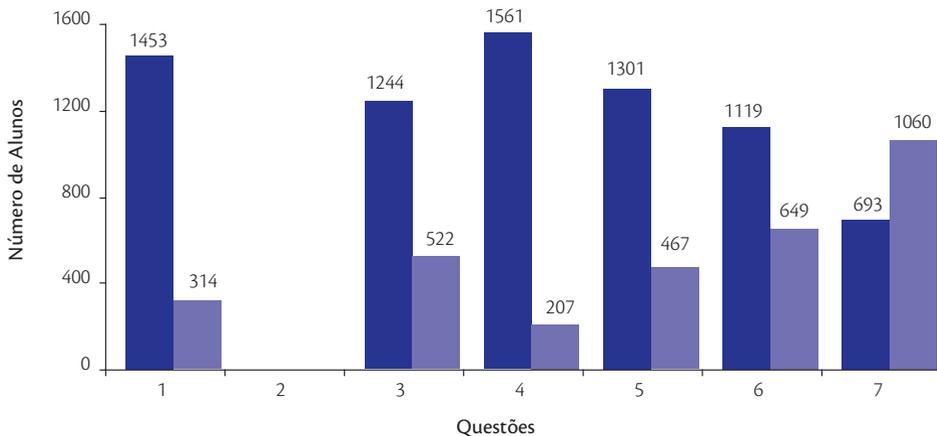
Figura 4. Atividade investigativa

Os registros e os questionários mostram que a maioria dos alunos confronta suas hipóteses com os resultados obtidos e dá explicação para o fenômeno; expressa suas ideias, observações e conclusões por escrito; participa da discussão do registro coletivo; relaciona fenômenos observados com outros de seu cotidiano.

Já os registros sugerem a apropriação de um novo conceito, mais próximo da ciência do que seu pensamento inicial.

A maioria dos professores indica que: o ensino de Ciências torna-se mais atraente para os alunos; atividades investigativas favorecem a aprendizagem dos conteúdos e a observação, a argumentação e a organização; fica mais prazeroso ensinar Ciências, embora as aulas sejam mais trabalhosas; o professor sabe conduzir o trabalho na sala para enriquecer conhecimento dos alunos; o professor auxilia os alunos na síntese da discussão coletiva.

As questões individuais do 2º dia tiveram maioria de respostas certas (a única exceção, questão 7, teve redação ambígua; a questão 2 foi anulada pela mesma razão):



Total de Alunos Participantes = 1768

- Acertos
- Erros

**Figura 5.** Questões individuais: Total de respostas por questão - 2008 - 2º Dia

De uma forma geral, a avaliação, tanto em 2007 quanto em 2008, indicou que o projeto conseguiu implantar a ideia de ensino por investigação nas classes e nas mentes dos professores. O elo fraco identificado foi a formação dos professores nas escolas, que em muitos casos não se realizou com regularidade – quando isso ocorreu, os resultados da escola na avaliação foram

fracos. Indica que em projetos futuros o acompanhamento deve ser feito em todas as escolas regularmente.

Muitas professoras indicam que o projeto não só ajuda a iniciação científica, mas também ajuda a alfabetização, a expressão oral e escrita, devido à prática de discussão e de redação de registros. Alunos com dificuldades especiais, sejam físicas, sejam mentais, reagem com entusiasmo às atividades e progridem no aprendizado. Os alunos gostam muito do projeto.

## 5. O professor

As obras de Bransford et al. e Duschl et al., citadas acima, comissionadas pela *National Academy of Sciences* dos EUA, apontam as exigências cada vez maiores feitas ao professor do ensino básico, inclusive as séries iniciais (antigo primário): deve ser capaz de ensinar múltiplas ciências e metodologias para crianças de culturas diferentes e habilidades variadas, adaptando o ensino às condições da escola e das famílias das crianças. Deve descobrir quais são, e levar em conta no ensino, as concepções iniciais das crianças sobre os assuntos tratados. Deve conhecer e aplicar ciências cognitivas, pedagogia, ciências, pesquisar literatura na bibliografia e na Internet, montar experimentos e demonstrações. Saber como alunos aprendem e como planejar uma instrução eficaz. Os autores consideram que muitos professores nos EUA não têm conhecimentos suficientes em um ou vários desses campos.

Na Universidade de São Paulo, esses conhecimentos e habilidades correspondem a um grau de mestre ou superior. No Brasil, ainda é raro que professores de ensino básico tenham grau de doutor ou de mestre. Entretanto, é esse o nível de capacidade profissional que devemos almejar para as novas licenciaturas do futuro.

Há uma tradição no país de que ser professor primário ou secundário exige baixa qualificação e merece baixo salário. Entretanto, um bom professor de ensino básico tem uma tarefa tão ou mais complexa e exigente, e igualmente ou mais importante para o progresso do país, quanto a do professor universitário, do médico, do engenheiro, do juiz, do economista.

O novo professor terá uma nova licenciatura muito mais completa. Além disso, precisará de formação continuada, como as outras profissões citadas. A experiência francesa e a norte-americana indicam que a perícia como professor que ministra o Ensino de Ciências Baseado em Investigação exige formação em serviço de alguns anos, mesmo para formados em licenciaturas reformuladas (p.ex. nos *IUFM*) e para professores experientes.

É uma exigência da sociedade do conhecimento, da inclusão social de toda a população, da qual a educação universal de boa qualidade é o maior instrumento.

Para a formação continuada de grande número de professores, será necessário aperfeiçoar também a formação de formadores e definir com maior clareza as características necessárias para um professor formador de sucesso (CARDOSO, Beatriz et al., 2007; ATHAYDE, B.A.C. et al., 2007; BORGES, R.C.P. et al., 2008 e a ser publicado).

## 6. Ensino fundamental ciclo II e ensino médio

O ensino fundamental ciclo I se distingue das séries subsequentes pelo fato de ter uma única professora responsável pelo ensino de todos os conteúdos, desde alfabetização e letramento, matemática elementar, ciências naturais e sociais, saúde, meio ambiente, artes. Já no ciclo II e no médio, há professores cada vez mais especializados, por exemplo, ciências se divide em biologia, física e química (sem contar geociências). Assim, a professora de ciclo I tem formação geral em todas as ciências, geralmente muito superficial. Entretanto, tem a vantagem de, por ministrar todas as matérias, poder promover naturalmente uma integração entre as matérias, evitando um ensino fragmentado, que muitas vezes não faz sentido para os alunos.

Já no ciclo II e no ensino médio, a grande dificuldade é justamente evitar a fragmentação, pois não há a tradição de os professores coordenarem entre si, em detalhe, as diferentes matérias que lecionam para a mesma classe. Mesmo nas universidades isso é raro, p. ex., a velocidade de um corpo como inclinação da curva espaço percorrido *versus* tempo decorrido durante o movimento e o conceito de velocidade instantânea como derivada da função espaço *versus* tempo. Se na universidade o aluno licenciando não percebe a compreensão mais profunda decorrente de utilizar o mesmo conceito em circunstâncias diversas, por que esperar que utilize esta estratégia mais tarde, como professor? As práticas e os experimentos realizados no curso universitário, às vezes, não são aproveitados em todo seu potencial para ajudar a compreensão de assuntos difíceis. Por exemplo, experimentos com uma roda de bicicleta que gira livremente em torno de um eixo servem para mostrar, e até sentir na mão do aluno que segura o eixo no ar, durante a rotação da roda, o comportamento surpreendente do eixo ao ser inclinado em várias direções. O aluno que segurou a roda e brincou com ela tem chance muito maior de compreender o conceito de momento angular do que aquele que não brincou. O aluno que teve tais vivências poderá saber melhor, quando for professor, extrair o máximo de compreensão conceitual de um experimento.

Os atuais professores das disciplinas científicas não têm, em geral, facilidade de realizar experimentos com os alunos na metodologia ECBI. A licenciatura não forneceu segurança (autonomia) para este tipo de trabalho. Em geral, precisam de um a dois anos de formação em serviço.

A formação inicial, na universidade, do futuro professor, é elemento chave para a melhoria do ensino de ciências, bem como a formação continuada depois. O ensino baseado em investigação já

deve ser introduzido na sua prática. Não é, entretanto, condição suficiente. O funcionamento da escola em horário de pelo menos seis horas de aula, a regularidade de presença de professores, a permanência de professores na mesma escola durante muitos anos, o ambiente construtivo na escola, sem violência, as condições materiais de salas de aula, são algumas das outras necessidades.

## Referências

- AMARAL, O. (2002). Helping English Learners Increase Achievement Through Inquiry-Based Science Instruction. *Bilingual Research Journal*, vol.26, n.2, p.213-239.
- ATHAYDE, B. e. (2007). Estação Ciência; formação de educadores e acompanhamento para o projeto... VI encontro Nacional Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis: ABRAPEC [www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec](http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec).
- BORGES, R. e. (2008). Continuous Formation for teachers of the initial series of fundamental teaching. *5th International Conference on Hands-On Science Formal and Informal Science Education*. Olinda e Recife, Pernambuco.
- BRYK, A. e. (2010). *Organizing Schools for Improvement*. Chicago: University of Chicago Press.
- CARDOSO, B. e. (2007). *Ensinar, Tarefa de Profissionais*. Rio de Janeiro: Record.
- CARVALHO, A. e. (1998). *Ciências no Ensino Fundamental - O Conhecimento Físico*. São Paulo: Scipione.
- CHARPAK, G. e. (2006). *Los niños y la ciencia: la aventura de la mano en la masa*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- HAMBURGER, E. W. (2007). Apontamentos sobre o ensino de Ciências nas séries escolares iniciais. *Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados*, vol.21 n.60 p.93-104.
- LEDERMAN, L. e. (dez de 2009). [www.projectexploration.org/web/pdf/tams2009](http://www.projectexploration.org/web/pdf/tams2009). Acesso em 15 de abril de 2010, disponível em project exploration.
- TENENBLAT, K. e. (2008). *O Ensino de ciências e a educação básica*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.
- WORTH, K. e. (1996-2006). *Insights: An Elementary Hands-on Inquiry Science Curriculum*. Acesso em 24 de 4 de 2010, disponível em <http://cse.edc.org/curriculum/insightsElem/>.